



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Escuela Politécnica Superior de Jaén

Trabajo Fin de Grado

ESTUDIO TÉCNICO Y ECONÓMICO COMPARATIVO ENTRE ESTRUCTURA METÁLICA DE NAVE INDUSTRIAL EJECUTADA CON PÓRTICOS O CON CELOSÍA

Volumen I / II

Alumno: Blas Torres Garrido

Tutor: Prof. D. Ramón Luis Carpena Morales
Dpto.: Ingeniería Mecánica y Minera

Mayo, 2019



Universidad de Jaén

Escuela Politécnica Superior de Jaén
Departamento de Ingeniería Mecánica y Minera

Don RAMÓN LUIS CARPENA MORALES, tutor del Trabajo Fin de Grado: ESTUDIO TÉCNICO Y ECONÓMICO COMPARATIVO ENTRE ESTRUCTURA METÁLICA DE NAVE INDUSTRIAL EJECUTADA CON PÓRTICOS O CON CELOSÍA, que presenta BLAS TORRES GARRIDO, autoriza su presentación para defensa y evaluación en la Escuela Politécnica Superior de Jaén.

Jaén, Mayo de 2019

El alumno:

Blas Torres Garrido

El tutor:

Ramón Luis Carpena Morales

ESTUDIO TÉCNICO Y ECONÓMICO COMPARATIVO ENTRE ESTRUCTURA METÁLICA DE NAVE INDUSTRIAL EJECUTADA CON PÓRTICOS O CON CELOSÍA

ÍNDICE GENERAL DEL ESTUDIO

VOLUMEN I / II

PORTADA
AUTORIZACIÓN PARA PRESENTACIÓN
ÍNDICE GENERAL DEL ESTUDIO
ÍNDICE GENERAL (VOLUMEN I / II)
MEMORIA
ANEXOS
BIBLIOGRAFÍA

VOLUMEN II / II

PORTADA
ÍNDICE GENERAL DEL ESTUDIO
ÍNDICE GENERAL (VOLUMEN II / II)
ANEXO 3: RESÚMENES DE CÁLCULOS

VOLUMEN I / II**ÍNDICE GENERAL**

	<u>Página</u>
<u>PORTADA</u>	1 / 161
<u>AUTORIZACIÓN PARA PRESENTACIÓN</u>	2 / 161
<u>ÍNDICE GENERAL DEL ESTUDIO</u>	3 / 161
<u>ÍNDICE GENERAL VOLUMEN I / II</u>	4 / 161
 <u>MEMORIA</u>	
Portada	6 / 161
Índice	7 / 161
1. Objeto	8 / 161
2. Promotor / peticionario	8 / 161
3. Autor	8 / 161
4. Normativa y reglamentación principal	9 / 161
5. Planteamiento general del estudio	10 / 161
6. Metodología de cálculo de la estructura	20 / 161
7. Información previa	31 / 161
8. Directrices y consideraciones adoptadas en el cálculo	38 / 161
9. Coste de ejecución de la estructura	44 / 161
10. Resumen de datos y resultados	45 / 161
11. Comparación y análisis de resultados	104 / 161
12. Conclusiones	130 / 161
 <u>ANEXOS</u>	
Portada	135 / 161
Índice	136 / 161
 <u>ANEXO 1: DIMENSIONES DE ESTRUCTURAS TIPO</u>	
Portada e índice de anexo 1	137 / 161
Información general	138 / 161
Estructuras tipo Caso 1a y Caso 1b	139 / 161
Estructuras tipo Caso 2a y Caso 2b	140 / 161
Estructuras tipo Caso 3a y Caso 3b	141 / 161
Estructuras tipo Caso 4a y Caso 4b	142 / 161
Estructuras tipo Caso 5a y Caso 5b	143 / 161
Estructuras tipo Caso 6a	144 / 161
Estructuras tipo Caso 6b	145 / 161
Estructuras tipo Caso 7a	146 / 161
Estructuras tipo Caso 7b	147 / 161

ANEXO 2: PERFILES TUBULARES

Portada e índice de anexo 2	148 / 161
Perfiles tubulares cuadrados	149 / 161
Perfiles tubulares rectangulares	150 / 161
Pandeo de perfiles tubulares en cerchas	151 / 161

ANEXO 3: RESÚMENES DE CÁLCULOS

Portada e índice de anexo 3	152 / 161
Información general	153 / 161

ANEXO 4: PRECIOS UNITARIOS

Portada e índice de anexo 4	155 / 161
Capítulo 1: Movimiento de tierras	156 / 161
Capítulo 2: Cimentación	157 / 161
Capítulo 3: Estructura metálica	158 / 161

BIBLIOGRAFÍA

Portada	159 / 161
Bibliografía	160 / 161



MEMORIA

ESTUDIO:

Estudio técnico y económico comparativo entre estructura metálica
de nave industrial ejecutada con pórticos o con celosía

PROMOTOR / PETICIONARIO:

Escuela Politécnica Superior de Jaén - Trabajo Fin de Grado.

AUTOR:

Blas Torres Garrido

TUTOR:

Ramón Luis Carpena Morales
Departamento de Ingeniería Mecánica y Minera

	<u>Página</u>
<u>ÍNDICE DE LA MEMORIA</u>	
Portada	1 / 129
Índice	2 / 129
1. Objeto	3 / 129
2. Promotor / peticionario	3 / 129
3. Autor	3 / 129
4. Normativa y reglamentación principal	4 / 129
5. Planteamiento general del estudio	5 / 129
6. Metodología de cálculo de la estructura	15 / 129
7. Información previa	26 / 129
8. Directrices y consideraciones adoptadas en el cálculo	33 / 129
9. Coste de ejecución de la estructura	39 / 129
10. Resumen de datos y resultados	40 / 129
11. Comparación y análisis de resultados	99 / 129
12. Conclusiones	125 / 129

MEMORIA

1. OBJETO.

El presente estudio tiene por objeto el cálculo y dimensionado de diferentes estructuras metálicas de naves industriales ejecutadas utilizando para su estructura de cubierta perfiles simples normalizados de alma llena o bien elementos de celosía, para su posterior análisis técnico de las diferencias y similitudes entre estas estructuras así como la valoración económica de cada una de ellas y su comparación cuantitativa y cualitativa.

Este estudio se realiza como Trabajo de Fin de Grado de la titulación de Graduado en Ingeniería Mecánica.

2. PROMOTOR / PETICIONARIO.

Dado el carácter académico de este estudio el promotor o peticionario es la Escuela Politécnica Superior de Jaén.

3. AUTOR.

El autor del presente estudio es Blas Torres Garrido, estudiante de Grado de Ingeniería Mecánica de la Escuela Politécnica Superior de Jaén.

4. NORMATIVA Y REGLAMENTACIÓN PRINCIPAL.

La normativa y reglamentación básica y que principalmente se ha tenido en cuenta para la redacción y desarrollo del presente estudio es la siguiente:

- Código Técnico de la Edificación, según R.D. 314/2006, de 17 de Marzo (BOE 28-03-2006).
- Corrección de errores y erratas del Real Decreto 314/2006, de 17 de Marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación (BOE 25-01-2008).
- Real Decreto 1371/2007, de 19 de Octubre, por el que se aprueba el documento básico DB-HR Protección frente al ruido del Código Técnico de la Edificación y se modifica el Real Decreto 314/2006, de 17 de Marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación (BOE 23-10-2007).
- Corrección de errores del Real Decreto 1371/2007 (BOE 20-12-2007).
- R.D. 1675/2008 por el que se modifica el R.D. 1371/2007 (BOE 18-10-2008).
- Orden VIV/984/2009, de 15 de Abril, por la que se modifican documentos básicos del CTE aprobados por R.D. 314/2006 y R.D. 1371/2007 (BOE 11-03-2010).
- Norma de Construcción Sismorresistente: Parte General y Edificación, según R.D. 997/2002, de 27 de Septiembre (BOE 11-10-2002).
- R.D. 751/2011, de 27 de Mayo, por el que se aprueba la Instrucción de Acero Estructural (EAE) (BOE 23-06-2011).
- EHE "Instrucción de Hormigón Estructural" (R.D. 1247/2008, de 18-07-2008).
- R.D. 256/2016, de 10 de Junio, por el que se aprueba la Instrucción para la recepción de cementos (RC-16).
- Real Decreto 842/2013 por el que se aprueba la clasificación de los productos de construcción y de los elementos constructivos en función de sus propiedades de reacción y de resistencia frente al fuego.
- Real Decreto 1630/1992, de 29 de Diciembre, sobre productos de la construcción (BOE 09-02-93 y 19-11-93).
- Real Decreto 1328/1995 de 28 de julio. Modifica las disposiciones para la libre circulación de productos de construcción aprobadas por el Real Decreto 1630/1992, de 29 de Diciembre de 1992.

5. PLANTEAMIENTO GENERAL DEL ESTUDIO.

5.1. Introducción.

A la hora de diseñar, calcular y dimensionar una edificación de tipo industrial o comercial, diáfana, en la inmensa mayoría de los casos siempre prevalecen dos directrices para tomar una decisión: el coste y su versatilidad para adaptarse al uso, presente y previsible futuro, de la actividad y/o utilidad que se pretende para dicha edificación.

Frente a datos de luz y altura en soportes, que muchas veces están limitados por la propia parcela donde se ubica y la normativa urbanística del ayuntamiento o zona donde se pretende construir, existen otros datos necesarios para el diseño y dimensionado de la estructura, entre otros el diseño de la estructura principal de cubierta.

En principio, el diseño de la estructura principal de cubierta, manteniéndose dentro de los valores de la normativa urbanística, podría ser tan variado como el número de proyectistas que acometieran el trabajo. No obstante, prevalecen diseños “normalizados” adoptados por su simplicidad y fin a conseguir. Así, cuando no se persigue un diseño estético que prevalezca como objetivo frente al precio y versatilidad de la estructura, ésta se diseña con dos soportes verticales y estructura principal de cubierta que se apoya o empotra en éstos, siendo su diseño a un agua, dos aguas, simétricas o asimétricas, en diente de sierra y curvas.

Además, la estructura de soportes puede considerarse empotrada o articulada en la cimentación así como también la estructura de cubierta puede considerarse articulada o empotrada a sus soportes.

La elección puede ampliarse si, además, los perfiles, tanto de pilares como de dinteles, en su caso, se realizan de perfil variable. Y, por último, también surge una nueva elección al considerar si la estructura principal de cubierta se realiza con perfiles simples de alma llena o con barras en celosía.

De entre todas las posibilidades enumeradas, el presente estudio se basará en el tipo de estructura que habitualmente se realiza cuando se persigue un costo ajustado que proporcione la versatilidad adecuada ante una situación general que no requiere ninguna premisa o característica específica que determine el diseño o dimensionado de la estructura.

De esta forma, el presente estudio se basará en una estructura metálica ejecutada con dos soportes verticales considerados empotrados en la cimentación, de sección constante, y una estructura de cubierta simétrica, a dos aguas.

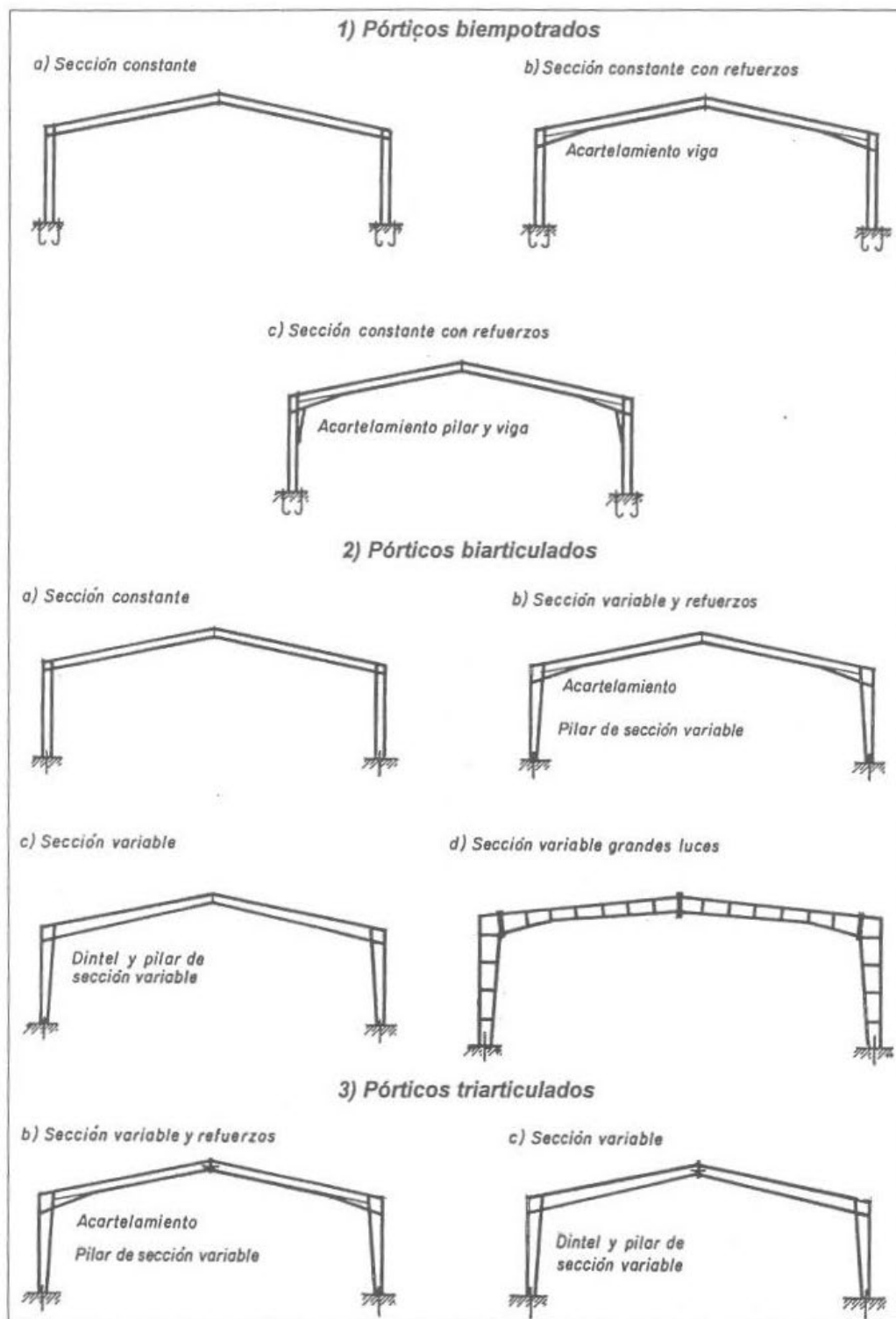


Figura 5.1.1. Modelos de pórticos a dos aguas.

Fuente: Argüelles Álvarez, Ramón: Estructuras de acero. Cálculo. Editorial Bellisco, 2005.

Una vez adoptada esta solución siempre surge una pregunta: la estructura de cubierta se resuelve con perfiles simples de alma llena o con una estructura en celosía.

Existe abundante bibliografía técnica, consideraciones y valoraciones que exponen los pros y contras de una y otra solución. En el presente estudio se pretende definir perfectamente una solución estructural general para una nave industrial y diseñarla, calcularla, dimensionarla y valorarla económicamente de forma que los pros y contras que presentan las dos soluciones (estructura principal de cubierta realizada con perfiles simples de alma llena o de celosía) queden acotados tanto técnicamente como económicamente.

Para poder obtener los datos y valores necesarios para el estudio se realizará el diseño y cálculo de varias estructuras con las soluciones de estructura de cubierta resuelta con dintel de perfil simple de alma llena y de celosía. Se han escogido unos valores que engloban la gran mayoría de las estructuras más usuales y que normalmente se ejecutan de forma que, aun sabiendo que el estudio está acotado, sea lo más general posible.

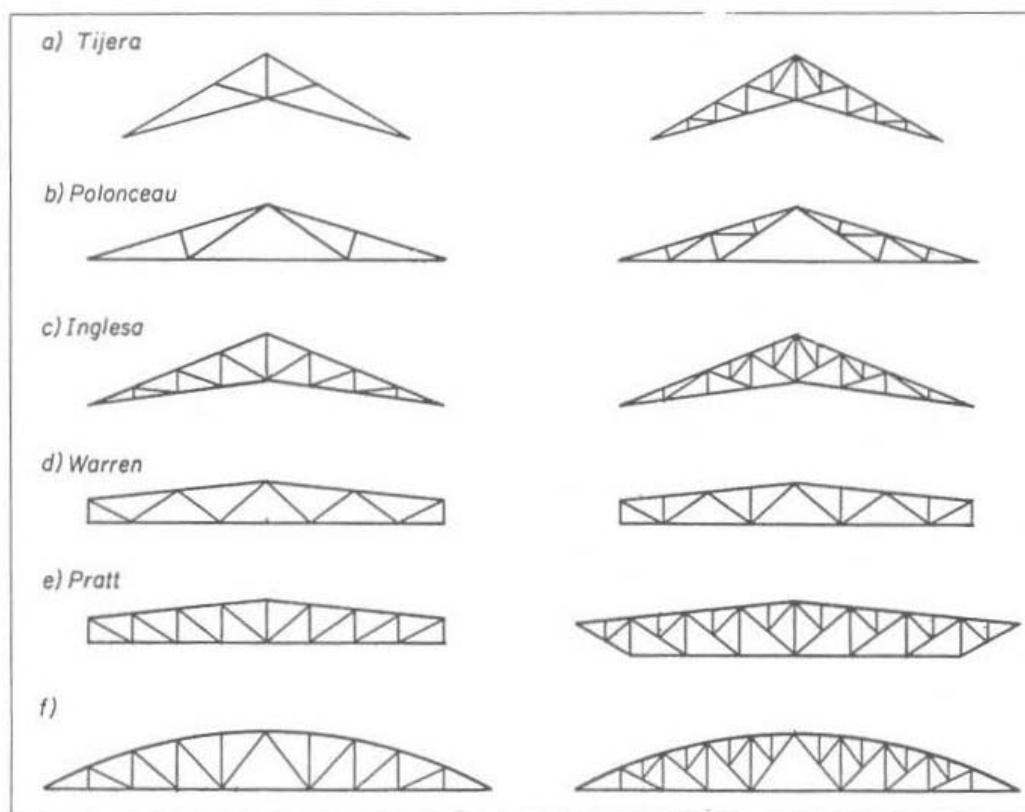


Figura 5.1.2. Modelos tradicionales de cerchas utilizadas en cubiertas.

Fuente: Argüelles Álvarez, Ramón: Estructuras de acero. Cálculo. Editorial Bellisco, 2005.

5.2. Dimensiones y características de la estructura.

La estructura de las edificaciones que se estudian está formada por una estructura metálica principal de cubierta (la constituida por la estructura de cubierta propiamente dicha, ya sea un dintel, cercha, vigas de celosía, etc.) y por los soportes que tienen como función única sustentarla. Así pues, el estudio que se realiza consiste en determinar las ventajas e inconvenientes, particularidades, etc., tanto desde el punto de vista técnico como económico, que presentan las diferentes estructuras metálicas principales de cubierta así como su repercusión en la estructura de soportes y cimentación de los mismos.

Este estudio está limitado a la ejecución de las estructuras mediante la adopción de barras de acero estructural, quedando fuera del presente estudio la ejecución de estructuras con otro material (hormigón armado, hormigón pretensado, madera, soluciones con perfiles mixtos, etc.).

El estudio se basará en estructuras metálicas principales de cubierta simétricas y a dos aguas.

Se adoptará como pendiente de cubierta un 15% . Este valor se considera que es un valor normal e intermedio entre los valores que suelen adoptarse actualmente para las pendientes de una cubierta, las cuales oscilan entre un 10% y un 25%.

La separación entre formas que se adoptará para el estudio es de 6,00 m. Este es un valor comúnmente adoptado para este tipo de estructuras motivado por ser uno de los valores estandarizados para las longitudes de los perfiles que normalmente se utilizan para las correas de cubierta (perfiles de acero conformado tipo C o Z). De cualquier forma, la separación entre formas no es un valor determinante para la comparación entre los diferentes tipos de estructuras ya que es el mismo para todas ellas. También se adopta como fondo de la edificación el valor de 12 m, es decir, las estructuras a estudiar se compondrán de dos estructuras de fachada o hastiales y una única estructura principal de cubierta y soportes diferente, central, que será la que se estudie y modifique para los diferentes casos planteados, dado que las estructuras extremas, de fachada o hastiales, son las mismas para cada uno de los casos planteados y no interfieren ni modifican ni aportan ningún tipo de carga o acción sobre la estructura central.

Se calcularán dos tipos de estructuras para cubierta que definen las soluciones tipo de estructura general para el estudio:

- Caso a: Estructura metálica principal de cubierta realizada con perfiles simples de alma llena, empotrados a los pilares, conformando lo que denominaremos pórtico.

- Caso b: Estructura metálica principal de cubierta realizada con cerchas (estructura de celosía con cordón inferior horizontal y cordón superior inclinado según la pendiente de la cubierta), articulada a los pilares.

Las dimensiones de las diferentes estructuras en estudio son las que figuran a continuación, considerando que éstas representan la gran mayoría de las estructuras que normalmente se ejecutan:

- Caso 1: Luz de 10 m y altura de soporte de 5 m
- Caso 2: Luz de 15 m y altura de soporte de 6 m
- Caso 3: Luz de 20 m y altura de soporte de 6 m
- Caso 4: Luz de 25 m y altura de soporte de 7 m
- Caso 5: Luz de 30 m y altura de soporte de 7 m
- Caso 6: Luz de 35 m y altura de soporte de 8 m
- Caso 7: Luz de 40 m y altura de soporte de 8 m

La altura de soportes se ha adoptado considerando el valor estándar (o submúltiplo) de la longitud comercial de las barras de acero y que, dentro de esto, son valores usuales en este tipo de construcciones.

Además de la comparación entre estructuras iguales resueltas con “pórticos” o con “cerchas” también se calcularán estructuras, dentro del mismo caso (a o b), modificando la carga permanente (casos _c) y la altura (casos _h) de soportes con objeto de poder analizar cómo estas variaciones afectan a un tipo y otro de estructuras.

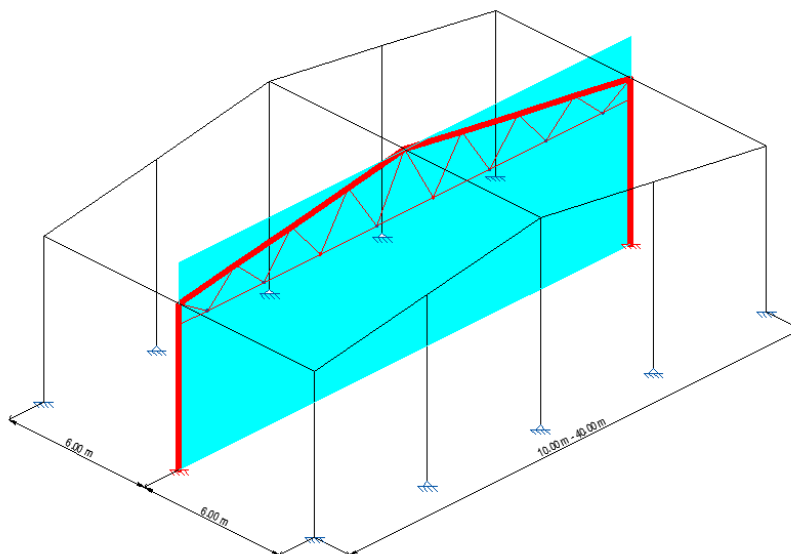


Figura 5.2.1. Dimensiones generales de las naves en estudio.

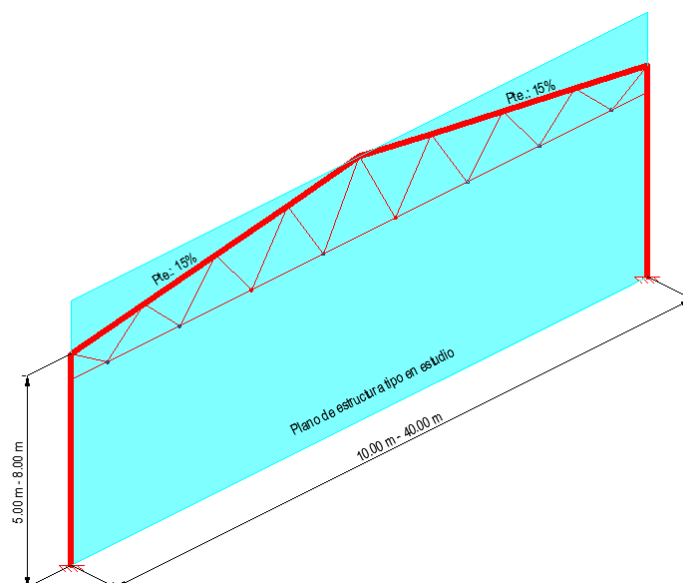


Figura 5.2.2. Estructura tipo en estudio.

CASOS CONTEMPLADOS PARA REALIZAR EL ESTUDIO COMPARATIVO. DIMENSIONES

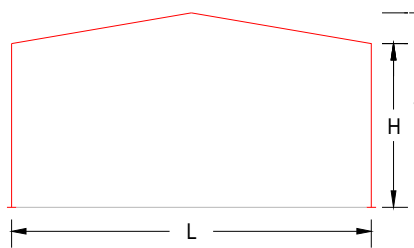
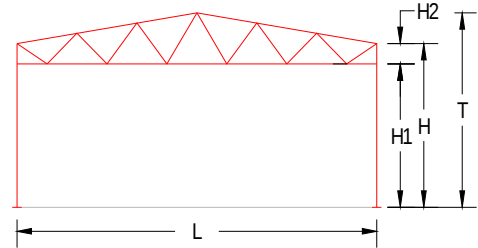
CASOS	Caso a			Caso b		
						
Caso 1	L = 10,00 m	H = 5,00 m	H1 = 4,25 m	H2 = 0,75 m	T = 5,75 m	Pte.: 15%
Caso 2 y 2_c	L = 15,00 m	H = 6,00 m	H1 = 5,25 m	H2 = 0,75 m	T = 7,13 m	Pte.: 15%
Caso 2_h	L = 15,00 m	H = 9,00 m	H1 = 8,25 m	H2 = 0,75 m	T = 10,13 m	Pte.: 15%
Caso 3	L = 20,00 m	H = 6,00 m	H1 = 5,25 m	H2 = 0,75 m	T = 7,50 m	Pte.: 15%
Caso 4 y 4_c	L = 25,00 m	H = 7,00 m	H1 = 6,25 m	H2 = 0,75 m	T = 8,88 m	Pte.: 15%
Caso 4_h	L = 25,00 m	H = 10,50 m	H1 = 9,75 m	H2 = 0,75 m	T = 12,38 m	Pte.: 15%
Caso 5	L = 30,00 m	H = 7,00 m	H1 = 6,25 m	H2 = 1,00 m	T = 9,25 m	Pte.: 15%
Caso 6 y 6_c	L = 35,00 m	H = 8,00 m	H1 = 7,00 m	H2 = 1,00 m	T = 10,63 m	Pte.: 15%
Caso 6_h	L = 35,00 m	H = 12,00 m	H1 = 11,00 m	H2 = 1,00 m	T = 14,63 m	Pte.: 15%
Caso 7	L = 40,00 m	H = 8,00 m	H1 = 7,00 m	H2 = 1,00 m	T = 11,00 m	Pte.: 15%

Tabla 5.2.1. Casos contemplados para realizar el estudio comparativo de estructuras. Dimensiones.

5.3. Diseño de la estructura.

Para el diseño de la estructura se ha partido de la forma y valores que, estadísticamente, normalmente y comúnmente se adoptan para este tipo de estructuras: estructuras simétricas con cubierta a dos aguas y soportes verticales empotrados en su cimentación.

Para el caso de pórticos de alma llena éstos serán pórticos biempotrados en la cimentación y en el resto de sus uniones, con soportes verticales y con cubierta simétrica a dos aguas, con dintel de alma llena de perfil simple (acartelado o no en la unión con su pilar o soporte). Los perfiles utilizados serán de las series IPE, HEA o HEB para pilares y/o dinteles.

En el caso de estructuras de cubierta con cerchas o vigas de celosía también se emplearán perfiles de alma llena empotrados en la cimentación para sus pilares o soportes, verticales, e igualmente se emplearán perfiles de las series IPE, HEA o HEB.

Para el diseño de las cerchas y vigas de celosía se han adoptado diferentes criterios, tanto en el propio diseño como en su dimensionado, que aconsejan diferentes publicaciones técnicas por su eficiencia y costo. Así, pues, el tipo de cercha elegido constará de cordón inferior y superior no coincidentes en su nudo extremo, lo cual tiene como ventaja principal la ejecución de estas uniones, que son sus apoyos, el aprovechamiento de los perfiles y la “rigidización” de la unión pilar-cercha, contribuyendo significativamente a ser menos deformable.

Los perfiles utilizados para los cordones (cordón superior e inferior) serán perfiles tubulares, de tipo rectangular o cuadrado, o bien perfiles HEA.

Para las barras de relleno de la celosía, que pueden ser barras verticales (montantes) o inclinadas (diagonales), se utilizan perfiles tubulares cuadrados, lo cual facilita y simplifica las uniones así como también contribuye a la eficiencia, aprovechamiento y facilidad del montaje y construcción de la estructura principal de cubierta. El diseño para las cerchas y vigas de celosía seguirá el tipo denominado o conocido como Warren, donde sólo existen diagonales como barras de relleno, con lo que se consigue, frente a otro tipo de estructuras comunes: reducir el número de barras; que no coincidan más de dos barras en un nudo, facilitando la ejecución de la unión y, en el caso de vigas de celosía, que todas las barras tengan la misma longitud y ángulo de corte en la unión.

Para la pendiente de la estructura principal de cubierta se adopta un 15% (en todos los casos, como no puede ser de otra forma en un estudio comparativo).

La estructura de cimentación se realizará mediante zapatas aisladas de hormigón armado, rígidas o flexibles, unidas mediante vigas de atado o riostras, al menos en uno de sus ejes principales.

5.4. Elementos estructurales.

Para el diseño y dimensionado de la estructura principal de cubierta y sus soportes se emplearán perfiles en forma de barra de acero tipo S275 y/o S355.

El tipo de perfil a adoptar se ha escogido entre los perfiles comerciales más comunes en el mercado de forma que la ejecución de la estructura esté garantizada y su coste sea el menor posible ya que los perfiles que normalmente se encuentran en los almacenes tienen un costo menor a los que precisan de un pedido específico a los almacenes centrales de las firmas comercializadoras. Además esto retrasa los plazos de ejecución de las obras que se ejecutan.

El diseño de las cerchas o vigas de celosía se realizará empleando perfiles normales de alma llena y/o perfiles tubulares, evitando así las típicas cartelas en nudos y los trabajos previos de corte y soldadura de éstas y de los perfiles que anteriormente se venían empleando (perfiles angulares y UPNs, fundamentalmente).

De esta forma los perfiles que se adoptarán para el diseño y dimensionado de la estructura serán los que a continuación se relacionan. Además se establecen unos perfiles o dimensiones mínimas para estas estructuras, los cuales se suelen adoptar en las estructuras reales (fuera de lo que puede significar un estudio teórico y/o académico):

- Perfiles para pilares:

- Acero: S275JR

- Perfil:

+ Serie IPE, HEA o HEB

+ Perfil mínimo: IPE 220, HEA140 o HEB140.

* (Se escogerá el perfil de menor peso de la serie)

- Perfiles para dinteles (en pórticos):

- Acero: S275JR

- Perfil:

+ Serie IPE, HEA o HEB

+ Perfil mínimo: IPE160, HEA140 o HEB140.

* (Se escogerá el perfil de menor peso de entre estas series).

- Perfiles para cercha o viga de celosía:

+ Cordones:

- Con perfil de alma llena:

- Acero: S275JR

- Perfil:

+ Serie HEA o HEB

+ Perfil mínimo: HEA100 o HEB80

- Con perfil tubular:

- Acero:

+ S275J0H, hasta espesores de 6 mm

- Cordón superior:

+ Perfil tubular rectangular (RHS)

* Espesor mínimo: 4 mm

* Perfil mínimo: RHS 100.80.4

+ Perfil tubular cuadrado (SHS)

* Espesor mínimo: 4 mm

* Perfil mínimo: SHS 70.4

- Cordón inferior:

+ Perfil tubular cuadrado (SHS)

* Espesor mínimo: 4 mm

* Perfil mínimo: SHS 60.4

+ Diagonales:

- Perfil tubular cuadrado (SHS)

* Espesor mínimo: 3 mm

* Perfil mínimo: SHS 50.3

- Perfiles para placas de anclaje:

+ Placa base y cartelas:

- Acero:

+ S275JR hasta espesores de 40 mm

+ S355JR para espesores superiores a 40 mm

+ Espesor mínimo de placa base: 15 mm

+ Espesor mínimo de cartelas: 8 mm

+ Anclajes:

- Barras de acero corrugado tipo B400S
- Barras terminadas con patilla a 90°
- Diámetro mínimo: 16 mm
- Longitud mínima: 40 cm
- Número mínimo: 4 anclajes (uno por esquina de la placa)

En este estudio también se diseñará y calculará la estructura de cimentación ya que la misma está íntimamente relacionada con las cargas y esfuerzos que transmiten los soportes de la estructura. De esta forma, estos elementos influirán sensiblemente en el costo de la ejecución de la nave.

Para la cimentación se seguirá y respetará lo establecido en CTE-DB-C (Documento Básico de Seguridad Estructural: Cimientos) y EHE "Instrucción de Hormigón Estructural" (R.D. 1247/2008, de 18-07-2008). La estructura de cimentación adoptada consistirá en zapatas aisladas de un solo soporte, de forma rectangular o cuadrada, rígidas o flexibles, unidas mediante vigas riostras o de atado. El hormigón utilizado será HA-25/B/25/Ila con armadura de acero corrugado B400S, tanto para zapatas como para vigas de atado.

Las dimensiones y/o condicionantes mínimos impuestos son los siguientes:

- Zapatas:

- Tipo: Aisladas de un solo soporte (rígidas o flexibles).
- Hormigón de limpieza: HM-20/B/20/I (10 cm de espesor)
- Hormigón armado: HA-25/B/20/Ila
- Armadura de acero:
 - + Tipo: B400S
 - + Diámetro mínimo: 12 mm
- Dimensiones:
 - + Planta mínima: Zapata cuadrada de 1,00 x 1,00 m
 - + Canto mínimo: 60 cm
 - + Relación máxima largo/ancho: 2

6. METODOLOGÍA DE CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA.

Para el diseño, cálculo y dimensionado de las diferentes estructuras que componen este estudio se seguirán y respetarán todas las disposiciones normativas y reglamentos legales que las regulan. También se podrán seguir otra serie de recomendaciones contenidas en diversos documentos y bibliografía técnica, siempre y cuando esta última respete lo contenido en la referida normativa y reglamentación legal.

Para nuestro caso, básica y fundamentalmente y no excluyente, se seguirá lo establecido en:

-Código Técnico de Edificación (CTE), según R.D. 314/2006, de 17 de Marzo, y sus modificaciones posteriores, y los Documentos Básicos (DB) en él contenidos, y más concretamente:

- + DB-SE Seguridad Estructural
- + DB-SE-AE Seguridad Estructural. Acciones en la edificación
- + DB-SE-A Seguridad Estructural. Acero
- + DB-SE-C Seguridad Estructural. Cimientos

- Instrucción de Acero Estructural (EAE), según R.D. 751/2011, de 27 de Mayo.

- EHE "Instrucción de Hormigón Estructural" (R.D. 1247/2008, de 18-07-2008).

Para la realización de los cálculos es obligado el uso de software informático técnico dada la gran cantidad de acciones, hipótesis de carga, combinaciones de las mismas y condicionantes que se imponen en la reglamentación y normativa vigente.

6.1. Seguridad estructural.

La seguridad estructural de la edificación que se proyecta se consigue satisfaciendo el objetivo del requisito básico "Seguridad estructural" del CTE que consiste en asegurar que el edificio tenga un comportamiento estructural adecuado frente a las acciones e influencias previsibles a las que pueda estar sometido durante su construcción y uso previsto.

Para satisfacer este objetivo, los edificios se proyectarán, fabricarán, construirán y mantendrán de forma que cumplan con una fiabilidad adecuada las exigencias básicas de seguridad estructural SE 1: Resistencia y estabilidad, y SE 2: Aptitud al servicio.

Los Documentos Básicos “DB-SE Seguridad Estructural”, “DB-SE-AE Acciones en la Edificación”, “DB-SE-C Cimientos”, “DB-SE-A Acero”, “DB-SE-F Fábrica” y “DB-SE-M Madera”, especifican parámetros objetivos y procedimientos cuyo cumplimiento asegura la satisfacción de las exigencias básicas y la superación de los niveles mínimos de calidad propios del requisito básico de seguridad estructural.

6.1.1. Exigencia Básica SE 1: Resistencia y estabilidad.

La resistencia y la estabilidad serán las adecuadas para que no se generen riesgos indebidos, de forma que se mantenga la resistencia y la estabilidad frente a las acciones e influencias previsibles durante las fases de construcción y usos previstos de los edificios, y que un evento extraordinario no produzca consecuencias desproporcionadas respecto a la causa original y se facilite el mantenimiento previsto.

Para el cumplimiento de esta exigencia básica se seguirá un análisis estructural de verificación de los estados límite basado en coeficientes parciales. En la verificación de los estados límite mediante coeficientes parciales, para la determinación del efecto de las acciones, así como de la respuesta estructural, se utilizan los valores de cálculo de las variables, obtenidos a partir de sus valores característicos, u otros valores representativos, multiplicándolos o dividiéndolos por los correspondientes coeficientes parciales para las acciones y la resistencia, respectivamente.

6.1.1.1. Verificaciones.

Se tendrán que verificar el cumplimiento de las siguientes expresiones para considerar que el edificio o elemento que se trate tiene suficiente estabilidad y resistencia.

Se considera que hay suficiente estabilidad del conjunto del edificio o de una parte independiente del mismo, si para todas las situaciones de dimensionado pertinentes, se cumple la siguiente condición:

$$E_{d, dst} \leq E_{d, stb}$$

siendo:

- $E_{d, dst}$: Valor de cálculo del efecto de las acciones desestabilizadoras
- $E_{d, stb}$: Valor de cálculo del efecto de las acciones estabilizadoras

Se considera que hay suficiente resistencia de la estructura portante, de un elemento estructural, sección, punto o de una unión entre elementos, si para todas las situaciones de dimensionado pertinentes, se cumple la siguiente condición:

$$E_d \leq R_d$$

siendo:

- E_d : Valor de cálculo del efecto de las acciones
- R_d : Valor de cálculo de la resistencia correspondiente

6.1.1.2. Acciones y cálculo.

Las acciones a considerar en el cálculo se clasifican:

- Por su variación en el tiempo en:

a) acciones permanentes (G): Son aquellas que actúan en todo instante sobre el edificio con posición constante. Su magnitud puede ser constante (como el peso propio de los elementos constructivos o las acciones y empujes del terreno) o no (como las acciones reológicas o el pretensado), pero con variación despreciable o tendiendo monótonamente hasta un valor límite.

b) acciones variables (Q): Son aquellas que pueden actuar o no sobre el edificio, como las debidas al uso o las acciones climáticas.

c) acciones accidentales (A): Son aquellas cuya probabilidad de ocurrencia es pequeña pero de gran importancia, como sismo, incendio, impacto o explosión.

Las deformaciones impuestas (asientos, retracción, etc.) se considerarán como acciones permanentes o variables, atendiendo a su variabilidad.

- Por su naturaleza: en directas o indirectas;
- Por su variación espacial: en fijas o libres;
- Por la respuesta estructural: en estáticas o dinámicas.

La magnitud de la acción se describe por diversos valores representativos, dependiendo de las demás acciones que se deban considerar simultáneas con ella, tales como valor característico, de combinación, frecuente y casi permanente.

El valor de cálculo de los efectos de las acciones correspondiente a una situación persistente o transitoria, se determina mediante combinaciones de acciones a partir de la expresión:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

es decir, considerando la actuación simultánea de:

a) todas las acciones permanentes, en valor de cálculo ($\gamma_G G_k$), incluido el pretensado ($\gamma_P P$);

b) una acción variable cualquiera, en valor de cálculo ($\gamma_Q Q_k$), debiendo adoptarse como tal una tras otra sucesivamente en distintos análisis;

c) el resto de las acciones variables, en valor de cálculo de combinación ($\gamma_Q \psi_0 Q_k$).

Los valores de los coeficientes de seguridad, γ , para la aplicación de los Documentos Básicos de CTE, se establecen en la tabla 4.1 para cada tipo de acción, atendiendo para comprobaciones de resistencia a si su efecto es desfavorable o favorable, considerada globalmente.

Para comprobaciones de estabilidad, se diferenciará, aun dentro de la misma acción, la parte favorable (la estabilizadora), de la desfavorable (la desestabilizadora).

Los valores de los coeficientes de simultaneidad, ψ , para la aplicación de los Documentos Básicos de CTE, se establecen en la tabla 4.2

El valor de cálculo de los efectos de las acciones correspondiente a una situación extraordinaria, se determina mediante combinaciones de acciones a partir de la expresión:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + A_d + \gamma_{Q,1} \psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

es decir, considerando la actuación simultánea de:

a) todas las acciones permanentes, en valor de cálculo ($\gamma_G G_k$), incluido el pretensado ($\gamma_P P$);

b) una acción accidental cualquiera, en valor de cálculo (A_d), debiendo analizarse sucesivamente con cada una de ellas.

c) una acción variable, en valor de cálculo frecuente ($\gamma_Q \psi_1 Q_k$), debiendo adoptarse como tal, una tras otra sucesivamente en distintos análisis con cada acción accidental considerada.

d) El resto de las acciones variables, en valor de cálculo casi permanente ($\gamma_Q \psi_2 Q_k$).

En situación extraordinaria, todos los coeficientes de seguridad (γ_G , γ_P , γ_Q), son iguales a cero si su efecto es favorable, o a la unidad si es desfavorable, en los términos anteriores.

En los casos en los que la acción accidental sea la acción sísmica, todas las acciones variables concomitantes se tendrán en cuenta con su valor casi permanente, según la expresión:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + A_d + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

En los casos en los que la relación entre las acciones y su efecto no pueda aproximarse de forma lineal, para la determinación de los valores de cálculo de los efectos de las acciones debe realizarse un análisis no lineal, siendo suficiente considerar que:

a) si los efectos globales de las acciones crecen más rápidamente que ellas, los coeficientes parciales se aplican al valor representativo de las acciones, al modo establecido en los apartados anteriores.

b) si los efectos globales de las acciones crecen más lentamente que ellas, los coeficientes parciales se aplican a los efectos de las acciones, determinados a partir de los valores representativos de las mismas.

El valor de cálculo de la resistencia de una estructura, elemento, sección punto o unión entre elementos se obtiene de cálculos basados en sus características geométricas a partir de modelos de comportamiento del efecto analizado, y de la resistencia de cálculo, f_d , de los materiales implicados, que en general puede expresarse como cociente entre la resistencia característica, f_k , y el coeficiente de seguridad del material.

Por lo que respecta al material o materiales implicados, la resistencia de cálculo puede asimismo expresarse como función del valor medio del factor de conversión de la propiedad implicada, determinada experimentalmente, para tener en cuenta las diferencias entre las condiciones de los ensayos y el comportamiento real, y del coeficiente parcial para dicha propiedad del material.

En su formulación más general, la resistencia de cálculo puede expresarse en función de las variables antedichas, y el coeficiente parcial para el modelo de resistencia y las desviaciones geométricas, en el caso de que estas no se tengan en cuenta explícitamente.

6.1.2. Exigencia Básica SE 2: Aptitud al servicio.

La aptitud al servicio será conforme con el uso previsto del edificio, de forma que no se produzcan deformaciones inadmisibles, se limite a un nivel aceptable la probabilidad de un comportamiento dinámico inadmisibles y no se produzcan degradaciones o anomalías inadmisibles.

6.1.2.1. Verificaciones.

Se considera que hay un comportamiento adecuado, en relación con las deformaciones, las vibraciones o el deterioro, si se cumple, para las situaciones de dimensionado pertinentes, que el efecto de las acciones no alcanza el valor límite admisible establecido para dicho efecto.

6.1.2.2. Acciones y deformaciones.

Para cada situación de dimensionado y criterio considerado, los efectos de las acciones se determinarán a partir de la correspondiente combinación de acciones e influencias simultáneas, de acuerdo con los criterios que se establecen a continuación.

Los efectos debidos a las acciones de corta duración que pueden resultar irreversibles, se determinan mediante combinaciones de acciones, del tipo denominado característica, a partir de la expresión:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

es decir, considerando la actuación simultánea de:

- a) todas las acciones permanentes, en valor característico (G_k);
- b) una acción variable cualquiera, en valor característico (Q_k), debiendo adoptarse como tal una tras otra sucesivamente en distintos análisis;
- c) el resto de las acciones variables, en valor de combinación ($\psi_0 Q_k$).

Los efectos debidos a las acciones de corta duración que pueden resultar reversibles, se determinan mediante combinaciones de acciones, del tipo denominado frecuente, a partir de la expresión:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

es decir, considerando la actuación simultánea de:

- a) todas las acciones permanentes, en valor característico (G_k);
- b) una acción variable cualquiera, en valor frecuente ($\psi_1 Q_k$), debiendo adoptarse como tal una tras otra sucesivamente en distintos análisis;
- c) el resto de las acciones variables, en valor casi permanente ($\psi_2 Q_k$).

Los efectos debidos a las acciones de larga duración, se determinan mediante combinaciones de acciones, del tipo denominado casi permanente, a partir de la expresión:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

siendo:

- a) todas las acciones permanentes, en valor característico (G_k);
- b) todas las acciones variables, en valor casi permanente ($\psi_2 Q_k$).

6.1.2.2.1. Flechas.

Cuando se considere la integridad de los elementos constructivos, se admite que la estructura horizontal de un piso o cubierta es suficientemente rígida si, para cualquiera de sus piezas, ante cualquier combinación de acciones característica, considerando sólo las deformaciones que se producen después de la puesta en obra del elemento, la flecha relativa es menor que:

- a) 1/500 en pisos con tabiques frágiles (como los de gran formato, rasillones, o placas) o pavimentos rígidos sin juntas;
- b) 1/400 en pisos con tabiques ordinarios o pavimentos rígidos con juntas;
- c) 1/300 en el resto de los casos.

Cuando se considere el confort de los usuarios, se admite que la estructura horizontal de un piso o cubierta es suficientemente rígida si, para cualquiera de sus piezas, ante cualquier combinación de acciones característica, considerando solamente las acciones de corta duración, la flecha relativa, es menor que 1/350.

Cuando se considere la apariencia de la obra, se admite que la estructura horizontal de un piso o cubierta es suficientemente rígida si, para cualquiera de sus piezas, ante cualquier combinación de acciones casi permanente, la flecha relativa es menor que 1/300.

Las condiciones anteriores deben verificarse entre dos puntos cualesquiera de la planta, tomando como luz el doble de la distancia entre ellos. En general, será suficiente realizar dicha comprobación en dos direcciones ortogonales.

En los casos en los que los elementos dañables (por ejemplo tabiques, pavimentos) reaccionan de manera sensible frente a las deformaciones (flechas o desplazamientos horizontales) de la estructura portante, además de la limitación de las deformaciones se adoptarán medidas constructivas apropiadas para evitar daños. Estas medidas resultan particularmente indicadas si dichos elementos tienen un comportamiento frágil.

6.1.2.2.2. Desplazamientos horizontales.

Cuando se considere la integridad de los elementos constructivos susceptibles de ser dañados por desplazamientos horizontales, tales como tabiques o fachadas rígidas, se admite que la estructura global tiene suficiente rigidez lateral, si ante cualquier combinación de acciones característica, el desplome es menor de:

- a) desplome total: $1/500$ de la altura total del edificio;
- b) desplome local: $1/250$ de la altura de la planta, en cualquiera de ellas.

Cuando se considere la apariencia de la obra, se admite que la estructura global tiene suficiente rigidez lateral, si ante cualquier combinación de acciones casi permanente, el desplome relativo es menor que $1/250$.

En general es suficiente que dichas condiciones se satisfagan en dos direcciones sensiblemente ortogonales en planta.

6.1.3. Vibraciones.

Un edificio se comporta adecuadamente ante vibraciones debidas a acciones dinámicas, si la frecuencia de la acción dinámica (frecuencia de excitación) se aparta suficientemente de sus frecuencias propias.

En el cálculo de la frecuencia propia se tendrán en cuenta las posibles contribuciones de los cerramientos, separaciones, tabiquerías, revestimientos, solados y otros elementos constructivos, así como la influencia de la variación del módulo de elasticidad y, en el caso de los elementos de hormigón, la de la fisuración.

Si las vibraciones pueden producir el colapso de la estructura portante (por ejemplo debido a fenómenos de resonancia, o a la pérdida de la resistencia por fatiga) se tendrá en cuenta en la verificación de la capacidad portante, tal como se establece en el DB respectivo.

Se admite que una planta de piso susceptible de sufrir vibraciones por efecto rítmico de las personas, es suficientemente rígida, si la frecuencia propia es mayor de:

- a) 8 Hz, en gimnasios y polideportivos;
- b) 7 Hz en salas de fiesta y locales de pública concurrencia sin asientos fijos;
- c) 3,4 Hz en locales de espectáculos con asientos fijos.

6.1.2.4. Efectos del tiempo.

Debe asegurarse que la influencia de acciones químicas, físicas o biológicas a las que está sometido el edificio no compromete su capacidad portante. Para ello, se tendrán en cuenta las acciones de este tipo que puedan actuar simultáneamente con las acciones de tipo mecánico, mediante un método implícito o explícito.

En el método implícito los riesgos inherentes a las acciones químicas, físicas o biológicas se tienen en cuenta mediante medidas preventivas, distintas al análisis estructural, relacionadas con las características de los materiales, los detalles constructivos, los sistemas de protección o los efectos de las acciones en condiciones de servicio. Estas medidas dependen de las características e importancia del edificio, de sus condiciones de exposición y de los materiales de construcción empleados.

En estructuras normales de edificación, la aplicación del este método resulta suficiente. En los documentos básicos de seguridad estructural de los diferentes materiales y en la Instrucción de Hormigón Estructural EHE se establecen las medidas específicas correspondientes.

En el método explícito, las acciones químicas, físicas o biológicas se incluyen de forma explícita en la verificación de los estados límite últimos y de servicio. Para ello, dichas acciones se representarán mediante modelos adecuados que permitan describir sus efectos en el comportamiento estructural.

Estos modelos dependen de las características y de los materiales de la estructura, así como de su exposición.

En general, en edificios no resulta necesario comprobar el estado límite de fatiga, salvo por lo que respecta a los elementos estructurales internos de los equipos de elevación.

La comprobación a fatiga de otros elementos sometidos a acciones variables repetidas procedentes de maquinarias, oleaje, cargas de tráfico y vibraciones producidas por el viento, se hará de acuerdo con los valores y modelos que se establecen de cada acción en el documento respectivo que la regula.

Los documentos básicos correspondientes a los diferentes materiales incluyen, en su caso, la información necesaria para tener en cuenta la variación en el tiempo de los efectos reológicos.

6.2. Cálculo de estructura metálica de acero.

Para el cálculo de la estructura metálica que sustenta y conforma la edificación industrial que se estudia se han seguido los métodos y bases de cálculo expuestas en el punto 6.1.1: Exigencia Básica SE1: Resistencia y estabilidad, y 6.1.2: Exigencia Básica SE 2: Aptitud al servicio, adoptándose el método de los estados límite, últimos y de servicio, para verificar la capacidad portante y su aptitud al servicio.

El cálculo se ha realizado con un programa informático adaptado al CTE, por lo que contiene todas las expresiones, coeficientes y combinaciones ya comentadas, lo

que asegura el cumplimiento de la normativa referida. El programa informático utilizado se denomina Nuevo Metal 3D o Cype 3D, de la empresa Cype Ingenieros, S.A. Este programa considera un comportamiento elástico y lineal de los materiales. Las barras definidas son elementos lineales. Las cargas aplicadas en las barras se pueden establecer en cualquier dirección. El programa admite cualquier tipología: uniformes, triangulares, trapezoidales, puntuales, momentos e incremento de temperatura diferente en caras opuestas.

En los nudos se pueden colocar cargas puntuales, también en cualquier dirección. El tipo de nudo que se emplea es totalmente genérico, y se admiten uniones empotradas, articuladas, empotradas elásticamente, así como vinculaciones entre las barras, y de éstas al nudo. Se puede utilizar cualquier tipo de apoyo, incluyendo la definición de apoyos elásticos en cualquier dirección. También es posible emplear desplazamientos impuestos para cada hipótesis de carga. En los apoyos en los que incide una única barra vertical (según el eje Z) permite definir una placa de anclaje metálica, una zapata aislada o un encepado de hormigón armado. Las hipótesis de carga que se pueden establecer no tienen límite en cuanto a su número. Según su origen, se podrán asignar a: peso propio, sobrecarga, viento, sismo y nieve. A partir de las hipótesis básicas se puede definir y calcular cualquier tipo de combinación con diferentes coeficientes de combinación, según CTE.

Para cada estado se generan todas las combinaciones, indicando su nombre y coeficientes, según el material, uso y norma de aplicación.

A partir de la geometría y cargas que se introduzcan, se obtiene la matriz de rigidez de la estructura, así como las matrices de cargas por hipótesis simples. Se obtendrá la matriz de desplazamientos de los nudos de la estructura, invirtiendo la matriz de rigidez por métodos frontales.

Después de hallar los desplazamientos por hipótesis, se calculan todas las combinaciones para todos los estados, y los esfuerzos en cualquier sección a partir de los esfuerzos en los extremos de las barras y las cargas aplicadas en las mismas.

Nuevo Metal 3D considera las acciones características para cada una de las hipótesis simples definibles:

- Peso propio
- Sobrecarga
- Viento
- Sismo

- Nieve

Para cada material, uso y norma, se genera de forma automática todas las combinaciones para todos los estados.

Para cada combinación empleada se obtienen los esfuerzos mayorados o ponderados, que, en general, serán:

- Axiles (en la dirección del eje x local)
- Cortantes (en la dirección de los ejes y y z locales)
- Momentos (en la dirección de los ejes y y z locales)
- Torsor (en la dirección del eje x local)

Estos esfuerzos se obtienen por hipótesis simples o por combinaciones de todos los estados considerados. Todo ello servirá para el estudio y comprobación de deformaciones y tensiones de las piezas.

De acuerdo a lo expuesto anteriormente, el programa comprueba y dimensiona las barras de la estructura según criterios límite:

- Tensión
- Esbeltez
- Flecha
- Otras comprobaciones

Además realiza otras comprobaciones (abolladura, pandeo lateral) que hacen que el perfil sea incorrecto. Si se superan estos límites Nuevo Metal 3D permitirá que se realice un dimensionado, buscando en la tabla de perfiles aquella sección que cumpla todas las condiciones, en caso de que exista.

En la utilización del programa para el cálculo de la estructura, podemos destacar como datos básicos introducidos:

- El período de servicio previsto de la estructura es de 50 años.
- Para adaptarlo al modelo de cálculo utilizado se ha adoptado la simplificación de sustituir las barras que conforman su estructura por sus ejes de simetría.
- Las secciones utilizadas para las barras han sido en forma de H, I y tubos estructurales, básica y fundamentalmente, considerando sus conexiones de tipo empotrado o articulado mediante uniones soldadas.
- La estructura se considera empotrada en la cimentación a través de placas de anclaje, soldadas a las barras que conforman los pilares, estando las primeras embebidas en el hormigón que constituye la estructura de cimentación.

- Las características mecánicas de las secciones son las que figuran para cada una de las barras en los diferentes prontuarios de los fabricantes, utilizándose, no obstante, en nuestro caso, perfiles laminados normalizados de las series IPE, HEA, HEB, RHS y SHS, básica y fundamentalmente.

Las características del acero empleado para la estructura son:

- Módulo de elasticidad longitudinal: $E = 210.000 \text{ N/mm}^2$.
- Módulo de elasticidad transversal: $G = 81.000 \text{ N/mm}^2$.
- Coeficiente de Poisson: $\nu = 0.30$
- Coeficiente de dilatación térmica: $\alpha = 0.000012 \text{ m/m}^\circ\text{C}$.
- Densidad: $\rho = 7.850 \text{ Kg/m}^3$.

El acero empleado para los perfiles laminados es:

- Designación: S275JR y S275J0H
 - + Tensión de límite elástico: $f_y = 275 \text{ N/mm}^2$.
 - + Tensión de rotura: $f_u = 410 \text{ N/mm}^2$.
- Designación: S355JR y S355J0
 - + Tensión de límite elástico: $f_y = 355 \text{ N/mm}^2$.
 - + Tensión de rotura: $f_u = 470 \text{ N/mm}^2$.

Para los perfiles conformados (básicamente perfiles CF y ZF) es:

- Designación: S235JR
 - + Tensión de límite elástico: $f_y = 235 \text{ N/mm}^2$.
 - + Tensión de rotura: $f_u = 360 \text{ N/mm}^2$.

La geometría global de la estructura puede observarse en los planos correspondientes, así como las dimensiones y características de las estructuras calculadas.

7. INFORMACIÓN PREVIA.

7.1. Emplazamiento y sus características.

El estudio que se presenta se realizará mediante cálculos particulares, concretos y acotados de diversas estructuras metálicas de edificios de tipo industrial. Esto requiere adoptar una serie de valores iniciales para el cálculo así como unos datos que concreten el emplazamiento y características del mismo.

En realidad, teniendo en cuenta que este estudio es de carácter comparativo entre diferentes estructuras y que, por tanto, los valores iniciales y de cálculo son y han de ser los mismos para todos los casos, el emplazamiento elegido para la edificación

no es determinante. De igual forma y por idéntico motivo, tampoco se analizará si el emplazamiento, en cuanto a características, dimensiones, superficies y volúmenes de las edificaciones en estudio, puedan estar o no permitidos por el PGOU correspondiente o cualquiera de sus ordenanzas de edificación. No obstante, dado que es preciso adoptar unos datos de cálculo ligados al emplazamiento, estableceremos el emplazamiento de las edificaciones a estudiar en Jaén.

Además para concretar los valores iniciales de cálculo también estableceremos como dato que su situación es normal (no expuesta).

7.2. Acciones.

El cálculo y dimensionado de la estructura está directamente relacionado con las acciones a que se ve sometida.

Las acciones consideradas en el estudio de cada una de estas edificaciones se obtienen a partir de la aplicación de CTE-DB-SE-AE.

7.2.1. Acciones permanentes.

7.2.1.1. Peso propio.

Las acciones permanentes de peso propio contempladas en las estructuras serán las que se describen y valoran a continuación.

Para este estudio, las cubiertas adoptadas tienen la consideración de tipo ligero, es decir, cubiertas cuya carga permanente debida únicamente a su cerramiento no excede de 1 kN/m^2 .

Se empleará una cubierta formada por paneles tipo sándwich, es decir, paneles formados por dos placas de chapa de acero galvanizada y/o prelacada con un alma interior de tipo aislante (poliuretano rígido, lana de roca, etc.). El peso propio de estos paneles es función del espesor de las chapas (que oscila normalmente entre 0,4 mm y 0,8 mm) y el tipo de aislamiento (poliuretano, lana de roca, etc.) y su espesor (normalmente entre 30 mm y 80 mm). Sus valores oscilan entre 10 kg/m^2 y 18 kg/m^2 . Para nuestro estudio adoptaremos un valor de carga permanente como peso propio del cerramiento de cubierta de 20 kg/m^2 , incluyendo así el peso de otros elementos accesorios como rematerías, cumbreras, canalones, etc.

También formará parte de la carga permanente el peso propio de las correas de la cubierta, el cual vendrá dado por el cálculo de las mismas. Las correas adoptadas normalmente para las naves industriales son de acero S235JR (o S275JR) del tipo CF o ZF, conformadas en frío. La carga permanente por peso propio que representan

éstas no suele superar los 7 kg/m^2 . Este valor se podrá comprobar en los cálculos que se realizarán al respecto.

Además de estas cargas, en la mayoría de las naves se cuelgan de las correas las instalaciones (electricidad, iluminación, ventilación, etc.); o bien un falso techo decorativo cuando la nave es de uso comercial; o bien se disponen sobre la cubierta instalaciones: depósitos, equipos de climatización, instalaciones solares, térmicas y/o fotovoltaicas. Previniendo estas cargas, se considerará una carga permanente sobre cubierta de 10 kg/m^2 que englobe las acciones por peso propio por estos conceptos.

También consideraremos como acciones permanentes y de tipo concentrado o puntual sobre la base de los pilares y soportes la carga actuante debida al peso propio de elementos como las vigas de atado, soleras y de los cerramientos que delimitan la nave. Este tipo de cerramiento suele ser de dos tipos:

- Cerramiento ligero, compuesto por correas dispuestas transversalmente a los pilares, atando, además, los mismos y que soportan un panel de chapa, bien sencillo o bien de tipo sándwich.

- Cerramiento pesado, constituido por paneles prefabricados de hormigón armado de espesores que oscilan entre 12 cm y 25 cm, con un peso propio que no suele ser inferior a 270 kg/m^2 . También, en algunos casos, con escasa altura de pilares o bien para cerramientos de fachada, se utilizan fábricas de bloque de hormigón, que facilita la ubicación y construcción de huecos. Esta solución aporta una carga ligeramente inferior a la de los paneles prefabricados.

A la vista de lo anterior se pueden considerar dos cargas, no concomitantes, en función del tipo de cerramiento:

- Cerramiento ligero: 400 kg/m (de vano entre formas).
- Cerramiento pesado: 270 kg/m^2 (superficie de cerramiento asignada por vano).

Así, la carga de un cerramiento ligero la consideraremos constante independientemente de la altura del cerramiento ya que el peso de éste es reducido, siendo el total de la carga función de la separación entre formas (vanos). En el caso de un cerramiento pesado, la carga será mayor de forma proporcional a la altura de los cerramientos y la separación entre formas. En este caso se prescindirá de considerar la carga (que sigue existiendo) proporcionada por las vigas de atado, soleras, etc. y las que gravitan sobre estos elementos.

7.2.1.2. Pretensado.

No se considera ninguna acción permanente debida al pretensado al no existir ningún elemento que pueda estar sometido a este tipo de acción.

7.2.1.3. Acciones del terreno

No se considerará ninguna acción del terreno, fuera de las que se establecen y evalúan en CTE-DB-C para el cálculo de la estructura de cimentación.

7.2.2. Acciones variables.

7.2.2.1. Sobrecarga de uso.

Según CTE-DB-SE-AE, la categoría de uso correspondiente a nuestro estudio es G1: Cubiertas ligeras sobre correas (sin forjado) accesibles únicamente para conservación y no concomitante con el resto de acciones variables. Su valor es de una carga uniformemente repartida de $0,4 \text{ kN/m}^2$ (o concentrada de 1 kN).

7.2.2.2. Acciones sobre barandillas y elementos divisorios.

No se consideran acciones variables de este tipo.

7.2.2.3. Viento.

La determinación de la carga de viento se obtiene a partir de los siguientes datos:

- Edificación de una nave como construcción diáfana
- Emplazamiento en Jaén (velocidad básica del viento según zona A y de valor 26 m/s).
- La edificación se considerará sin huecos a efectos de cálculo.
- Período de retorno: 50 años.
- Grado de aspereza del entorno: IV (Zona urbana en general, industrial o forestal).
- Cubierta simétrica a dos aguas, con ángulo de inclinación positivo de $8,53^\circ$ (15% de pendiente) y un área de influencia superior a 10 m^2 .

La presión dinámica del viento resulta ser de 42 kN/m^2 , la cual se modificará en función de los coeficientes de exposición y presión exterior en cada caso, siguiendo lo establecido en CTE-DB-SE-AE.

7.2.2.4. Acciones térmicas.

No se considerarán las acciones térmicas que los efectos de las variaciones de temperatura provocan al no existir elementos continuos de más de 40 m .

7.2.2.5. Nieve.

La determinación de la carga de nieve se obtiene a partir de los siguientes datos:

- Emplazamiento en Jaén, zona de clima invernal 6 y carga de nieve sobre terreno horizontal de $0,40 \text{ kN/m}^2$, según CTE-DB-SE-AE.
- Cubierta simétrica a dos aguas, con ángulo de inclinación positivo de $8,53^\circ$ (15% de pendiente), lo que implica un coeficiente de forma de 1.

Se tendrán en cuenta las posibles distribuciones asimétricas de nieve, debidas al transporte de la misma por efecto del viento, reduciendo a la mitad el coeficiente de forma en las partes en que la acción sea favorable.

7.2.3. Acciones accidentales.

7.2.3.1. Sismo.

Las acciones sísmicas están reguladas en la norma NSCE-02: Norma de construcción sismorresistente: parte general y edificación (R.D. 997/2002).

La norma NSCE-02 clasifica las construcciones como de importancia moderada, normal y especial. Para nuestro caso, la edificación se podría clasificar como de importancia moderada o normal. Para una construcción de importancia moderada (aquellas con probabilidad despreciable de que su destrucción por el terremoto pueda ocasionar víctimas, interrumpir un servicio primario, o producir daños económicos significativos a terceros) la aplicación de la norma no es obligatoria. Por otra parte, si consideramos la edificación como de importancia normal (aquellas cuya destrucción por el terremoto pueda ocasionar víctimas, interrumpir un servicio para la colectividad, o producir importantes pérdidas económicas, sin que en ningún caso se trate de un servicio imprescindible ni pueda dar lugar a efectos catastróficos), la aplicación de la norma no es obligatoria cuando la aceleración sísmica básica a_b sea inferior a $0,04 \text{ g}$, siendo g la aceleración de la gravedad; o cuando la aceleración sísmica básica a_b sea inferior a $0,08 \text{ g}$ y la edificación contenga pórticos bien arriostrados entre sí en todas direcciones.

Teniendo en cuenta lo expuesto y el carácter comparativo entre estructuras en que se basa el presente estudio, no se considerará la acción sísmica.

7.2.3.2. Incendio.

No se considera la acción de un incendio, al ser determinante para el cálculo de la acción la carga térmica que pueda albergar la edificación y, en este estudio queda

fuera de su objeto y aplicación el determinar tal uso y lo que ello pueda implicar a nivel de carga térmica.

7.2.3.3. Impacto.

No se consideran acciones causadas por un impacto en la estructura.

7.2.4. Otras acciones accidentales.

No se considera ningún otro tipo de acciones accidentales.

7.3. **Deformaciones.**

7.3.1. Flecha.

Atendiendo a CTE-DB-SE2, la flecha máxima relativa considerada para todas las barras de la estructura será inferior a $L / 300$, donde L representa la longitud de cada barra.

7.3.2. Desplazamiento vertical.

Atendiendo a CTE-DB-SE2, el desplazamiento máximo vertical permitido para la estructura se establece en $L / 300$, donde L representa la luz de la estructura principal de cubierta. Para su comprobación se utilizará el criterio de apariencia de la estructura. Además también se impondrá una limitación de $L / 250$ para una combinación de acciones característica a pesar de que no se prevé afectar la integridad de los elementos constructivos en cubierta, susceptibles de ser dañados por desplazamientos verticales, dadas las características de los materiales de cubierta, el uso de la edificación y el tipo de estructura, y, por tanto, no sería necesario imponer ninguna limitación a este respecto.

7.3.3. Desplazamiento horizontal.

Atendiendo a CTE-DB-SE2, la deformación relativa máxima horizontal de la estructura considerada o el desplome relativo máximo será inferior a $H / 250$, donde H representa la altura de dicha estructura. Para su comprobación se utilizará el criterio de apariencia de la estructura. Además también se impondrá una limitación de $H / 150$ para una combinación de acciones característica a pesar de que no se prevé afectar la integridad de los elementos constructivos, susceptibles de ser dañados por desplazamientos horizontales, tales como tabiques o fachadas rígidas, y por tanto, no sería necesario imponer ninguna limitación a este respecto.

7.4. **Otras aptitudes al servicio.**

No se considera ninguna otra variación de la aptitud al servicio (vibraciones, durabilidad o fatiga).

7.5. Terreno para cimentación.

Para poder realizar el dimensionado de la cimentación de las estructuras en estudio se precisa definir el tipo de terreno sobre el que se ejecutarán dichas estructuras. Teniendo en cuenta que el estudio tiene un fin comparativo los valores que se adopten únicamente tienen como objeto poder determinar las necesidades de este elemento estructural para cada caso y poder analizar así la variación de los resultados.

El tipo de terreno y sus características serán los que a continuación se relacionan (considerados como valores medios de la zona (Jaén) donde se emplazan las estructuras en estudio).

El terreno lo formarán una mezcla de arcillas, duras y semiduras, y arenas con niveles aislados de gravas.

Los valores deben de ser obtenidos según se estipula en CTE-DB-C.

Teniendo en cuenta las definiciones y expresiones contempladas en la normativa anterior los datos de partida para proceder al cálculo de la cimentación serán los siguientes:

- Tipo de construcción:

- + C0: Construcciones de menos de 4 plantas y superficie construida inferior a 300 m²

- + C1: Otras construcciones de menos de 4 plantas.

- Tipo de terreno:

- + T1: Terrenos favorables: aquellos con poca variabilidad, y en los que la práctica habitual en la zona es de cimentación directa mediante elementos aislados.

- Presencia de nivel freático a una profundidad superior a 4,00 m.

- Tensión admisible del terreno: 2,00 kg/cm²

- Módulo de balasto (para zapatas aisladas): 700 Tn/m³

- Angulo de rozamiento interno: 30°

- Adherencia del terreno: 0,02 kg/cm²

- Terreno de limos arcillosos con bajo índice de plasticidad por lo que no se considera un terreno expansivo.

- Concentración de sulfatos y de acidez del terreno muy inferior al límite de agresividad débil por lo que no es necesario emplear cementos resistentes a los sulfatos.

8. DIRECTRICES Y CONSIDERACIONES ADOPTADAS EN EL CÁLCULO.

Aceptadas todas las premisas y valores impuestos por la normativa, el proyectista puede adoptar una serie de valores que condicionen el cálculo y la forma en que deben de comportarse los elementos estructurales que se diseñan. Así, por ejemplo, puede considerar que una estructura es de tipo traslacional o intraslacional; que los pilares o soportes están arriostrados a pandeo; el tipo de perfil usado para cada elemento; que la estructura se realice utilizando como elemento de unión la soldadura o utilizando tornillería, etc.

A continuación se expondrán y justificarán las premisas y valores que se han adoptado para el diseño y cálculo de las estructuras en estudio.

8.1. Consideraciones generales.

A lo largo de este estudio se han venido utilizando varios tipos de unidades indiscriminadamente (N, kg, m, cm, ...). Para el cálculo se utilizará el sistema de unidades MKS al ser sus unidades (metros, kilogramos y segundos) el que se ha usado tradicionalmente en el cálculo de estructuras y ser unas unidades más intuitivas tanto para la introducción de datos como para la interpretación de resultados.

Además debe de entenderse, cuando se hable de unidades de fuerza, que la utilización como unidad del kilogramo (kg) equivale a un kilopondio (kp) o kilogramo-fuerza.

Cuando se utilice como unidad de fuerza el N (newton) se puede considerar la equivalencia $10 \text{ N} = 1 \text{ kp} = 1 \text{ kg}$ (anexo B.3 de CTE-DBSE-AE).

Los valores que se consideren y apliquen a las estructuras serán conservadores, yendo a favor de la seguridad y capacidad resistente de las mismas.

Las estructuras se consideran traslacionales en su plano e intraslacionales en su plano perpendicular.

Los soportes se consideran perfectamente empotrados en la cimentación.

El perfil mínimo que se considerará válido para pilares deberá de cumplir que su esbeltez, en sus dos ejes principales, sea superior a 200, contando para ello con la longitud real total del pilar.

El cerramiento de una nave industrial cumple normalmente dos funciones: la obvia de cerrar y delimitar la nave con respecto al exterior; y la de arriostrar a pandeo los pilares en el sentido perpendicular al plano de la estructura. En una estructura abierta, los pilares se consideran no arriostrados en el sentido longitudinal de la estructura, adoptando un coeficiente de pandeo $\beta = 0.7$ (barra empotrada-articulada).

Ahora bien, la existencia de cerramiento hace que el arriostramiento del pilar en este plano puede considerarse total o parcial. Así, por ejemplo, si disponemos un cerramiento pesado entre las alas del perfil de los pilares se puede considerar que el pilar no pandea en este plano y asignarle en este sentido un coeficiente de pandeo de valor $\beta = 0$. Si el cerramiento es ligero, compuesto por correas dispuestas atando los pilares a una separación variable (normalmente entre 1,00 y 2,00 m) y panel tipo sándwich, el coeficiente de pandeo β no puede considerarse nulo, estando en función de la separación dada a las correas. Además, en este mismo sentido y por el mismo motivo, es posible y más o menos acertado, en función del tipo de perfil y sus dimensiones, el considerar que no se producirá el fenómeno de pandeo lateral del perfil. En base a lo expuesto, yendo a favor de la seguridad, en el estudio se considerará un cerramiento de tipo ligero, con separación entre correas de 2,00 m, arriostrando a esta distancia los pilares en el sentido del cerramiento, tanto para el fenómeno de pandeo del perfil completo como para el de pandeo lateral de los cordones que lo forman (alas de las series IPE, HEA o HEB).

Teniendo en cuenta la adopción de un cerramiento ligero para las estructuras en estudio, sobre la base de los pilares se aplicará una carga puntual de un valor de: $P = 400 \text{ kg / m} \times 6 \text{ m} = 2400 \text{ kg}$ (ver apartado 7.2.1.1). Esta carga ayuda a equilibrar el momento flector que aparece en la base de los pilares, centrando las cargas sobre la cimentación.

Una vez realizado el cálculo y comprobado que los perfiles elegidos cumplen con todos los requisitos y condiciones impuestos por la normativa, impondremos la condición de que el aprovechamiento de la resistencia de cada una de las barras no supere el 95%. Para el caso de las flechas y deformaciones se agotará el aprovechamiento (<100%).

En el caso del cálculo de la cimentación, igualmente, una vez comprobado que se cumplen todos los requisitos y condicionantes impuestos por la normativa, se impone la condición de que la tensión máxima sobre el terreno no supere el 90% de la tensión máxima admisible. Además se comprobará que la seguridad al vuelco se encuentra por encima del 10%.

8.2. Consideraciones generales para pórticos.

Los pórticos que se estudian son pórticos simples biempotrados con cubierta simétrica a dos aguas. Se calculan como una estructura traslacional en su plano,

adoptando coeficientes de pandeo para soportes según lo dispuesto al efecto en 6.3.2.5 de CTE-DBSE-A, con valores de coeficiente de pandeo $2 > \beta > 1$

Los pilares se diseñarán como barras simples preferentemente a diseñarlos como simples con cartelas en su parte superior. Estas cartelas se obtienen a partir del mismo perfil utilizado para el pilar, mediante corte diagonal de ala a ala opuesta. El cálculo será iterativo siguiendo el siguiente orden:

- Perfil simple IPE
- Perfil simple IPE con cartelas en nudo superior (unión a dintel)
- Perfil simple HEA (preferible a IPE con cartelas de similar peso)
- Perfil simple HEA con cartelas en nudo superior (unión a dintel)
- Perfil simple HEB (preferible a HEA con cartelas de similar peso)
- Perfil simple HEB con cartelas en nudo superior (unión a dintel)

Las cartelas tendrán una longitud equivalente al 20% de la altura total del pilar.

Los dinteles se dimensionan preferentemente con perfil de la serie IPE con cartelas en sus extremos, siendo la longitud de éstas del 20% de la longitud del dintel (semiluz) para el extremo que enlaza con el pilar y del 10% de la longitud del dintel para el extremo de cumbrera.

El ala inferior de los perfiles de los dinteles del pórtico se ve sometida al fenómeno de pandeo lateral del perfil. Para controlar estos esfuerzos se dispondrán tornapuntas (ver figura 8.2.1) de perfil angular L30.3 (dinteles IPE 300 o inferiores) o L40.4 (dinteles IPE 330 o superiores) desde las correas al ala inferior del perfil. La distancia entre tornapuntas será múltiplo de la separación entre correas y su número vendrá dado por cálculo. Se preferirá sobredimensionar el perfil del dintel antes que disponer tornapuntas para eliminar el pandeo lateral, siempre y cuando este hecho compense económicamente y/o estéticamente.

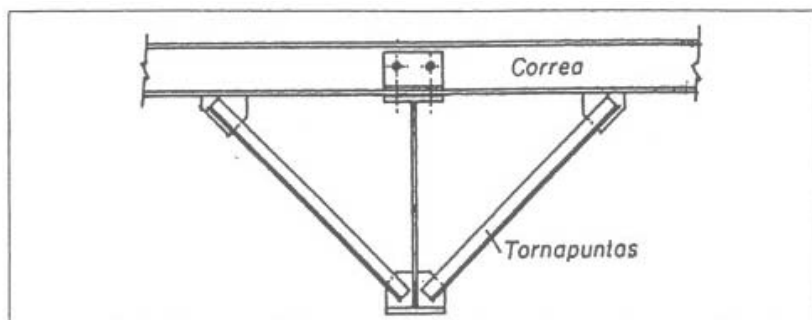


Figura 8.2.1. Vuelco lateral del dintel. Disposición de tornapuntas.

Fuente: Argüelles Álvarez, Ramón: Estructuras de acero. Cálculo. Editorial Bellisco, 2005.

8.3. Consideraciones generales para cerchas.

Las naves con estructuras para cubierta ejecutada mediante cerchas se consideran, al igual que para pórticos, como estructuras traslacionales en su plano e intraslacionales en su plano perpendicular. Los pilares, para este tipo de estructuras, se consideran como empotrados en su base y libres en su parte superior con lo que el valor del coeficiente de pandeo es $\beta = 2$. Adoptar este valor es muy conservador dado que las cerchas en estudio presentan su cordón inferior por debajo de la altura total del pilar, reduciendo la longitud de pandeo. En realidad se podría considerar como una estructura porticada traslacional con un dintel de una inercia equivalente al 75% de la inercia de los cordones (superior e inferior) que componen la celosía, separados la distancia media de su separación en la semiluz de la estructura. Esto hace que el coeficiente de pandeo tenga un valor $2 > \beta > 1$. De cualquier forma, y yendo a favor de la seguridad, se adoptará como coeficiente de pandeo para los pilares en el plano de la estructura el valor de $\beta = 2$.

Los pilares se ejecutarán con perfiles simples, escogiendo el de menor peso de las series IPE, HEA y HEB que cumpla con las especificaciones de cálculo. Además, se deberá de cumplir, por motivos constructivos y de ejecución, que el ala del perfil escogido para los pilares sea 5 cm mayor (como mínimo) a la mayor dimensión de los cordones a los que se une.

Las cerchas se diseñan con barras tubulares, tanto para cordones como para barras de relleno (diagonales, dado que el diseño elegido es una cercha tipo Warren). Se podrá sustituir el perfil tubular del cordón superior por un perfil HEA equivalente (sección y resistencia) que favorece la resistencia de la estructura cuando las correas de cubierta no son coincidentes con los nudos de la cercha y producen momentos flectores en el cordón. Por este motivo, también será preferible disponer perfiles tubulares rectangulares (RHS) como cordón superior a perfiles tubulares cuadrados (SHS). Para las barras interiores y el cordón inferior se utilizarán perfiles SHS, con lo que la resistencia del perfil a compresión es la misma tanto en el plano de la estructura como fuera de él.

El diseño de la cercha se realiza mayormente siguiendo una serie de criterios expuestos y justificados en diversa bibliografía técnica. Básicamente se siguen los siguientes criterios:

- El canto mínimo medio en la semiluz de la estructura (c) cumplirá la siguiente relación: $(luz / 15) \leq c \leq (luz / 10)$

- El ángulo de encuentro de las diagonales será $\theta \geq 30^\circ$, lo que favorece la ejecución de las uniones y disminuye efectos secundarios.

- El espesor de los perfiles tubulares de los cordones será superior al espesor de los perfiles tubulares de las barras de relleno, lo que favorece el comportamiento de las uniones.

- Para las barras de relleno se considerarán un máximo de dos grupos de barras. Se preferirán para una misma sección resistente las barras con una mayor dimensión.

A la hora del cálculo, los coeficientes de pandeo adoptados serán los prescritos en CTE-DBSE-A 6.3.2.4 para elementos triangulados donde se refleja que: *“En vigas planas trianguladas formadas por perfiles huecos de cordones continuos y diagonales y montantes soldados de forma continua en todo el perímetro, se podrán tomar como longitudes de pandeo las definidas en el apartado anterior, aplicando el factor 0,9 a los cordones, y 0,75 a los montantes y diagonales.”*

El cordón inferior de la cercha se ve sometida a una inversión de esfuerzos, produciéndose esfuerzos de compresión, debido a la acción del viento y al hecho de que la cercha se calcula como articulada en sus dos extremos de forma que los dos pilares de la estructura contribuyen a soportar los esfuerzos horizontales. Para el cálculo de la longitud de pandeo del cordón inferior se dispondrán arriostramientos en forma de cruces de San Andrés entre formas (ver figura 8.3.1.b) y se calculará como si se tratara de una pieza sometida a esfuerzos de compresión variable, según se expone en CTE-DBSE-A 6.3.2.4.

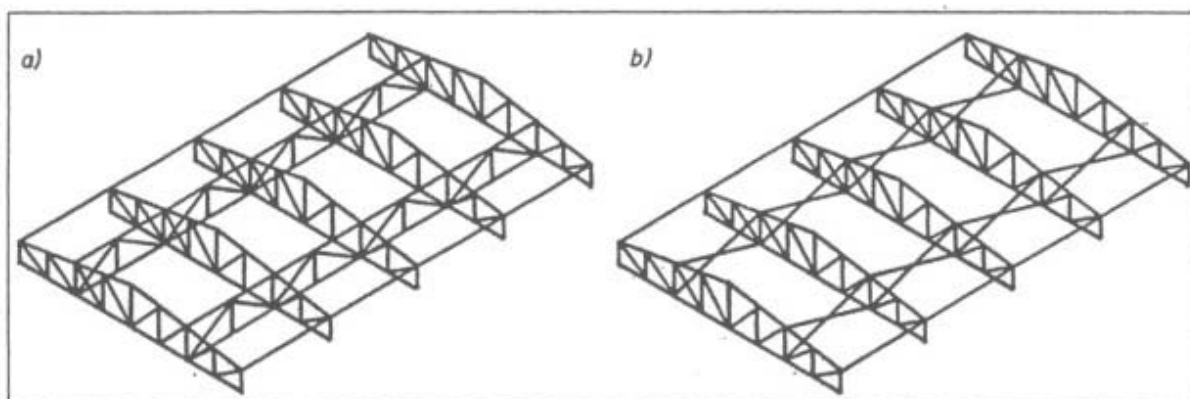


Figura 8.3.1. Posibles arriostramientos transversales del cordón inferior de la celosía.

Fuente: Argüelles Álvarez, Ramón: Estructuras de acero. Cálculo. Editorial Bellisco, 2005.

El dimensionado del cordón inferior fuera de su plano hace que, con objeto de reducir el número de arriostramientos y permitir mayores longitudes de pandeo, se sobredimensione el mismo para conseguir perfiles menos esbeltos y que cumplan con la esbeltez mínima a compresión exigible a cualquier perfil. Se preferirá el sobredimensionado de este cordón antes de introducir mayor número de arriostramientos, siempre y cuando el coste de una y otra solución se puedan considerar similares, teniendo en cuenta, además, que se favorece la amplitud y estética bajo cubierta. Cuando por este motivo o cualquier otro equivalente se obtenga un perfil mayor (en sección y/o resistencia) en el cordón inferior que el obtenido para el cordón superior, se optará por sobredimensionar también el cordón superior de forma que la sección de éste sea similar a la del cordón inferior, previniendo que no se produzca el fallo de la estructura en el cordón superior ante un eventual aumento de esfuerzos en la estructura (donde el cordón inferior podría asumir el aumento de esfuerzos y el cordón inferior quedaría infradimensionado).

Se adoptarán perfiles angulares de lados iguales (L 30.3, L40.4, L50.5, etc.) para las cruces de San Andrés de arriostramiento del cordón inferior, cuya sección pueda resistir un esfuerzo de tracción mínimo equivalente a 1/10 de los esfuerzos máximos que se producen en el cordón inferior al que arriostran.

Los nudos de la cercha son uniones soldadas directamente entre perfiles por lo que interviene toda la sección en la transmisión de esfuerzos. El hecho de que esta unión sea ejecutada de esta forma hace que se pueda considerar un cierto grado de empotramiento de las barras de relleno a los cordones, lo que favorece la resistencia de la estructura. Así, el cálculo de la cercha considerada como una estructura con nudos rígidos arroja valores de esfuerzos menores que los obtenidos cuando se calcula la estructura considerando los nudos como articulados. No obstante, y como se viene manteniendo, se irá a favor de la seguridad y se considerará a la hora del cálculo que los nudos de la celosía y los de unión de ésta a los pilares son articulaciones.

Los perfiles tubulares que se utilizarán para la celosía cumplirán las siguientes condiciones:

- Para todas las barras se cumplirá la relación $(h / t) \leq 35$, donde h representa el canto o altura del perfil y t el espesor de pared. Con esto se consigue garantizar la posibilidad de alcanzar el límite elástico en la fibra extrema de la sección, sin riesgo de que puedan darse efectos de pandeo local.

- Para los cordones se cumplirá $15 \leq (b / t) \leq 25$, donde b representa el ancho del perfil y t el espesor de pared, con lo que se consigue una mayor eficiencia de las uniones.

En el anexo 2 se adjuntan tablas donde se reflejan los perfiles tubulares válidos que se han tenido en cuenta para el diseño y dimensionado de la estructura. Igualmente se reflejan los valores de pandeo β utilizados (y justificados) para el cordón inferior de las cerchas.

9. COSTE DE EJECUCIÓN DE LA ESTRUCTURA.

El estudio que se pretende llevar a cabo es tanto de índole técnico como económico por lo que es preciso establecer unos precios unitarios de cada una de las partidas que intervienen en la ejecución de la estructura. Estos precios unitarios se han obtenido a partir de una comparativa entre los precios medios que para cada una de las partidas han ofrecido diferentes empresas constructoras de la zona (Jaén).

A continuación se relacionan de forma resumida los precios de las partidas que se considerarán intervinientes en el costo de ejecución de la estructura. Estas partidas se pueden ver de forma detallada en el anexo 4 que complementa este estudio.

Las partidas y los precios adoptados son:

- M3 de excavación en zapatas: 10,55 €
- M3 de transporte de tierras a vertedero: 8,40 €
- M3 de hormigón de limpieza en zapatas HM-20/B/20/I: 98,30 €
- M3 de hormigón armado en zapatas HA-25/B/20/IIa: 112,60 €
- Kg de acero corrugado B400S en armadura de zapatas: 1,10 €
- Kg de acero en estructura en ejecución de placa de anclaje: 1,55 €
- Kg de acero en estructura con perfil de alma llena: 1,30 €
- Kg de acero en estructura con perfil tubular en estructura de celosía: 1,65 €
- Kg de acero en arriostramientos: 2,70 €

Se ha de tener en cuenta que en el costo de ejecución de la estructura que se evalúa no se ha tenido en cuenta ningún otro elemento que no sean los calculados. Es decir, el costo que se calcula no incluye las correas, elementos de arriostramiento de la estructura, estructuras auxiliares para cerramientos, vigas de atado en cimentación, etc. De igual forma tampoco se incluye el coste del cerramiento de cubierta y sus elementos auxiliares o de arriostramiento.

El coste reflejado en las tablas de resultados contenidas en el apartado 10 de esta memoria es el correspondiente a la estructura (pilares, dinteles o cerchas, arriostramientos de estos elementos, placas de anclaje a cimentación y cimentación). El coste también se obtiene por metro cuadrado, entendiendo éste como el coste repercutido sobre la superficie que abarca la estructura calculada la cual se corresponde con el producto de la luz de la estructura y la separación entre formas, establecida en 6,00 m en este estudio.

También es de destacar que no se pretende en este estudio el establecer como válido y de referencia un valor único para las estructuras que se calculan ya que éste dependerá de los precios unitarios de las partidas que componen la estructura y serán diferentes y variarán en función de la empresa constructora, emplazamiento y ubicación de la obra y momento de ejecución ya que los precios de los materiales, sobre todo del acero, están en constante evolución.

Por otra parte y como se indicó en apartados anteriores de esta memoria, el cálculo realizado, aun siendo perfectamente válido para las estructuras en cuestión, se han realizado partiendo de unas premisas y condicionantes impuestos previamente. Es decir, existen otras opciones de dimensionado y diseño igualmente válidas a las empleadas y que llevarían a otros resultados. No obstante, estos resultados serían razonablemente similares a los ahora obtenidos, tanto en el cálculo de pórticos como en el de la estructura en celosía y, por tanto, la comparación de resultados entre estructuras, objeto fundamental de este estudio, sería similar al que se obtiene, definiendo y justifica en este estudio.

10. RESUMEN DE DATOS Y RESULTADOS.

El presente estudio tiene dos objetivos fundamentales, relacionados de forma general en el objeto de este documento y que podemos concretar de la siguiente forma:

Objetivo 1: Analizar técnica y económicamente los resultados de cálculo y dimensionado de la estructura metálica de una edificación de tipo industrial cuando la estructura principal de cubierta se ejecuta mediante perfiles de alma llena o de celosía.

Objetivo 2: Analizar técnica y económicamente los resultados de cálculo y dimensionado que se obtienen sobre la estructura metálica de una edificación de tipo industrial cuando la estructura principal de cubierta se ejecuta mediante perfiles de

alma llena o de celosía y se incrementan de forma significativa la altura de soportes y/o las cargas verticales que la solicitan.

En este caso se analizará como varía una estructura cuando:

1º. Se duplica la carga permanente vertical sobre cubierta.

2º. Se incrementa sensiblemente la altura de soportes. En este caso se ha incrementado en un 50%

Tanto para el análisis del incremento de carga como de altura se han estudiado tres casos (en lugar de los siete contemplados en el análisis general comparativo). Se han escogido los casos 2, 4 y 6 y se han denominado casos 2a_c, 4a_c, 6a_c, 2b_c, 4b_c y 6b_c para el incremento de carga; y casos 2a_h, 4a_h, 6a_h, 2b_h, 4b_h y 6b_h para el incremento de altura.

A continuación se resumen los datos y el planteamiento general seguido para el análisis de cada una de las dos hipótesis u objetivos de estudio, descritas y justificadas más ampliamente en los apartados anteriores de esta memoria, así como los resultados obtenidos para cada uno de ellas.

En el Anexo 3: Resúmenes de cálculos se ofrece un listado resumido de los resultados arrojados por el programa informático de cálculo utilizado (Nuevo Metal 3D de Cype Ingenieros, S.A.).

10.1. Resumen de datos.

Se adjuntan en forma de tablas los datos ya referidos en esta memoria y que delimitan y definen las bases del presente estudio:

- Tabla 10.1.1: Bases de cálculo: acciones y deformaciones (valores según CTE-DB-SE).

- Tabla 10.1.2: Bases de cálculo: materiales.

Tabla 10.1.1: Bases de cálculo: acciones y deformaciones**BASES DE CÁLCULO: ACCIONES Y DEFORMACIONES (valores según CTE-DB-SE)****ACCIONES PERMANENTES****Peso propio****En cubierta**

Panel de cerramiento de cubierta, incluso rematería:	20,00 kg/m ²	(0.196 kN/m ²)
Falsos techos y/o instalaciones:	10,00 kg/m ²	(0.098 kN/m ²)
Peso propio de la estructura de cubierta y correas (p.p.e.):	Según dimensionado y cálculo	
Total peso propio en cubierta:	30,00 kg/m² + p.p.e.	

En base de pilares

Peso propio vigas de atado, soleras, cerramiento ligero:	2400,00 kg	(23,520 kN)	(a).
Total carga puntual de peso propio en base de pilares:	2400,00 kg		

Pretensado:

No se contempla

Acciones del terreno:

No se contempla

TOTAL ACCIONES PERMANENTES: PESO PROPIO + p.p.e.**ACCIONES VARIABLES**

Sobrecarga de uso:	40,80 kg/m ²	(0.400 kN/m ²)	(1).
Acciones sobre barandillas y elementos divisorios:	No se contempla		
Viento (presión dinámica):	42,800 kg/m ²	(0.420 kN/m ²)	
Acciones térmicas:	No se contempla		
Nieve (proyección horizontal):	40,80 kg/m ²	(0.400 kN/m ²)	

TOTAL ACCIONES VARIABLES: VIENTO + NIEVE**ACCIONES ACCIDENTALES**

Sismo:	No se contempla
Incendio:	No se contempla
Impacto:	No se contempla
Otras acciones accidentales:	No se contempla

TOTAL ACCIONES ACCIDENTALES: NO SE CONTEMPLA**DEFORMACIONES****Flecha**

Barras:	Longitud / 300	(2).
---------	----------------	------

Vertical

Estructura principal de cubierta:	Luz / 250	(3).
	Luz / 300	(4).

Horizontal

Pilares:	Altura / 150	(3).
	Altura / 250	(4).

NOTAS:

- (a). Para los casos con mayor altura (h) la carga adoptada es de 3000,00 kg
- (1). Caso G1: Cubiertas ligeras sobre correas (sin forjado)
- (2). Combinación de acciones característica: integridad de elementos constructivos y apariencia de la obra
- (3). Combinación de acciones característica: integridad de elementos constructivos
- (4). Combinación de acciones casi permanente: apariencia de la obra

Tabla 10.1.2: Bases de cálculo: materiales.**BASES DE CÁLCULO: MATERIALES****ESTRUCTURA****Perfiles para pilares:**

- Acero: S275JR
- Serie IPE, HEA o HEB - Perfil mínimo: IPE220, HEA140 o HEB140.
* (Se escogerá el perfil de menor peso de la serie)

Perfiles para dinteles:

- Acero: S275JR
- Serie: IPE, HEA o HEB – Perfil mínimo: IPE160, HEA140 o HEB140.
* (Se escogerá el perfil de menor peso de entre estas series).

Perfiles para cerchas o vigas de celosía:**Cordones:**

- Con perfil de alma llena:
 - Acero: S275JR
 - Serie: HEA o HEB – Perfil mínimo: HEA100 o HEB80
- Con perfil tubular:
 - Acero: S275J0H
 - Cordón superior:
 - + Perfil tubular rectangular (RHS)
 - * Espesor mínimo: 4 mm
 - * Perfil mínimo: RHS 100.80.4
 - + Perfil tubular cuadrado (SHS)
 - * Espesor mínimo: 4 mm
 - * Perfil mínimo: SHS 70.4
 - Cordón inferior:
 - + Perfil tubular cuadrado (SHS)
 - * Espesor mínimo: 4 mm
 - * Perfil mínimo: SHS 60.4

Diagonales:

- + Perfil tubular cuadrado (SHS)
 - * Espesor mínimo: 3 mm
 - * Perfil mínimo: SHS 50.3

Perfiles para placas de anclaje:**Placa base y cartelas:**

- Acero:
 - + S275JR hasta espesores de 40 mm
 - + S355JR para espesores superiores a 40 mm
 - + Espesor mínimo de placa base: 15 mm
 - + Espesor mínimo de cartelas: 8 mm

Anclajes:

- Barras de acero corrugado tipo B400S
- Barras terminadas con patilla a 90º
- Diámetro mínimo: 16 mm
- Longitud mínima: 40 cm

CIMENTACIÓN

- Hormigón HM-20/B/20/I
- Hormigón armado HA-25/B/20/IIa
- Acero corrugado en armaduras B400S

10.2. Resumen de resultados.

Mediante la utilización del programa informático de cálculo se obtienen los resultados de las estructuras definidas para cada uno de los casos en estudio. Estos resultados son muy pormenorizados y extensos. Para poder realizar el estudio comparativo sólo utilizaremos los resultados últimos y el dimensionado último de perfiles.

El software utilizado para el cálculo de las estructuras calcula y comprueba el cumplimiento de la normativa y condicionantes impuestos elemento por elemento para todas las hipótesis y combinaciones, ofreciendo en el listado de resultados que arroja una extensa información. Dada esta extensión, se ha considerado conveniente realizar un resumen de datos y de los resultados más relevantes y justificativos del diseño y dimensionado de cada estructura. Aun así, la extensión de datos y resultados resulta bastante elevado por lo que se ha optado por disponer dichos datos y resultados en un volumen diferente al presente, que pueda ser consultado para verificar los resultados que se ofrecen a continuación. Este volumen se ha denominado volumen II / II, y contiene el resumen de datos y resultados de cálculo de cada una de las estructuras en estudio.

Los resultados definitivos y utilizados para el análisis técnico, comparativo y de dimensionado entre estructuras se adjuntan a continuación en forma de tablas y gráficos.

Son los siguientes:

Casos a

- Tabla y gráficos 10.2.1.1. Resumen de resultados: caso 1a.
- Tabla y gráficos 10.2.1.2. Resumen de resultados: caso 1a.
- Tabla y gráficos 10.2.2.1. Resumen de resultados: caso 2a.
- Tabla y gráficos 10.2.2.2. Resumen de resultados: caso 2a.
- Tabla y gráficos 10.2.3.1. Resumen de resultados: caso 3a.
- Tabla y gráficos 10.2.3.2. Resumen de resultados: caso 3a.
- Tabla y gráficos 10.2.4.1. Resumen de resultados: caso 4a.
- Tabla y gráficos 10.2.4.2. Resumen de resultados: caso 4a.
- Tabla y gráficos 10.2.5.1. Resumen de resultados: caso 5a.
- Tabla y gráficos 10.2.5.2. Resumen de resultados: caso 5a.
- Tabla y gráficos 10.2.6.1. Resumen de resultados: caso 6a.
- Tabla y gráficos 10.2.6.2. Resumen de resultados: caso 6a.

- Tabla y gráficos 10.2.7.1. Resumen de resultados: caso 7a.
- Tabla y gráficos 10.2.7.2. Resumen de resultados: caso 7a.

Casos a c

- Tabla y gráficos 10.2.8.1. Resumen de resultados: caso 2a_c.
- Tabla y gráficos 10.2.8.2. Resumen de resultados: caso 2a_c.
- Tabla y gráficos 10.2.9.1. Resumen de resultados: caso 4a_c.
- Tabla y gráficos 10.2.9.2. Resumen de resultados: caso 4a_c.
- Tabla y gráficos 10.2.10. 1. Resumen de resultados: caso 6a_c.
- Tabla y gráficos 10.2.10. 2. Resumen de resultados: caso 6a_c.

Casos a h

- Tabla y gráficos 10.2.11.1. Resumen de resultados: caso 2a_h.
- Tabla y gráficos 10.2.11.2. Resumen de resultados: caso 2a_h.
- Tabla y gráficos 10.2.12.1. Resumen de resultados: caso 4a_h.
- Tabla y gráficos 10.2.12.2. Resumen de resultados: caso 4a_h.
- Tabla y gráficos 10.2.13.1. Resumen de resultados: caso 6a_h.
- Tabla y gráficos 10.2.13.2. Resumen de resultados: caso 6a_h.

Casos b

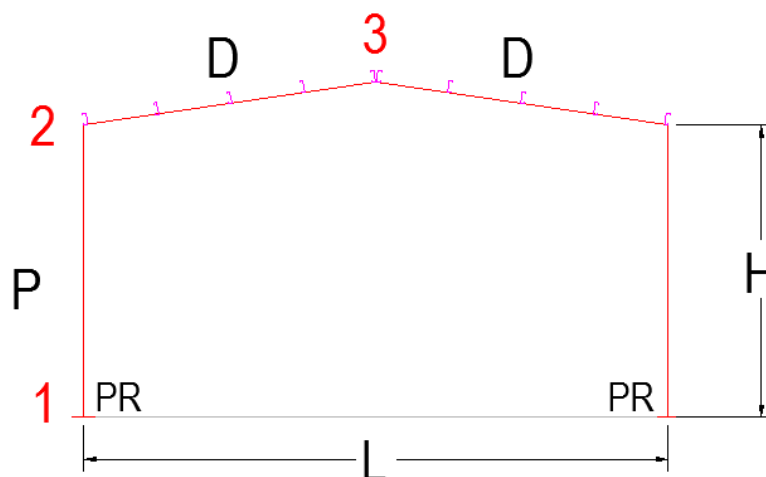
- Tabla y gráficos 10.2.14.1. Resumen de resultados: caso 1b.
- Tabla y gráficos 10.2.14.2. Resumen de resultados: caso 1b.
- Tabla y gráficos 10.2.15.1. Resumen de resultados: caso 2b.
- Tabla y gráficos 10.2.15.2. Resumen de resultados: caso 2b.
- Tabla y gráficos 10.2.16.1. Resumen de resultados: caso 3b.
- Tabla y gráficos 10.2.16.2. Resumen de resultados: caso 3b.
- Tabla y gráficos 10.2.17.1. Resumen de resultados: caso 4b.
- Tabla y gráficos 10.2.17.2. Resumen de resultados: caso 4b.
- Tabla y gráficos 10.2.18.1. Resumen de resultados: caso 5b.
- Tabla y gráficos 10.2.18.2. Resumen de resultados: caso 5b.
- Tabla y gráficos 10.2.19.1. Resumen de resultados: caso 6b.
- Tabla y gráficos 10.2.19.2. Resumen de resultados: caso 6b.
- Tabla y gráficos 10.2.20.1. Resumen de resultados: caso 7b.
- Tabla y gráficos 10.2.20.2. Resumen de resultados: caso 7b.

Casos b_c

- Tabla y gráficos 10.2.21.1. Resumen de resultados: caso 2b_c.
- Tabla y gráficos 10.2.21.2. Resumen de resultados: caso 2b_c.
- Tabla y gráficos 10.2.22.1. Resumen de resultados: caso 4b_c.
- Tabla y gráficos 10.2.22.2. Resumen de resultados: caso 4b_c.
- Tabla y gráficos 10.2.23.1. Resumen de resultados: caso 6b_c.
- Tabla y gráficos 10.2.23.2. Resumen de resultados: caso 6b_c.

Casos b_h

- Tabla y gráficos 10.2.24.1. Resumen de resultados: caso 2b_h.
- Tabla y gráficos 10.2.24.2. Resumen de resultados: caso 2b_h.
- Tabla y gráficos 10.2.25.1. Resumen de resultados: caso 4b_h.
- Tabla y gráficos 10.2.25.2. Resumen de resultados: caso 4b_h.
- Tabla y gráficos 10.2.26.1. Resumen de resultados: caso 6b_h.
- Tabla y gráficos 10.2.26.2. Resumen de resultados: caso 6b_h.

RESUMEN DE RESULTADOS: Caso 1a. Tablas y gráficos 10.2.1.1

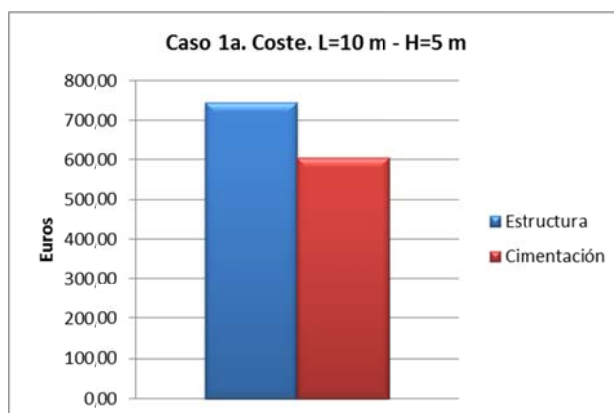
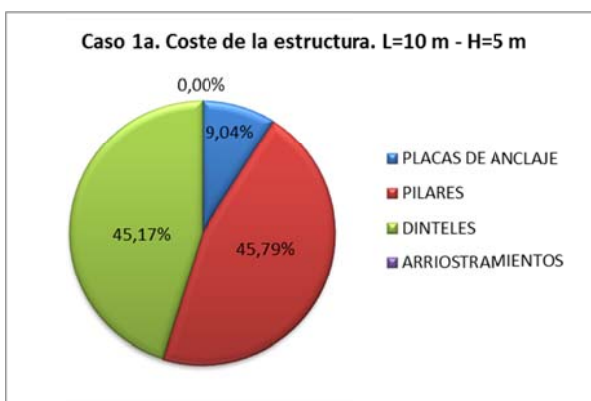
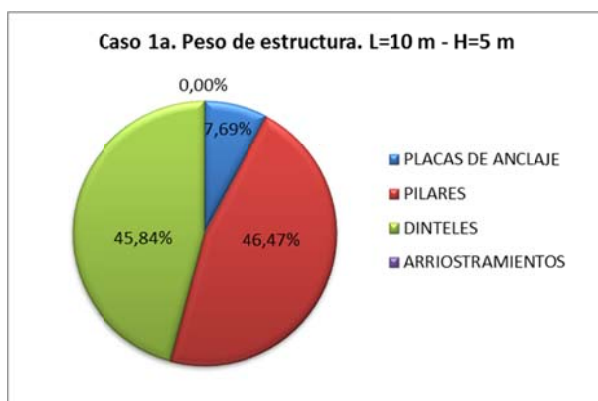
CASO 1a	Luz (m): 10,00		Altura pilar (m): 5,00		Pte.: 15%		Vano (m): 6,00					
ESTRUCTURA	PIEZAS			ELEMENTO			ESTRUCTURA				COSTE EJECUCIÓN	
ELEMENTO	Pieza	Código	Perfil	Nº	Pieza (Kg)	Total (Kg)	Elemento (Kg)	Nº	Total (Kg)	% estr.	€ / Kg	Total €
PLACAS DE ANCLAJE	Placa base	PR	350x300x15 mm	1	15,95	15,95	21,71	2	43,42	7,69	1,55	67,30
	Rigidizadores		350x100x8 mm									
	Anclajes	A	Ø16mm - L=40 cm	6	0,96	5,76						
PILARES	Pilar	P	IPE 220	1	131,10	131,10	131,10	2	262,20	46,47	1,30	340,86
DINTELES	Dintel	D	IPE 200 **	1	129,33	129,33	129,33	2	258,66	45,84	1,30	336,26
ARRIOSTRAMIENTOS	Tornapuntas	T				0,00	0,00		0,00	0,00	2,70	0,00
							Total Kg:		564,28		Total €: 744,42	
* Con cartela en nudo de unión a dintel												
** Con cartelas en nudos de unión a pilar y cumbrera							Superficie (m2):		60,00			
							Ratio Kg/m2:		9,40		Ratio €/m2: 12,41	

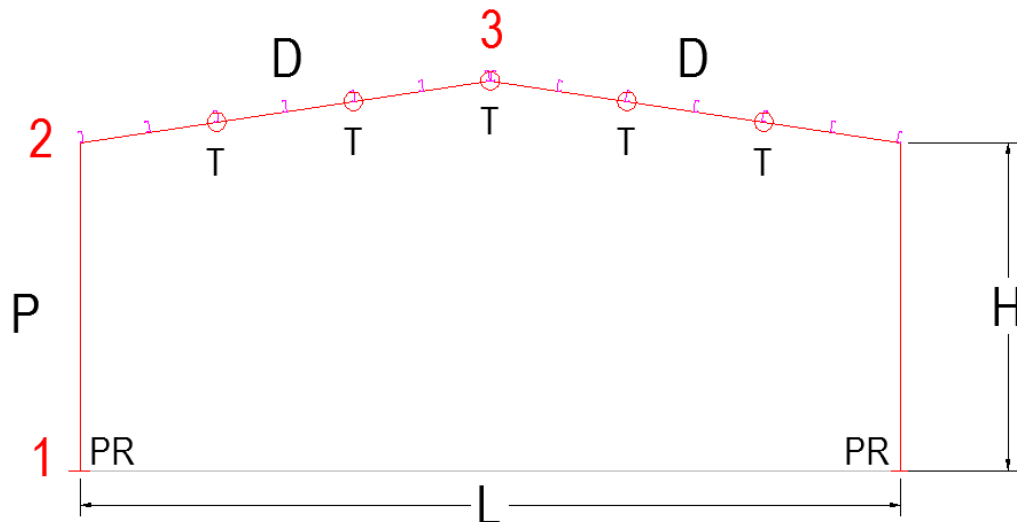
CASO 1a	Luz (m): 10,00		Altura pilar (m): 5,00		Pte.: 15%		Vano (m): 6,00											
	ESFUERZOS MÁXIMOS DE LA ESTRUCTURA (combinaciones de hipótesis)										DEFORMACIONES MÁXIMAS							
ESTRUCTURA	Axil N (Kp)				Cortante V (Kp)				Momento M (Kp * m)				Aprovec	Desplazamientos (mm)				
ELEMENTO	Maximo	Punto	Mínimo	Punto	Maximo	Punto	Mínimo	Punto	Maximo	Punto	Mínimo	Punto	η	Valor	Punto	Máximo	Tipo	%
PILARES	915	2	-3623	1	1993	1	-2250	1	4979	2	-4714	1	85,19	22,6	2	33,3	Horizontal	67,80
DINTELES	1348	3	-2225	2	905	2	-3032	2	2875	3	-4793	2	67,58	31,4	3	40,0	Vertical	78,50

RESUMEN DE RESULTADOS: Caso 1a. Tablas y gráficos 10.2.1.2

CASO 1a		CIMENTACIÓN							
MOV. TIERRAS	Ancho	Largo	Canto	M3	Esponjamiento	Nº	Total M3	€/ M3	Total €
Excavación	1,40	1,90	0,70	1,86		2	3,72	10,55	39,29
Transporte				1,86	20%	2	4,47	8,40	37,54
HORMIGÓN	Ancho	Largo	Canto	M3	Tipo	Nº	Total M3	€/ M3	Total €
Zapata	1,40	1,90	0,60	1,60	HA-25/P/30/IIa	2	3,19	112,60	359,42
Limpieza	1,40	1,90	0,10	0,27	HM-20/B/30/IIa	2	0,53	98,30	52,30
ARMADURAS	Acero B400S			Kg	Total Kg	Nº	Total Kg	€/ Kg	Total €
Superior	Malla Ø 12 c/ 18			26,90	53,80	2	107,60	1,10	118,36
Inferior	Malla Ø 12 c/ 18			26,90					
								Total €:	606,90

CASO 1a			CIMENTACIÓN			
TENSIÓN SOBRE TERRENO (situaciones persistentes - kp / cm2)						
TENSIÓN MEDIA			TENSIÓN MÁXIMA			VUELCO
Media	Admisible	%	Con viento	Admisible	%	Segur. %
0,53	2,00	26,50	1,05	2,50	42,00	15,3



RESUMEN DE RESULTADOS: Caso 2a. Tablas y gráficos 10.2.2.1

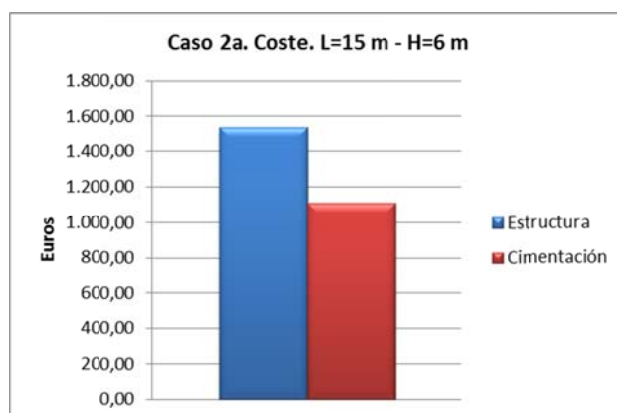
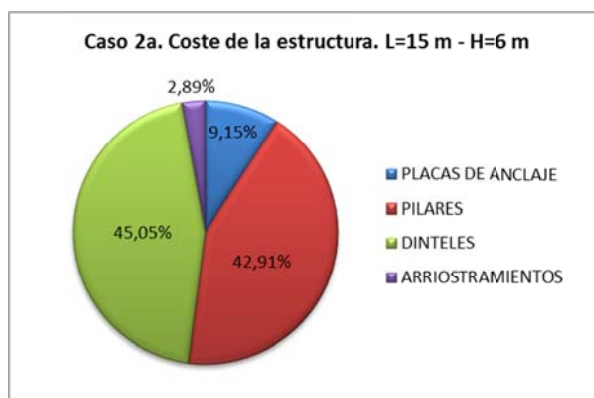
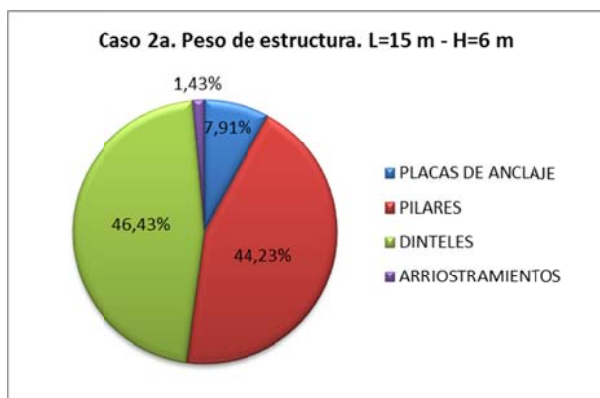
CASO 2a	Luz (m): 15,00	Altura pilar (m): 6,00	Pte.: 15%	Vano (m): 6,00									
ESTRUCTURA	PIEZAS				ELEMENTO			ESTRUCTURA				COSTE EJECUCIÓN	
ELEMENTO	Pieza	Código	Perfil	Nº	Pieza (Kg)	Total (Kg)	Elemento (Kg)	Nº	Total (Kg)	% estr.	€/ Kg	Total €	
PLACAS DE ANCLAJE	Placa base	PR	500x350x20 mm	1	36,89	36,89	45,33	2	90,66	7,91	1,55	140,52	
	Rigidizadores		500x150x10 mm										
	Anclajes	A	Ø20mm - L=60 cm	4	2,11	8,44							
PILARES	Pilar	P	IPE 300	1	253,40	253,40	253,40	2	506,80	44,23	1,30	658,84	
DINTELES	Dintel	D	IPE 240 **	1	266,00	266,00	266,00	2	532,00	46,43	1,30	691,60	
ARRIOSTRAMIENTOS	Tornapuntas	T	L30.3	2	1,37	2,74	2,74	6	16,44	1,43	2,70	44,39	
Total Kg:							1.145,90		Total €: 1.535,35				
* Con cartela en nudo de unión a dintel													
** Con cartela en nudos de unión a pilar y cumbrera							Superficie (m2):		90,00				
							Ratio Kg/m2:		12,73		Ratio €/ m2: 17,06		

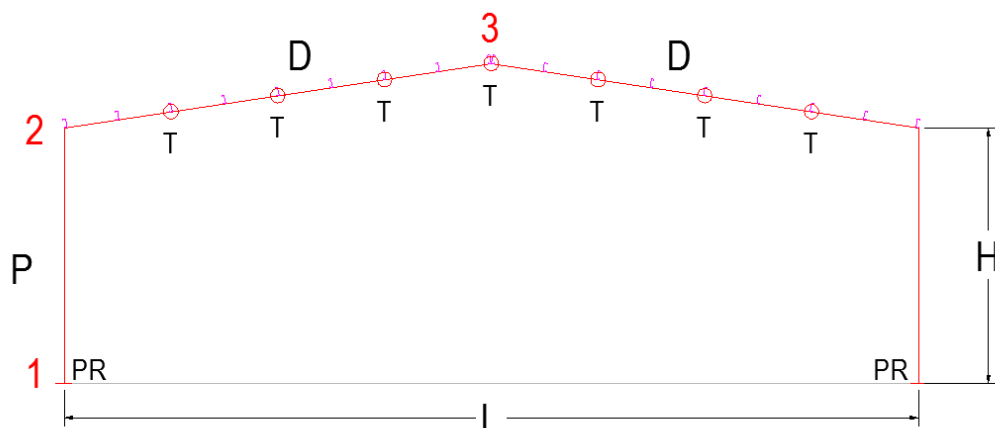
CASO 2a	Luz (m): 15,00		Altura pilar (m): 6,00		Pte.: 15%		Vano (m): 6,00											
	ESFUERZOS MÁXIMOS DE LA ESTRUCTURA (combinaciones de hipótesis)										DEFORMACIONES MÁXIMAS							
ESTRUCTURA	Axil N (Kp)				Cortante V (Kp)				Momento M (Kp * m)				Aprovechamiento	Desplazamientos (mm)				
ELEMENTO	Maximo	Punto	Mínimo	Punto	Maximo	Punto	Mínimo	Punto	Maximo	Punto	Mínimo	Punto		Valor	Punto	Máximo	Tipo	%
PILARES	1492	2	-5563	1	2806	1	-3845	1	11260	2	-9832	1	80,65	26,1	2	40,0	Horizontal	65,25
DINTELES	2322	3	-4092	2	1259	2	-4476	2	5150	3	-10832	2	82,42	56,8	3	60,0	Vertical	94,67

RESUMEN DE RESULTADOS: Caso 2a. Tablas y gráficos 10.2.2.2

CASO 2a	CIMENTACIÓN								
MOV. TIERRAS	Ancho	Largo	Canto	M3	Esponjamiento	Nº	Total M3	€/ M3	Total €
Excavación	1,70	2,20	0,90	3,37		2	6,73	10,55	71,02
Transporte				3,37	20%	2	8,08	8,40	67,86
HORMIGÓN	Ancho	Largo	Canto	M3	Tipo	Nº	Total M3	€/ M3	Total €
Zapata	1,70	2,20	0,80	2,99	HA-25/P/30/IIa	2	5,98	112,60	673,80
Limpieza	1,70	2,20	0,10	0,37	HM-20/B/30/IIa	2	0,75	98,30	73,53
ARMADURAS	Acero B400S			Kg	Total Kg	Nº	Total Kg	€/ Kg	Total €
Superior	Malla Ø 16 c/ 25			50,19	100,38	2	200,76	1,10	220,84
Inferior	Malla Ø 16 c/ 25			50,19					
							Total €: 1.107,04		

CASO 2a			CIMENTACIÓN			
TENSIÓN SOBRE TERRENO (situaciones persistentes - kp / cm2)						
TENSIÓN MEDIA			TENSIÓN MÁXIMA			VUELCO
Media	Admisible	%	Con viento	Admisible	%	Segur. %
0,84	2,00	42,00	1,67	2,50	66,80	14,0



RESUMEN DE RESULTADOS: Caso 3a. Tablas y gráficos 10.2.3.1

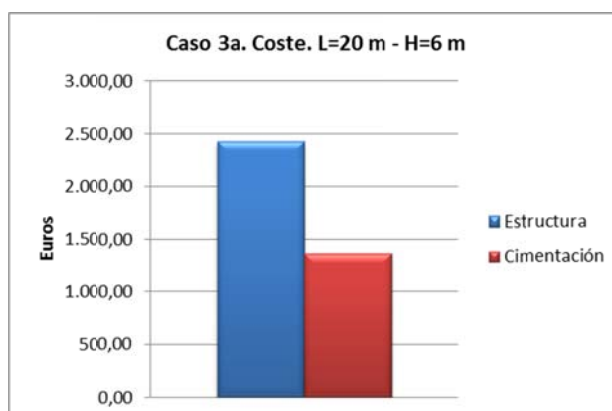
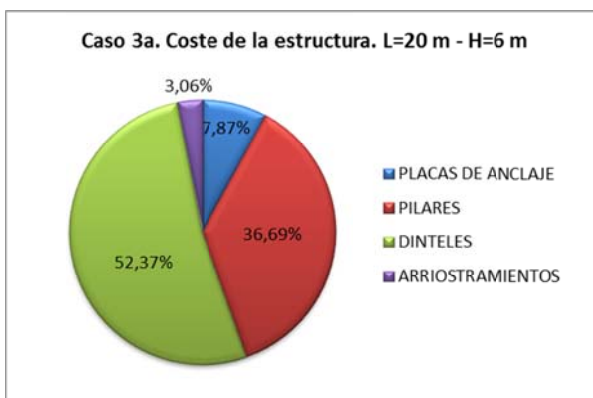
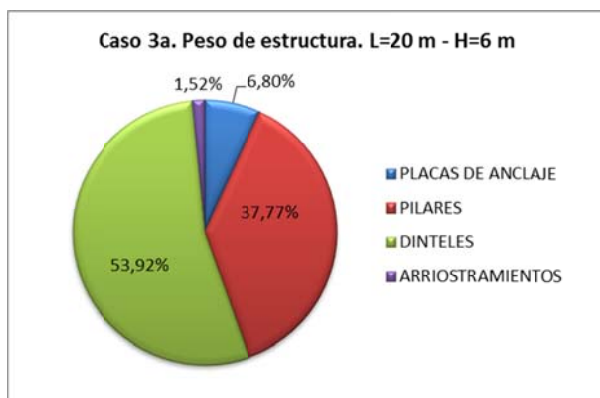
CASO 3a	Luz (m): 20,00	Altura pilar (m): 6,00	Pte.: 15%	Vano (m): 6,00								
ESTRUCTURA	PIEZAS			ELEMENTO			ESTRUCTURA				COSTE EJECUCIÓN	
ELEMENTO	Pieza	Código	Perfil	Nº	Pieza (Kg)	Total (Kg)	Elemento (Kg)	Nº	Total (Kg)	% estr.	€/ Kg	Total €
PLACAS DE ANCLAJE	Placa base	PR	600x400x20 mm	1	48,98	48,98	61,64	2	123,28	6,80	1,55	191,08
	Rigidizadores		600x150x10 mm									
	Anclajes	A	Ø20mm - L=60 cm	6	2,11	12,66						
PILARES	Pilar	P	IPE 360	1	342,42	342,42	342,42	2	684,84	37,77	1,30	890,29
DINTELES	Dintel	D	IPE 300 **	1	488,81	488,81	488,81	2	977,62	53,92	1,30	1.270,91
ARRIOSTRAMIENTOS	Tornapuntas	T	L40.4	2	1,72	3,44	3,44	8	27,52	1,52	2,70	74,30
* Con cartela en nudo de unión a dintel							Total Kg:		1.813,26		Total €: 2.426,59	
** Con cartela en nudos de unión a pilar y cumbrera							Superficie (m2):		120,00			
							Ratio Kg/m2:		15,11		Ratio €/ m2: 20,22	

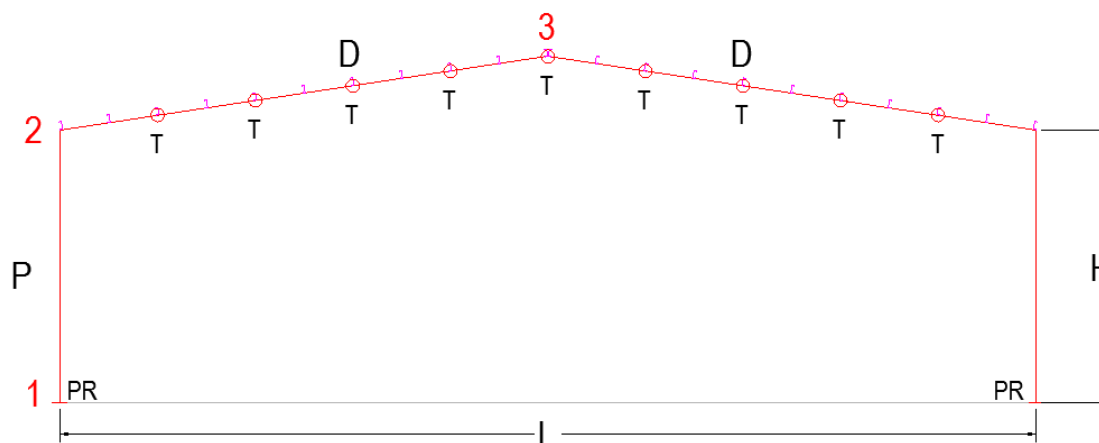
CASO 3a	Luz (m): 20,00		Altura pilar (m): 6,00		Pte.: 15%		Vano (m): 6,00											
	ESFUERZOS MÁXIMOS DE LA ESTRUCTURA (combinaciones de hipótesis)												DEFORMACIONES MÁXIMAS					
	Axil N (Kp)				Cortante V (Kp)				Momento M (Kp * m)				Aprovec	Desplazamientos (mm)				
ELEMENTO	Maximo	Punto	Mínimo	Punto	Maximo	Punto	Mínimo	Punto	Maximo	Punto	Mínimo	Punto	η	Valor	Punto	Máximo	Tipo	%
PILARES	2007	2	-7605	1	3135	1	-6178	1	19937	2	-16355	1	89,31	21,8	2	40,0	Horizontal	54,50
DINTELES	3138	3	-6971	2	1451	2	-5849	2	8033	3	-18998	2	75,72	72,1	3	80,0	Vertical	90,13

RESUMEN DE RESULTADOS: Caso 3a. Tablas y gráficos 10.2.3.2

CASO 3a	CIMENTACIÓN								
MOV. TIERRAS	Ancho	Largo	Canto	M3	Esponjamiento	Nº	Total M3	€/ M3	Total €
Excavación	1,80	2,60	0,90	4,21		2	8,42	10,55	88,87
Transporte				4,21	20%	2	10,11	8,40	84,91
HORMIGÓN	Ancho	Largo	Canto	M3	Tipo	Nº	Total M3	€/ M3	Total €
Zapata	1,80	2,60	0,80	3,74	HA-25/P/30/IIa	2	7,49	112,60	843,15
Limpieza	1,80	2,60	0,10	0,47	HM-20/B/30/IIa	2	0,94	98,30	92,01
ARMADURAS	Acero B400S			Kg	Total Kg	Nº	Total Kg	€/ Kg	Total €
Superior	Malla Ø 16 c/ 25			59,19	118,38	2	236,76	1,10	260,44
Inferior	Malla Ø 16 c/ 25			59,19					
							Total €: 1.369,38		

CASO 3a			CIMENTACIÓN			
TENSIÓN SOBRE TERRENO (situaciones persistentes - kp / cm2)						
TENSIÓN MEDIA			TENSIÓN MÁXIMA			VUELCO
Media	Admisible	%	Con viento	Admisible	%	Segur. %
1.02	2.00	51.00	2.03	2.50	81.20	15.1



RESUMEN DE RESULTADOS: Caso 4a. Tablas y gráficos 10.2.4.1

CASO 4a	Luz (m): 25,00	Altura pilar (m): 7,00	Pte.: 15%	Vano (m): 6,00								
ESTRUCTURA	PIEZAS			ELEMENTO			ESTRUCTURA				COSTE EJECUCIÓN	
ELEMENTO	Pieza	Código	Perfil	Nº	Pieza (Kg)	Total (Kg)	Elemento (Kg)	Nº	Total (Kg)	% estr.	€/ Kg	Total €
PLACAS DE ANCLAJE	Placa base	PR	700x400x20 mm	1	64,69	64,69	85,69	2	171,38	5,95	1,55	265,64
	Rigidizadores		700x200x12 mm									
	Anclajes	A	Ø25mm - L=60 cm	6	3,50	21,00						
PILARES	Pilar	P	IPE 400 *	1	508,65	508,65	508,65	2	1.017,30	35,32	1,30	1.322,49
DINTELES	Dintel	D	IPE 360 **	1	825,48	825,48	825,48	2	1.650,96	57,31	1,30	2.146,25
ARRIOSTRAMIENTOS	Tornapuntas	T	L40.4	2	2,05	4,10	4,10	10	41,00	1,42	2,70	110,70
* Con cartela en nudo de unión a dintel							Total Kg:		2.880,64		Total €: 3.845,08	
** Con cartela en nudos de unión a pilar y cumbrera							Superficie (m2):		150,00			
							Ratio Kg/m2:		19,20		Ratio €/ m2: 25,63	

* Con cartela en nudo de unión a dintel

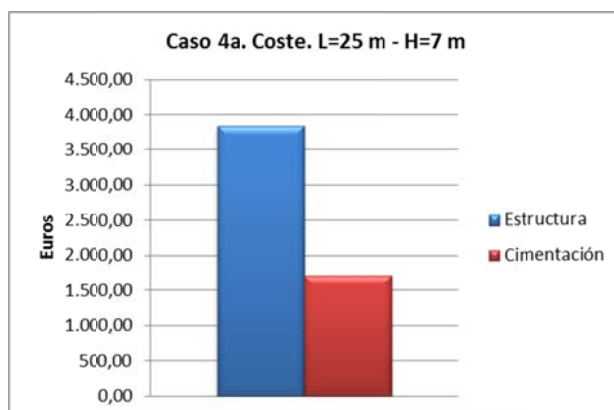
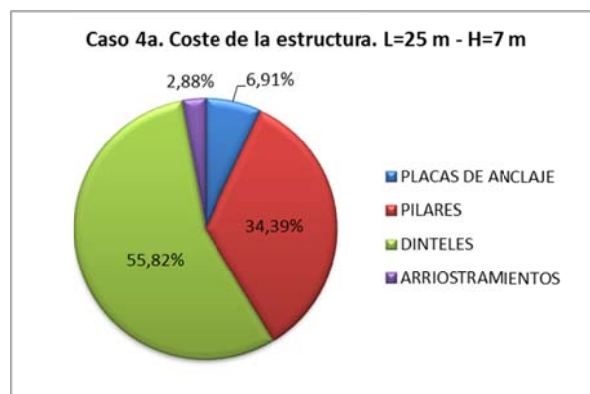
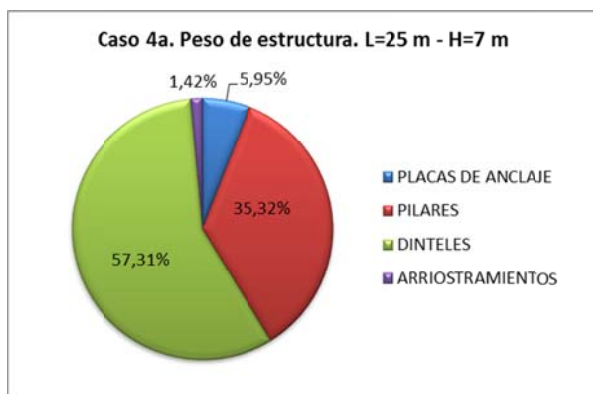
** Con cartela en nudos de unión a pilar y cumbrera

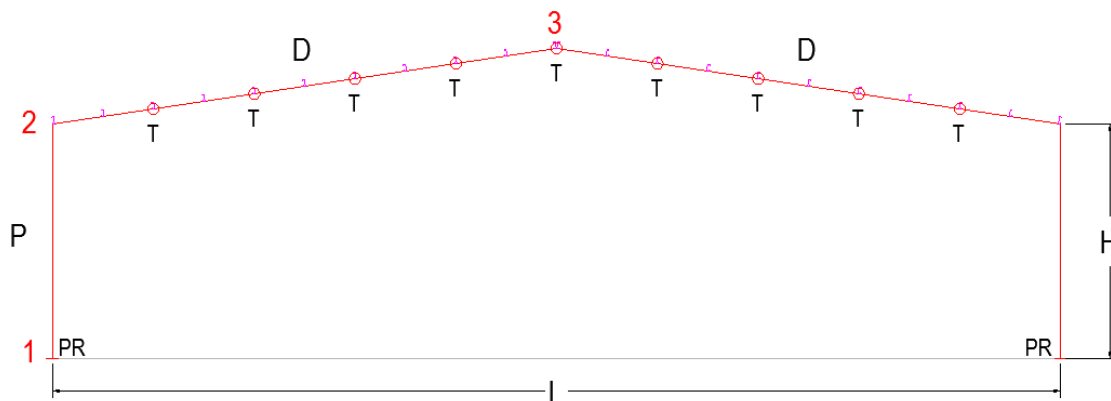
CASO 4a	Luz (m): 25,00		Altura pilar (m): 7,00		Pte.: 15%		Vano (m): 6,00											
	ESFUERZOS MÁXIMOS DE LA ESTRUCTURA (combinaciones de hipótesis)											DEFORMACIONES MÁXIMAS						
ESTRUCTURA	Axil N (Kp)				Cortante V (Kp)				Momento M (Kp * m)				Aprovec	Desplazamientos (mm)				
ELEMENTO	Maximo	Punto	Mínimo	Punto	Maximo	Punto	Mínimo	Punto	Maximo	Punto	Mínimo	Punto	η	Valor	Punto	Máximo	Tipo	%
PILARES	3247	2	-9905	1	4043	1	-8132	1	30612	2	-23657	1	82,42	28,0	2	46,7	Horizontal	60,00
DINTELES	4400	3	-9220	2	2107	2	-7516	2	12222	3	-30851	2	77,16	86,2	3	100,0	Vertical	86,20

RESUMEN DE RESULTADOS: Caso 4a. Tablas y gráficos 10.2.4.2

CASO 4a	CIMENTACIÓN								
MOV. TIERRAS	Ancho	Largo	Canto	M3	Esponjamiento	Nº	Total M3	€/ M3	Total €
Excavación	2,00	2,90	0,90	5,22		2	10,44	10,55	110,14
Transporte				5,22	20%	2	12,53	8,40	105,24
HORMIGÓN	Ancho	Largo	Canto	M3	Tipo	Nº	Total M3	€/ M3	Total €
Zapata	2,00	2,90	0,80	4,64	HA-25/P/30/IIa	2	9,28	112,60	1044,93
Limpieza	2,00	2,90	0,10	0,58	HM-20/B/30/IIa	2	1,16	98,30	114,03
ARMADURAS	Acero B400S			Kg	Total Kg	Nº	Total Kg	€/ Kg	Total €
Superior	Malla Ø 16 c/ 25			77,02	154,04	2	308,08	1,10	338,89
Inferior	Malla Ø 16 c/ 25			77,02					
							Total €: 1.713,22		

CASO 4a			CIMENTACIÓN			
TENSIÓN SOBRE TERRENO (situaciones persistentes - kp / cm2)						
TENSIÓN MEDIA			TENSIÓN MÁXIMA			VUELCO
Media	Admisible	%	Con viento	Admisible	%	Segur. %
1.15	2.00	57.50	2.30	2.50	92.00	11.0



RESUMEN DE RESULTADOS: Caso 5a. Tablas y gráficos 10.2.5.1

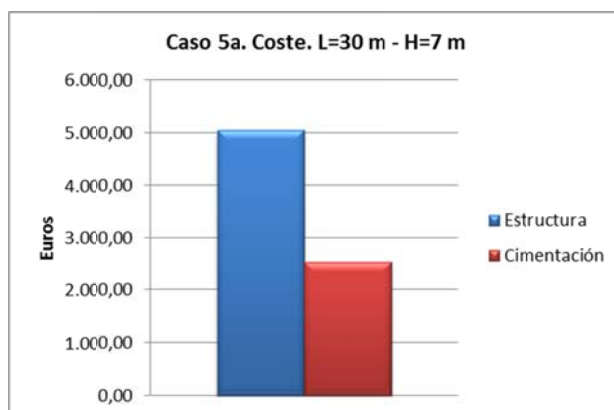
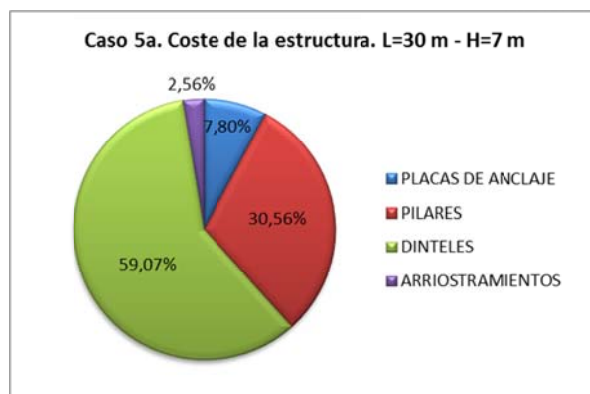
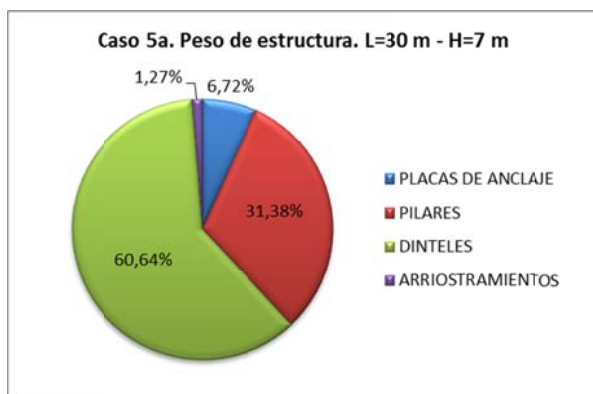
CASO 5a		Luz (m): 30,00		Altura pilar (m): 7,00		Pte.: 15%		Vano (m): 6,00					
ESTRUCTURA		PIEZAS				ELEMENTO		ESTRUCTURA				COSTE EJECUCIÓN	
ELEMENTO	Pieza	Código	Perfil	Nº	Pieza (Kg)	Total (Kg)	Elemento (Kg)	Nº	Total (Kg)	% estr.	€ / Kg	Total €	
PLACAS DE ANCLAJE	Placa base	PR	750x500x25 mm	1	96,20	96,20	127,40	2	254,80	6,72	1,55	394,94	
	Rigidizadores		750x200x12 mm										
	Anclajes	A	Ø25mm - L=70 cm	8	3,90	31,20							
PILARES	Pilar	P	IPE 450 *	1	595,11	595,11	595,11	2	1.190,22	31,38	1,30	1.547,29	
DINTELES	Dintel	D	IPE 400 **	1	1.150,18	1.150,18	1.150,18	2	2.300,36	60,64	1,30	2.990,47	
ARRIOSTRAMIENTOS	Tornapuntas	T	L40.4	2	2,40	4,80	4,80	10	48,00	1,27	2,70	129,60	
* Con cartela en nudo de unión a dintel							Total Kg:			3.793,38		Total €: 5.062,29	
** Con cartela en nudos de unión a pilar y cumbrera							Superficie (m2):			180,00			
							Ratio Kg/m2:			21,07		Ratio € /m2: 28,12	

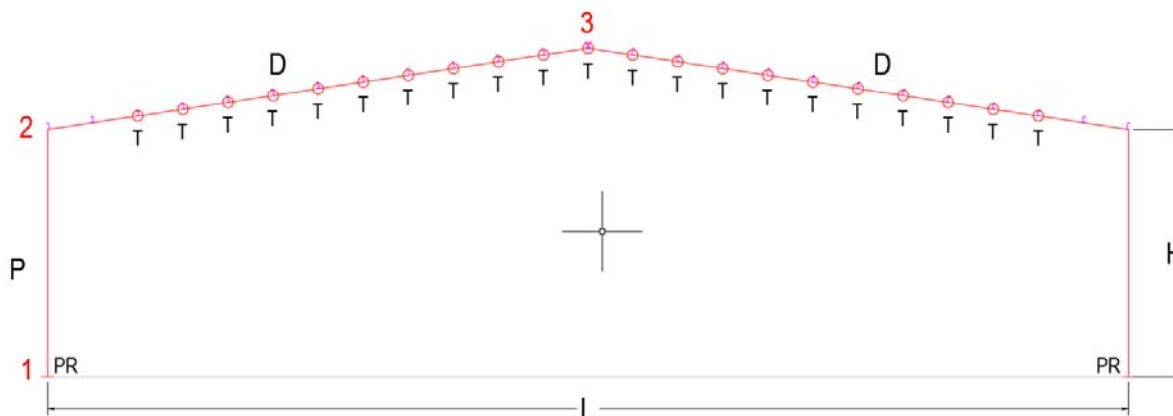
CASO 5a	Luz (m): 30,00		Altura pilar (m): 7,00		Pte.: 15%		Vano (m): 6,00											
	ESFUERZOS MÁXIMOS DE LA ESTRUCTURA (combinaciones de hipótesis)										DEFORMACIONES MÁXIMAS							
ESTRUCTURA	Axil N (Kp)				Cortante V (Kp)				Momento M (Kp * m)				Aprovec	Desplazamientos (mm)				
ELEMENTO	Maximo	Punto	Minimo	Punto	Maximo	Punto	Minimo	Punto	Maximo	Punto	Minimo	Punto	η	Valor	Punto	Máximo	Tipo	%
PILARES	4013	2	-12099	1	4511	1	-11367	1	43792	2	-34390	1	90,61	29,0	2	46,7	Horizontal	62,14
DINTELES	5584	3	-13050	2	2516	2	-8895	2	15434	3	-43828	2	92,80	108,8	3	120,0	Vertical	90,67

RESUMEN DE RESULTADOS: Caso 5a. Tablas y gráficos 10.2.5.2

CASO 5a	CIMENTACIÓN								
MOV. TIERRAS	Ancho	Largo	Canto	M3	Esponjamiento	Nº	Total M3	€/ M3	Total €
Excavación	2,40	3,20	1,00	7,68		2	15,36	10,55	162,05
Transporte				7,68	20%	2	18,43	8,40	154,83
HORMIGÓN	Ancho	Largo	Canto	M3	Tipo	Nº	Total M3	€/ M3	Total €
Zapata	2,40	3,20	0,90	6,91	HA-25/P/30/IIa	2	13,82	112,60	1556,58
Limpieza	2,40	3,20	0,10	0,77	HM-20/B/30/IIa	2	1,54	98,30	150,99
ARMADURAS	Acero B400S			Kg	Total Kg	Nº	Total Kg	€/ Kg	Total €
Superior	Malla Ø 16 c/ 20			116,79	233,58	2	467,16	1,10	513,88
Inferior	Malla Ø 16 c/ 20			116,79					
							Total €: 2.538,32		

CASO 5a			CIMENTACIÓN			
TENSIÓN SOBRE TERRENO (situaciones persistentes - kp / cm2)						
TENSIÓN MEDIA			TENSIÓN MÁXIMA			VUELCO
Media	Admisible	%	Con viento	Admisible	%	Segur. %
1.04	2.00	52.00	2.08	2.50	83.20	12.5



RESUMEN DE RESULTADOS: Caso 6a. Tablas y gráficos 10.2.6.1

CASO 6a		Luz (m): 35,00		Altura pilar (m): 8,00		Pte.: 15%		Vano (m): 6,00					
ESTRUCTURA		PIEZAS			ELEMENTO			ESTRUCTURA				COSTE EJECUCIÓN	
ELEMENTO		Pieza	Código	Perfil	Nº	Pieza (Kg)	Total (Kg)	Elemento (Kg)	Nº	Total (Kg)	% estr.	€/ Kg	Total €
PLACAS DE ANCLAJE	Placa base	PR	850x500x25 mm	1	116,38	116,38	163,18	2	326,36	6,01	1,55	505,86	
	Rigidizadores		850x200x15 mm										
		Anclajes	A	Ø25mm - L=70 cm	12	3,90	46,80						
PILARES	Pilar	P	IPE 550 *	1	922,81	922,81	922,81	2	1.845,62	34,01	1,30	2.399,31	
DINTELES	Dintel	D	IPE 450 **	1	1.570,51	1.570,51	1.570,51	2	3.141,02	57,89	1,30	4.083,33	
ARRIOSTRAMIENTOS	Tornapuntas	T	L40.4	2	2,57	5,14	5,14	22	113,08	2,08	2,70	305,32	
							Total Kg:		5.426,08		Total €: 7.293,81		
							Superficie (m2):		210,00				
							Ratio Kg/m2:		25,84		Ratio €/m2:		34,73

* Con cartela en nudo de unión a dintel

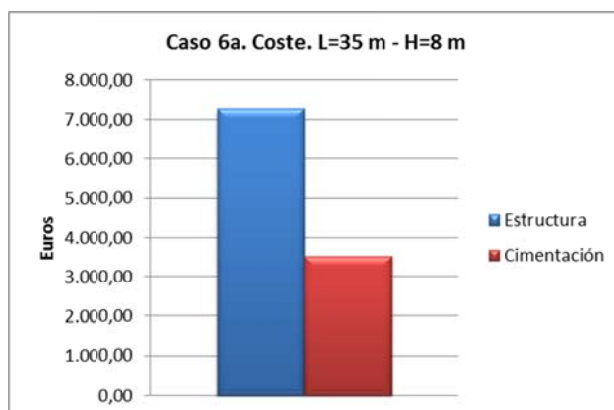
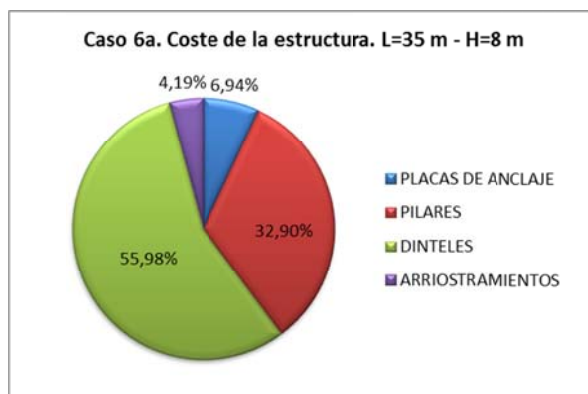
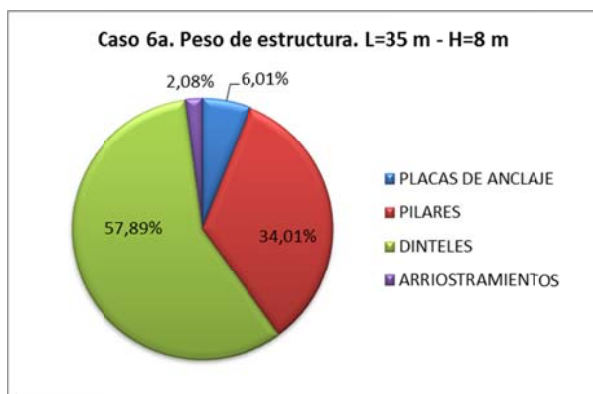
** Con cartela en nudos de unión a pilar y cumbrera

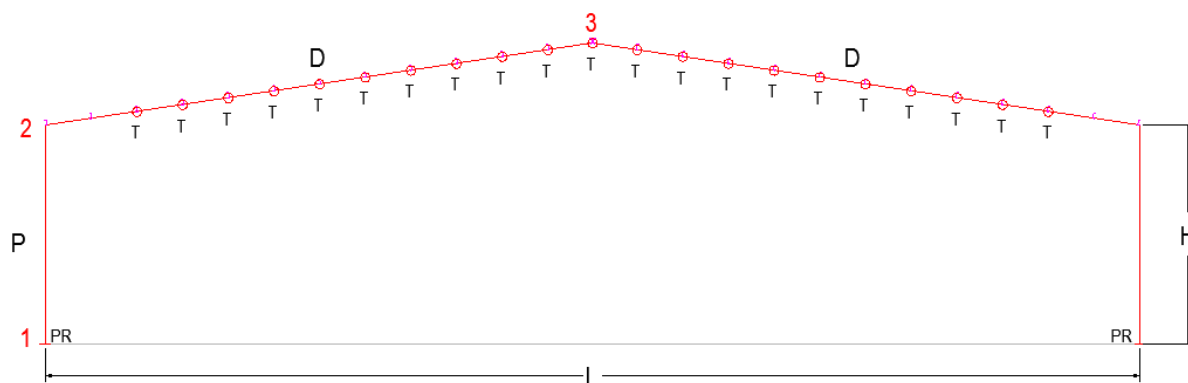
CASO 6a	Luz (m): 35,00		Altura pilar (m): 8,00		Pte.: 15%		Vano (m): 6,00											
	ESFUERZOS MÁXIMOS DE LA ESTRUCTURA (combinaciones de hipótesis)										DEFORMACIONES MÁXIMAS							
ESTRUCTURA	Axil N (Kp)				Cortante V (Kp)				Momento M (Kp * m)				Aprovec	Desplazamientos (mm)				
ELEMENTO	Maximo	Punto	Minimo	Punto	Maximo	Punto	Minimo	Punto	Maximo	Punto	Minimo	Punto	η	Valor	Punto	Máximo	Tipo	%
PILARES	5245	2	-14750	1	5635	1	-14212	1	60777	2	-51793	1	84,35	31,8	2	53,3	Horizontal	59,63
DINTELES	7291	3	-16283	2	3225	2	-10509	2	19729	3	-60951	2	80,93	125,8	3	140,0	Vertical	89,86

RESUMEN DE RESULTADOS: Caso 6a. Tablas y gráficos 10.2.6.2

CASO 6a	CIMENTACIÓN								
MOV. TIERRAS	Ancho	Largo	Canto	M3	Esponjamiento	Nº	Total M3	€/ M3	Total €
Excavación	2,60	3,70	1,10	10,58		2	21,16	10,55	223,28
Transporte				10,58	20%	2	25,40	8,40	213,33
HORMIGÓN	Ancho	Largo	Canto	M3	Tipo	Nº	Total M3	€/ M3	Total €
Zapata	2,60	3,70	1,00	9,62	HA-25/P/30/IIa	2	19,24	112,60	2166,42
Limpieza	2,60	3,70	0,10	0,96	HM-20/B/30/IIa	2	1,92	98,30	189,13
ARMADURAS	Acero B400S			Kg	Total Kg	Nº	Total Kg	€/ Kg	Total €
Superior	Malla Ø 16 c/ 18			167,94	335,88	2	671,76	1,10	738,94
Inferior	Malla Ø 16 c/ 18			167,94					
							Total €: 3.531,10		

CASO 6a			CIMENTACIÓN			
TENSIÓN SOBRE TERRENO (situaciones persistentes - kp / cm2)						
TENSIÓN MEDIA			TENSIÓN MÁXIMA			VUELCO
Media	Admisible	%	Con viento	Admisible	%	Segur. %
1.00	2.00	50.00	2.00	2.50	80.00	14.8



RESUMEN DE RESULTADOS: Caso 7a. Tablas y gráficos 10.2.7.1

CASO 7a		Luz (m): 40,00		Altura pilar (m): 8,00		Pte.: 15%		Vano (m): 6,00						
ESTRUCTURA		PIEZAS			ELEMENTO			ESTRUCTURA				COSTE EJECUCIÓN		
ELEMENTO		Pieza	Código	Perfil	Nº	Pieza (Kg)	Total (Kg)	Elemento (Kg)	Nº	Total (Kg)	% estr.	€ / Kg	Total €	
PLACAS DE ANCLAJE	Placa base	PR	950x550x25 mm	1	148,17	148,17	223,17	2	446,34	6,44	1,55	691,83		
	Rigidizadores		950x250x15 mm											
	Anclajes	A	Ø32mm - L=80 cm	10	7,50	75,00								
PILARES	Pilar	P	IPE 600 *	1	1.074,51	1.074,51	1.074,51	2	2.149,02	31,01	1,30	2.793,73		
DINTELES	Dintel	D	IPE 500 **	1	2.107,62	2.107,62	2.107,62	2	4.215,24	60,82	1,30	5.479,81		
ARRIOSTRAMIENTOS	Tornapuntas	T	L40.4	2	2,74	5,48	5,48	22	120,56	1,74	2,70	325,51		
							Total Kg:		6.931,16		Total €: 9.290,88			
									Superficie (m2):		240,00			
									Ratio Kg/m2:		28,88		Ratio €/m2:	38,71

* Con cartela en nudo de unión a dintel

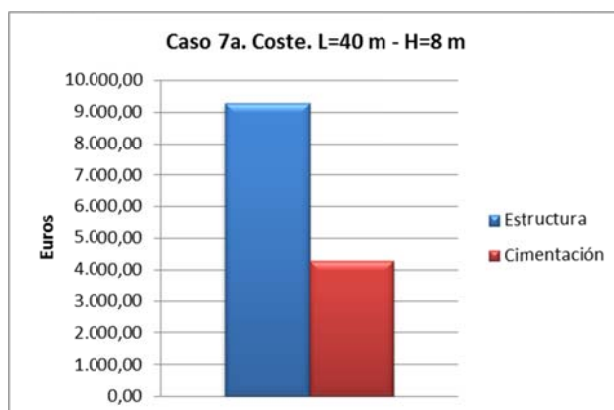
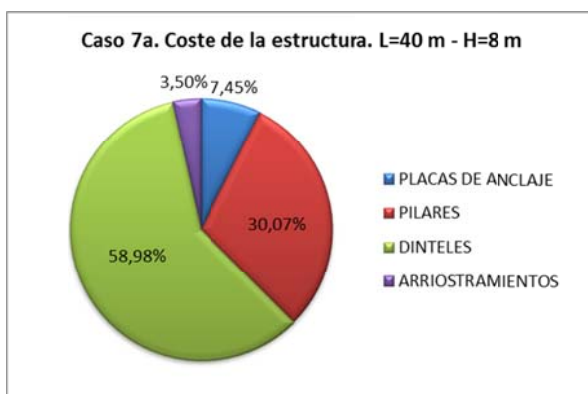
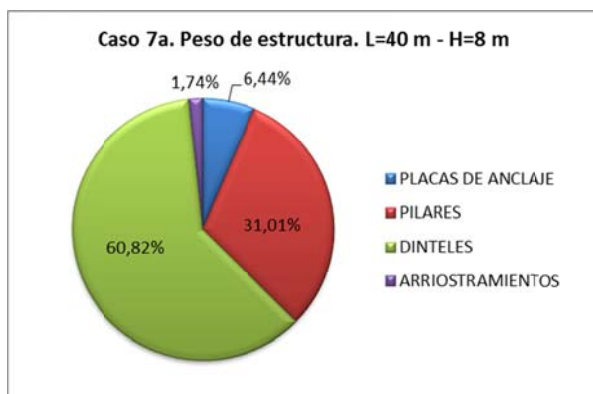
** Con cartela en nudos de unión a pilar y cumbrera

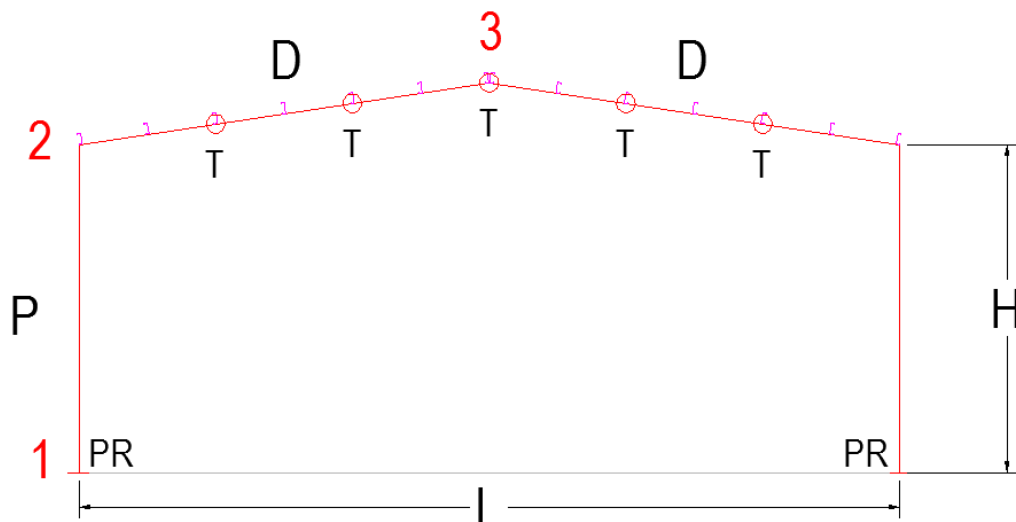
CASO 7a	Luz (m): 40,00		Altura pilar (m): 8,00		Pte.: 15%		Vano (m): 6,00											
	ESFUERZOS MÁXIMOS DE LA ESTRUCTURA (combinaciones de hipótesis)										DEFORMACIONES MÁXIMAS							
	Axil N (Kp)				Cortante V (Kp)				Momento M (Kp * m)				Aprovec	Desplazamientos (mm)				
ELEMENTO	Maximo	Punto	Minimo	Punto	Maximo	Punto	Minimo	Punto	Maximo	Punto	Minimo	Punto	η	Valor	Punto	Máximo	Tipo	%
PILARES	6009	2	-17335	1	6087	1	-18473	1	79054	2	-68929	1	88,08	31,6	2	53,3	Horizontal	59,25
DINTELES	8667	3	-21218	2	3531	2	-12004	2	23390	3	-78699	2	83,73	139,0	3	160,0	Vertical	86,88

RESUMEN DE RESULTADOS: Caso 7a. Tablas y gráficos 10.2.7.2

CASO 7a	CIMENTACIÓN								
MOV. TIERRAS	Ancho	Largo	Canto	M3	Esponjamiento	Nº	Total M3	€/ M3	Total €
Excavación	2,90	4,00	1,10	12,76		2	25,52	10,55	269,24
Transporte				12,76	20%	2	30,62	8,40	257,24
HORMIGÓN	Ancho	Largo	Canto	M3	Tipo	Nº	Total M3	€/ M3	Total €
Zapata	2,90	4,00	1,00	11,60	HA-25/P/30/IIa	2	23,20	112,60	2612,32
Limpieza	2,90	4,00	0,10	1,16	HM-20/B/30/IIa	2	2,32	98,30	228,06
ARMADURAS	Acero B400S			Kg	Total Kg	Nº	Total Kg	€/ Kg	Total €
Superior	Malla Ø 20 c/ 26			209,38	418,76	2	837,52	1,10	921,27
Inferior	Malla Ø 20 c/ 26			209,38					
							Total €: 4.288,13		

CASO 7a			CIMENTACIÓN			
TENSIÓN SOBRE TERRENO (situaciones persistentes - kp / cm2)						
TENSIÓN MEDIA			TENSIÓN MÁXIMA			VUELCO
Media	Admisible	%	Con viento	Admisible	%	Segur. %
1.06	2.00	53.00	2.11	2.50	84.40	11.8



RESUMEN DE RESULTADOS: Caso 2a c. Tablas y gráficos 10.2.8.1

CASO 2a c		Luz (m): 15,00		Altura pilar (m): 6,00		Pte.: 15%		Vano (m): 6,00					
ESTRUCTURA		PIEZAS				ELEMENTO		ESTRUCTURA				COSTE EJECUCIÓN	
ELEMENTO		Pieza	Código	Perfil	Nº	Pieza (Kg)	Total (Kg)	Elemento (Kg)	Nº	Total (Kg)	% estr.	€ / Kg	Total €
PLACAS DE ANCLAJE	Placa base	PR	500x350x20 mm	1	36,89	36,89	49,55	2	99,10	7,64	1,55	153,61	
	Rigidizadores		500x150x10 mm										
	Anclajes	A	Ø20mm - L=60 cm	6	2,11	12,66							
PILARES	Pilar	P	IPE 300 *	1	277,83	277,83	277,83	2	555,66	42,86	1,30	722,36	
DINTELES	Dintel	D	IPE 270 **	1	312,58	312,58	312,58	2	625,16	48,22	1,30	812,71	
ARRIOSTRAMIENTOS	Tornapuntas	T	L30.3	2	1,37	2,74	2,74	6	16,44	1,27	2,70	44,39	
* Con cartela en nudo de unión a dintel							Total Kg:		1.296,36		Total €: 1.733,06		
** Con cartela en nudos de unión a pilar y cumbrea							Superficie (m2):		90,00				
							Ratio Kg/m2:		14,40		Ratio € / m2:		19,26

* Con cartela en nudo de unión a dintel

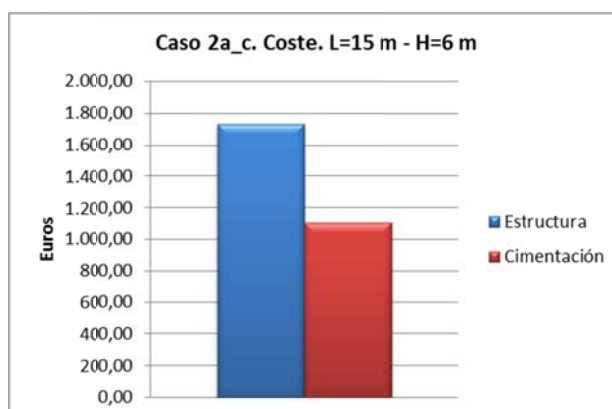
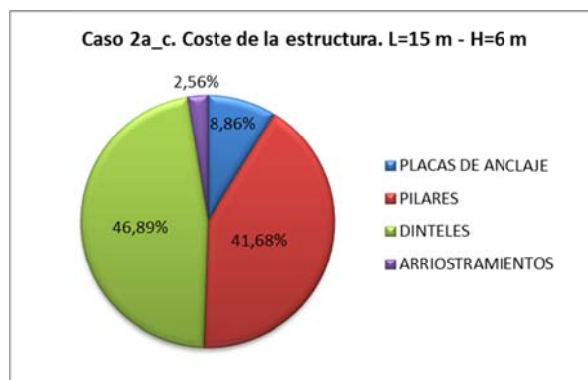
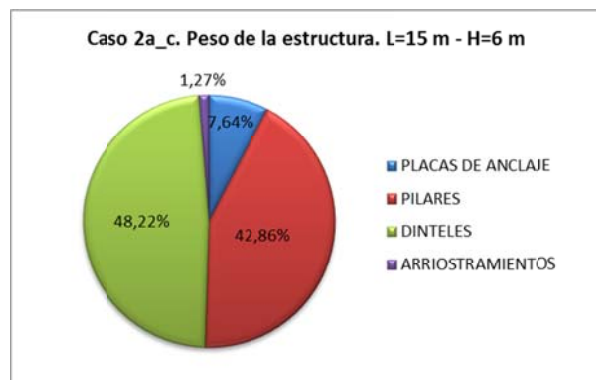
** Con cartela en nudos de unión a pilar y cumbrera

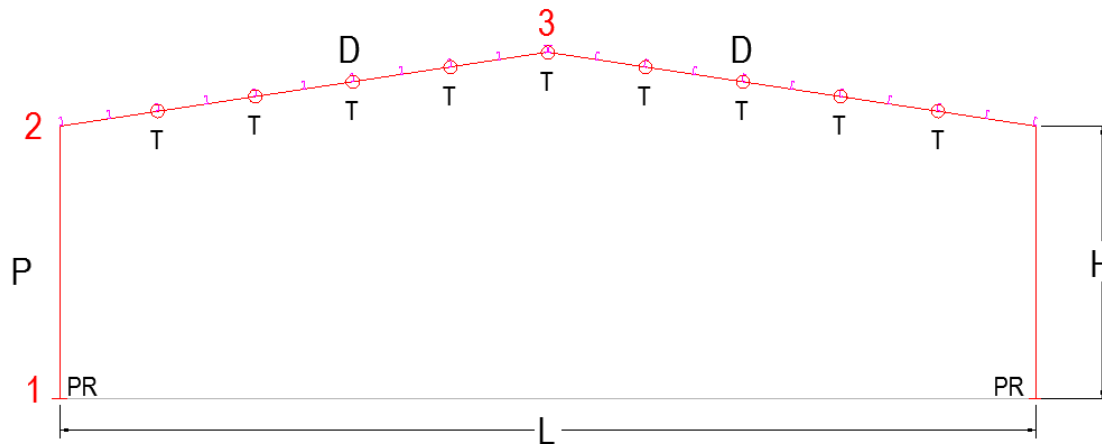
CASO 2a_c	Luz (m): 15,00		Altura pilar (m): 6,00		Pte.: 15%		Vano (m): 6,00											
	ESFUERZOS MÁXIMOS DE LA ESTRUCTURA (combinaciones de hipótesis)										DEFORMACIONES MÁXIMAS							
ESTRUCTURA	Axil N (Kp)				Cortante V (Kp)				Momento M (Kp * m)				Aprovec η	Desplazamientos (mm)				
ELEMENTO	Maximo	Punto	Mínimo	Punto	Maximo	Punto	Mínimo	Punto	Maximo	Punto	Mínimo	Punto		Valor	Punto	Máximo	Tipo	%
PILARES	310	2	-7768	1	2053	1	-4980	1	15060	2	-11530	1	84,60	23,4	2	40,0	Horizontal	58,50
DINTELES	1578	3	-5689	2	195	2	-6325	2	7367	3	-15440	2	82,45	54,6	3	60,0	Vertical	91,00

RESUMEN DE RESULTADOS: Caso 2a c. Tablas y gráficos 10.2.8.2

CASO 2a c	CIMENTACIÓN								
MOV. TIERRAS	Ancho	Largo	Canto	M3	Esponjamiento	Nº	Total M3	€/ M3	Total €
Excavación	1,70	2,20	0,90	3,37		2	6,73	10,55	71,02
Transporte				3,37	20%	2	8,08	8,40	67,86
HORMIGÓN	Ancho	Largo	Canto	M3	Tipo	Nº	Total M3	€/ M3	Total €
Zapata	1,70	2,20	0,80	2,99	HA-25/P/30/IIa	2	5,98	112,60	673,80
Limpieza	1,70	2,20	0,10	0,37	HM-20/B/30/IIa	2	0,75	98,30	73,53
ARMADURAS	Acero B400S			Kg	Total Kg	Nº	Total Kg	€/ Kg	Total €
Superior	Malla Ø 16 c/ 25			50,19	100,38	2	200,76	1,10	220,84
Inferior	Malla Ø 16 c/ 25			50,19					
							Total €: 1.107,04		

CASO 2a c			CIMENTACIÓN			
TENSIÓN SOBRE TERRENO (situaciones persistentes - kp / cm2)						
TENSIÓN MEDIA			TENSIÓN MÁXIMA			VUELCO
Media	Admisible	%	Con viento	Admisible	%	Segur. %
1,08	2,00	54,00	2,16	2,50	86,40	11,8



RESUMEN DE RESULTADOS: Caso 4a c. Tablas y gráficos 10.2.9.1

CASO 4a_c		Luz (m): 25,00	Altura pilar (m): 7,00	Pte.: 15%	Vano (m): 6,00	
ESTRUCTURA		PIEZAS			ELEMENTO	
ELEMENTO		Pieza	Código	Perfil	Nº	Pieza (Kg)
PLACAS DE ANCLAJE	Placa base	PR		700x400x25 mm	1	76,62
	Rigidizadores			700x200x12 mm		
	Anclajes	A		Ø25mm - L=60 cm	10	3,52
PILARES	Pilar	P		IPE 450 *	1	595,11
DINTELES	Dintel	D		IPE 360 **	1	825,48
ARRIOSTRAMIENTOS	Tornapuntas	T		L40.4	2	2,05
					Total Kg:	
					3.105,82	
					Total €:	
					4.150,88	
					Superficie (m2):	
					150,00	
					Ratio Kg/m2:	
					20,71	
					Ratio €/m2:	
					27,67	

* Con cartela en nudo de unión a dintel

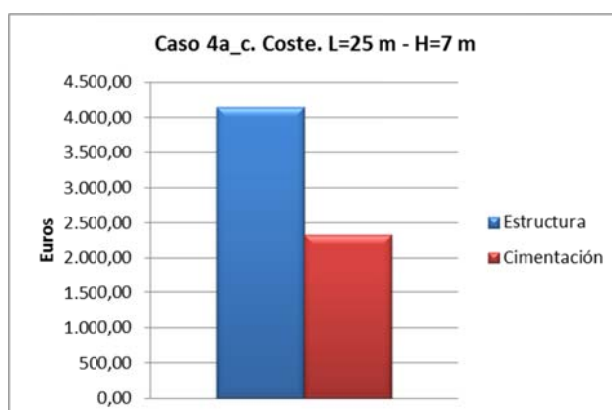
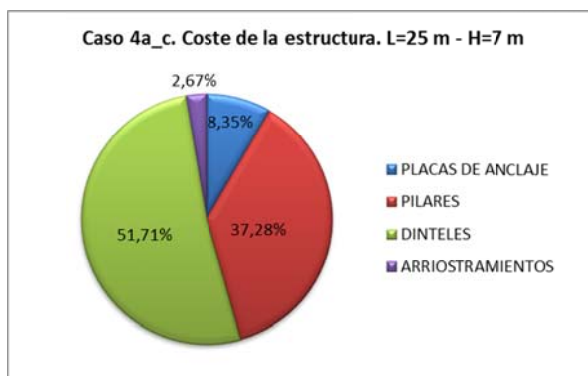
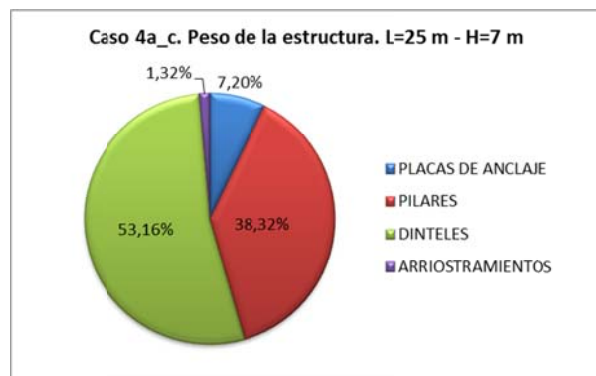
** Con cartela en nudos de unión a pilar y cumbrera

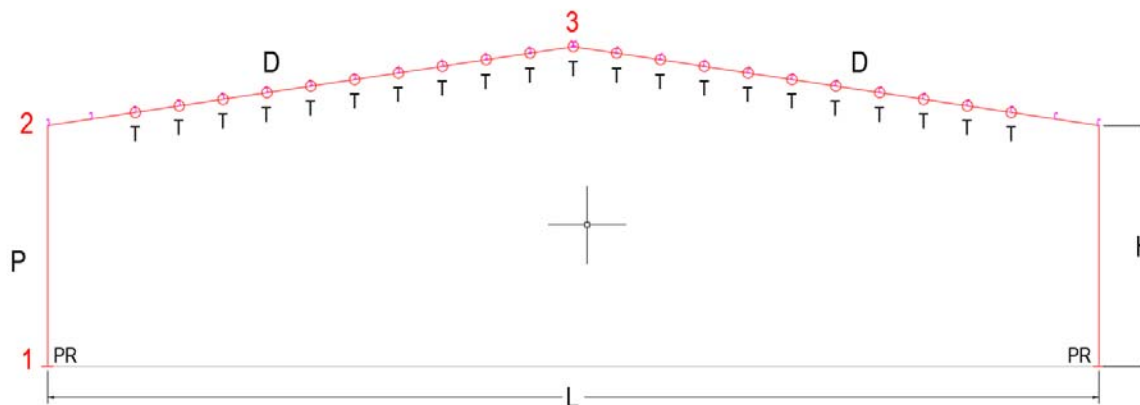
CASO 4a_c	Luz (m): 25,00		Altura pilar (m): 7,00		Pte.: 15%		Vano (m): 6,00											
	ESFUERZOS MÁXIMOS DE LA ESTRUCTURA (combinaciones de hipótesis)										DEFORMACIONES MÁXIMAS							
ESTRUCTURA	Axil N (Kp)				Cortante V (Kp)				Momento M (Kp * m)				Aprovechamiento	Desplazamientos (mm)				
ELEMENTO	Maximo	Punto	Mínimo	Punto	Maximo	Punto	Mínimo	Punto	Maximo	Punto	Mínimo	Punto		Valor	Punto	Máximo	Tipo	%
PILARES	904	2	-13715	1	2251	1	-11163	1	42660	2	-31838	1	85,17	23,2	2	46,7	Horizontal	49,71
DINTELES	2611	3	-12999	2	312	2	-10443	2	17237	3	-43085	2	82,94	85,2	3	100,0	Vertical	85,20

RESUMEN DE RESULTADOS: Caso 4a c. Tablas y gráficos 10.2.9.2

CASO 4a c	CIMENTACIÓN								
MOV. TIERRAS	Ancho	Largo	Canto	M3	Esponjamiento	Nº	Total M3	€/ M3	Total €
Excavación	2,20	3,20	1,00	7,04		2	14,08	10,55	148,54
Transporte				7,04	20%	2	16,90	8,40	141,93
HORMIGÓN	Ancho	Largo	Canto	M3	Tipo	Nº	Total M3	€/ M3	Total €
Zapata	2,20	3,20	0,90	6,34	HA-25/P/30/IIa	2	12,67	112,60	1426,87
Limpieza	2,20	3,20	0,10	0,70	HM-20/B/30/IIa	2	1,41	98,30	138,41
ARMADURAS	Acero B400S			Kg	Total Kg	Nº	Total Kg	€/ Kg	Total €
Superior	Malla	Ø 16 c/ 20		106,85	213,70	2	427,40	1,10	470,14
Inferior	Malla	Ø 16 c/ 20		106,85					
							Total €: 2.325,88		

CASO 4a c			CIMENTACIÓN			
TENSIÓN SOBRE TERRENO (situaciones persistentes - kp / cm2)						
TENSIÓN MEDIA			TENSIÓN MÁXIMA			VUELCO
Media	Admisible	%	Con viento	Admisible	%	Segur. %
0,97	2,00	48,50	1,94	2,50	77,60	24,2



RESUMEN DE RESULTADOS: Caso 6a c. Tablas y gráficos 10.2.10.1

CASO 6a_c	Luz (m): 35,00		Altura pilar (m): 8,00		Pte.: 15%		Vano (m): 6,00						
ESTRUCTURA	PIEZAS				ELEMENTO			ESTRUCTURA				COSTE EJECUCIÓN	
ELEMENTO	Pieza	Código	Perfil	Nº	Pieza (Kg)	Total (Kg)	Elemento (Kg)	Nº	Total (Kg)	% estr.	€/ Kg	Total €	
PLACAS DE ANCLAJE	Placa base	PR	1000x550x25 mm	1	145,62	145,62	197,10	2	394,20	6,15	1,55	611,01	
	Rigidizadores		1000x200x15 mm										
	Anclajes	A	Ø25mm - L=80 cm	12	4,29	51,48							
PILARES	Pilar	P	IPE 600 *	1	1.074,55	1.074,55	1.074,55	2	2.149,10	33,52	1,30	2.793,83	
DINTELES	Dintel	D	IPE 500 **	1	1.877,60	1.877,60	1.877,60	2	3.755,20	58,57	1,30	4.881,76	
ARRIOSTRAMIENTOS	Tornapuntas	T	L40.4	2	2,57	5,14	5,14	22	113,08	1,76	2,70	305,32	
* Con cartela en nudo de unión a dintel							Total Kg:	6.411,58		Total €:	8.591,92		

* Con cartela en nudo de unión a dintel

** Con cartela en nudos de unión a pilar y cumbre

Superficie (m2): 210,00

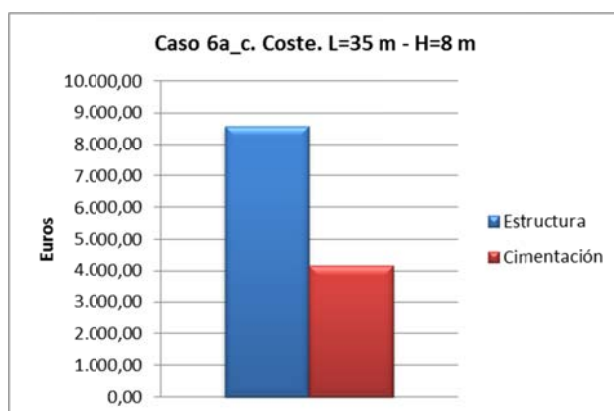
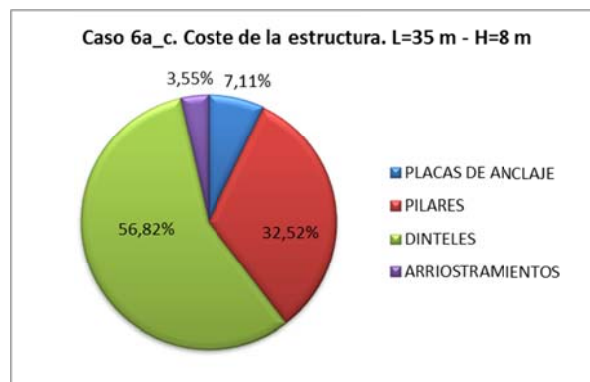
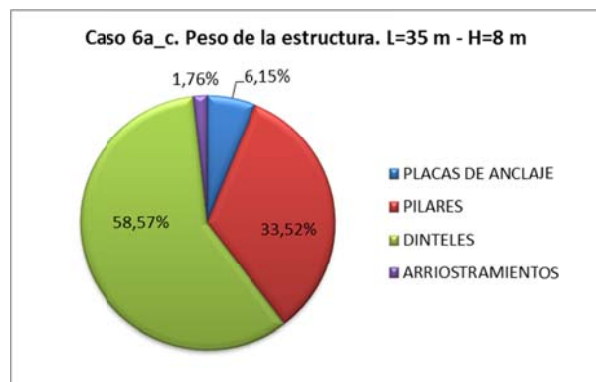
Ratio Kg/m2: 30,53 Ratio €/m2: 40,91

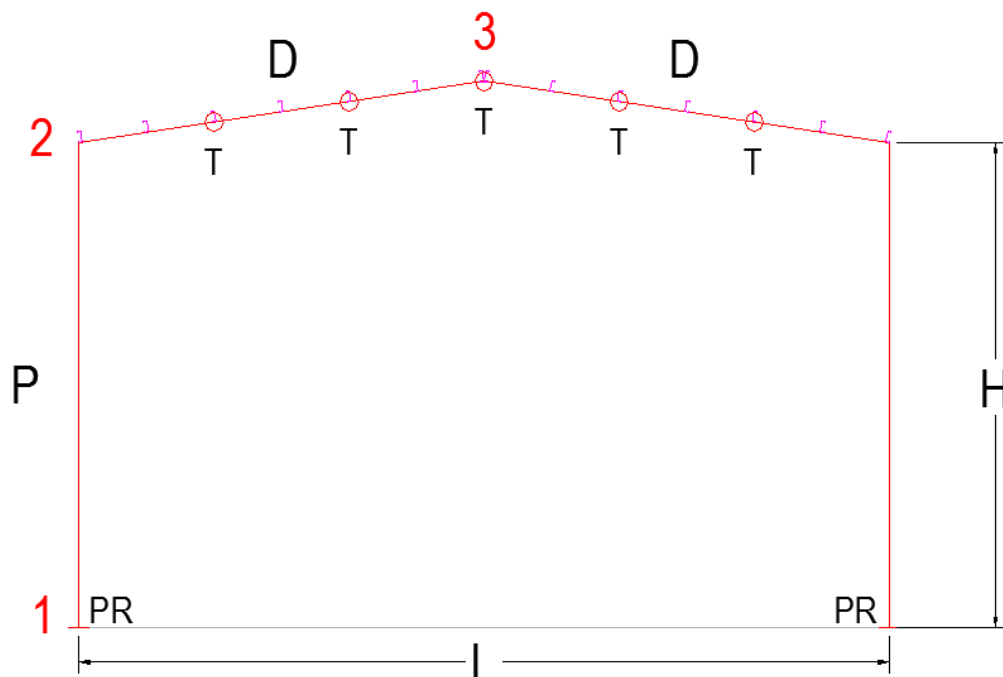
CASO 6a_c	Luz (m): 35,00		Altura pilar (m): 8,00		Pte.: 15%		Vano (m): 6,00											
	ESFUERZOS MÁXIMOS DE LA ESTRUCTURA (combinaciones de hipótesis)										DEFORMACIONES MÁXIMAS							
	Axil N (Kp)				Cortante V (Kp)				Momento M (Kp * m)				Aprovec	Desplazamientos (mm)				
ELEMENTO	Maximo	Punto	Mínimo	Punto	Maximo	Punto	Mínimo	Punto	Maximo	Punto	Mínimo	Punto	η	Valor	Punto	Máximo	Tipo	%
PILARES	1674	2	-20346	1	2352	1	-19694	1	85777	2	-68685	1	88,85	27,3	2	53,3	Horizontal	51,19
DINTELES	4011	3	-22655	2	749	2	-14807	2	26963	3	-85962	2	90,85	119,9	3	140,0	Vertical	85,64

RESUMEN DE RESULTADOS: Caso 6a c. Tablas y gráficos 10.2.10.2

CASO 6a c	CIMENTACIÓN								
MOV. TIERRAS	Ancho	Largo	Canto	M3	Esponjamiento	Nº	Total M3	€/ M3	Total €
Excavación	2,90	3,90	1,10	12,44		2	24,88	10,55	262,51
Transporte				12,44	20%	2	29,86	8,40	250,81
HORMIGÓN	Ancho	Largo	Canto	M3	Tipo	Nº	Total M3	€/ M3	Total €
Zapata	2,90	3,90	1,00	11,31	HA-25/P/30/IIa	2	22,62	112,60	2547,01
Limpieza	2,90	3,90	0,10	1,13	HM-20/B/30/IIa	2	2,26	98,30	222,35
ARMADURAS	Acero B400S			Kg	Total Kg	Nº	Total Kg	€/ Kg	Total €
Superior	Malla	Ø 16 c/ 18		198,71	397,42	2	794,84	1,10	874,32
Inferior	Malla	Ø 16 c/ 18		198,71					
							Total €: 4.157,01		

CASO 6a c			CIMENTACIÓN			
TENSIÓN SOBRE TERRENO (situaciones persistentes - kp / cm2)						
TENSIÓN MEDIA			TENSIÓN MÁXIMA			VUELCO
Media	Admisible	%	Con viento	Admisible	%	Segur. %
1,15	2,00	57,50	2,29	2,50	91,60	16,5



RESUMEN DE RESULTADOS: Caso 2a h. Tablas y gráficos 10.2.11.1

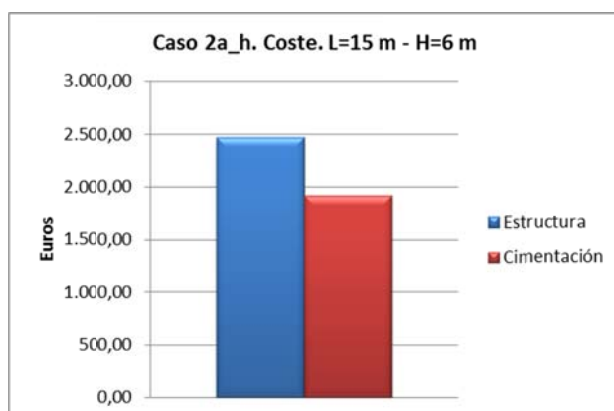
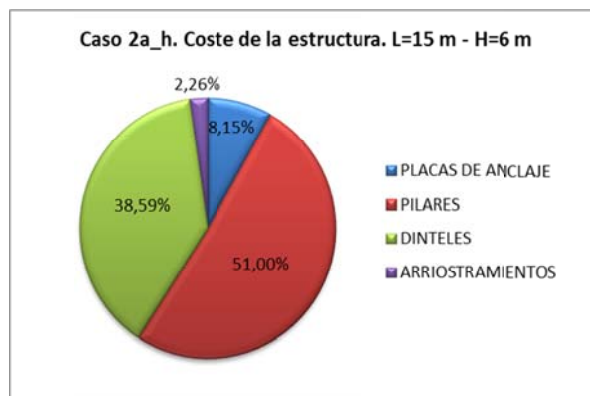
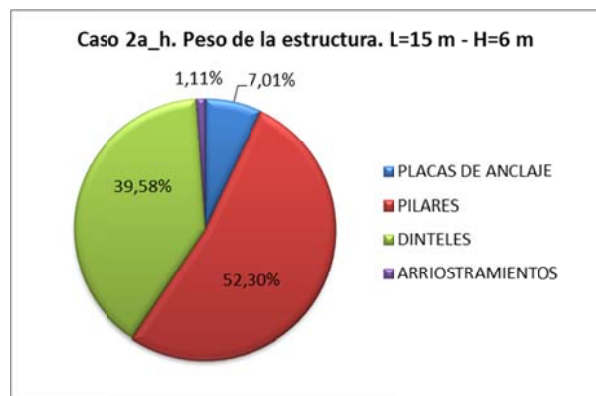
CASO 2a h	Luz (m): 15,00		Altura pilar (m): 9,00		Pte.: 15%		Vano (m): 6,00					
ESTRUCTURA	PIEZAS			ELEMENTO			ESTRUCTURA				COSTE EJECUCIÓN	
ELEMENTO	Pieza	Código	Perfil	Nº	Pieza (Kg)	Total (Kg)	Elemento (Kg)	Nº	Total (Kg)	% estr.	€ / Kg	Total €
PLACAS DE ANCLAJE	Placa base	PR	600x400x20 mm	1	52,28	52,28	64,94	2	129,88	7,01	1,55	201,31
	Rigidizadores		600x200x10 mm									
	Anclajes	A	Ø20mm - L=60 cm	6	2,11	12,66						
PILARES	Pilar	P	IPE 330*	1	484,53	484,53	484,53	2	969,06	52,30	1,30	1.259,78
DINTELES	Dintel	D	IPE 300 **	1	366,64	366,64	366,64	2	733,28	39,58	1,30	953,26
ARRIOSTRAMIENTOS	Tornapuntas	T	L40.4	2	1,72	3,44	3,44	6	20,64	1,11	2,70	55,73
							Total Kg: 1.852,86			Total €: 2.470,08		
* Con cartela en nudo de unión a dintel												
** Con cartela en nudos de unión a pilar y cubrera							Superficie (m2):		90,00			
							Ratio Kg/m2:		20,59		Ratio €/m2: 27,45	

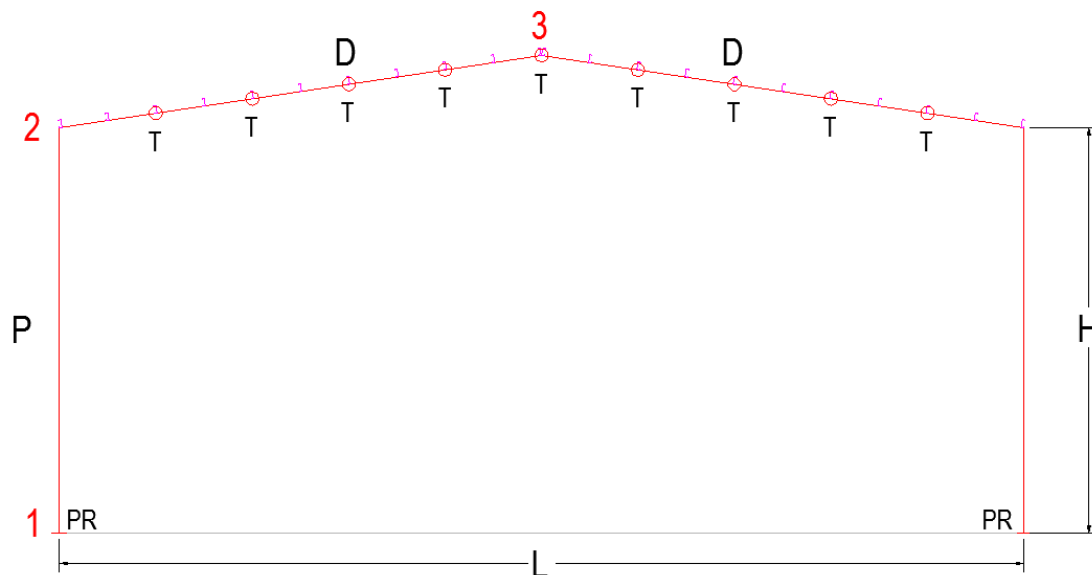
CASO 2a_h	Luz (m): 15,00		Altura pilar (m): 9,00		Pte.: 15%		Vano (m): 6,00											
	ESFUERZOS MÁXIMOS DE LA ESTRUCTURA (combinaciones de hipótesis)											DEFORMACIONES MÁXIMAS						
ESTRUCTURA	Axil N (Kp)				Cortante V (Kp)				Momento M (Kp * m)				Aprovec	Desplazamientos (mm)				
ELEMENTO	Maximo	Punto	Minimo	Punto	Maximo	Punto	Minimo	Punto	Maximo	Punto	Minimo	Punto	η	Valor	Punto	Máximo	Tipo	%
PILARES	2071	2	-6011	1	4648	1	-4319	1	12754	2	-15418	1	88,34	53,3	2	60,0	Horizontal	88,83
DINTELES	3132	3	-3171	2	2048	2	-4787	2	6504	3	-13114	2	78,68	35,3	3	60,0	Vertical	58,83

RESUMEN DE RESULTADOS: Caso 2a h. Tablas y gráficos 10.2.11.2

CASO 2a h	CIMENTACIÓN								
MOV. TIERRAS	Ancho	Largo	Canto	M3	Esponjamiento	Nº	Total M3	€ / M3	Total €
Excavación	2,00	3,10	0,90	5,58		2	11,16	10,55	117,74
Transporte				5,58	20%	2	13,39	8,40	112,49
HORMIGÓN	Ancho	Largo	Canto	M3	Tipo	Nº	Total M3	€ / M3	Total €
Zapata	2,00	3,10	0,80	4,96	HA-25/P/30/IIa	2	9,92	112,60	1116,99
Limpieza	2,00	3,10	0,10	0,62	HM-20/B/30/IIa	2	1,24	98,30	121,89
ARMADURAS	Acero B400S			Kg	Total Kg	Nº	Total Kg	€ / Kg	Total €
Superior	Malla	Ø 16 c/ 20		101,33	202,66	2	405,32	1,10	445,85
Inferior	Malla	Ø 16 c/ 20		101,33					
							Total €:	1.914,97	

CASO 2a h			CIMENTACIÓN			
TENSIÓN SOBRE TERRENO (situaciones persistentes - kp / cm2)						
TENSIÓN MEDIA			TENSIÓN MÁXIMA			VUELCO
Media	Admisible	%	Con viento	Admisible	%	Segur. %
0,40	2,00	20,00	0,79	2,50	31,60	17,9



RESUMEN DE RESULTADOS: Caso 4a h. Tablas y gráficos 10.2.12.1

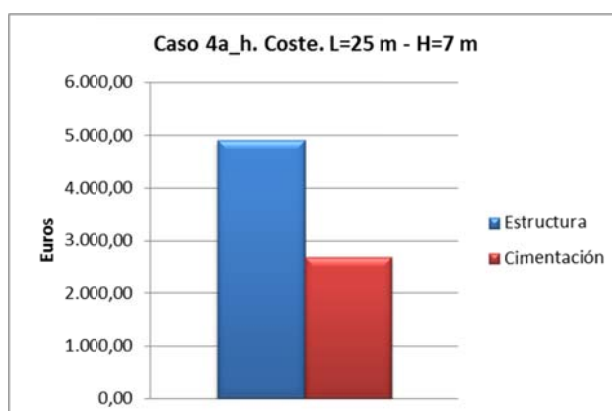
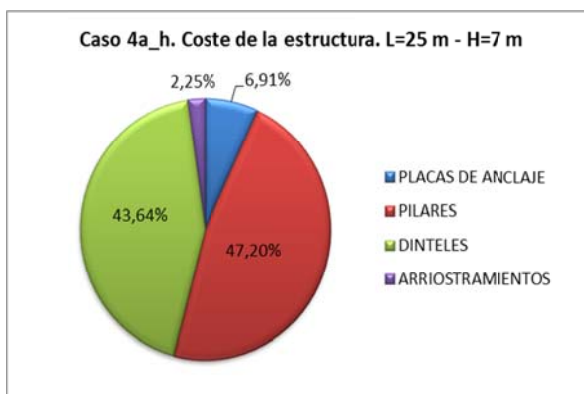
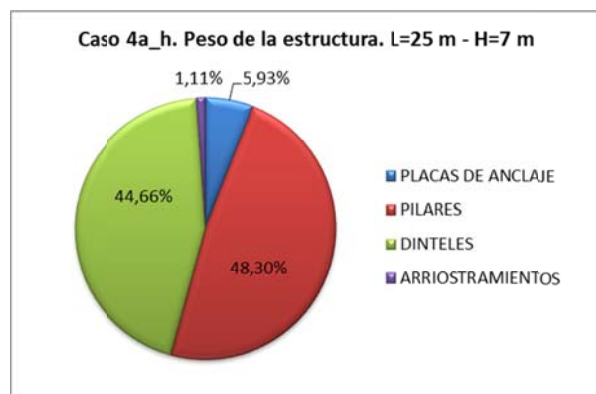
CASO 4a h	Luz (m): 25,00	Altura pilar (m): ###	Pte.: 15%	Vano (m): 6,00								
ESTRUCTURA	PIEZAS			ELEMENTO			ESTRUCTURA				COSTE EJECUCIÓN	
ELEMENTO	Pieza	Código	Perfil	Nº	Pieza (Kg)	Total (Kg)	Elemento (Kg)	Nº	Total (Kg)	% estr.	€/ Kg	Total €
PLACAS DE ANCLAJE	Placa base	PR	750x400x25 mm	1	81,48	81,48	109,64	2	219,28	5,93	1,55	339,88
	Rigidizadores		750x200x12 mm									
	Anclajes	A	Ø25mm - L=60 cm	8	3,52	28,16						
PILARES	Pilar	P	IPE 450 *	1	892,68	892,68	892,68	2	1.785,36	48,30	1,30	2.320,97
DINTELES	Dintel	D	IPE 360 **	1	825,48	825,48	825,48	2	1.650,96	44,66	1,30	2.146,25
ARRIOSTRAMIENTOS	Tornapuntas	T	L40.4	2	2,05	4,10	4,10	10	41,00	1,11	2,70	110,70
							Total Kg:		3.696,60		Total €: 4.917,80	
* Con cartela en nudo de unión a dintel												
** Con cartela en nudos de unión a pilar y cumbrera							Superficie (m2):		150,00			
							Ratio Kg/m2:		24,64		Ratio €/m2: 32,79	

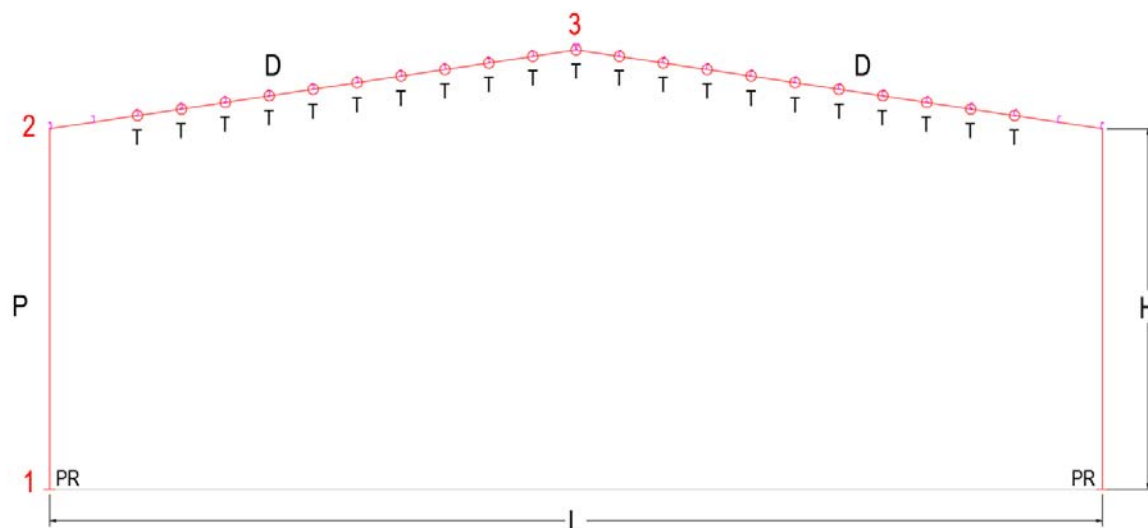
CASO 4a_h	Luz (m): 25,00		Altura pilar (m): 10,50		Pte.: 15%		Vano (m): 6,00											
	ESFUERZOS MÁXIMOS DE LA ESTRUCTURA (combinaciones de hipótesis)										DEFORMACIONES MÁXIMAS							
ESTRUCTURA	Axil N (Kp)				Cortante V (Kp)				Momento M (Kp * m)				Aprovec. η	Desplazamientos (mm)				
ELEMENTO	Maximo	Punto	Minimo	Punto	Maximo	Punto	Minimo	Punto	Maximo	Punto	Minimo	Punto		Valor	Punto	Máximo	Tipo	%
PILARES	4339	2	-10423	1	6262	1	-6887	1	32245	2	-31271	1	81,22	62,3	2	70,0	Horizontal	89,00
DINTELES	5654	3	-6925	2	2956	2	-7988	2	14373	3	-33105	2	86,84	98,6	3	100,0	Vertical	98,60

RESUMEN DE RESULTADOS: Caso 4a h. Tablas y gráficos 10.2.12.2

CASO 4a h		CIMENTACIÓN							
MOV. TIERRAS	Ancho	Largo	Canto	M3	Esponjamiento	Nº	Total M3	€/ M3	Total €
Excavación	2,40	3,40	1,00	8,16		2	16,32	10,55	172,18
Transporte				8,16	20%	2	19,58	8,40	164,51
HORMIGÓN	Ancho	Largo	Canto	M3	Tipo	Nº	Total M3	€/ M3	Total €
Zapata	2,40	3,40	0,90	7,34	HA-25/P/30/IIa	2	14,69	112,60	1653,87
Limpieza	2,40	3,40	0,10	0,82	HM-20/B/30/IIa	2	1,63	98,30	160,43
ARMADURAS	Acero B400S			Kg	Total Kg	Nº	Total Kg	€/ Kg	Total €
Superior	Malla Ø 16 c/ 20			124,21	248,42	2	496,84	1,10	546,52
Inferior	Malla Ø 16 c/ 20			124,21					
							Total €: 2.697,50		

CASO 4a h			CIMENTACIÓN			
TENSIÓN SOBRE TERRENO (situaciones persistentes - kp / cm2)						
TENSIÓN MEDIA			TENSIÓN MÁXIMA			VUELCO
Media	Admisible	%	Con viento	Admisible	%	Segur. %
0,63	2,00	31,50	1,26	2,50	50,40	13,4



RESUMEN DE RESULTADOS: Caso 6a h. Tablas y gráficos 10.2.13.1

CASO 6a h	Luz (m): 35,00		Altura pilar (m): ###		Pte.: 15%		Vano (m): 6,00					
ESTRUCTURA	PIEZAS				ELEMENTO		ESTRUCTURA				COSTE EJECUCIÓN	
ELEMENTO	Pieza	Código	Perfil	Nº	Pieza (Kg)	Total (Kg)	Elemento (Kg)	Nº	Total (Kg)	% estr.	€ / Kg	Total €
PLACAS DE ANCLAJE	Placa base	PR	850x500x25 mm	1	116,38	116,38	163,18	2	326,36	4,68	1,55	505,86
	Rigidizadores		850x250x12 mm									
	Anclajes	A	Ø25mm - L=70 cm	12	3,90	46,80						
PILARES	Pilar	P	IPE 550 *	1	1.384,22	1.384,22	1.384,22	2	2.768,44	39,70	1,30	3.598,97
DINTELES	Dintel	D	IPE 500 **	1	1.883,04	1.883,04	1.883,04	2	3.766,08	54,00	1,30	4.895,90
ARRIOSTRAMIENTOS	Tornapuntas	T	L40.4	2	2,57	5,14	5,14	22	113,08	1,62	2,70	305,32
* Con cartela en nudo de unión a dintel							Total Kg:		6.973,96		Total €: 9.306,05	
** Con cartela en nudos de unión a pilar y cumbrera							Superficie (m2):		210,00			
							Ratio Kg/m2:		33,21		Ratio €/m2: 44,31	

* Con cartela en nudo de unión a dintel

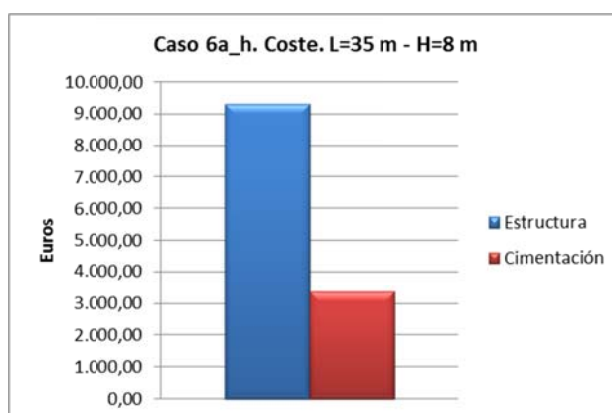
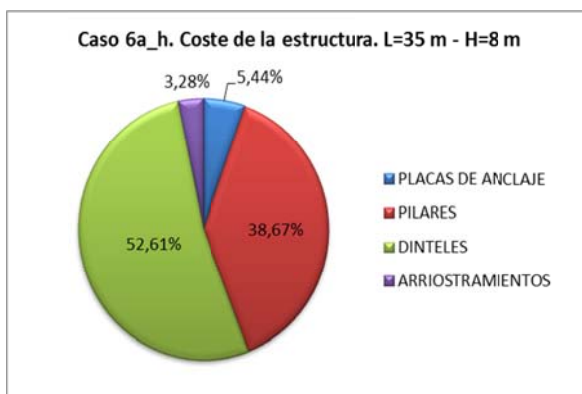
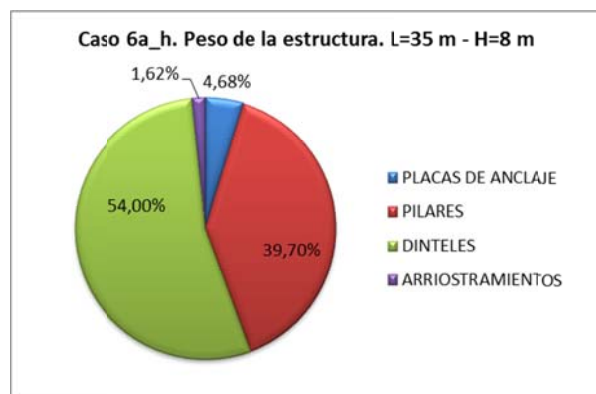
** Con cartela en nudos de unión a pilar y cumbrera

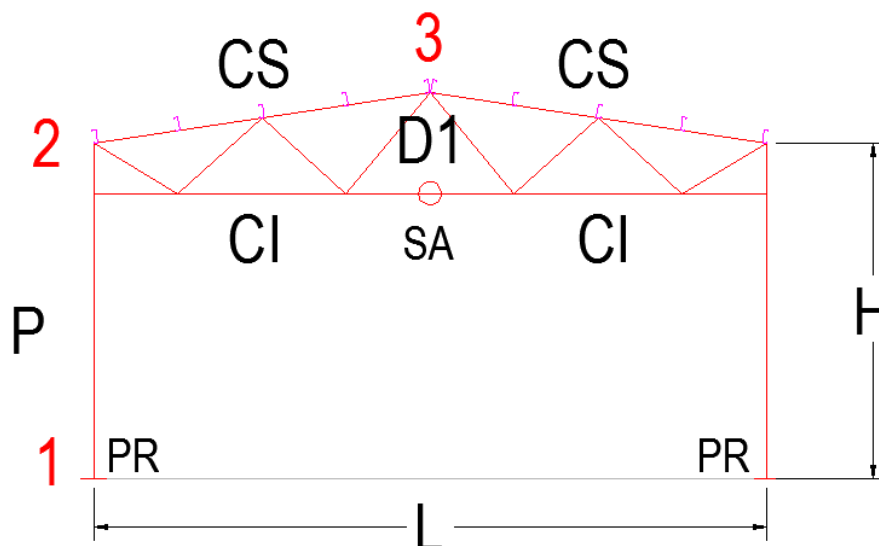
CASO 6a_h	Luz (m): 35,00		Altura pilar (m): 12,00		Pte.: 15%		Vano (m): 6,00											
	ESFUERZOS MÁXIMOS DE LA ESTRUCTURA (combinaciones de hipótesis)										DEFORMACIONES MÁXIMAS							
ESTRUCTURA	Axil N (Kp)				Cortante V (Kp)				Momento M (Kp * m)				Aprovec	Desplazamientos (mm)				
ELEMENTO	Maximo	Punto	Minimo	Punto	Maximo	Punto	Minimo	Punto	Maximo	Punto	Minimo	Punto	η	Valor	Punto	Máximo	Tipo	%
PILARES	6394	2	-15795	1	7911	1	-11047	1	66832	2	-53253	1	88,49	62,1	2	80,0	Horizontal	77,63
DINTELES	8444	3	-11810	2	4374	2	-11885	2	28213	3	-67797	2	71,64	131,8	3	140,0	Vertical	94,14

RESUMEN DE RESULTADOS: Caso 6a h. Tablas y gráficos 10.2.13.2

CASO 6a h	CIMENTACIÓN								
MOV. TIERRAS	Ancho	Largo	Canto	M3	Esponjamiento	Nº	Total M3	€ / M3	Total €
Excavación	2,70	3,80	1,00	10,26		2	20,52	10,55	216,49
Transporte				10,26	20%	2	24,62	8,40	206,84
HORMIGÓN	Ancho	Largo	Canto	M3	Tipo	Nº	Total M3	€ / M3	Total €
Zapata	2,70	3,80	0,90	9,23	HA-25/P/30/IIa	2	18,47	112,60	2079,50
Limpieza	2,70	3,80	0,10	1,03	HM-20/B/30/IIa	2	2,05	98,30	201,71
ARMADURAS	Acero B400S			Kg	Total Kg	Nº	Total Kg	€ / Kg	Total €
Superior	Malla	Ø 16 c/ 20		153,89	307,78	2	615,56	1,10	677,12
Inferior	Malla	Ø 16 c/ 20		153,89					
							Total €: 3.381,65		

CASO 6a h			CIMENTACIÓN			
TENSIÓN SOBRE TERRENO (situaciones persistentes - kp / cm2)						
TENSIÓN MEDIA			TENSIÓN MÁXIMA			VUELCO
Media	Admisible	%	Con viento	Admisible	%	Segur. %
0,92	2,00	46,00	1,85	2,50	74,00	11,2



RESUMEN DE RESULTADOS: Caso 1b. Tablas y gráficos 10.2.14.1

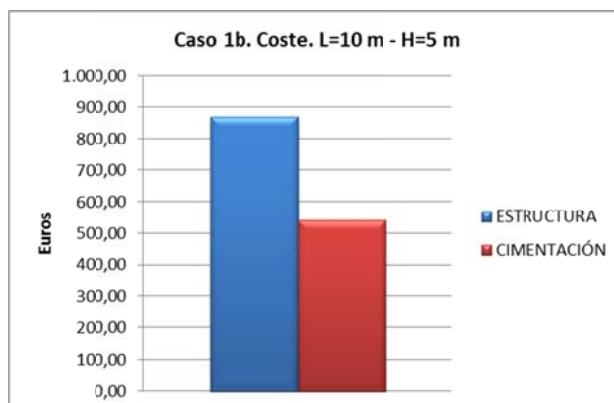
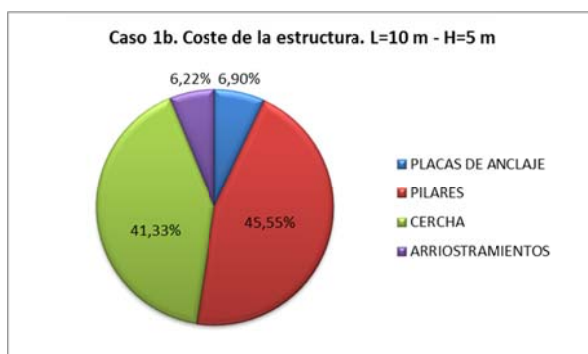
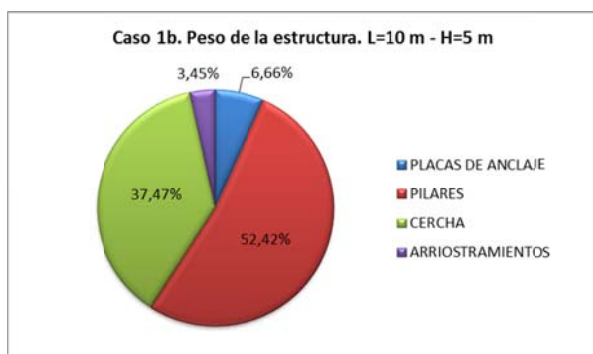
CASO 1b	Luz (m): 10,00		Altura pilar (m): 5,00		Pte.: 15%		Vano (m): 6,00					
ESTRUCTURA	PIEZAS				ELEMENTO		ESTRUCTURA				COSTE EJECUCIÓN	
ELEMENTO	Pieza	Código	Perfil	Nº	Pieza (Kg)	Total (Kg)	Elemento (Kg)	Nº	Total (Kg)	% estr.	€ / Kg	Total €
PLACAS DE ANCLAJE	Placa base	PR	350x300x15 mm	1	15,52	15,52	19,36	2	38,72	6,66	1,55	60,02
	Rigidizadores		350x100x8 mm									
	Anclajes	A	Ø16mm - L=40 cm	4	0,96	3,84						
PILARES	Pilar	P	HEA 160	1	152,29	152,29	152,29	2	304,58	52,42	1,30	395,95
CERCHA	Cordón superior	CS	SHS 80.4	2	46,59	93,18	217,73	1	217,73	37,47	1,65	359,25
	Cordón inferior	CI	SHS 60.4	1	67,03	67,03						
	Diagonales	D1	SHS 50.3	8	7,19	57,52						
	Diagonales	D2		1		0,00						
ARRIOSTRAMIENTOS	C. San Andrés	SA	L 30.3	2	10,02	20,04	20,04	1	20,04	3,45	2,70	54,11
Total Kg:							581,07				Total €: 869,33	
Superficie (m2):							60,00					
Ratio Kg/m2:							9,68		Ratio € /m2:		14,49	

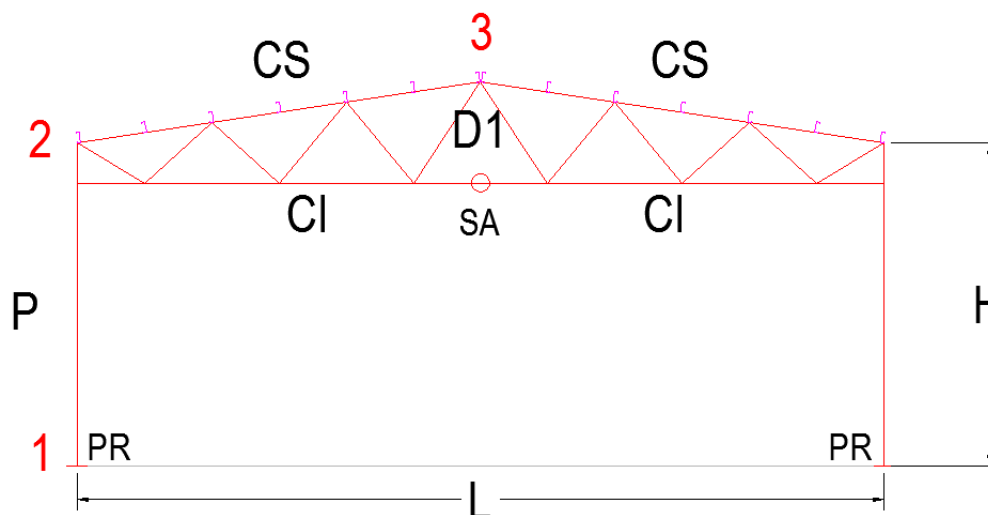
CASO 1b	Luz (m): 10,00				Altura pilar (m): 5,00				Pte.: 15%		Vano (m): 6,00								
	ESFUERZOS MÁXIMOS DE LA ESTRUCTURA (combinaciones de hipótesis)												DEFORMACIONES MÁXIMAS						
ESTRUCTURA	Axil N (Kp)				Cortante V (Kp)				Momento M (Kp * m)				Aprovec	Desplazamientos (mm)					
ELEMENTO	Maximo	Punto	Minímo	Punto	Maximo	Punto	Minímo	Punto	Maximo	Punto	Minímo	Punto	η	Valor	Punto	Máximo	Tipo	%	
PILARES	1005	2	-3624	1	1861	1	-1521	1	2883	1	-2720	1	56,68	15,4	2	33,3	Horizontal	46,20	
CORDÓN SUPERIOR	1547		-5783		1058		-1058		308		-515		94,16	4,7	3	40,0	Vertical	11,75	
CORDÓN INFERIOR	5668		-2959										58,44	4,5		33,3	Vertical	13,50	
DIAGONALES	4542		-3458										35,76						

RESUMEN DE RESULTADOS: Caso 1b. Tablas y gráficos 10.2.14.2

CASO 1b	CIMENTACIÓN								
MOV. TIERRAS	Ancho	Largo	Canto	M3	Esponjamiento	Nº	Total M3	€/ M3	Total €
Excavación	1,40	1,70	0,70	1,67		2	3,33	10,55	35,15
Transporte				1,67	20%	2	4,00	8,40	33,59
HORMIGÓN	Ancho	Largo	Canto	M3	Tipo	Nº	Total M3	€/ M3	Total €
Zapata	1,40	1,70	0,60	1,43	HA-25/P/30/IIa	2	2,86	112,60	321,59
Limpieza	1,40	1,70	0,10	0,24	HM-20/B/30/IIa	2	0,48	98,30	46,79
ARMADURAS	Acero B400S			Kg	Total Kg	Nº	Total Kg	€/ Kg	Total €
Superior	Malla Ø 12 c/ 18			24,06	48,12	2	96,24	1,10	105,86
Inferior	Malla Ø 12 c/ 18			24,06					
Dimensiones en metros							Total €: 542,98		

CASO 1b			CIMENTACIÓN			
TENSIÓN SOBRE TERRENO (situaciones persistentes - kp / cm2)						
TENSIÓN MEDIA			TENSIÓN MÁXIMA			VUELCO
Media	Admisible	%	Con viento	Admisible	%	Segur. %
0.36	2.00	18.00	0.72	2.50	28.80	12.9



RESUMEN DE RESULTADOS: Caso 2b. Tablas y gráficos 10.2.15.1

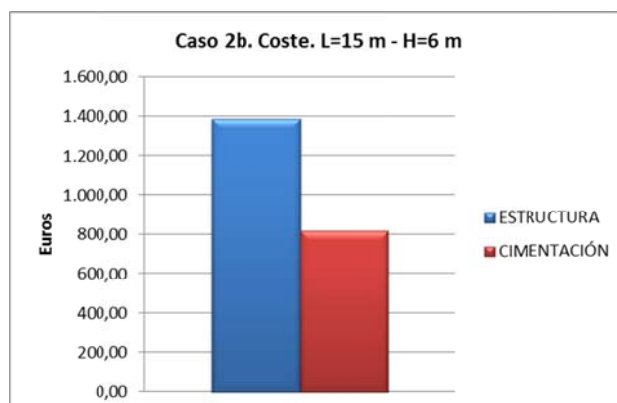
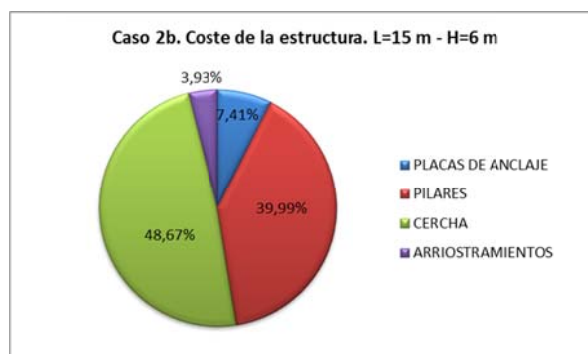
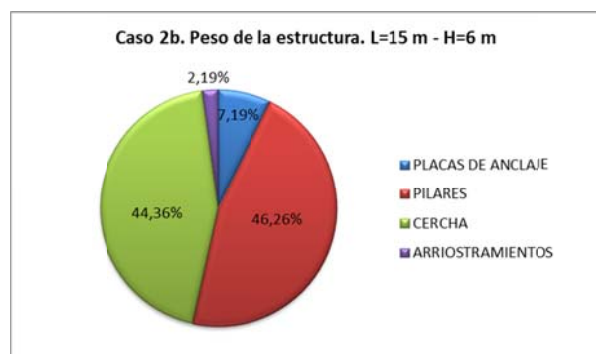
CASO 2b	Luz (m): 15,00		Altura pilar (m): 6,00		Pte.: 15%		Vano (m): 6,00					
ESTRUCTURA	PIEZAS				ELEMENTO		ESTRUCTURA				COSTE EJECUCIÓN	
ELEMENTO	Pieza	Código	Perfil	Nº	Pieza (Kg)	Total (Kg)	Elemento (Kg)	Nº	Total (Kg)	% estr.	€ / Kg	Total €
PLACAS DE ANCLAJE	Placa base	PR	400x350x20 mm	1	28,70	28,70	33,18	2	66,36	7,19	1,55	102,86
	Rigidizadores		400x150x10 mm									
	Anclajes	A	Ø16mm - L=50 cm	4	1,12	4,48						
PILARES	Pilar	P	HEA 180	1	213,37	213,37	213,37	2	426,74	46,26	1,30	554,76
CERCHA	Cordón superior	CS	RHS 100.80.4	2	79,42	158,84	409,14	1	409,14	44,36	1,65	675,08
	Cordón inferior	CI	SHS 90.4	1	157,06	157,06						
	Diagonales	D1	SHS 50.3	12	7,77	93,24						
	Diagonales	D2		1		0,00						
ARRIOSTRAMIENTOS	C. San Andrés	SA	L 30.3	2	10,09	20,18	20,18	1	20,18	2,19	2,70	54,49
Total Kg:							922,42		Total €: 1.387,19			
Superficie (m2):							90,00					
Ratio Kg/m2:							10,25		Ratio €/m2:		15,41	

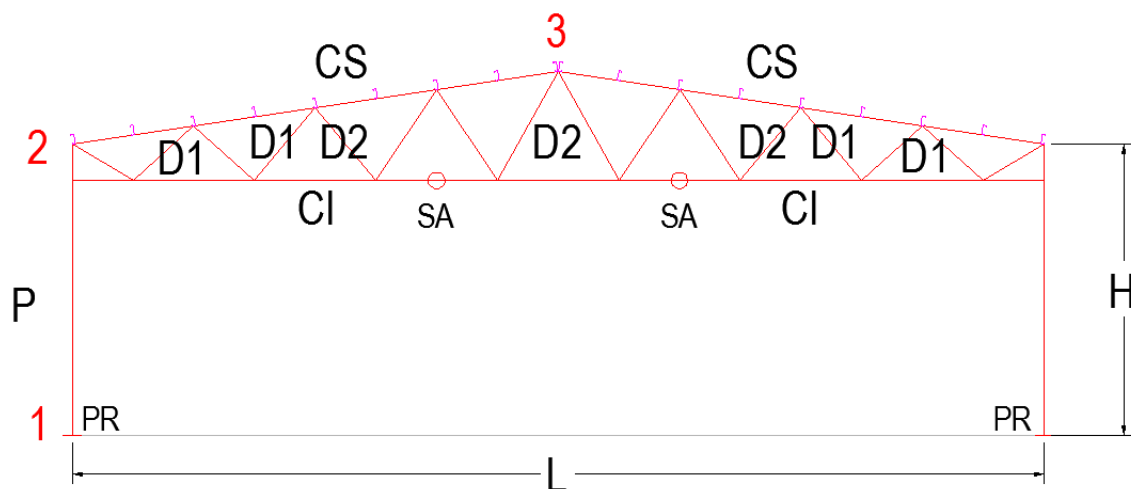
CASO 2b	Luz (m): 15,00				Altura pilar (m): 6,00				Pte.: 15%		Vano (m): 6,00							
	ESFUERZOS MÁXIMOS DE LA ESTRUCTURA (combinaciones de hipótesis)												DEFORMACIONES MÁXIMAS					
ESTRUCTURA	Axil N (Kp)				Cortante V (Kp)				Momento M (Kp * m)				Aprovec	Desplazamientos (mm)				
ELEMENTO	Maximo	Punto	Mínimo	Punto	Maximo	Punto	Mínimo	Punto	Maximo	Punto	Mínimo	Punto	η	Valor	Punto	Máximo	Tipo	%
PILARES	1541	2	-5426	1	2415	1	-1991	1	4560	1	-4376	1	69,82	24,4	2	40,0	Horizontal	60,9
CORDÓN SUPERIOR	3064		-10554		1007		-1011		361		-403		76,97	11,2	3	60,0	Vertical	18,6
CORDÓN INFERIOR	10662		-4872										61,43	11,2		50,0	Vertical	22,4
DIAGONALES	7205		-5501										56,63					

RESUMEN DE RESULTADOS: Caso 2b. Tablas y gráficos 10.2.15.2

CASO 2b	CIMENTACIÓN								
MOV. TIERRAS	Ancho	Largo	Canto	M3	Esponjamiento	Nº	Total M3	€/ M3	Total €
Excavación	1,50	2,10	0,80	2,52		2	5,04	10,55	53,17
Transporte				2,52	20%	2	6,05	8,40	50,80
HORMIGÓN	Ancho	Largo	Canto	M3	Tipo	Nº	Total M3	€/ M3	Total €
Zapata	1,50	2,10	0,70	2,21	HA-25/P/30/IIa	2	4,41	112,60	496,57
Limpieza	1,50	2,10	0,10	0,32	HM-20/B/30/IIa	2	0,63	98,30	61,93
ARMADURAS	Acero B400S			Kg	Total Kg	Nº	Total Kg	€/ Kg	Total €
Superior	Malla Ø 12 c/ 16			35,49	70,98	2	141,96	1,10	156,16
Inferior	Malla Ø 12 c/ 16			35,49					
Dimensiones en metros							Total €: 818,63		

CASO 2b			CIMENTACIÓN			
TENSIÓN SOBRE TERRENO (situaciones persistentes - kp / cm2)						
TENSIÓN MEDIA			TENSIÓN MÁXIMA			VUELCO
Media	Admisible	%	Con viento	Admisible	%	Segur. %
0.38	2.00	19.00	0.72	2.50	28.80	16.8



RESUMEN DE RESULTADOS: Caso 3b. Tablas y gráficos 10.2.16.1

CASO 3b	Luz (m): 20,00	Altura pilar (m): 6,00	Pte.: 15%	Vano (m): 6,00								
ESTRUCTURA	PIEZAS			ELEMENTO			ESTRUCTURA				COSTE EJECUCIÓN	
ELEMENTO	Pieza	Código	Perfil	Nº	Pieza (Kg)	Total (Kg)	Elemento (Kg)	Nº	Total (Kg)	% estr.	€/ Kg	Total €
PLACAS DE ANCLAJE	Placa base	PR	400x400x20 mm	1	32,07	32,07	39,51	2	79,02	6,37	1,55	122,48
	Rigidizadores		400x150x10 mm									
	Anclajes	A	Ø20mm - L=50 cm	4	1,86	7,44						
PILARES	Pilar	P	HEA 200	1	253,40	253,40	253,40	2	506,80	40,87	1,30	658,84
CERCHA	Cordón superior	CS	RHS 120.80.4	2	118,58	237,16	593,45	1	593,45	47,85	1,65	979,19
	Cordón inferior	CI	SHS 90.4	1	209,41	209,41						
	Diagonales	D1	SHS 60.3	8	8,78	70,24						
	Diagonales	D2	SHS 50.3	8	9,58	76,64						
ARRIOSTRAMIENTOS	C. San Andrés	SA	L 40.4	2	15,21	30,42	30,42	2	60,84	4,91	2,70	164,27
Total Kg:							1.240,11			Total €: 1.924,78		
Superficie (m2):									120,00			
Ratio Kg/m2:									10.33			
									Ratio €/ m2: 16,04			

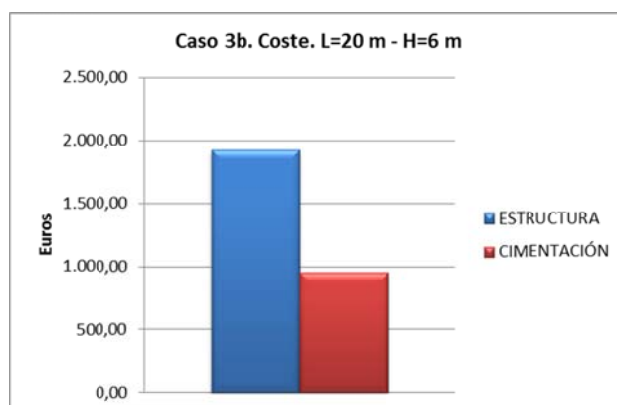
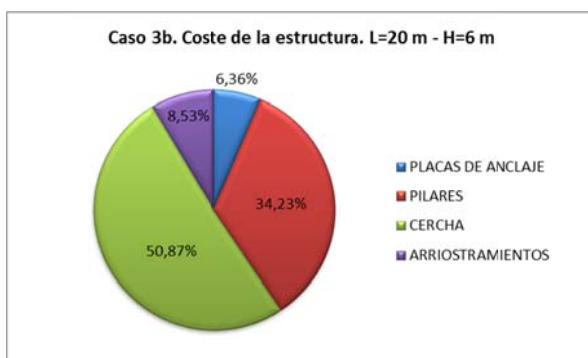
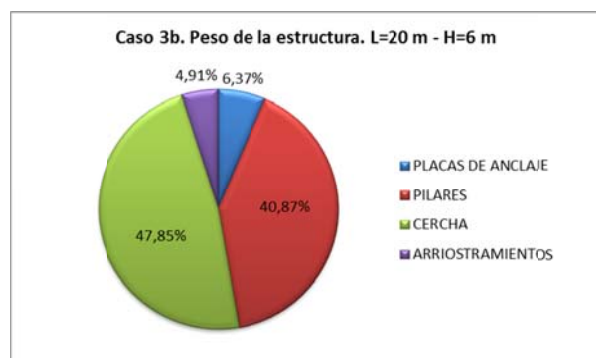
CASO 3b	Luz (m): 20,00				Altura pilar (m): 6,00				Pte.: 15%		Vano (m): 6,00							
	ESFUERZOS MÁXIMOS DE LA ESTRUCTURA (combinaciones de hipótesis)												DEFORMACIONES MÁXIMAS					
ESTRUCTURA	Axil N (Kp)				Cortante V (Kp)				Momento M (Kp * m)				Aprobado η	Desplazamientos (mm)				
ELEMENTO	Maximo	Punto	Minimo	Punto	Maximo	Punto	Minimo	Punto	Maximo	Punto	Minimo	Punto		Valor	Punto	Máximo	Tipo	%
PILARES	2159	2	-7225	1	2403	1	-2268	1	4631	1	-5068	1	63,71	18,7	2	40,0	Horizontal	46,75
CORDÓN SUPERIOR	5052		-16186		1009		-1017		363		-410		78,37	22,2	3	80,0	Vertical	27,75
CORDÓN INFERIOR	15264		-6450										86,86	22,3		66,7	Vertical	33,45
DIAGONALES	10397		-7960										59,44					

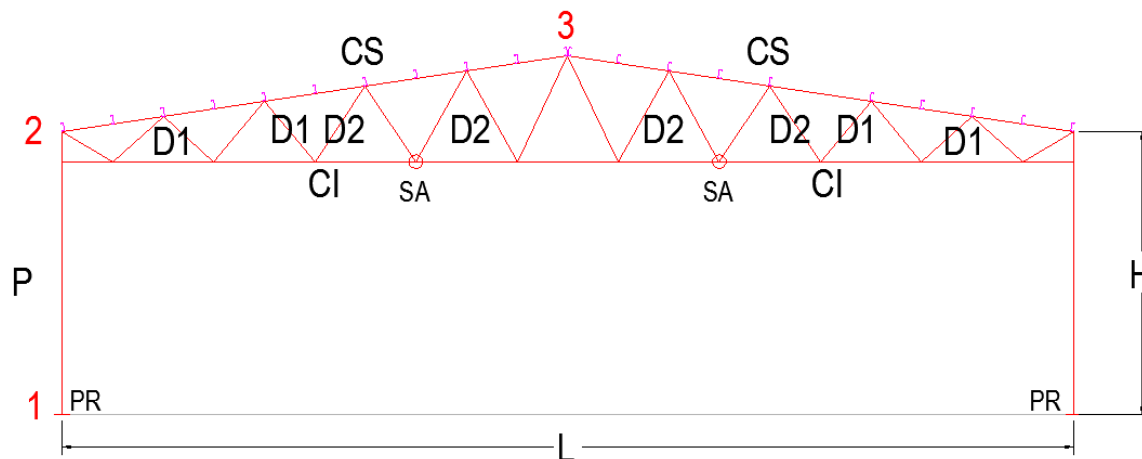
RESUMEN DE RESULTADOS: Caso 3b. Tablas y gráficos 10.2.16.2

CASO 3b	CIMENTACIÓN								
MOV. TIERRAS	Ancho	Largo	Canto	M3	Esponjamiento	Nº	Total M3	€/ M3	Total €
Excavación	1,60	2,00	0,90	2,88		2	5,76	10,55	60,77
Transporte				2,88	20%	2	6,91	8,40	58,06
HORMIGÓN	Ancho	Largo	Canto	M3	Tipo	Nº	Total M3	€/ M3	Total €
Zapata	1,60	2,00	0,80	2,56	HA-25/P/30/IIa	2	5,12	112,60	576,51
Limpieza	1,60	2,00	0,10	0,32	HM-20/B/30/IIa	2	0,64	98,30	62,91
ARMADURAS	Acero B400S			Kg	Total Kg	Nº	Total Kg	€/ Kg	Total €
Superior	Malla Ø 16 c/ 25			43,56	87,12	2	174,24	1,10	191,66
Inferior	Malla Ø 16 c/ 25			43,56					
Dimensiones en metros							Total €: 949,92		

Dimensiones en metros

CASO 3b			CIMENTACIÓN			
TENSIÓN SOBRE TERRENO (situaciones persistentes - kp / cm2)						
TENSIÓN MEDIA			TENSIÓN MÁXIMA			VUELCO
Media	Admisible	%	Con viento	Admisible	%	Segur. %
0.45	2.00	22.50	0.89	2.50	35.60	14.8



RESUMEN DE RESULTADOS: Caso 4b. Tablas y gráficos 10.2.17.1

CASO 4b													
		Luz (m): 25,00		Altura pilar (m): 7,00		Pte.: 15%		Vano (m): 6,00					
ESTRUCTURA		PIEZAS			ELEMENTO			ESTRUCTURA				COSTE EJECUCIÓN	
ELEMENTO	Pieza	Código	Perfil	Nº	Pieza (Kg)	Total (Kg)	Elemento (Kg)	Nº	Total (Kg)	% estr.	€ / Kg	Total €	
PLACAS DE ANCLAJE	Placa base	PR	400x400x20 mm	1	32,07	32,07	45,91	2	91,82	5,03	1,55	142,32	
	Rigidizadores		400x150x10 mm										
	Anclajes	A	Ø25mm - L=50 cm	4	3,46	13,84							
PILARES	Pilar	P	HEA 200	1	295,63	295,63	295,63	2	591,26	32,42	1,30	768,64	
CERCHA	Cordón superior	CS	RHS 140.100.5	2	221,69	443,38	1.079,12	1	1.079,12	59,17	1,65	1.780,55	
	Cordón inferior	CI	SHS 120.5	1	438,44	438,44							
	Diagonales	D1	SHS 60.3	10	9,06	90,60							
	Diagonales	D2	SHS 50.3	10	10,67	106,70							
ARRIOSTRAMIENTOS	C. San Andrés	SA	L 40.4	2	15,36	30,72	30,72	2	61,44	3,37	2,70	165,89	
Total Kg:							1.823,64			Total €: 2.857,40			
Superficie (m2):									150,00				
Ratio Kg/m2:									12,16				
									Ratio €/m2: 19,05				

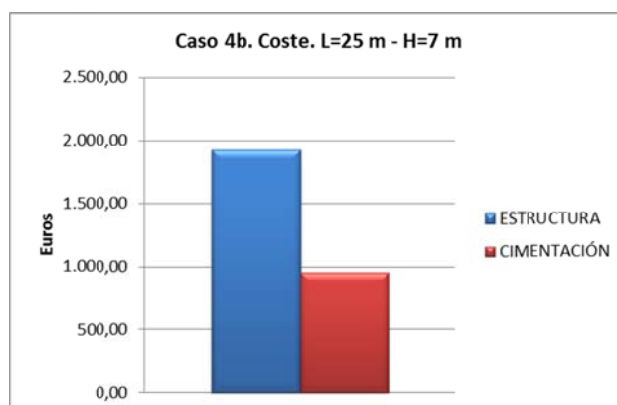
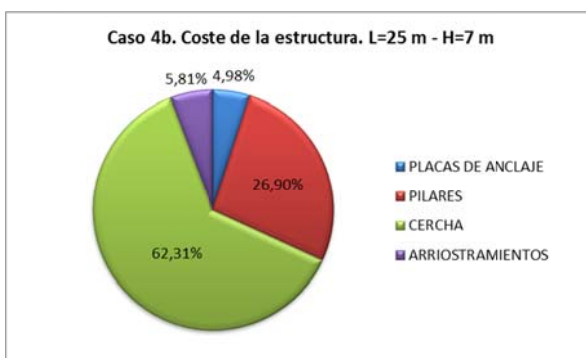
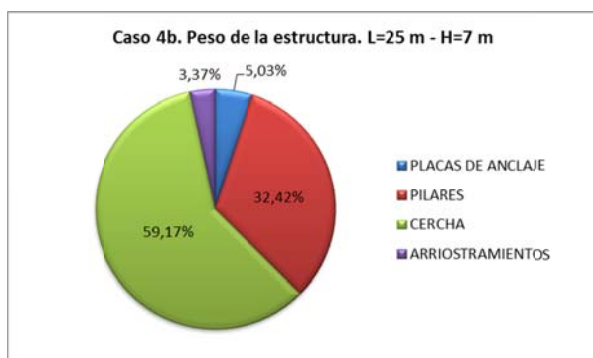
CASO 4b	Luz (m): 25,00				Altura pilar (m): 7,00				Pte.: 15%		Vano (m): 6,00									
	ESFUERZOS MÁXIMOS DE LA ESTRUCTURA (combinaciones de hipótesis)													DEFORMACIONES MÁXIMAS						
ESTRUCTURA	Axil N (Kp)				Cortante V (Kp)				Momento M (Kp * m)				Aprovec η	Desplazamientos (mm)						
ELEMENTO	Maximo	Punto	Minimo	Punto	Maximo	Punto	Minimo	Punto	Maximo	Punto	Minimo	Punto		Valor	Punto	Máximo	Tipo	%		
PILARES	3103	2	-9231	1	3044	1	-2622	1	6829	1	-6893	1	88,69	35,9	2	46,7	Horizontal	76,93		
CORDÓN SUPERIOR	8073		-23406		995		-1014		400		-374		59,56	29,0	3	100,0	Vertical	29,00		
CORDÓN INFERIOR	22901		-8205										56,47	29,4		83,3	Vertical	35,28		
DIAGONALES	13256		-10170										75,84							

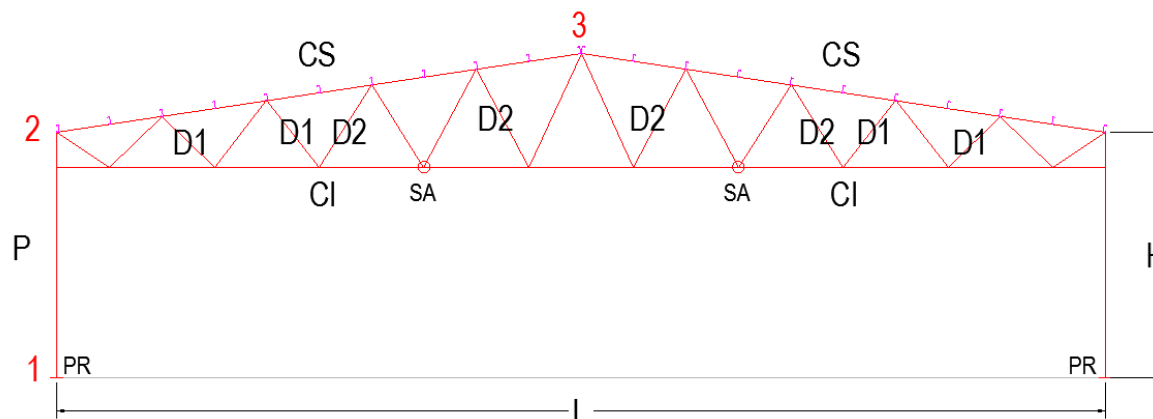
RESUMEN DE RESULTADOS: Caso 4b. Tablas y gráficos 10.2.17.2

CASO 4b	CIMENTACIÓN								
MOV. TIERRAS	Ancho	Largo	Canto	M3	Esponjamiento	Nº	Total M3	€/ M3	Total €
Excavación	1,60	2,40	0,90	3,46		2	6,91	10,55	72,92
Transporte				3,46	20%	2	8,29	8,40	69,67
HORMIGÓN	Ancho	Largo	Canto	M3	Tipo	Nº	Total M3	€/ M3	Total €
Zapata	1,60	2,40	0,80	3,07	HA-25/P/30/IIa	2	6,14	112,60	691,81
Limpieza	1,60	2,40	0,10	0,38	HM-20/B/30/IIa	2	0,77	98,30	75,49
ARMADURAS	Acero B400S			Kg	Total Kg	Nº	Total Kg	€/ Kg	Total €
Superior	Malla Ø 16 c/ 25			50,19	100,38	2	200,76	1,10	220,84
Inferior	Malla Ø 16 c/ 25			50,19					
Dimensiones en metros							Total €: 1.130,74		

Dimensiones en metros

CASO 4b			CIMENTACIÓN			
TENSIÓN SOBRE TERRENO (situaciones persistentes - kp / cm2)						
TENSIÓN MEDIA			TENSIÓN MÁXIMA			VUELCO
Media	Admisible	%	Con viento	Admisible	%	Segur. %
0.44	2.00	22.00	0.82	2.50	32.80	12.8



RESUMEN DE RESULTADOS: Caso 5b. Tablas y gráficos 10.2.18.1

CASO 5b	Luz (m): 30,00		Altura pilar (m): 7,00		Pte.: 15%		Vano (m): 6,00					
ESTRUCTURA	PIEZAS				ELEMENTO		ESTRUCTURA				COSTE EJECUCIÓN	
ELEMENTO	Pieza	Código	Perfil	Nº	Pieza (Kg)	Total (Kg)	Elemento (Kg)	Nº	Total (Kg)	% estr.	€ / Kg	Total €
PLACAS DE ANCLAJE	Placa base	PR	450x400x20 mm	1	40,70	40,70	53,36	2	106,72	3,93	1,55	165,42
	Rigidizadores		450x200x12 mm									
	Anclajes	A	Ø20mm - L=60 cm	6	2,11	12,66						
PILARES	Pilar	P	HEA 220	1	353,33	353,33	353,33	2	706,66	26,01	1,30	918,66
CERCHA	Cordón superior	CS	RHS 160.120.6	2	371,63	743,26	1.840,58	1	1.840,58	67,74	1,65	3.036,96
	Cordón inferior	CI	SHS 140.6	1	735,02	735,02						
	Diagonales	D1	SHS 70.4	10	17,23	172,30						
	Diagonales	D2	SHS 70.3	10	19,00	190,00						
ARRIOSTRAMIENTOS	C. San Andrés	SA	L 40.4	2	15,80	31,60	31,60	2	63,20	2,33	2,70	170,64
Total Kg:							2.717,16		Total €: 4.291,67			
Superficie (m2):							180,00					
Ratio Kg/m2:							15,10		Ratio €/m2:		23,84	

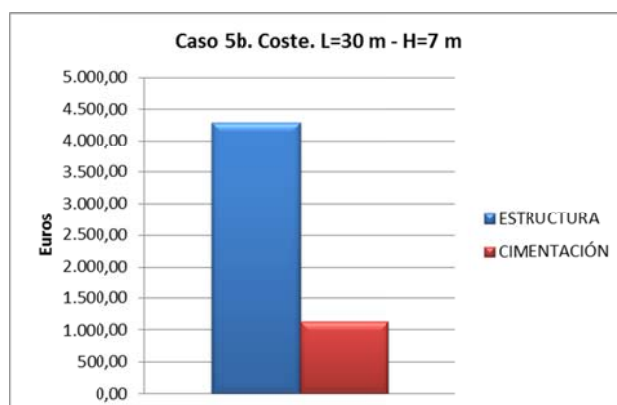
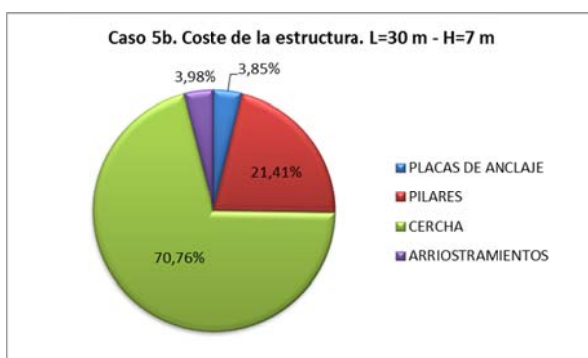
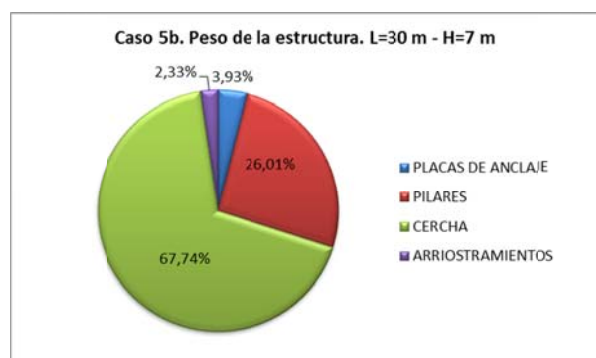
CASO 5b	Luz (m): 30,00				Altura pilar (m): 7,00				Pte.: 15%		Vano (m): 6,00									
	ESFUERZOS MÁXIMOS DE LA ESTRUCTURA (combinaciones de hipótesis)													DEFORMACIONES MÁXIMAS						
ESTRUCTURA	Axil N (Kp)				Cortante V (Kp)				Momento M (Kp * m)				Aprovec	Desplazamientos (mm)						
ELEMENTO	Maximo	Punto	Mínimo	Punto	Maximo	Punto	Mínimo	Punto	Maximo	Punto	Mínimo	Punto	η	Valor	Punto	Máximo	Tipo	%		
PILARES	3661	2	-11462	1	3058	1	-2819	1	6787	1	-7292	1	71,43	23,9	2	46,7	Horizontal	51,21		
CORDÓN SUPERIOR	9535		-28251		1226		-1241		566		-560		52,95	28,5	3	120,0	Vertical	23,75		
CORDÓN INFERIOR	27446		-7253										39,38	28,9		100,0	Vertical	28,90		
DIAGONALES	15459		-12258										62,05							

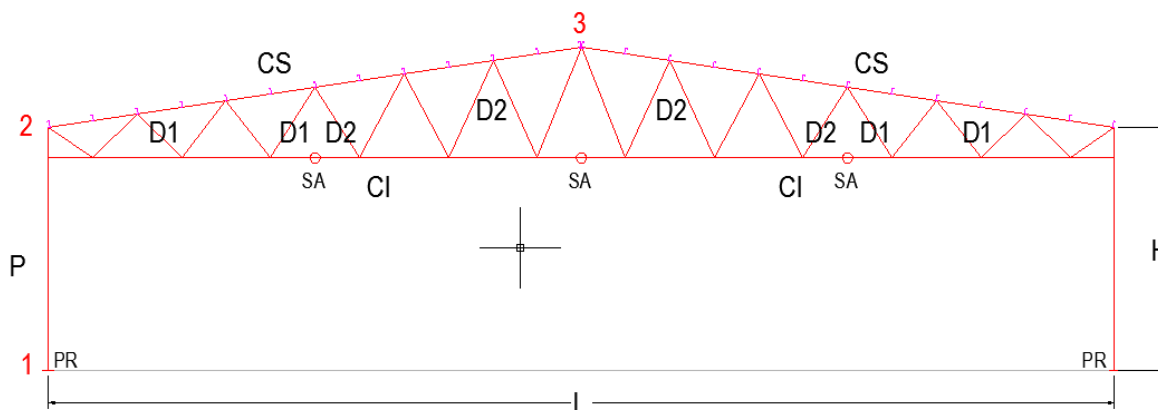
RESUMEN DE RESULTADOS: Caso 5b. Tablas y gráficos 10.2.18.2

CASO 5b	CIMENTACIÓN								
MOV. TIERRAS	Ancho	Largo	Canto	M3	Esponjamiento	Nº	Total M3	€/ M3	Total €
Excavación	1,60	2,40	0,90	3,46		2	6,91	10,55	72,92
Transporte				3,46	20%	2	8,29	8,40	69,67
HORMIGÓN	Ancho	Largo	Canto	M3	Tipo	Nº	Total M3	€/ M3	Total €
Zapata	1,60	2,40	0,80	3,07	HA-25/P/30/IIa	2	6,14	112,60	691,81
Limpieza	1,60	2,40	0,10	0,38	HM-20/B/30/IIa	2	0,77	98,30	75,49
ARMADURAS	Acero B400S			Kg	Total Kg	Nº	Total Kg	€/ Kg	Total €
Superior	Malla Ø 16 c/ 25			50,19	100,38	2	200,76	1,10	220,84
Inferior	Malla Ø 16 c/ 25			50,19					
Dimensiones en metros							Total €: 1.130,74		

Dimensiones en metros

CASO 5b			CIMENTACIÓN			
TENSIÓN SOBRE TERRENO (situaciones persistentes - kp / cm2)						
TENSIÓN MEDIA			TENSIÓN MÁXIMA			VUELCO
Media	Admisible	%	Con viento	Admisible	%	Segur. %
0.48	2.00	24.00	0.88	2.50	35.20	14.2



RESUMEN DE RESULTADOS: Caso 6b. Tablas y gráficos 10.2.19.1

CASO 6b		Luz (m): 35,00		Altura pilar (m): 8,00		Pte.: 15%		Vano (m): 6,00							
ESTRUCTURA		PIEZAS			ELEMENTO			ESTRUCTURA				COSTE EJECUCIÓN			
ELEMENTO	Pieza	Código	Perfil	Nº	Pieza (Kg)	Total (Kg)	Elemento (Kg)	Nº	Total (Kg)	% estr.	€ / Kg	Total €			
PLACAS DE ANCLAJE	Placa base	PR	500x450x25 mm	1	57,91	57,91	70,63	2	141,26	4,43	1,55	218,95			
	Rigidizadores		500x200x12 mm												
	Anclajes	A	Ø20mm - L=60 cm	6	2,12	12,72									
PILARES	Pilar	P	HEA 240	1	482,31	482,31	482,31	2	964,62	30,24	1,30	1.254,01			
CERCHA	Cordón superior	CS	RHS 140.100.6	2	366,90	733,80	1.987,21	1	1.987,21	62,29	1,65	3.278,90			
	Cordón inferior	CI	SHS 120.6	1	725,65	725,65									
	Diagonales	D1	SHS 80.4	12	20,53	246,36									
	Diagonales	D2	SHS 80.3	12	23,45	281,40									
ARRIOSTRAMIENTOS	C. San Andrés	SA	L 40.4	2	16,20	32,40	32,40	3	97,20	3,05	2,70	262,44			
Total Kg:							3.190,29			Total €: 5.014,30					
Superficie (m2):							210,00								
Ratio Kg/m2:							15,19		Ratio €/m2:		23,88				

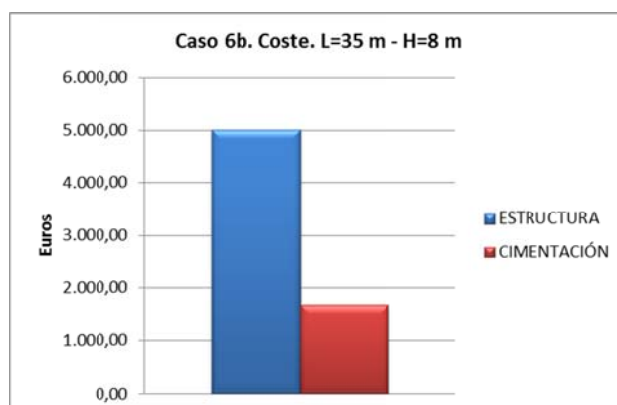
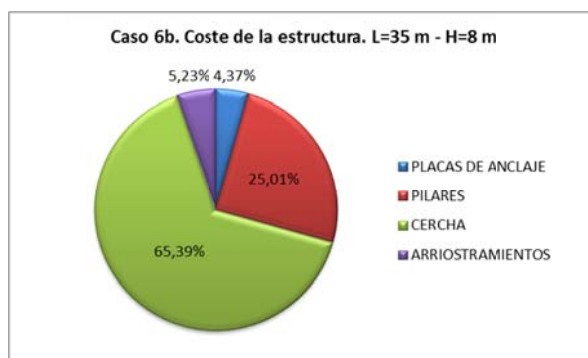
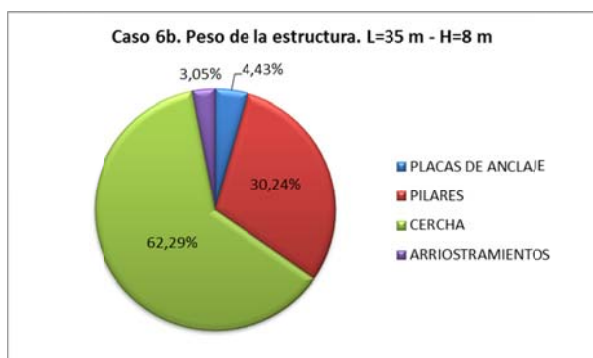
CASO 6b	Luz (m): 35,00				Altura pilar (m): 8,00				Pte.: 15%		Vano (m): 6,00								
	ESFUERZOS MÁXIMOS DE LA ESTRUCTURA (combinaciones de hipótesis)												DEFORMACIONES MÁXIMAS						
ESTRUCTURA	Axil N (Kp)				Cortante V (Kp)				Momento M (Kp * m)				Aprovec	Desplazamientos (mm)					
ELEMENTO	Maximo	Punto	Mínimo	Punto	Maximo	Punto	Mínimo	Punto	Maximo	Punto	Mínimo	Punto	η	Valor	Punto	Máximo	Tipo	%	
PILARES	4949	2	-13376	1	3672	1	-3595	1	9453	1	-10752	1	79,11	32,3	2	53,3	Horizontal	60,49	
CORDÓN SUPERIOR	13298		-34385		1194		-1206		506		-553		78,18	48,0	3	140,0	Vertical	34,29	
CORDÓN INFERIOR	32553		-10893										65,45	48,5		116,7	Vertical	41,57	
DIAGONALES	18518		-14706										59,50						

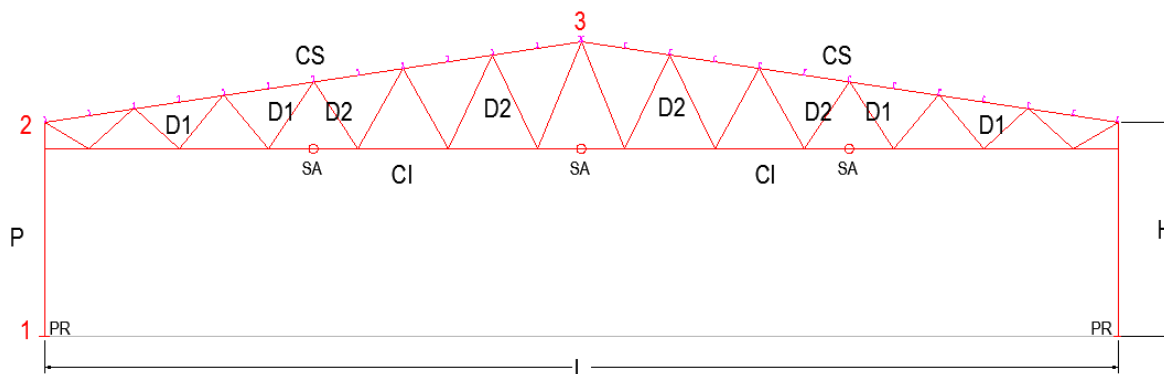
RESUMEN DE RESULTADOS: Caso 6b. Tablas y gráficos 10.2.19.2

CASO 6b	CIMENTACIÓN								
MOV. TIERRAS	Ancho	Largo	Canto	M3	Esponjamiento	Nº	Total M3	€/ M3	Total €
Excavación	2,00	2,50	1,00	5,00		2	10,00	10,55	105,50
Transporte				5,00	20%	2	12,00	8,40	100,80
HORMIGÓN	Ancho	Largo	Canto	M3	Tipo	Nº	Total M3	€/ M3	Total €
Zapata	2,00	2,50	0,90	4,50	HA-25/P/30/IIa	2	9,00	112,60	1013,40
Limpieza	2,00	2,50	0,10	0,50	HM-20/B/30/IIa	2	1,00	98,30	98,30
ARMADURAS	Acero B400S			Kg	Total Kg	Nº	Total Kg	€/ Kg	Total €
Superior	Malla Ø 16 c/ 20			79,60	159,20	2	318,40	1,10	350,24
Inferior	Malla Ø 16 c/ 20			79,60					
Dimensiones en metros							Total €: 1.668,24		

Dimensiones en metros

CASO 6b			CIMENTACIÓN			
TENSIÓN SOBRE TERRENO (situaciones persistentes - kp / cm ²)						
TENSIÓN MEDIA			TENSIÓN MÁXIMA			VUELCO
Media	Admisible	%	Con viento	Admisible	%	Segur. %
0.47	2.00	23.50	0.93	2.50	37.20	12.9



RESUMEN DE RESULTADOS: Caso 7b. Tablas y gráficos 10.2.20.1

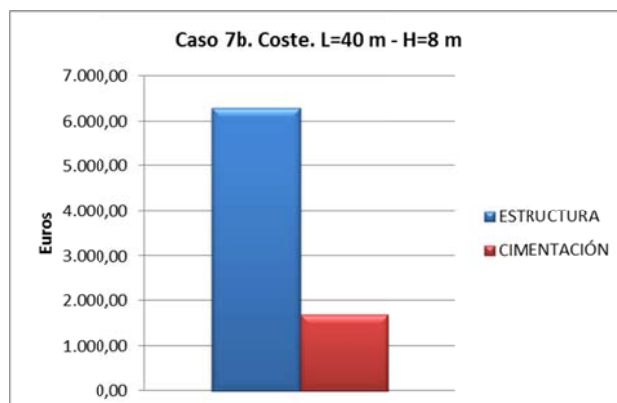
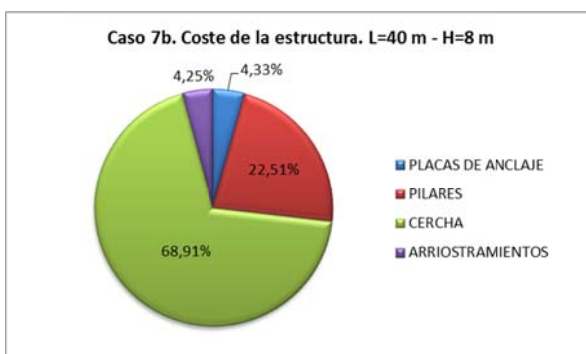
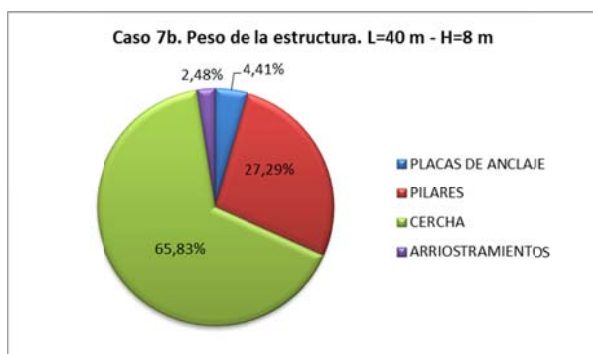
CASO 7b	Luz (m): 40,00		Altura pilar (m): 8,00		Pte.: 15%		Vano (m): 6,00					
ESTRUCTURA	PIEZAS				ELEMENTO		ESTRUCTURA				COSTE EJECUCIÓN	
ELEMENTO	Pieza	Código	Perfil	Nº	Pieza (Kg)	Total (Kg)	Elemento (Kg)	Nº	Total (Kg)	% estr.	€ / Kg	Total €
PLACAS DE ANCLAJE	Placa base	PR	550x500x25 mm	1	69,04	69,04	88,00	2	176,00	4,41	1,55	272,80
	Rigidizadores		550x200x12 mm									
	Anclajes	A	Ø20mm - L=70 cm	8	2,37	18,96						
PILARES	Pilar	P	HEA 260	1	545,11	545,11	545,11	2	1.090,22	27,29	1,30	1.417,29
CERCHA	Cordón superior	CS	RHS 160.120.6	2	495,50	991,00	2.630,07	1	2.630,07	65,83	1,65	4.339,62
	Cordón inferior	CI	SHS 140.6	1	980,03	980,03						
	Diagonales	D1	SHS 90.4	12	25,59	307,08						
	Diagonales	D2	SHS 90.3	12	29,33	351,96						
ARRIOSTRAMIENTOS	C. San Andrés	SA	L 40.4	2	16,52	33,04	33,04	3	99,12	2,48	2,70	267,62
Total Kg:							3.995,41			Total €: 6.297,33		
Superficie (m2):							240,00					
Ratio Kg/m2:							16,65		Ratio €/m2:		26,24	

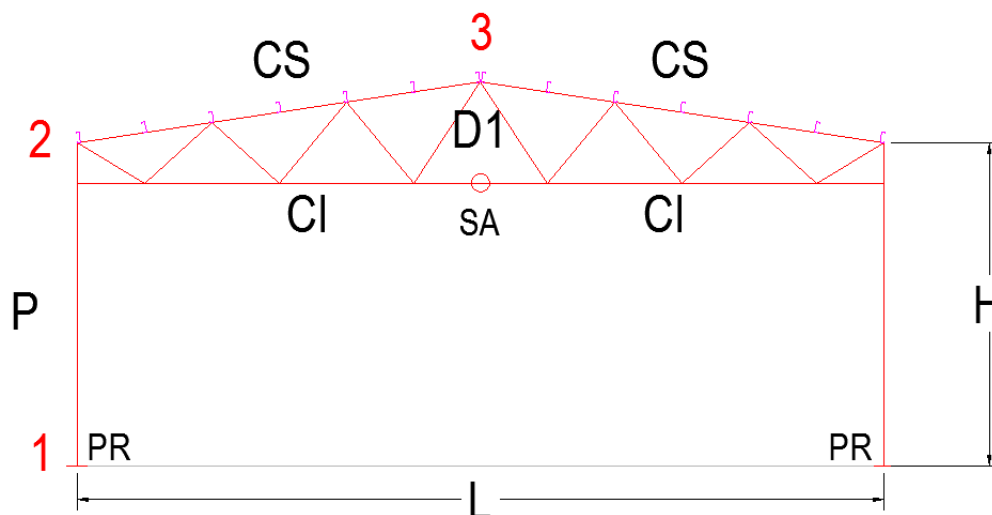
CASO 7b	Luz (m): 40,00				Altura pilar (m): 8,00				Pte.: 15%		Vano (m): 6,00									
	ESFUERZOS MÁXIMOS DE LA ESTRUCTURA (combinaciones de hipótesis)												DEFORMACIONES MÁXIMAS							
ESTRUCTURA	Axil N (Kp)				Cortante V (Kp)				Momento M (Kp * m)				Aprovec η	Desplazamientos (mm)						
ELEMENTO	Maximo	Punto	Minimo	Punto	Maximo	Punto	Minimo	Punto	Maximo	Punto	Minimo	Punto		Valor	Punto	Máximo	Tipo	%		
PILARES	5653	2	-15551	1	3806	1	-4031	1	9579	1	-12137	1	75,31	26,7	2	53,3	Horizontal	50,06		
CORDÓN SUPERIOR	16026		-41885		1378		-1383		699		-714		78,21	59,3	3	160,0	Vertical	37,06		
CORDÓN INFERIOR	39205		-13697										72,05	59,8		133,3	Vertical	44,85		
DIAGONALES	23468		-17919										66,37							

RESUMEN DE RESULTADOS: Caso 7b. Tablas y gráficos 10.2.20.2

CASO 7b	CIMENTACIÓN								
MOV. TIERRAS	Ancho	Largo	Canto	M3	Esponjamiento	Nº	Total M3	€/ M3	Total €
Excavación	1,80	2,60	1,10	5,15		2	10,30	10,55	108,62
Transporte				5,15	20%	2	12,36	8,40	103,78
HORMIGÓN	Ancho	Largo	Canto	M3	Tipo	Nº	Total M3	€/ M3	Total €
Zapata	1,80	2,60	1,00	4,68	HA-25/P/30/IIa	2	9,36	112,60	1053,94
Limpieza	1,80	2,60	0,10	0,47	HM-20/B/30/IIa	2	0,94	98,30	92,01
ARMADURAS	Acero B400S			Kg	Total Kg	Nº	Total Kg	€/ Kg	Total €
Superior	Malla Ø 16 c/ 20			76,55	153,10	2	306,20	1,10	336,82
Inferior	Malla Ø 16 c/ 20			76,55					
Dimensiones en metros							Total €: 1.695,17		

CASO 7b			CIMENTACIÓN			
TENSIÓN SOBRE TERRENO (situaciones persistentes - kp / cm2)						
TENSIÓN MEDIA			TENSIÓN MÁXIMA			VUELCO
Media	Admisible	%	Con viento	Admisible	%	Segur. %
0.56	2.00	28.00	1.11	2.50	44.40	13.7



RESUMEN DE RESULTADOS: Caso 2b c. Tablas y gráficos 10.2.21.1

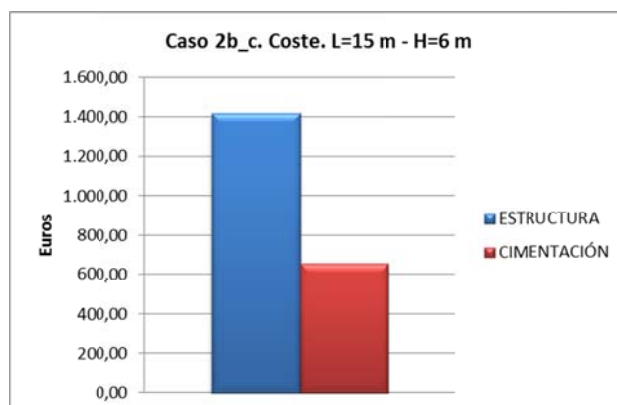
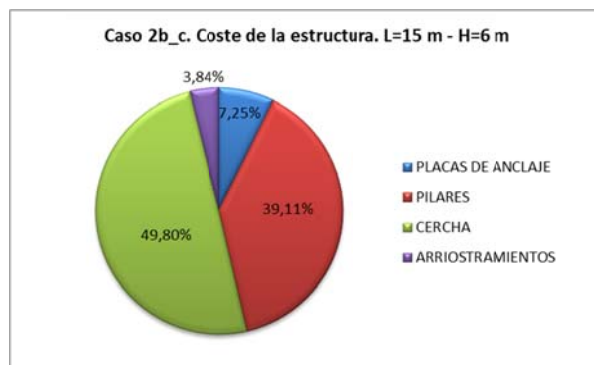
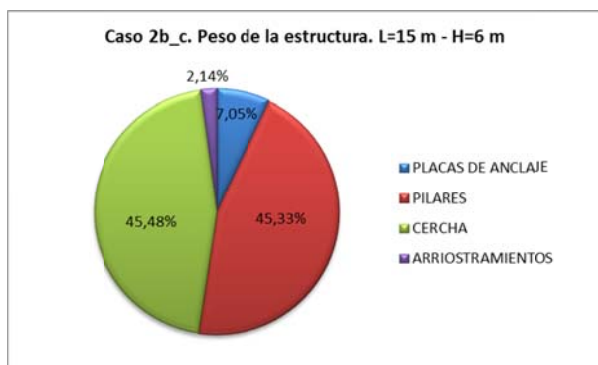
CASO 2b c	Luz (m): 15,00	Altura pilar (m): 6,00	Pte.: 15%	Vano (m): 6,00								
ESTRUCTURA	PIEZAS			ELEMENTO			ESTRUCTURA				COSTE EJECUCIÓN	
ELEMENTO	Pieza	Código	Perfil	Nº	Pieza (Kg)	Total (Kg)	Elemento (Kg)	Nº	Total (Kg)	% estr.	€ / Kg	Total €
PLACAS DE ANCLAJE	Placa base	PR	400x350x20 mm	1	28,70	28,70	33,18	2	66,36	7,05	1,55	102,86
	Rigidizadores		400x150x10 mm									
	Anclajes	A	Ø16mm - L=50 cm	4	1,12	4,48						
PILARES	Pilar	P	HEA 180	1	213,37	213,37	213,37	2	426,74	45,33	1,30	554,76
CERCHA	Cordón superior	CS	RHS 120.80.4	2	88,94	177,88	428,18	1	428,18	45,48	1,65	706,50
	Cordón inferior	CI	SHS 90.4	1	157,06	157,06						
	Diagonales	D1	SHS 50.3	12	7,77	93,24						
	Diagonales	D2		1		0,00						
ARRIOSTRAMIENTOS	C. San Andrés	SA	L 30.3	2	10,09	20,18	20,18	1	20,18	2,14	2,70	54,49
Total Kg:							941,46		Total €: 1.418,60			
Superficie (m2):							90,00					
Ratio Kg/m2:							10,46					
Ratio €/m2:							15,76					

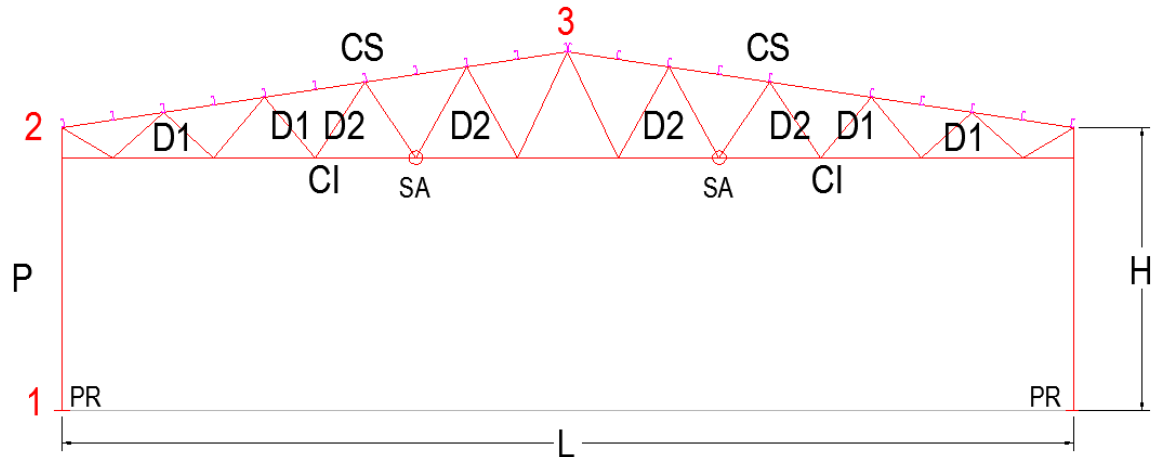
CASO 2b_c	Luz (m): 15,00				Altura pilar (m): 6,00				Pte.: 15%		Vano (m): 6,00								
	ESFUERZOS MÁXIMOS DE LA ESTRUCTURA (combinaciones de hipótesis)												DEFORMACIONES MÁXIMAS						
ESTRUCTURA	Axil N (Kp)				Cortante V (Kp)				Momento M (Kp * m)				Aprovec η	Desplazamientos (mm)					
ELEMENTO	Maximo	Punto	Minimo	Punto	Maximo	Punto	Minimo	Punto	Maximo	Punto	Minimo	Punto		Valor	Punto	Máximo	Tipo	%	
PILARES	288	2	-7548	1	2345	1	-2104	1	4417	1	-4600	1	83,11	24,4	2	40,0	Horizontal	60,93	
CORDÓN SUPERIOR	1585		-14941		1409		-1418		521		-547		84,86	15,4	3	60,0	Vertical	25,67	
CORDÓN INFERIOR	15120		-5476										69,27	15,4		50,0	Vertical	30,80	
DIAGONALES	10132		-7758										79,61						

RESUMEN DE RESULTADOS: Caso 2b c. Tablas y gráficos 10.2.21.2

CASO 2b c	CIMENTACIÓN								
MOV. TIERRAS	Ancho	Largo	Canto	M3	Esponjamiento	Nº	Total M3	€/ M3	Total €
Excavación	1,40	1,80	0,80	2,02		2	4,03	10,55	42,54
Transporte				2,02	20%	2	4,84	8,40	40,64
HORMIGÓN	Ancho	Largo	Canto	M3	Tipo	Nº	Total M3	€/ M3	Total €
Zapata	1,40	1,80	0,70	1,76	HA-25/P/30/IIa	2	3,53	112,60	397,25
Limpieza	1,40	1,80	0,10	0,25	HM-20/B/30/IIa	2	0,50	98,30	49,54
ARMADURAS	Acero B400S			Kg	Total Kg	Nº	Total Kg	€/ Kg	Total €
Superior	Malla Ø 12 c/ 16			29,24	58,48	2	116,96	1,10	128,66
Inferior	Malla Ø 12 c/ 16			29,24					
Dimensiones en metros							Total €: 658,63		

CASO 2b_c			CIMENTACIÓN			
TENSION SOBRE TERRENO (situaciones persistentes - kp / cm2)						
TENSION MEDIA			TENSION MÁXIMA			VUELCO
Media	Admisible	%	Con viento	Admisible	%	Segur. %
0.52	2.00	26.00	1.04	2.50	41.60	11.5



RESUMEN DE RESULTADOS: Caso 4b c. Tablas y gráficos 10.2.22.1

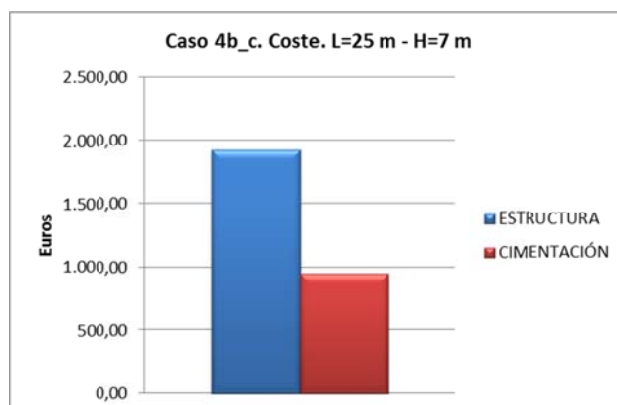
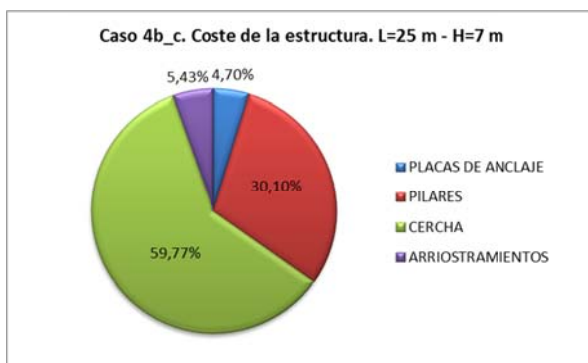
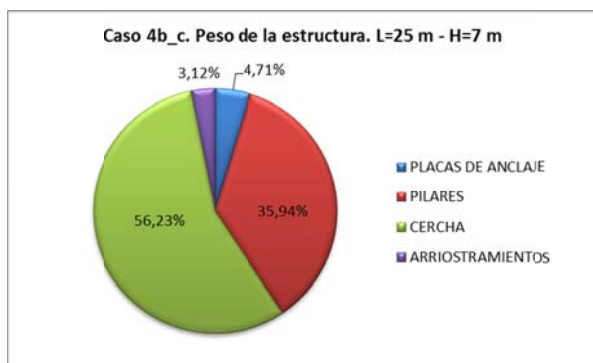
CASO 4b c		Luz (m): 25,00		Altura pilar (m): 7,00		Pte.: 15%		Vano (m): 6,00					
ESTRUCTURA		PIEZAS			ELEMENTO			ESTRUCTURA				COSTE EJECUCIÓN	
ELEMENTO	Pieza	Código	Perfil	Nº	Pieza (Kg)	Total (Kg)	Elemento (Kg)	Nº	Total (Kg)	% estr.	€ / Kg	Total €	
PLACAS DE ANCLAJE	Placa base	PR	400x400x20 mm	1	32,30	32,30	46,30	2	92,60	4,71	1,55	143,53	
	Rigidizadores		400x150x10 mm										
	Anclajes	A	Ø25mm - L=60 cm	4	3,50	14,00							
PILARES	Pilar	P	HEA 220	1	353,33	353,33	353,33	2	706,66	35,94	1,30	918,66	
CERCHA	Cordón superior	CS	RHS 140.100.5	2	221,69	443,38	1.105,62	1	1.105,62	56,23	1,65	1.824,27	
	Cordón inferior	CI	SHS 120.5	1	438,44	438,44							
	Diagonales	D1	SHS 60.4	10	11,71	117,10							
	Diagonales	D2	SHS 50.3	10	10,67	106,70							
ARRIOSTRAMIENTOS	C. San Andrés	SA	L40.4	2	15,36	30,72	30,72	2	61,44	3,12	2,70	165,89	
Total Kg:							1.966,32			Total €: 3.052,35			
Superficie (m2):							150,00						
Ratio Kg/m2:							13,11			Ratio €/m2: 20,35			

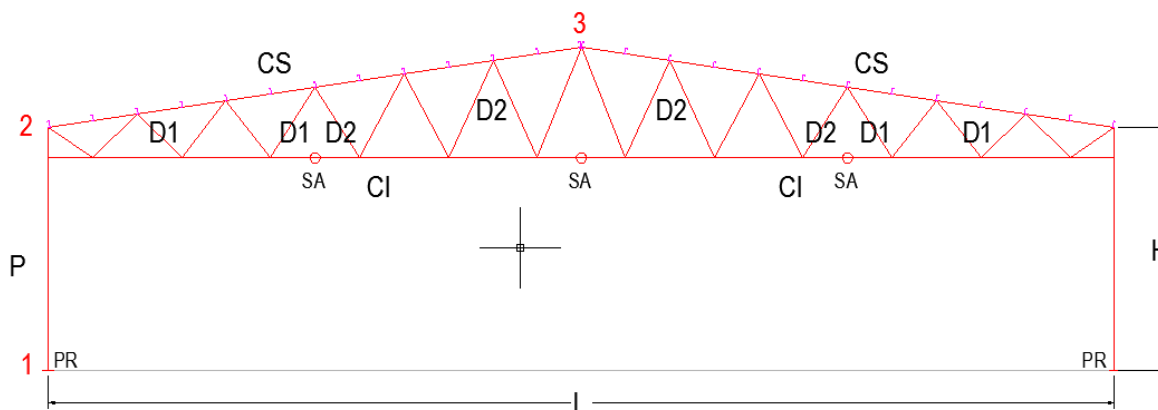
CASO 4b_c	Luz (m): 25,00				Altura pilar (m): 7,00				Pte.: 15%		Vano (m): 6,00								
	ESFUERZOS MÁXIMOS DE LA ESTRUCTURA (combinaciones de hipótesis)												DEFORMACIONES MÁXIMAS						
ESTRUCTURA	Axil N (Kp)				Cortante V (Kp)				Momento M (Kp * m)				Aprovechamiento η	Desplazamientos (mm)					
ELEMENTO	Maximo	Punto	Minimo	Punto	Maximo	Punto	Minimo	Punto	Maximo	Punto	Minimo	Punto		Valor	Punto	Máximo	Tipo	%	
PILARES	1023	2	-12841	1	2814	1	-3102	1	6360	1	-8090	1	84,71	26,1	2	46,7	Horizontal	55,93	
CORDÓN SUPERIOR	2617		-32086		1402		-1420		550		-522		83,28	39,0	3	100,0	Vertical	39,00	
CORDÓN INFERIOR	30993		-11092										76,61	39,5		83,3	Vertical	47,40	
DIAGONALES	18993		-14581										83,71						

RESUMEN DE RESULTADOS: Caso 4b c. Tablas y gráficos 10.2.22.2

CASO 4b c	CIMENTACIÓN								
MOV. TIERRAS	Ancho	Largo	Canto	M3	Esponjamiento	Nº	Total M3	€/ M3	Total €
Excavación	1,50	2,00	0,90	2,70		2	5,40	10,55	56,97
Transporte				2,70	20%	2	6,48	8,40	54,43
HORMIGÓN	Ancho	Largo	Canto	M3	Tipo	Nº	Total M3	€/ M3	Total €
Zapata	1,50	2,00	0,80	2,40	HA-25/P/30/IIa	2	4,80	112,60	540,48
Limpieza	1,50	2,00	0,10	0,30	HM-20/B/30/IIa	2	0,60	98,30	58,98
ARMADURAS	Acero B400S			Kg	Total Kg	Nº	Total Kg	€/ Kg	Total €
Superior	Malla	Ø 16 c/ 25		42,30	84,60	2	169,20	1,10	186,12
Inferior	Malla	Ø 16 c/ 25		42,30					
Dimensiones en metros							Total €: 896,98		

CASO 4b_c			CIMENTACIÓN			
TENSIÓN SOBRE TERRENO (situaciones persistentes - kp / cm2)						
TENSIÓN MEDIA			TENSIÓN MÁXIMA			VUELCO
Media	Admisible	%	Con viento	Admisible	%	Segur. %
0,70	2,00	35,00	1,38	2,50	55,20	13,0



RESUMEN DE RESULTADOS: Caso 6b c. Tablas y gráficos 10.2.23.1

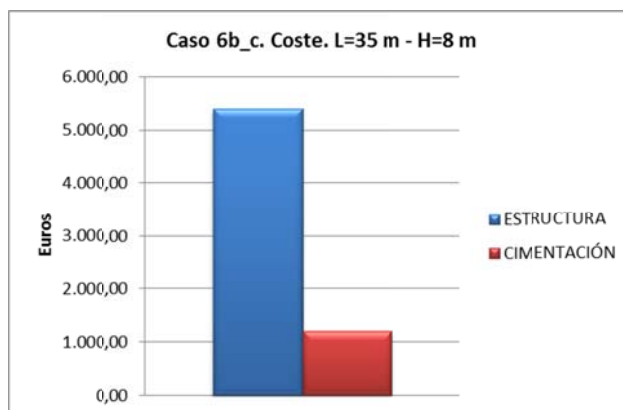
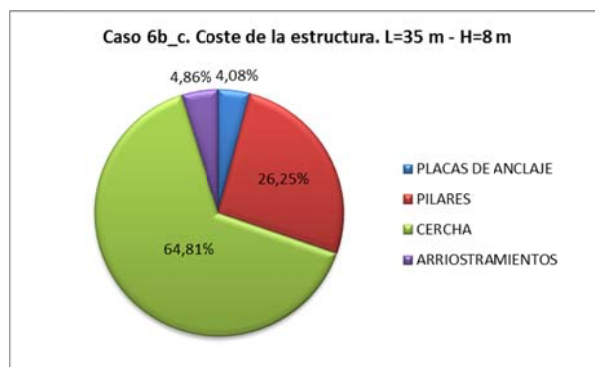
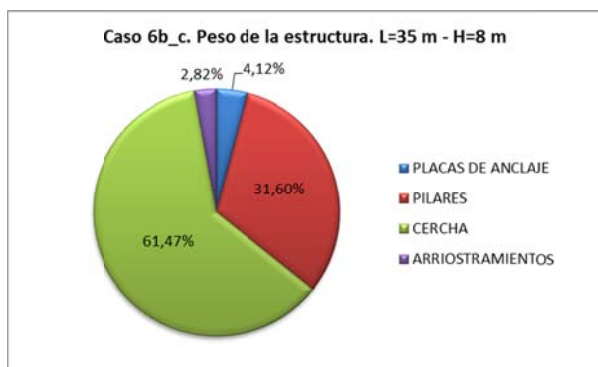
CASO 6b_c		Luz (m): 35,00		Altura pilar (m): 8,00		Pte.: 15%		Vano (m): 6,00					
ESTRUCTURA		PIEZAS			ELEMENTO			ESTRUCTURA				COSTE EJECUCIÓN	
ELEMENTO	Pieza	Código	Perfil	Nº	Pieza (Kg)	Total (Kg)	Elemento (Kg)	Nº	Total (Kg)	% estr.	€/ Kg	Total €	
PLACAS DE ANCLAJE	Placa base	PR	500x450x25 mm	1	58,29	58,29	71,01	2	142,02	4,12	1,55	220,13	
	Rigidizadores		500x200x12 mm										
	Anclajes	A	Ø20mm - L=60 cm	6	2,12	12,72							
PILARES	Pilar	P	HEA 260	1	545,11	545,11	545,11	2	1.090,22	31,60	1,30	1.417,29	
CERCHA	Cordón superior	CS	RHS 160.120.6	2	433,58	867,16	2.120,57	1	2.120,57	61,47	1,65	3.498,94	
	Cordón inferior	CI	SHS 120.6	1	725,65	725,65							
	Diagonales	D1	SHS 80.4	12	20,53	246,36							
	Diagonales	D2	SHS 80.3	12	23,45	281,40							
ARRIOSTRAMIENTOS	C. San Andrés	SA	L 40.4	2	16,20	32,40	32,40	3	97,20	2,82	2,70	262,44	
							Total Kg:		3.450,01		Total €: 5.398,80		
							Superficie (m2):		210,00				
							Ratio Kg/m2:		16,43		Ratio €/ m2: 25,71		

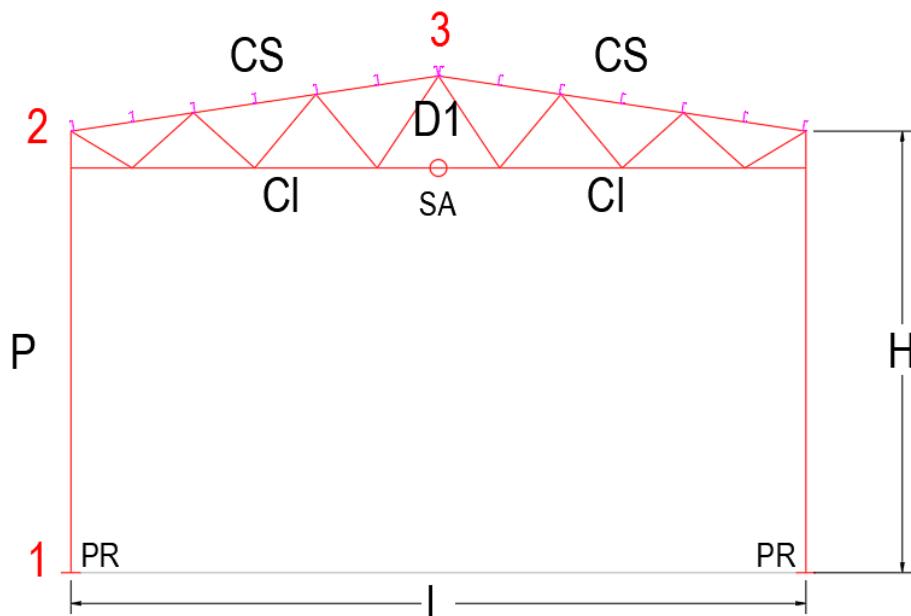
CASO 6b_c	Luz (m): 35,00				Altura pilar (m): 8,00				Pte.: 15%		Vano (m): 6,00							
	ESFUERZOS MÁXIMOS DE LA ESTRUCTURA (combinaciones de hipótesis)												DEFORMACIONES MÁXIMAS					
ESTRUCTURA	Axil N (Kp)				Cortante V (Kp)				Momento M (Kp * m)				Aprovec η	Desplazamientos (mm)				
ELEMENTO	Maximo	Punto	Mínimo	Punto	Maximo	Punto	Mínimo	Punto	Maximo	Punto	Mínimo	Punto		Valor	Punto	Máximo	Tipo	%
PILARES	1955	2	-18528	1	3343	1	-4393	1	8407	1	-13017	1	88,10	26,1	2	53,3	Horizontal	48,94
CORDÓN SUPERIOR	5330		-47440		1658		-1678		742		-719		83,23	61,9	3	140,0	Vertical	44,21
CORDÓN INFERIOR	44582		-15173										91,44	62,5		116,7	Vertical	53,57
DIAGONALES	26169		-20824										83,92					

RESUMEN DE RESULTADOS: Caso 6b c. Tablas y gráficos 10.2.23.2

CASO 6b c	CIMENTACIÓN								
MOV. TIERRAS	Ancho	Largo	Canto	M3	Esponjamiento	Nº	Total M3	€/ M3	Total €
Excavación	1,70	2,10	1,00	3,57		2	7,14	10,55	75,33
Transporte				3,57	20%	2	8,57	8,40	71,97
HORMIGÓN	Ancho	Largo	Canto	M3	Tipo	Nº	Total M3	€/ M3	Total €
Zapata	1,70	2,10	0,90	3,21	HA-25/P/30/IIa	2	6,43	112,60	723,57
Limpieza	1,70	2,10	0,10	0,36	HM-20/B/30/IIa	2	0,71	98,30	70,19
ARMADURAS	Acero B400S			Kg	Total Kg	Nº	Total Kg	€/ Kg	Total €
Superior	Malla	Ø 16 c/ 20		59,03	118,06	2	236,12	1,10	259,73
Inferior	Malla	Ø 16 c/ 20		59,03					
Dimensiones en metros							Total €: 1.200,78		

CASO 6b c			CIMENTACIÓN			
TENSIÓN SOBRE TERRENO (situaciones persistentes - kp / cm2)						
TENSIÓN MEDIA			TENSIÓN MÁXIMA			VUELCO
Media	Admisible	%	Con viento	Admisible	%	Segur. %
0,92	2,00	46,00	1,84	2,50	73,60	13,3



RESUMEN DE RESULTADOS: Caso 2b h. Tablas y gráficos 10.2.24.1

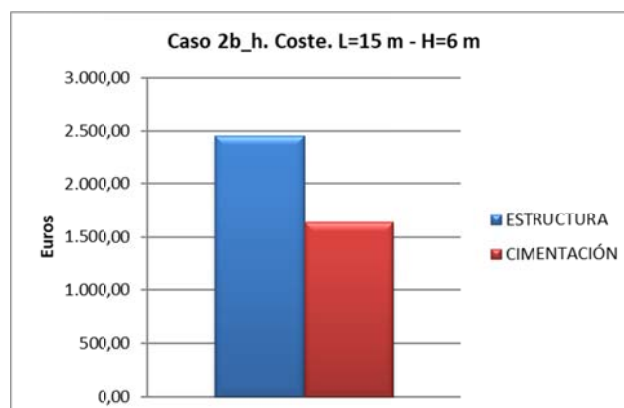
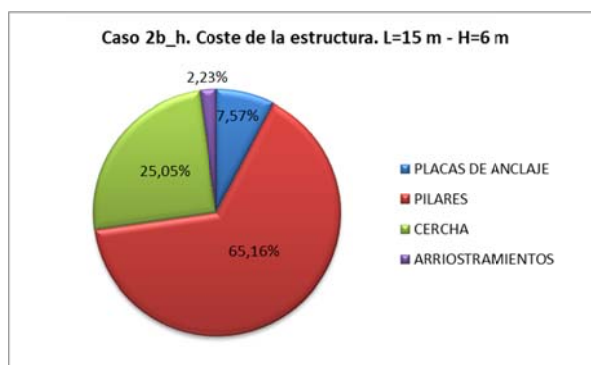
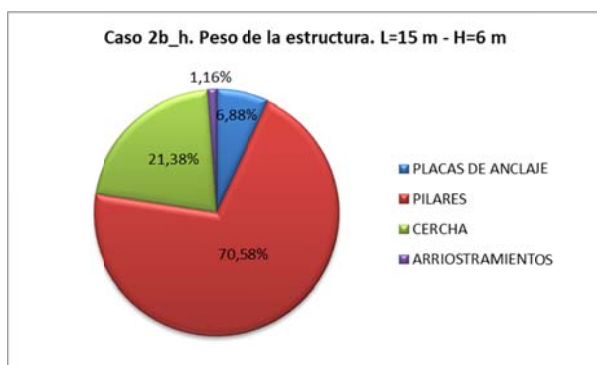
CASO 2b h		Luz (m): 15,00		Altura pilar (m): 9,00		Pte.: 15%		Vano (m): 6,00					
ESTRUCTURA		PIEZAS				ELEMENTO		ESTRUCTURA				COSTE EJECUCIÓN	
ELEMENTO	Pieza	Código	Perfil	Nº	Pieza (Kg)	Total (Kg)	Elemento (Kg)	Nº	Total (Kg)	% estr.	€ / Kg	Total €	
PLACAS DE ANCLAJE	Placa base	PR	500x450x20 mm	1	47,10	47,10	59,76	2	119,52	6,88	1,55	185,26	
	Rigidizadores		500x200x10 mm										
	Anclajes	A	Ø20mm - L=60 cm	6	2,11	12,66							
PILARES	Pilar	P	HEA 260	1	613,24	613,24	613,24	2	1.226,48	70,58	1,30	1.594,42	
CERCHA	Cordón superior	CS	RHS 100.80.4	2	79,42	158,84	371,46	1	371,46	21,38	1,65	612,91	
	Cordón inferior	CI	SHS 70.4	1	119,38	119,38							
	Diagonales	D1	SHS 50.3	12	7,77	93,24							
	Diagonales	D2		1		0,00							
ARRIOSTRAMIENTOS	C. San Andrés	SA	L 30.3	2	10,09	20,18	20,18	1	20,18	1,16	2,70	54,49	
Total Kg:							1.737,64			Total €: 2.447,08			
Superficie (m2):							90,00						
Ratio Kg/m2:							19,31			Ratio € /m2: 27,19			

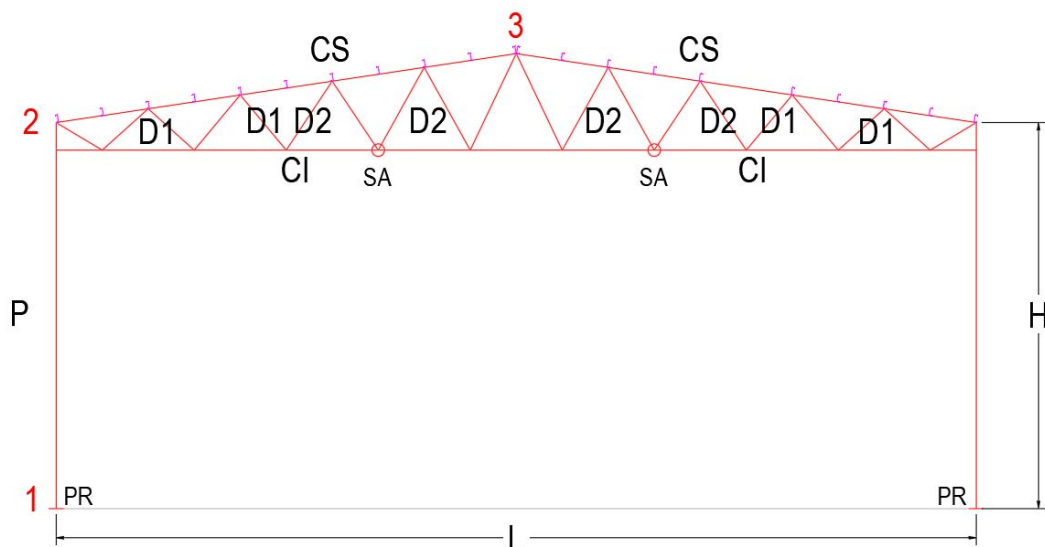
CASO 2b_h	Luz (m): 15,00				Altura pilar (m): 9,00				Pte.: 15%		Vano (m): 6,00									
	ESFUERZOS MÁXIMOS DE LA ESTRUCTURA (combinaciones de hipótesis)												DEFORMACIONES MÁXIMAS							
ESTRUCTURA	Axil N (Kp)				Cortante V (Kp)				Momento M (Kp * m)				Aprovec η	Desplazamientos (mm)						
ELEMENTO	Maximo	Punto	Mínimo	Punto	Maximo	Punto	Mínimo	Punto	Maximo	Punto	Mínimo	Punto		Valor	Punto	Máximo	Tipo	%		
PILARES	2295	2	-5941	1	4351	1	-3530	1	12854	1	-12038	1	63,63	41,7	2	60,0	Horizontal	69,50		
CORDÓN SUPERIOR	5699		-10062		1011		-1017		365		-404		75,46	11,5	3	60,0	Vertical	19,17		
CORDÓN INFERIOR	9561		-10840										49,73	11,5		50,0	Vertical	23,00		
DIAGONALES	8383		-6393										65,70							

RESUMEN DE RESULTADOS: Caso 2b h. Tablas y gráficos 10.2.24.2

CASO 2b h		CIMENTACIÓN							
MOV. TIERRAS	Ancho	Largo	Canto	M3	Esponjamiento	Nº	Total M3	€ / M3	Total €
Excavación	2,00	2,90	0,80	4,64		2	9,28	10,55	97,90
Transporte				4,64	20%	2	11,14	8,40	93,54
HORMIGÓN	Ancho	Largo	Canto	M3	Tipo	Nº	Total M3	€ / M3	Total €
Zapata	2,00	2,90	0,70	4,06	HA-25/P/30/IIa	2	8,12	112,60	914,31
Limpieza	2,00	2,90	0,10	0,58	HM-20/B/30/IIa	2	1,16	98,30	114,03
ARMADURAS	Acero B400S			Kg	Total Kg	Nº	Total Kg	€ / Kg	Total €
Superior	Malla	Ø 16 c/ 20		94,57	189,14	2	378,28	1,10	416,11
Inferior	Malla	Ø 16 c/ 20		94,57					
Dimensiones en metros							Total €: 1.635,89		

CASO 2b h			CIMENTACIÓN			
TENSIÓN SOBRE TERRENO (situaciones persistentes - kp / cm2						
TENSIÓN MEDIA			TENSIÓN MÁXIMA			VUELCO
Media	Admisible	%	Con viento	Admisible	%	Segur. %
0.35	2.00	17.50	0.69	2.50	27.60	13.7



RESUMEN DE RESULTADOS: Caso 4b h. Tablas y gráficos 10.2.25.1

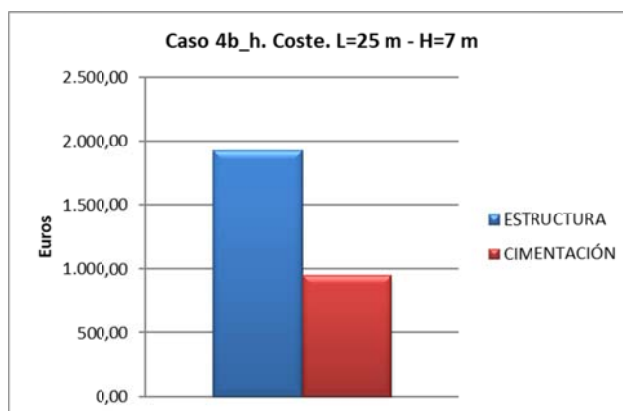
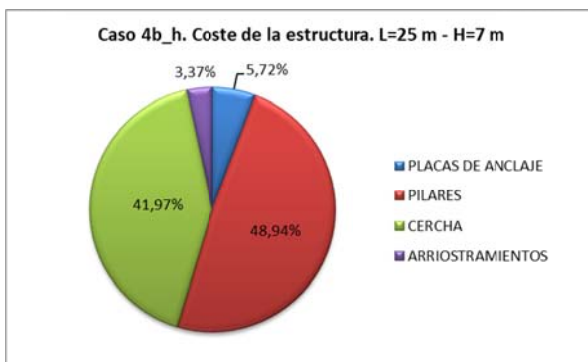
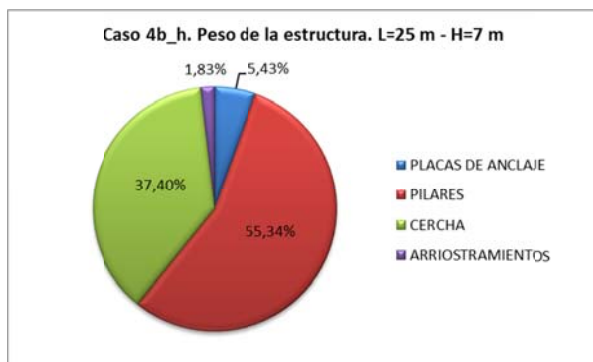
CASO 4b h		Luz (m): 25,00		Altura pilar (m): ###		Pte.: 15%		Vano (m): 6,00				
ESTRUCTURA		PIEZAS			ELEMENTO		ESTRUCTURA				COSTE EJECUCIÓN	
ELEMENTO	Pieza	Código	Perfil	Nº	Pieza (Kg)	Total (Kg)	Elemento (Kg)	Nº	Total (Kg)	% estr.	€/ Kg	Total €
PLACAS DE ANCLAJE	Placa base	PR	550x500x25 mm	1	69,79	69,79	90,91	2	181,82	5,43	1,55	281,82
	Rigidizadores		550x200x12 mm									
	Anclajes	A	Ø25mm - L=60 cm	6	3,52	21,12						
PILARES	Pilar	P	HEA 300	1	927,28	927,28	927,28	2	1.854,56	55,34	1,30	2.410,93
CERCHA	Cordón superior	CS	RHS 140.100.5	2	221,69	443,38	1.253,20	1	1.253,20	37,40	1,65	2.067,78
	Cordón inferior	CI	SHS 140.6	1	612,52	612,52						
	Diagonales	D1	SHS 60.3	10	9,06	90,60						
	Diagonales	D2	SHS 50.3	10	10,67	106,70						
ARRIOSTRAMIENTOS	C. San Andrés	SA	L 40.4	2	15,36	30,72	30,72	2	61,44	1,83	2,70	165,89
Total Kg:							3.351,02				Total €: 4.926,42	
Superficie (m2):							150,00					
Ratio Kg/m2:							22,34		Ratio €/m2:		32,84	

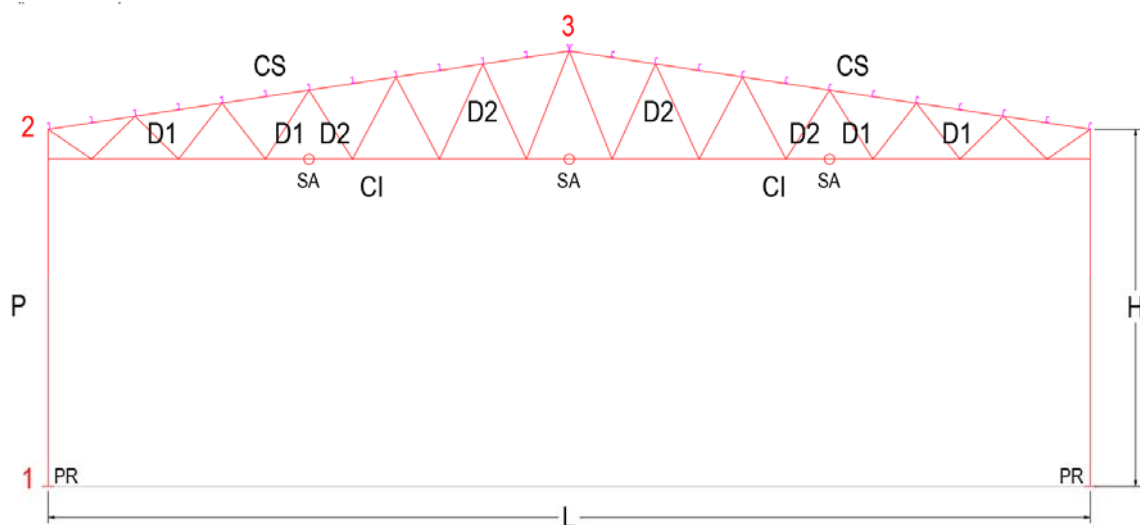
CASO 4b_h	Luz (m): 25,00				Altura pilar (m): 10,50				Pte.: 15%		Vano (m): 6,00									
	ESFUERZOS MÁXIMOS DE LA ESTRUCTURA (combinaciones de hipótesis)													DEFORMACIONES MÁXIMAS						
ESTRUCTURA	Axil N (Kp)				Cortante V (Kp)				Momento M (Kp * m)				Aprovec η	Desplazamientos (mm)						
ELEMENTO	Maximo	Punto	Mínimo	Punto	Maximo	Punto	Mínimo	Punto	Maximo	Punto	Mínimo	Punto		Valor	Punto	Máximo	Tipo	%		
PILARES	4130	2	-10201	1	5289	1	-4349	1	18365	1	-17611	1	63,83	47,6	2	70,0	Horizontal	68,00		
CORDÓN SUPERIOR	9142		-22426		614		-1024		363		-385		57,95	24,3	3	100,0	Vertical	24,30		
CORDÓN INFERIOR	21618		-17308										67,38	24,7		83,3	Vertical	29,64		
DIAGONALES	14438		-10957										82,30							

RESUMEN DE RESULTADOS: Caso 4b h. Tablas y gráficos 10.2.25.2

CASO 4b h	CIMENTACIÓN								
MOV. TIERRAS	Ancho	Largo	Canto	M3	Esponjamiento	Nº	Total M3	€ / M3	Total €
Excavación	2,30	3,20	0,90	6,62		2	13,25	10,55	139,77
Transporte				6,62	20%	2	15,90	8,40	133,54
HORMIGÓN	Ancho	Largo	Canto	M3	Tipo	Nº	Total M3	€ / M3	Total €
Zapata	2,30	3,20	0,80	5,89	HA-25/P/30/IIa	2	11,78	112,60	1325,98
Limpieza	2,30	3,20	0,10	0,74	HM-20/B/30/IIa	2	1,47	98,30	144,70
ARMADURAS	Acero B400S			Kg	Total Kg	Nº	Total Kg	€ / Kg	Total €
Superior	Malla Ø 16 c/ 20			109,38	218,76	2	437,52	1,10	481,27
Inferior	Malla Ø 16 c/ 20			109,38					
Dimensiones en metros							Total €: 2.225,25		

CASO 4b_h			CIMENTACIÓN			
TENSION SOBRE TERRENO (situaciones persistentes - kp / cm2)						
TENSION MEDIA			TENSION MÁXIMA			VUELCO
Media	Admisible	%	Con viento	Admisible	%	Segur. %
0.36	2.00	18.00	0.71	2.50	28.40	11.3



RESUMEN DE RESULTADOS: Caso 6b h. Tablas y gráficos 10.2.26.1

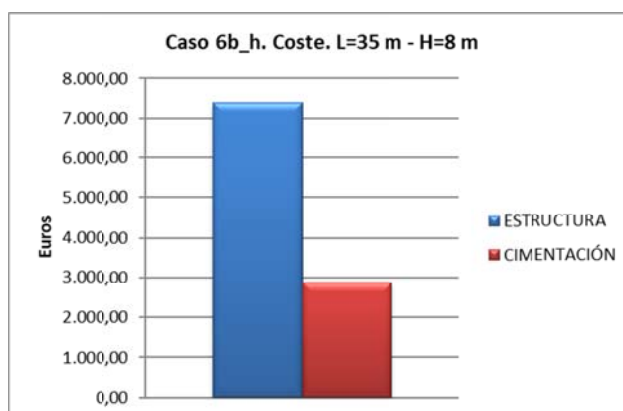
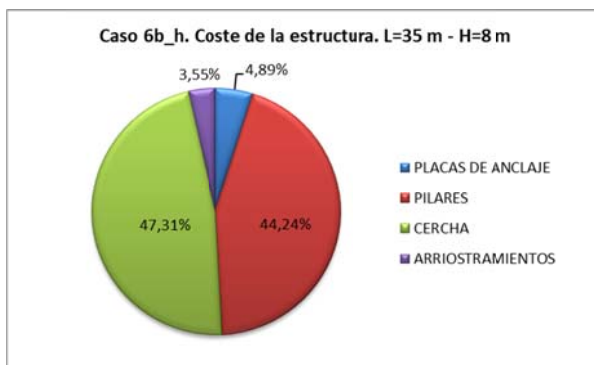
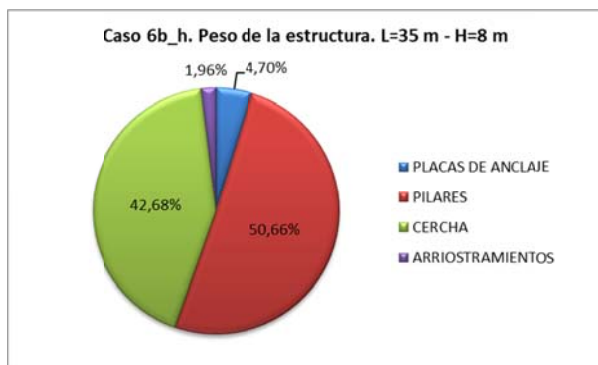
CASO 6b h		Luz (m): 35,00		Altura pilar (m): ###		Pte.: 15%		Vano (m): 6,00					
ESTRUCTURA		PIEZAS			ELEMENTO			ESTRUCTURA				COSTE EJECUCIÓN	
ELEMENTO	Pieza	Código	Perfil	Nº	Pieza (Kg)	Total (Kg)	Elemento (Kg)	Nº	Total (Kg)	% estr.	€ / Kg	Total €	
PLACAS DE ANCLAJE	Placa base	PR	650x550x25 mm	1	93,24	93,24	116,64	2	233,28	4,70	1,55	361,58	
	Rigidizadores		650x250x12 mm										
	Anclajes	A	Ø20mm - L=70 cm	6	3,90	23,40							
PILARES	Pilar	P	HEA 340	1	1.257,57	1.257,57	1.257,57	2	2.515,14	50,66	1,30	3.269,68	
CERCHA	Cordón superior	CS	RHS 140.100.6	2	366,90	733,80	2.119,09	1	2.119,09	42,68	1,65	3.496,50	
	Cordón inferior	CI	SHS 140.6	1	857,53	857,53							
	Diagonales	D1	SHS 80.4	12	20,53	246,36							
	Diagonales	D2	SHS 80.3	12	23,45	281,40							
ARRIOSTRAMIENTOS	C. San Andrés	SA	L40.4	2	16,20	32,40	32,40	3	97,20	1,96	2,70	262,44	
							Total Kg:		4.964,71		Total €: 7.390,20		
Superficie (m2):									210,00				
Ratio Kg/m2:									23,64		Ratio €/m2: 35,19		

CASO 6b_h	Luz (m): 35,00				Altura pilar (m): 12,00				Pte.: 15%		Vano (m): 6,00							
	ESFUERZOS MÁXIMOS DE LA ESTRUCTURA (combinaciones de hipótesis)												DEFORMACIONES MÁXIMAS					
ESTRUCTURA	Axil N (Kp)				Cortante V (Kp)				Momento M (Kp * m)				Aprovec	Desplazamientos (mm)				
ELEMENTO	Maximo	Punto	Mínimo	Punto	Maximo	Punto	Mínimo	Punto	Maximo	Punto	Mínimo	Punto	η	Valor	Punto	Máximo	Tipo	%
PILARES	6469	2	-14512	1	6357	1	-5500	1	24880	1	-25266	1	67,91	55,2	2	80,0	Horizontal	69,00
CORDÓN SUPERIOR	15503		-32829		1203		-1215		508		-562		75,96	42,6	3	140,0	Vertical	30,43
CORDÓN INFERIOR	31031		-21025										82,78	43,0		116,7	Vertical	36,86
DIAGONALES	19640		-15569										73,03					

RESUMEN DE RESULTADOS: Caso 6b h. Tablas y gráficos 10.2.26.2

CASO 6b h	CIMENTACIÓN								
MOV. TIERRAS	Ancho	Largo	Canto	M3	Esponjamiento	Nº	Total M3	€/ M3	Total €
Excavación	2,50	3,50	1,00	8,75		2	17,50	10,55	184,63
Transporte				8,75	20%	2	21,00	8,40	176,40
HORMIGÓN	Ancho	Largo	Canto	M3	Tipo	Nº	Total M3	€/ M3	Total €
Zapata	2,50	3,50	0,90	7,88	HA-25/P/30/IIa	2	15,75	112,60	1773,45
Limpieza	2,50	3,50	0,10	0,88	HM-20/B/30/IIa	2	1,75	98,30	172,03
ARMADURAS	Acero B400S			Kg	Total Kg	Nº	Total Kg	€/ Kg	Total €
Superior	Malla Ø 16 c/ 20			128,80	257,60	2	515,20	1,10	566,72
Inferior	Malla Ø 16 c/ 20			128,80					
Dimensiones en metros							Total €: 2.873,22		

CASO 6b_h			CIMENTACIÓN			
TENSIÓN SOBRE TERRENO (situaciones persistentes - kp / cm2)						
TENSIÓN MEDIA			TENSIÓN MÁXIMA			VUELCO
Media	Admisible	%	Con viento	Admisible	%	Segur. %
0,40	2,00	20,00	0,79	2,50	31,60	13,3



11. COMPARACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.

Se comparan a continuación y analizarán posteriormente los resultados obtenidos para cada uno de los objetivos y casos en estudio.

11.1. Resumen comparativo de resultados.

La comparación de resultados definitivos y utilizados para el análisis técnico, comparativo y de dimensionado entre las diferentes estructuras se adjuntan a continuación en forma de tablas y gráficos.

Son los siguientes:

Casos a con casos b

- Tabla y gráficos 11.1.1.1. Comparación de resultados: casos a y casos b.
- Tabla y gráficos 11.1.1.2. Comparación de resultados: casos a y casos b.
- Tabla y gráficos 11.1.1.3. Comparación de resultados: casos a y casos b.
- Tabla y gráficos 11.1.1.4. Comparación de resultados: casos a y casos b.
- Tabla y gráficos 11.1.1.5. Comparación de resultados: casos a y casos b.
- Tabla y gráficos 11.1.1.6. Comparación de resultados: casos a y casos b.
- Tabla y gráficos 11.1.1.7. Comparación de resultados: casos a y casos b.

Casos a con casos a_c

- Tabla y gráficos 11.1.2.1. Comparación de resultados: casos a y casos a_c.
- Tabla y gráficos 11.1.2.2. Comparación de resultados: casos a y casos a_c.
- Tabla y gráficos 11.1.2.3. Comparación de resultados: casos a y casos a_c.

Casos a con casos a_h

- Tabla y gráficos 11.1.3.1. Comparación de resultados: casos a y casos a_h.
- Tabla y gráficos 11.1.3.2. Comparación de resultados: casos a y casos a_h.
- Tabla y gráficos 11.1.3.3. Comparación de resultados: casos a y casos a_h.

Casos b con casos b_c

- Tabla y gráficos 11.1.4.1. Comparación de resultados: casos b y casos b_c.
- Tabla y gráficos 11.1.4.2. Comparación de resultados: casos b y casos b_c.
- Tabla y gráficos 11.1.4.3. Comparación de resultados: casos b y casos b_c.

Casos b con casos b_h

- Tabla y gráficos 11.1.5.1. Comparación de resultados: casos b y casos b_h.
- Tabla y gráficos 11.1.5.2. Comparación de resultados: casos b y casos b_h.
- Tabla y gráficos 11.1.5.3. Comparación de resultados: casos b y casos b_h.

COMPARACIÓN DE RESULTADOS: Casos a y casos b. Tablas y gráficos 11.1.1.1Resultados de casos a: acero, hormigón y coste

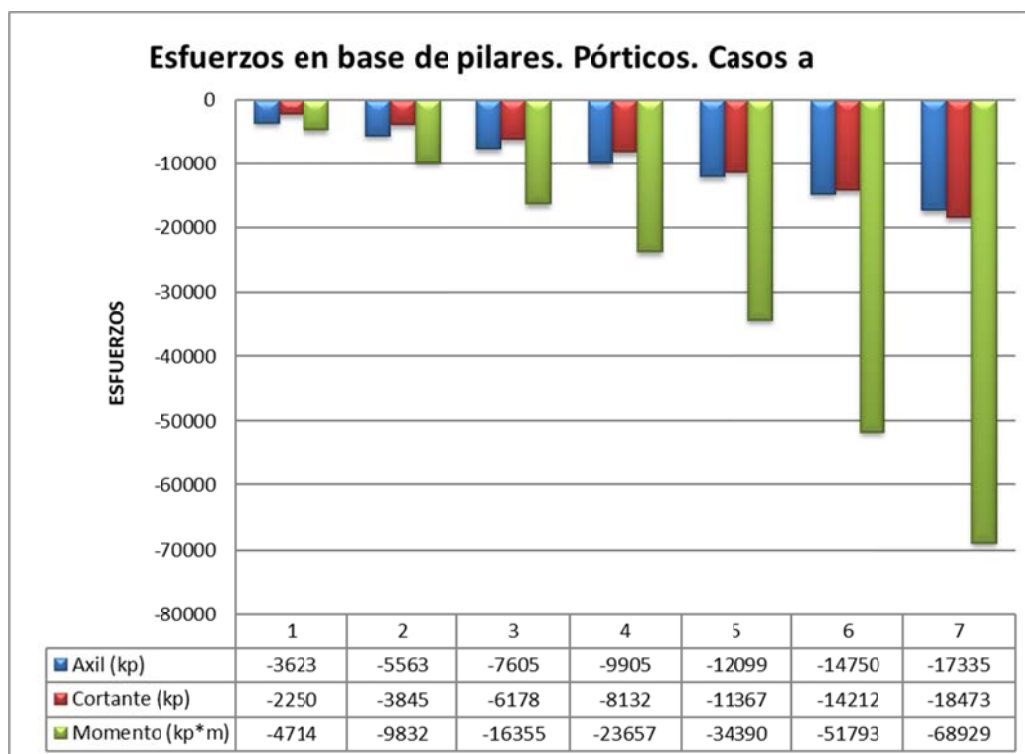
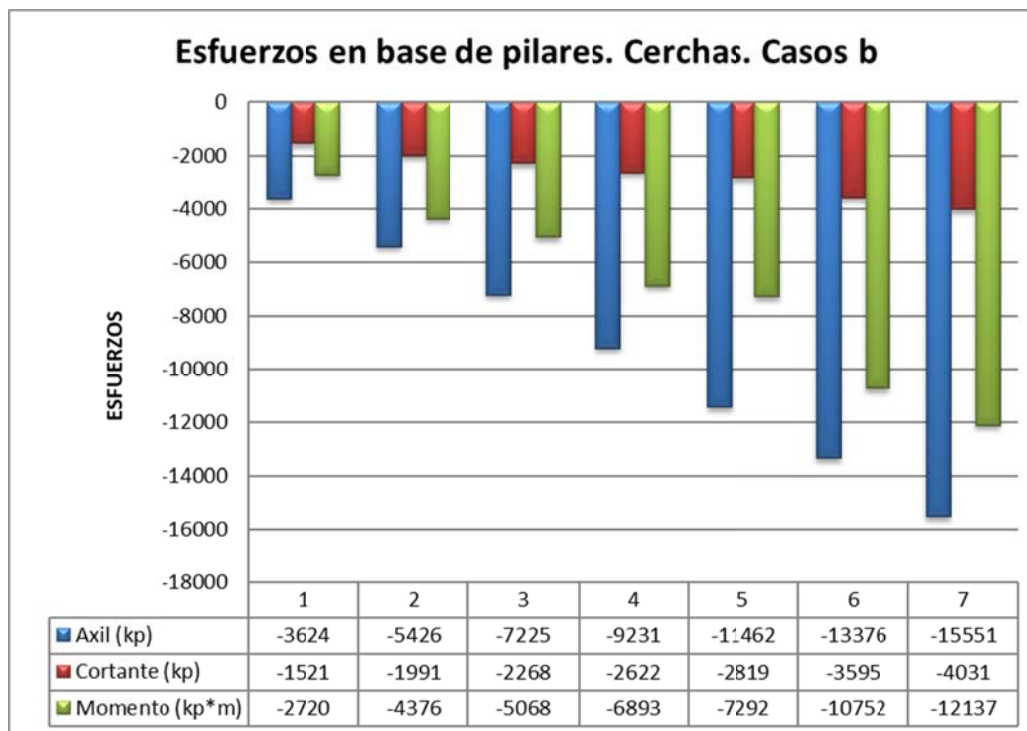
CASOS	ESTRUCTURA		CIMENTACIÓN		TOTAL (€)
	Acero (kg)	Coste (€)	Hormigón (m3)	Coste (€)	
Caso 1a	564,28	606,90	3,72	606,90	1.213,80
Caso 2a	1.145,90	1.535,35	6,73	1.107,04	2.642,39
Caso 3a	1.813,26	2.426,59	8,42	1.369,38	3.795,97
Caso 4a	2.880,64	3.845,08	10,44	1.713,22	5.558,30
Caso 5a	3.793,38	5.062,29	15,36	2.538,32	7.600,62
Caso 6a	5.426,08	7.293,81	21,16	3.531,10	10.824,91
Caso 7a	6.931,16	9.290,88	25,52	4.288,13	13.579,00
TOTALES	22.554,70	30.060,89	91,36	15.154,10	45.214,99

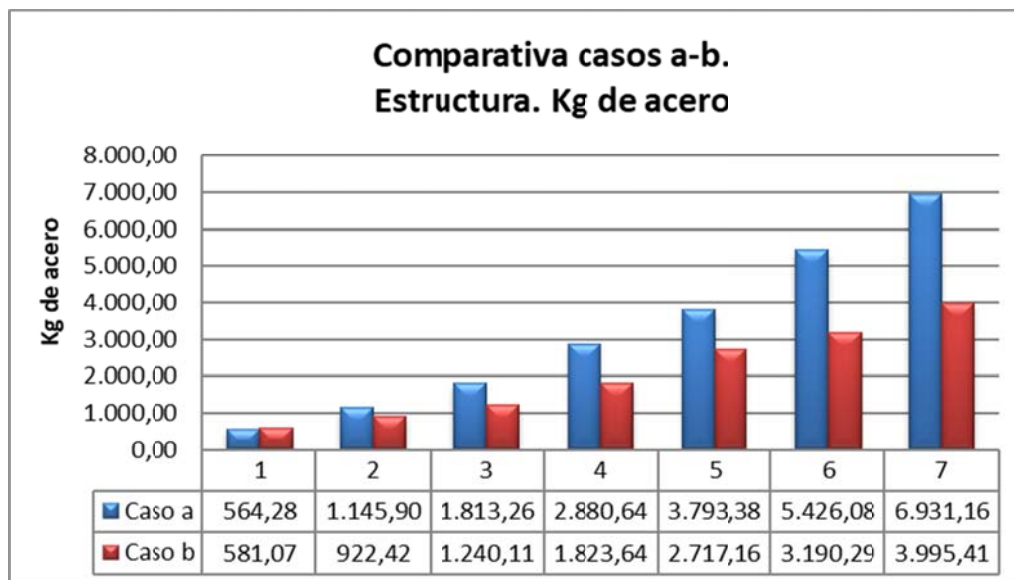
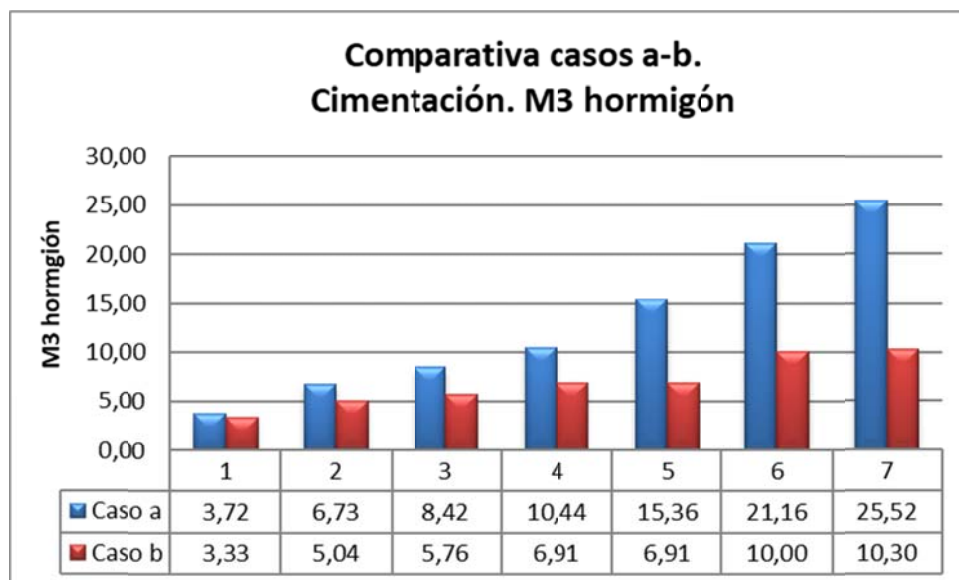
RATIOS	€/kg	€/m3 horm.	€/m2	kg/m2	m3 horm./m2
MEDIOS	1,33	165,87	43,06	21,48	0,087

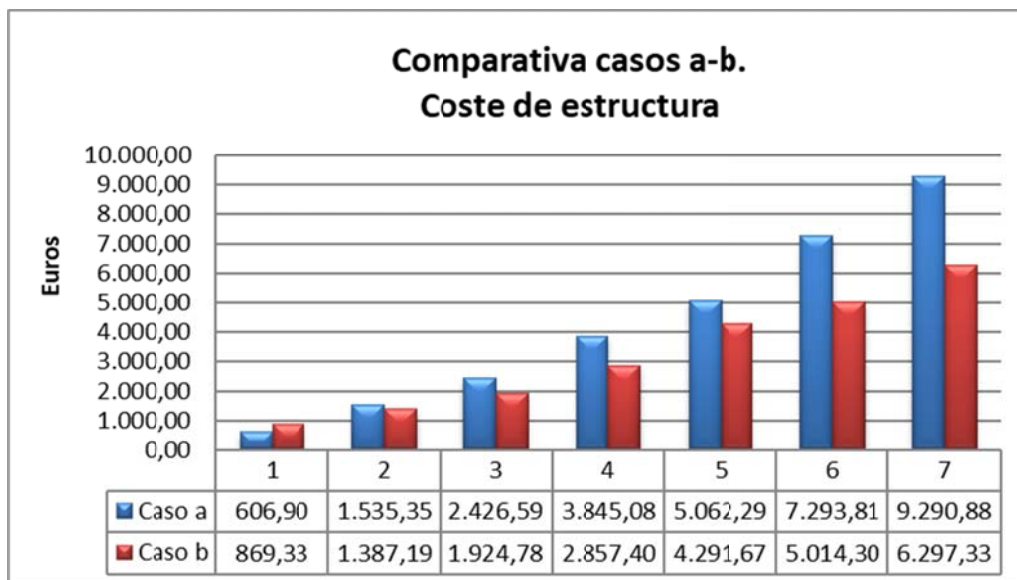
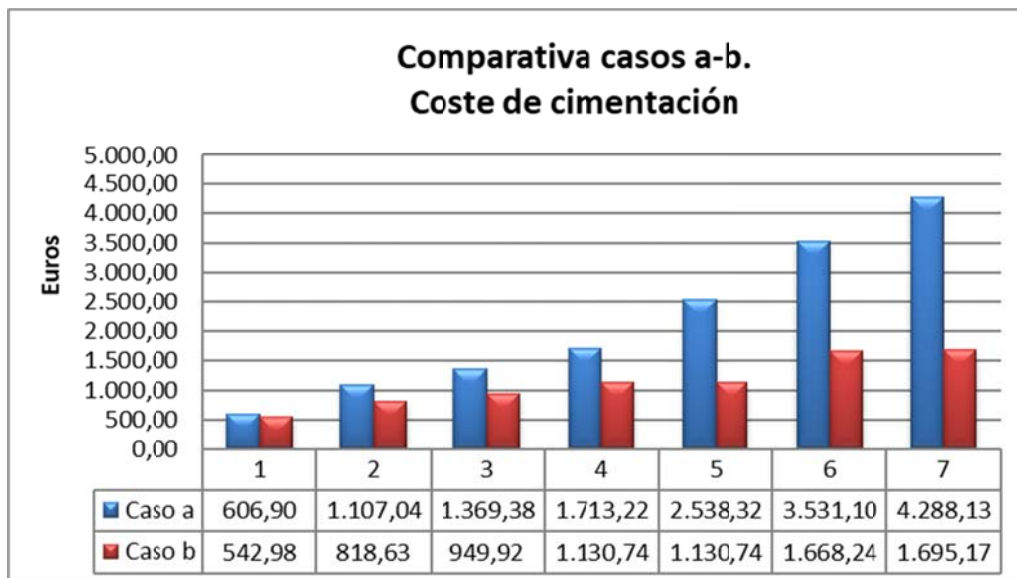
Resultados de casos b: acero, hormigón y coste

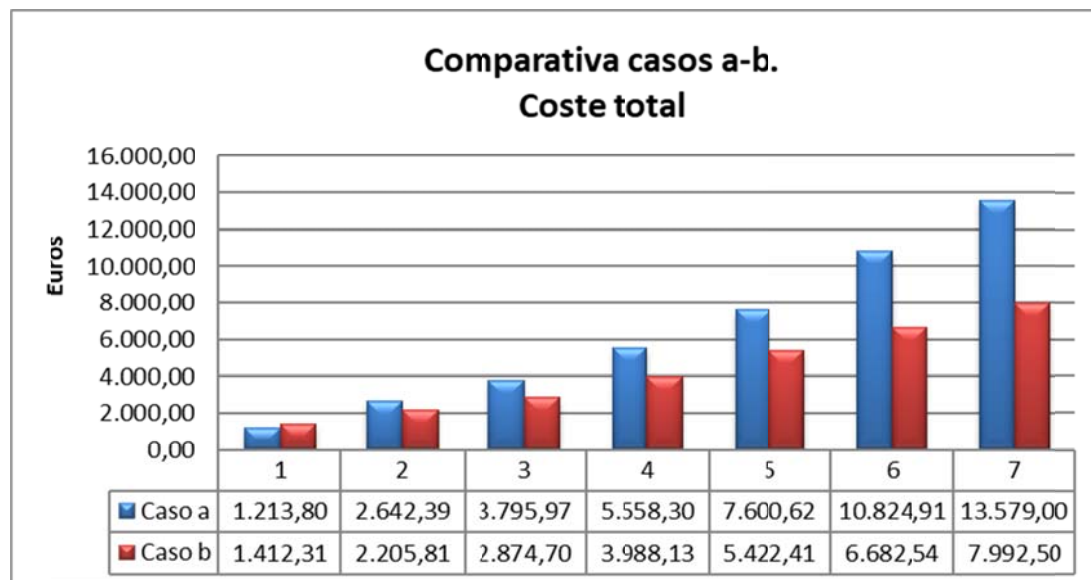
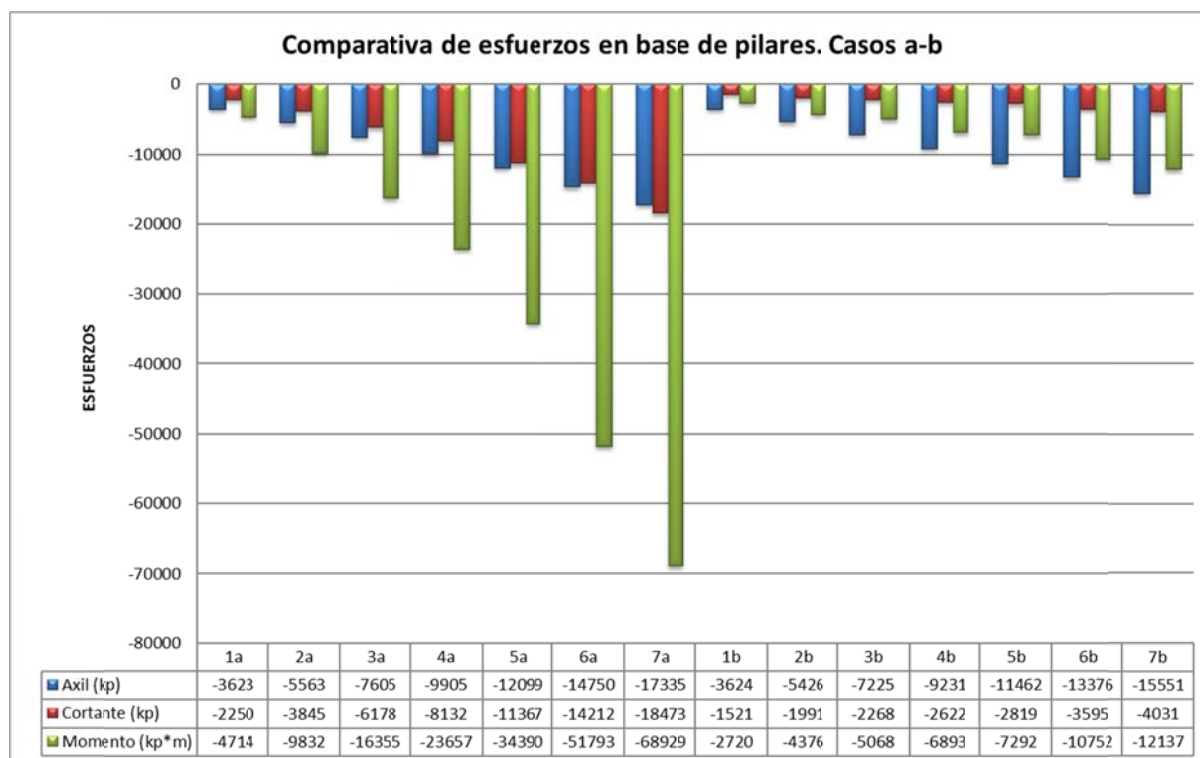
CASOS	ESTRUCTURA		CIMENTACIÓN		TOTAL (€)
	Acero (kg)	Coste (€)	Hormigón (m3)	Coste (€)	
Caso 1b	581,07	869,33	3,33	542,98	1.412,31
Caso 2b	922,42	1.387,19	5,04	818,63	2.205,81
Caso 3b	1.240,11	1.924,78	5,76	949,92	2.874,70
Caso 4b	1.823,64	2.857,40	6,91	1.130,74	3.988,13
Caso 5b	2.717,16	4.291,67	6,91	1.130,74	5.422,41
Caso 6b	3.190,29	5.014,30	10,00	1.668,24	6.682,54
Caso 7b	3.995,41	6.297,33	10,30	1.695,17	7.992,50
TOTALES	14.470,10	22.641,99	48,25	7.936,41	30.578,40

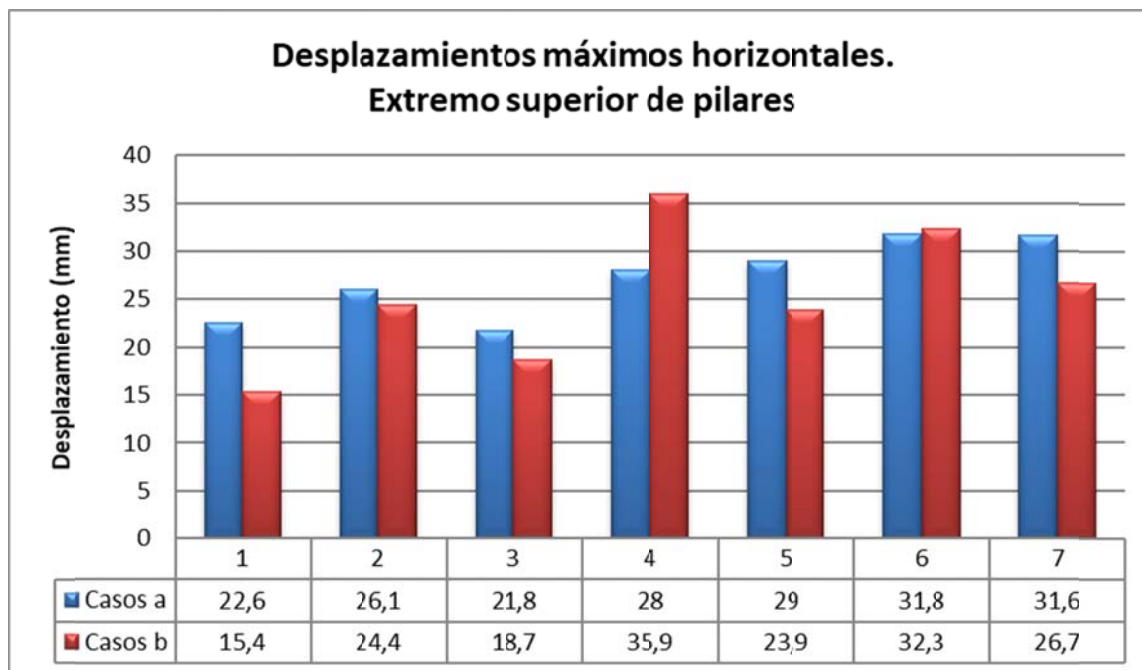
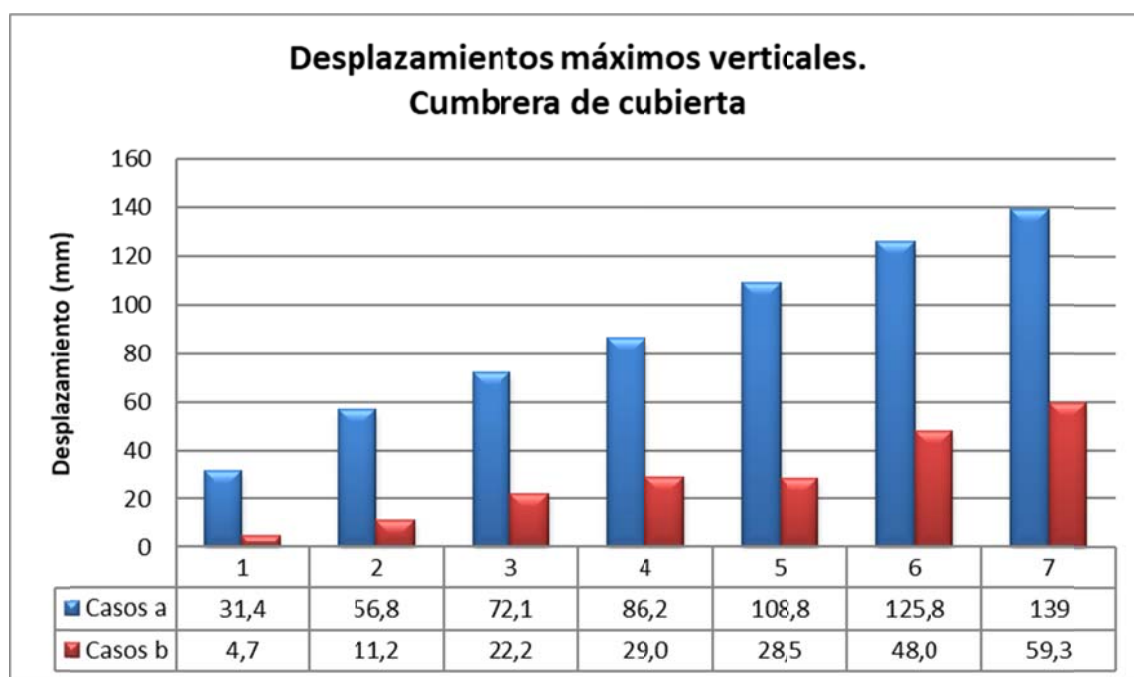
RATIOS	€/kg	€/m3 horm.	€/m2	kg/m2	m3 horm./m2
MEDIOS	1,56	164,48	29,12	13,78	0,046

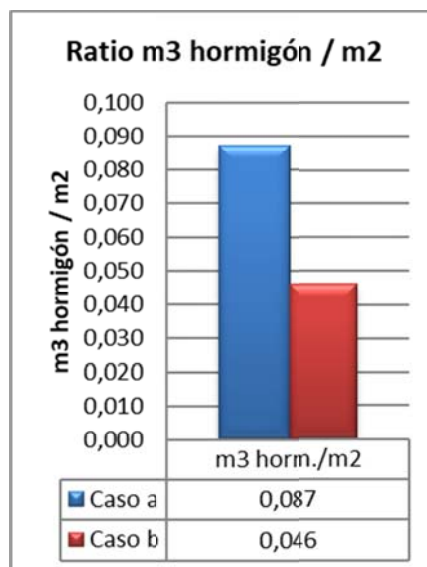
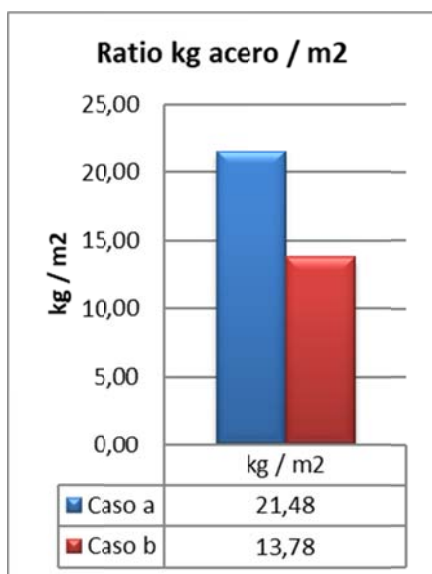
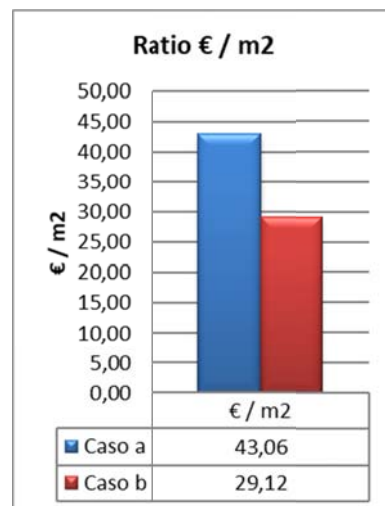
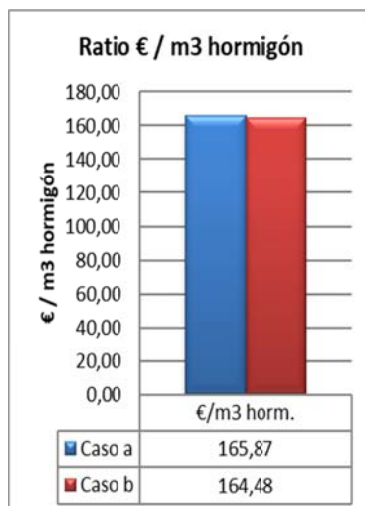
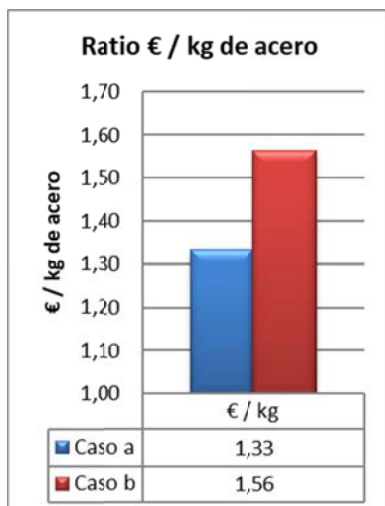
COMPARACIÓN DE RESULTADOS: Casos a y casos b. Tablas y gráficos 11.1.1.2**Resultados de casos a: esfuerzos máximos en base de pilares****Resultados de casos b: esfuerzos máximos en base de pilares**

COMPARACIÓN DE RESULTADOS: Casos a y casos b. Tablas y gráficos 11.1.1.3Comparación de resultados casos a con casos b: kg de acero en estructuraComparación de resultados casos a con casos b: m3 de hormigón en cimentación

COMPARACIÓN DE RESULTADOS: Casos a y casos b. Tablas y gráficos 11.1.1.4Comparación de resultados de casos a con casos b: coste de la estructuraComparación de resultados de casos a con casos b: coste de cimentación

COMPARACIÓN DE RESULTADOS: Casos a y casos b. Tablas y gráficos 11.1.1.5Comparación de resultados de casos a con casos b: coste totalComparación de resultados de casos a con casos b: esfuerzos máximos

COMPARACIÓN DE RESULTADOS: Casos a y casos b. Tablas y gráficos 11.1.1.6Comparación de resultados de casos a con casos b: desplazamientos horizontalesComparación de resultados de casos a con casos b: desplazamientos verticales

COMPARACIÓN DE RESULTADOS: Casos a y casos b. Tablas y gráficos 11.1.1.7**Comparación de resultados de casos a con casos b: ratios totales**

COMPARACIÓN DE RESULTADOS: Casos a y casos a c. Tablas y gráficos 11.1.2.1Resultados de casos a: acero, hormigón y coste

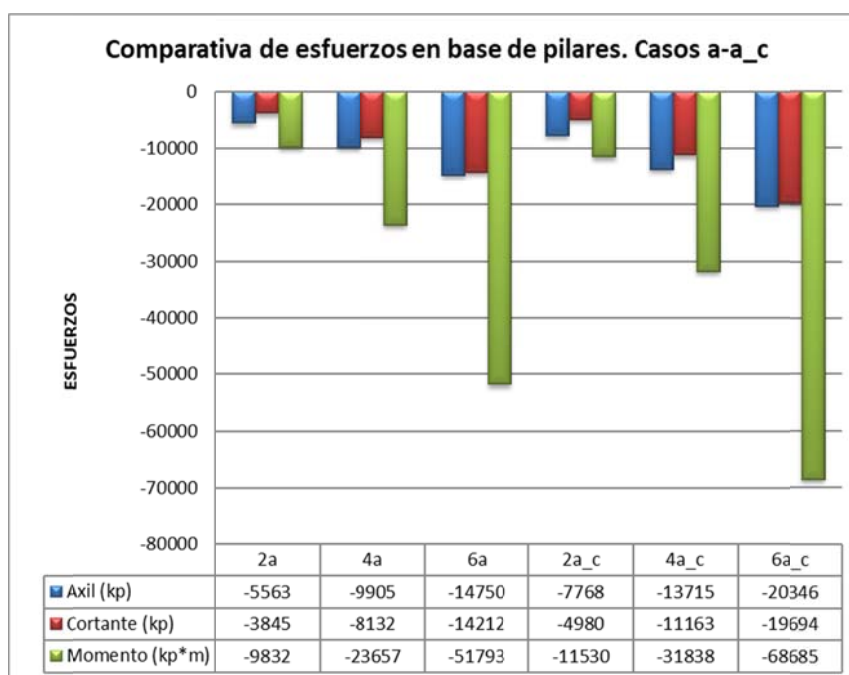
CASOS	ESTRUCTURA		CIMENTACIÓN		TOTAL (€)
	Acero (kg)	Coste (€)	Hormigón (m3)	Coste (€)	
Caso 2a	1.145,90	1.535,35	6,73	1.107,04	2.642,39
Caso 4a	2.880,64	3.845,08	10,44	1.713,22	5.558,30
Caso 6a	5.426,08	7.293,81	21,16	3.531,10	10.824,91
TOTALES	9.452,62	12.674,23	38,34	6.351,37	19.025,60

RATIOS	€/kg	€/m3 horm.	€/m2	kg/m2	m3 horm./m2
MEDIOS	1,34	165,68	42,28	21,01	0,085

Resultados de casos a c: acero, hormigón y coste

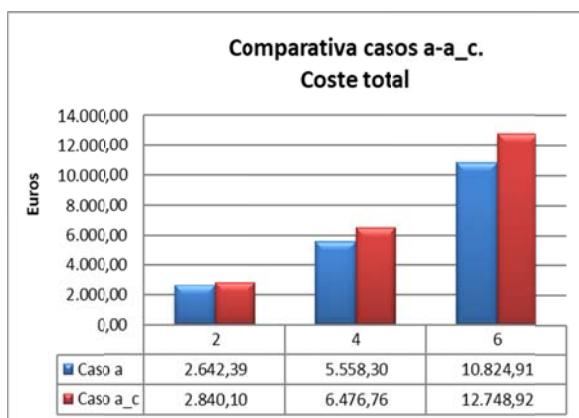
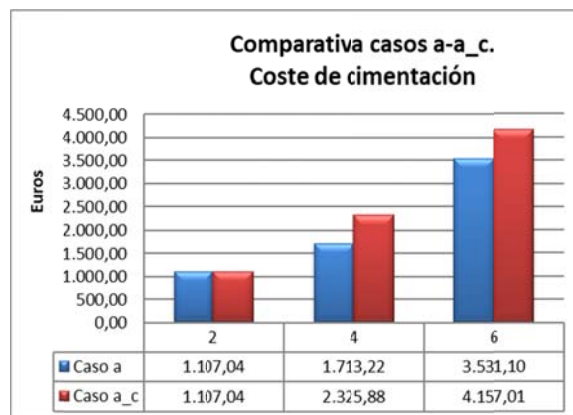
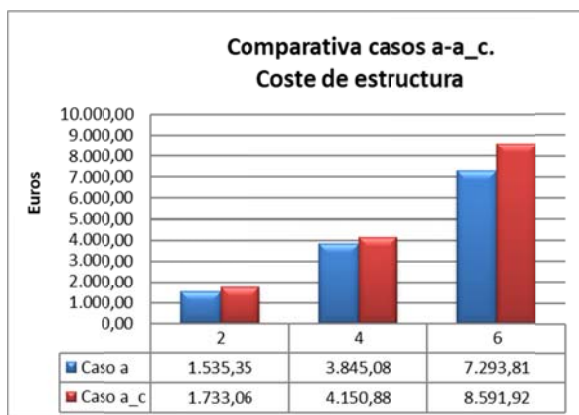
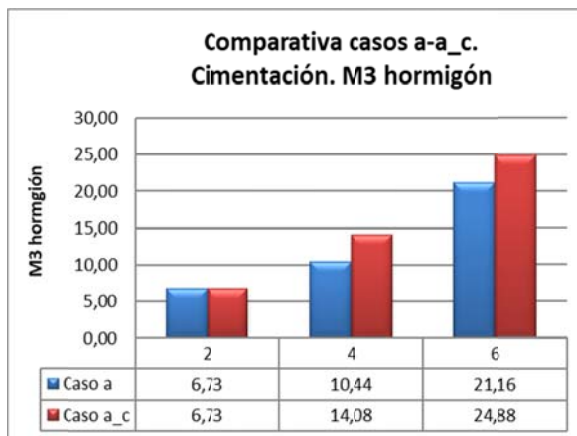
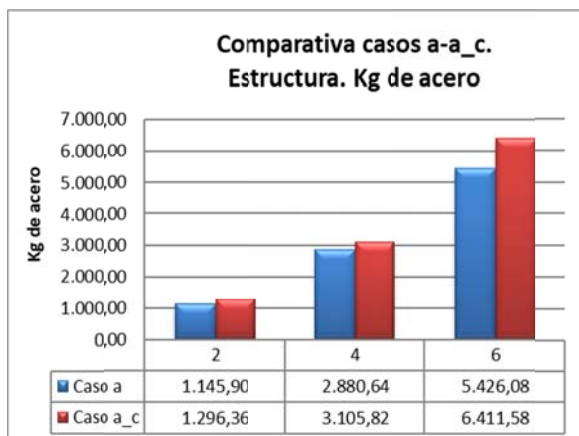
CASOS	ESTRUCTURA		CIMENTACIÓN		TOTAL (€)
	Acero (kg)	Coste (€)	Hormigón (m3)	Coste (€)	
Caso 2a_c	1.296,36	1.733,06	6,73	1.107,04	2.840,10
Caso 4a_c	3.105,82	4.150,88	14,08	2.325,88	6.476,76
Caso 6a_c	6.411,58	8.591,92	24,88	4.157,01	12.748,92
TOTALES	10.813,76	14.475,85	45,69	7.589,93	22.065,79

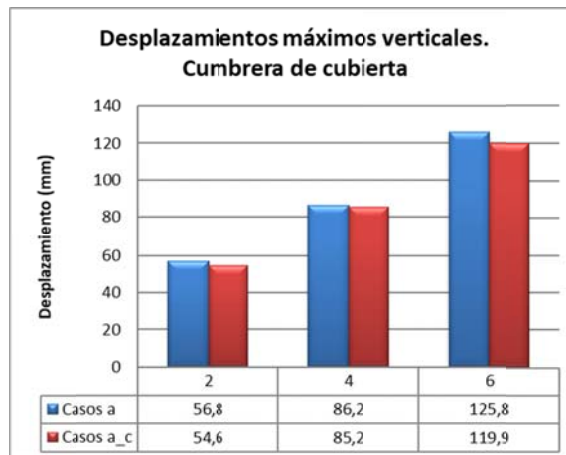
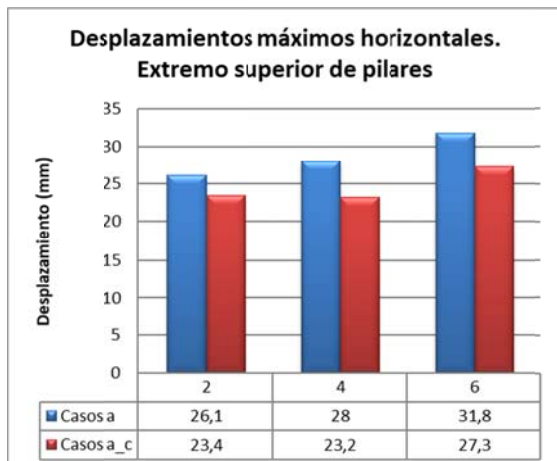
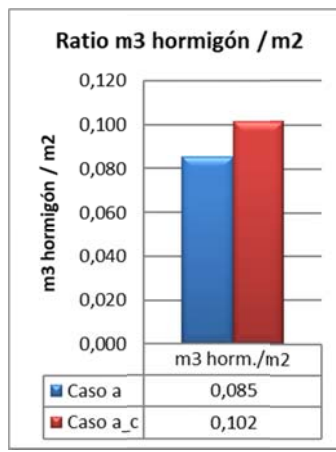
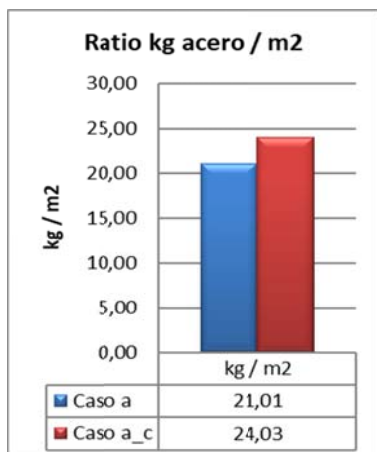
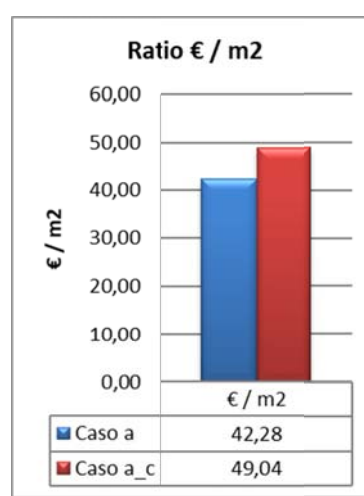
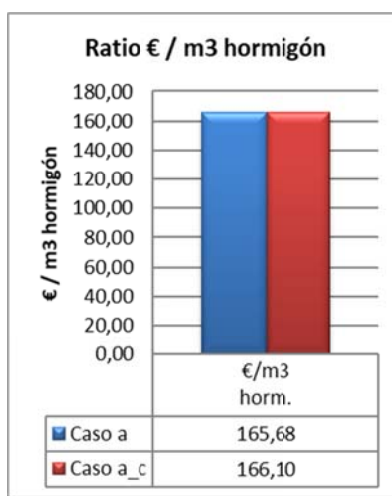
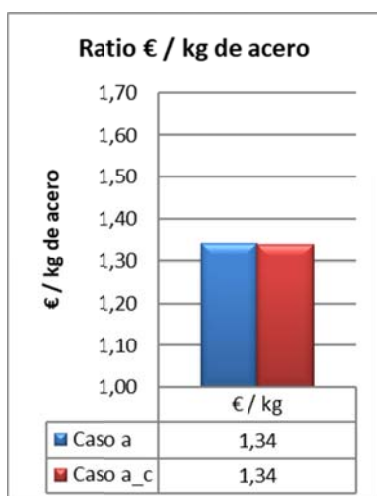
RATIOS	€/kg	€/m3 horm.	€/m2	kg/m2	m3 horm./m2
MEDIOS	1,34	166,10	49,04	24,03	0,102

Comparación de resultados de casos a con casos a c: esfuerzos máximos

COMPARACIÓN DE RESULTADOS: Casos a y casos a_c. Tablas y gráficos 11.1.2.2

Comparación de resultados casos a con casos a_c: kg de acero en estructura, m3 de hormigón en cimentación, coste de la estructura, coste de la cimentación y coste total



COMPARACIÓN DE RESULTADOS: Casos a y casos a c. Tablas y gráficos 11.1.2.3**Comparación de resultados de casos a con casos a c: desplazamientos horizontales y verticales****Comparación de resultados de casos a con casos a c: ratios totales**

COMPARACIÓN DE RESULTADOS: Casos a y casos a h. Tablas y gráficos 11.1.3.1Resultados de casos a h: acero, hormigón y coste

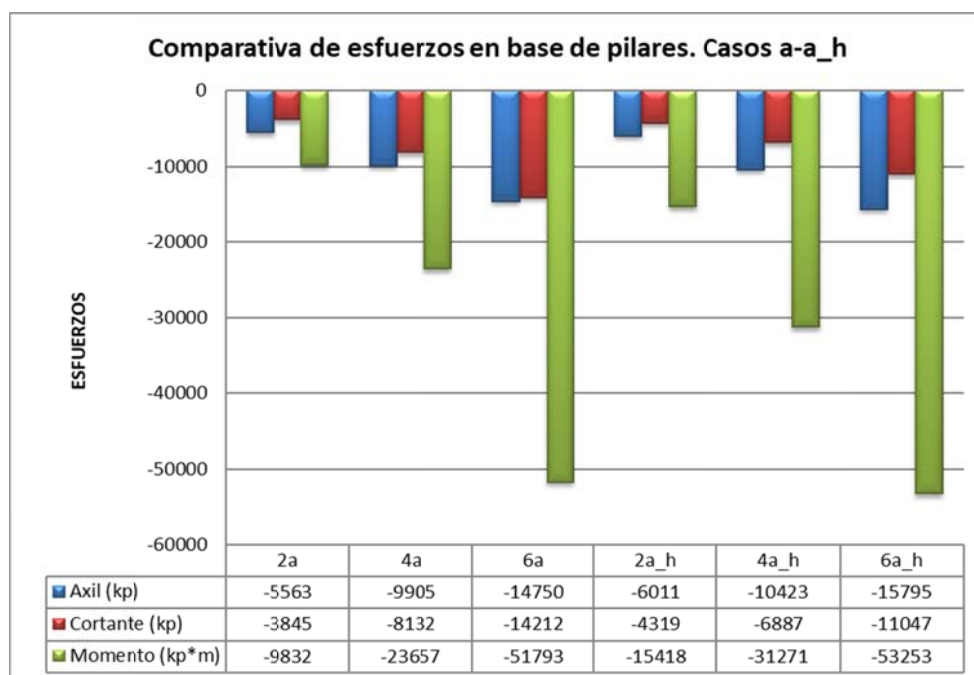
CASOS	ESTRUCTURA		CIMENTACIÓN		TOTAL (€)
	Acero (kg)	Coste (€)	Hormigón (m3)	Coste (€)	
Caso 2a	1.145,90	1.535,35	6,73	1.107,04	2.642,39
Caso 4a	2.880,64	3.845,08	10,44	1.713,22	5.558,30
Caso 6a	5.426,08	7.293,81	21,16	3.531,10	10.824,91
TOTALES	9.452,62	12.674,23	38,34	6.351,37	19.025,60

RATIOS	€/kg	€/m3 horm.	€/m2	kg/m2	m3 horm./m2
MEDIOS	1,34	165,68	42,28	21,01	0,085

Resultados de casos a h: acero, hormigón y coste

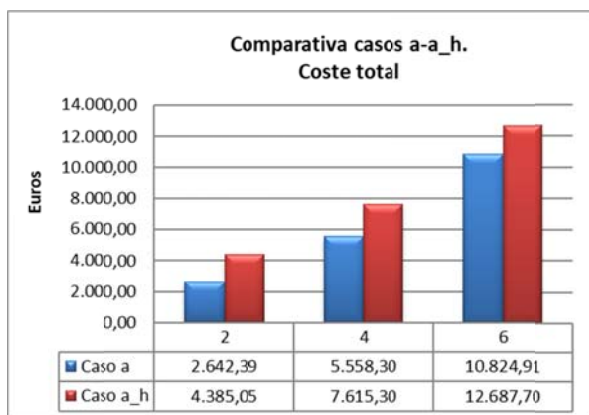
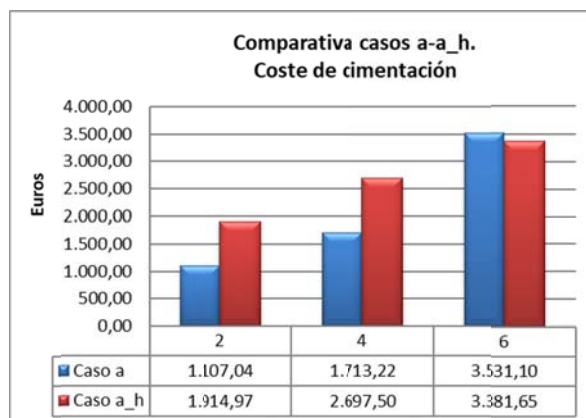
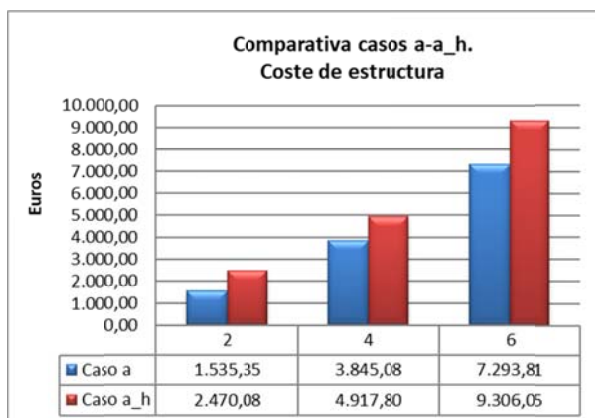
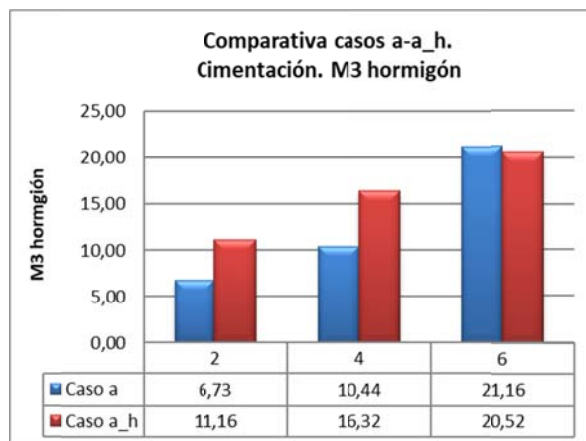
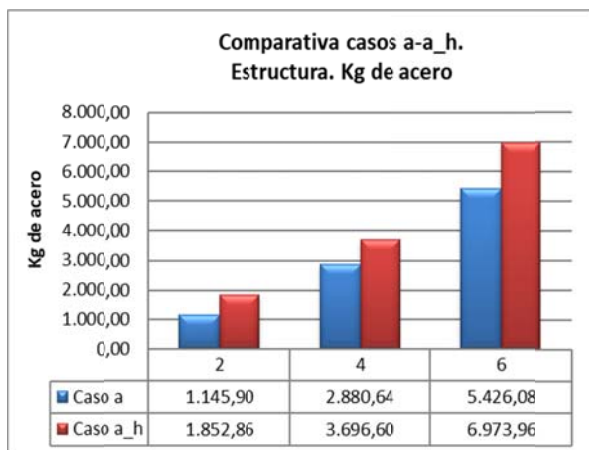
CASOS	ESTRUCTURA		CIMENTACIÓN		TOTAL (€)
	Acero (kg)	Coste (€)	Hormigón (m3)	Coste (€)	
Caso 2a_h	1.852,86	2.470,08	11,16	1.914,97	4.385,05
Caso 4a_h	3.696,60	4.917,80	16,32	2.697,50	7.615,30
Caso 6a_h	6.973,96	9.306,05	20,52	3.381,65	12.687,70
TOTALES	12.523,42	16.693,93	48,00	7.994,12	24.688,05

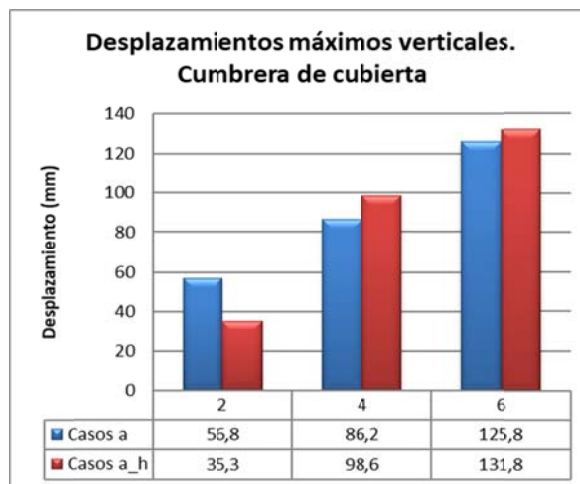
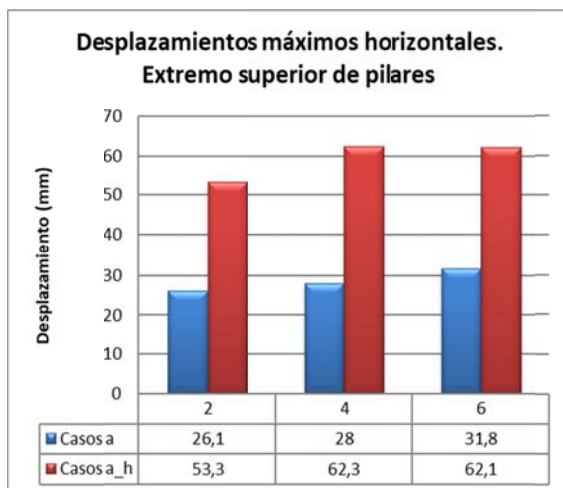
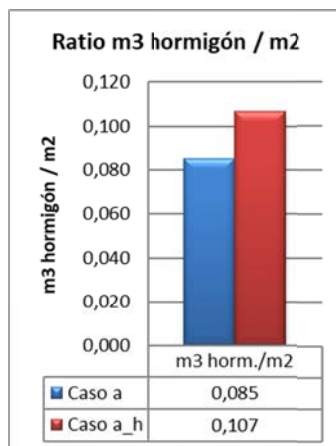
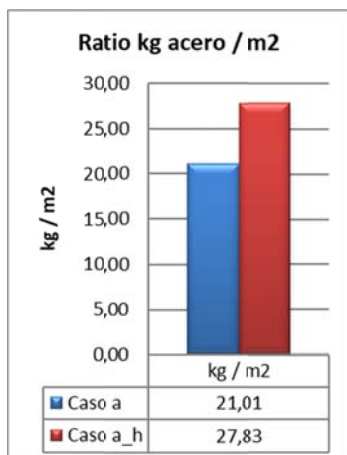
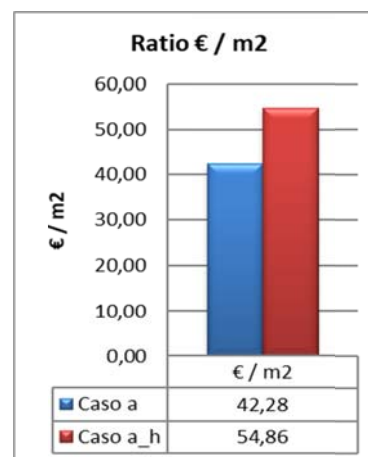
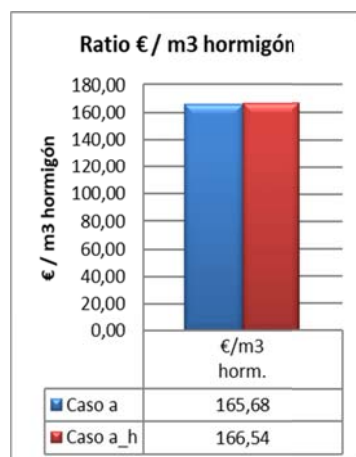
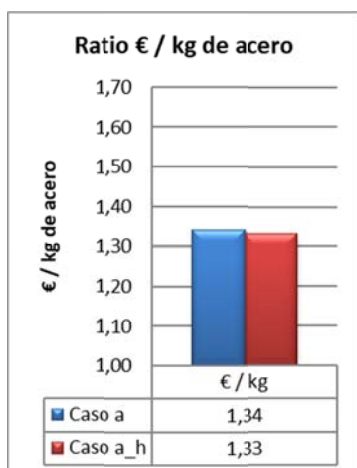
RATIOS	€/kg	€/m3 horm.	€/m2	kg/m2	m3 horm./m2
MEDIOS	1,33	166,54	54,86	27,83	0,107

Comparación de resultados de casos a con casos a h: esfuerzos máximos

COMPARACIÓN DE RESULTADOS: Casos a y casos a_h. Tablas y gráficos 11.1.3.2

Comparación de resultados casos a con casos a_h: kg de acero en estructura, m3 de hormigón en cimentación, coste de la estructura, coste de la cimentación y coste total



COMPARACIÓN DE RESULTADOS: Casos a y casos a_h. Tablas y gráficos 11.1.3.3**Comparación de resultados de casos a con casos a_h: desplazamientos horizontales y verticales****Comparación de resultados de casos a con casos a_h: ratios totales**

COMPARACIÓN DE RESULTADOS: Casos b y casos b c. Tablas y gráficos 11.1.4.1Resultados de casos b: acero, hormigón y coste

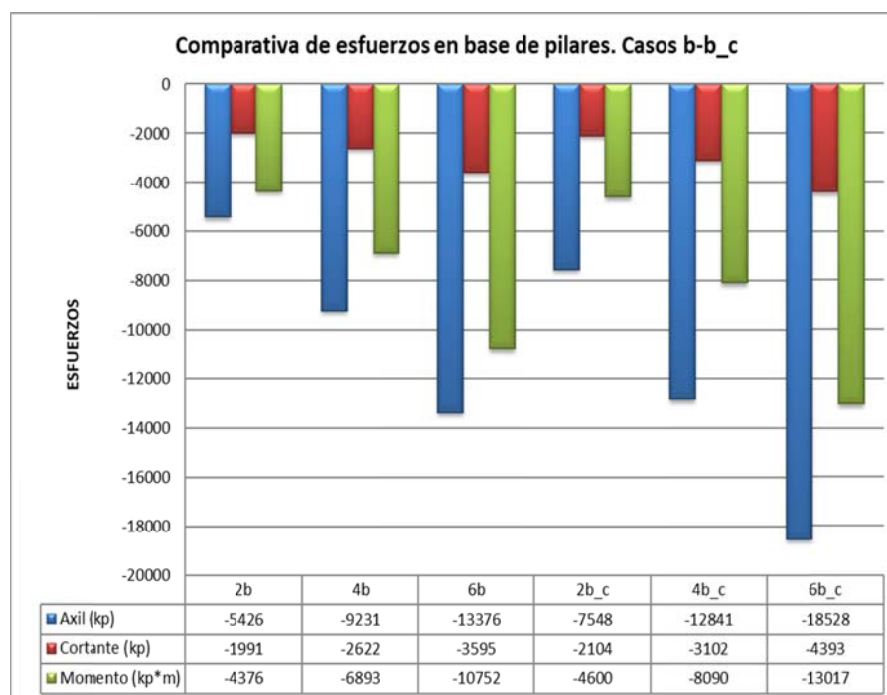
CASOS	ESTRUCTURA		CIMENTACIÓN		TOTAL (€)
	Acero (kg)	Coste (€)	Hormigón (m3)	Coste (€)	
Caso 2b	922,42	1.387,19	5,04	818,63	2.205,81
Caso 4b	1.823,64	2.857,40	6,91	1.130,74	3.988,13
Caso 6b	3.190,29	5.014,30	10,00	1.668,24	6.682,54
TOTALES	5.936,35	9.258,88	21,95	3.617,61	12.876,48

RATIOS	€/kg	€/m3 horm.	€/m2	kg/m2	m3 horm./m2
MEDIOS	1,56	164,80	28,61	13,19	0,049

Resultados de casos b c: acero, hormigón y coste

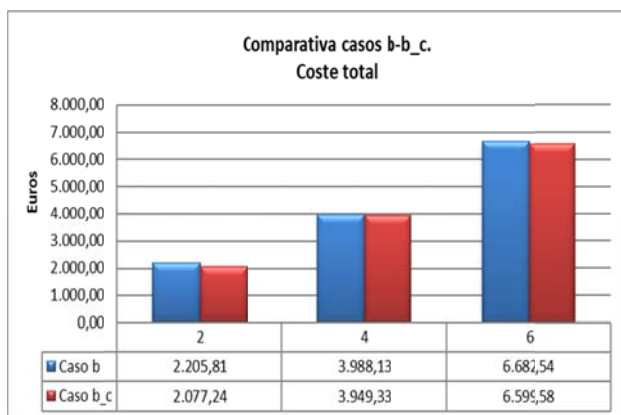
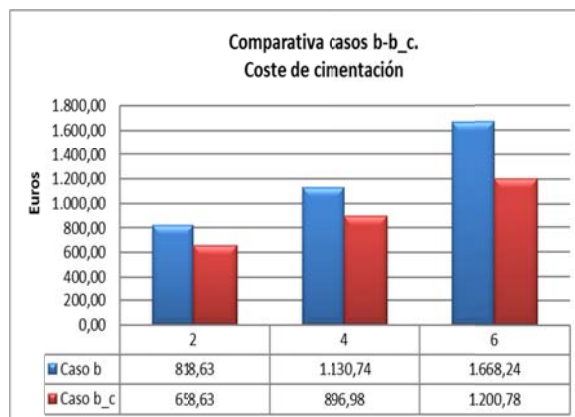
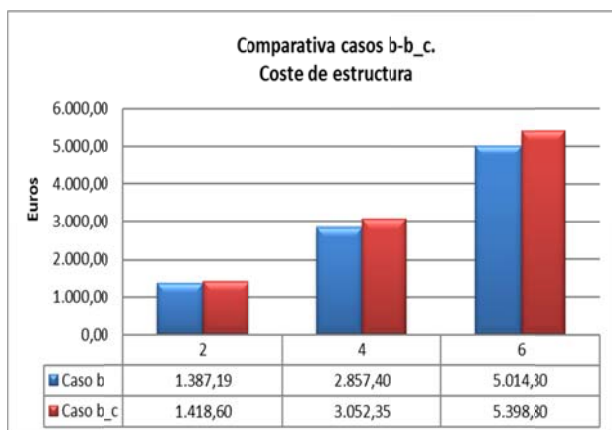
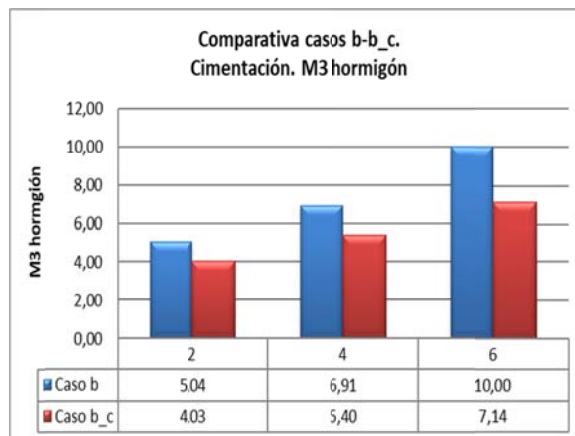
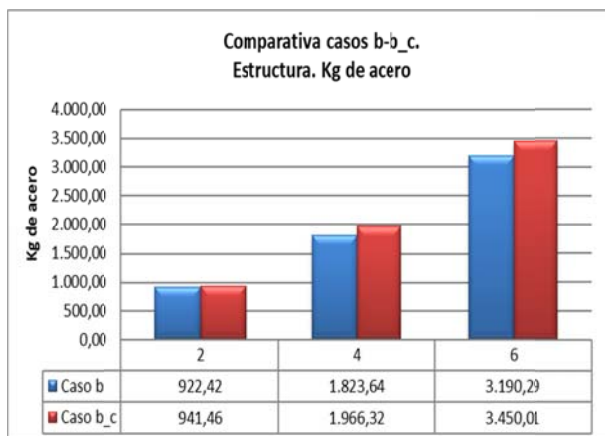
CASOS	ESTRUCTURA		CIMENTACIÓN		TOTAL (€)
	Acero (kg)	Coste (€)	Hormigón (m3)	Coste (€)	
Caso 2b_c	941,46	1.418,60	4,03	658,63	2.077,24
Caso 4b_c	1.966,32	3.052,35	5,40	896,98	3.949,33
Caso 6b_c	3.450,01	5.398,80	7,14	1.200,78	6.599,58
TOTALES	6.357,79	9.869,75	16,57	2.756,40	12.626,15

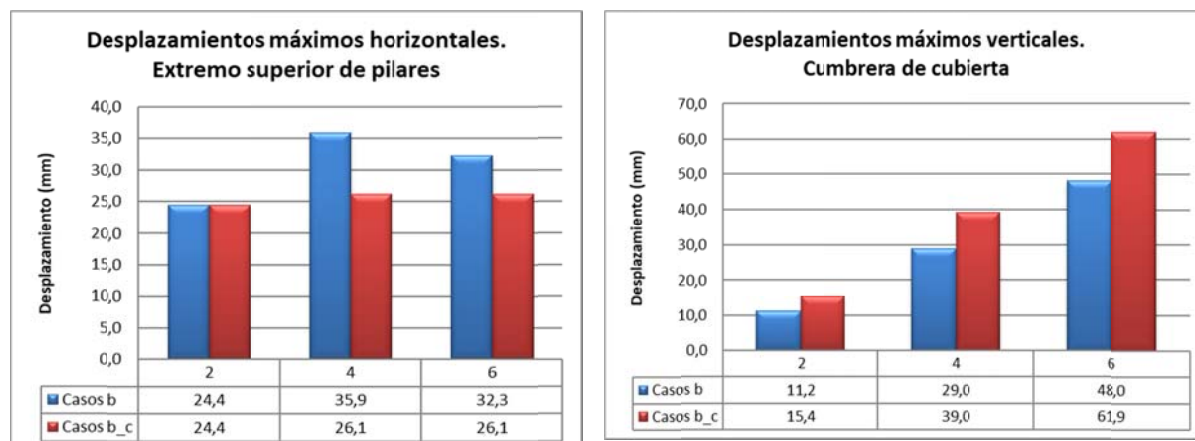
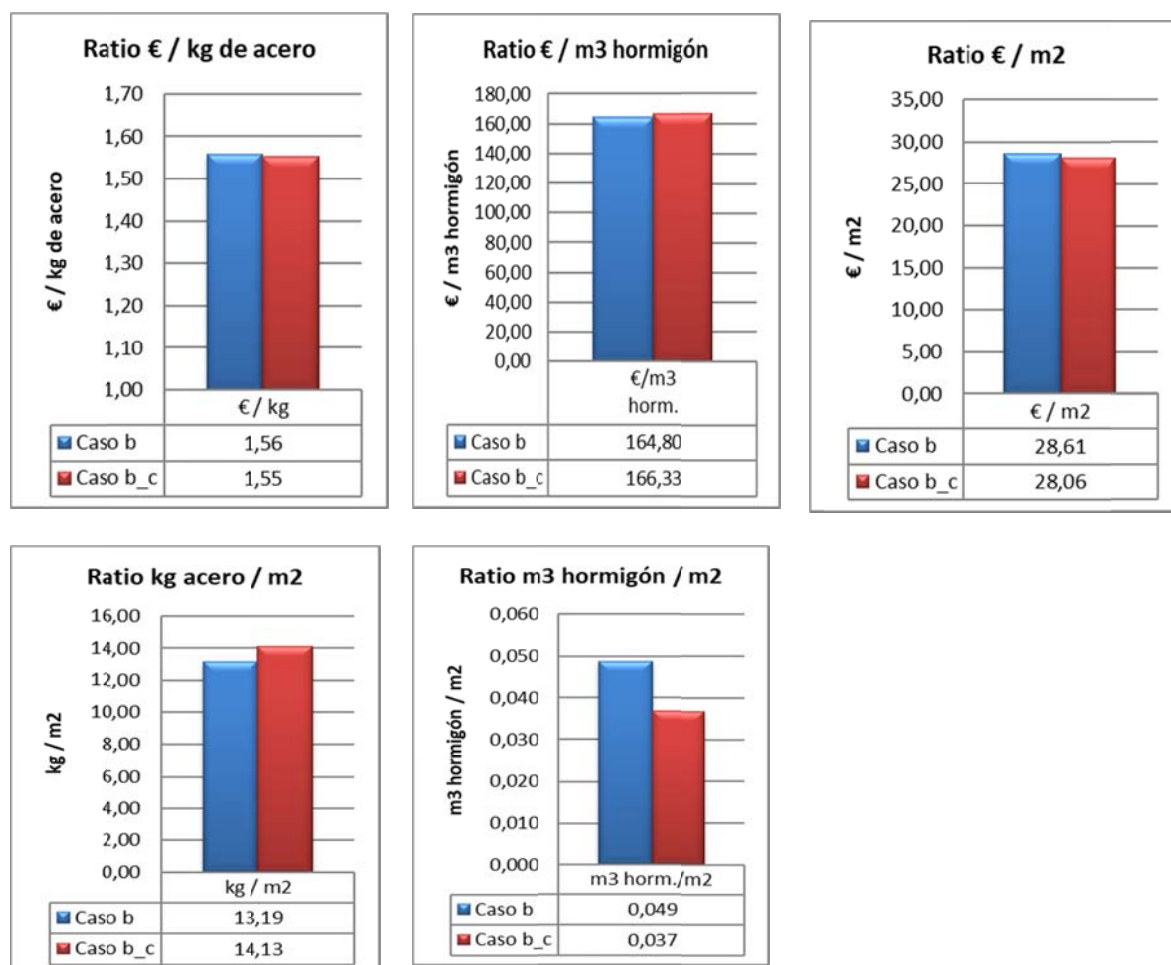
RATIOS	€/kg	€/m3 horm.	€/m2	kg/m2	m3 horm./m2
MEDIOS	1,55	166,33	28,06	14,13	0,037

Comparación de resultados de casos b con casos b c: esfuerzos máximos

COMPARACIÓN DE RESULTADOS: Casos b y casos b_c. Tablas y gráficos 11.1.4.2

Comparación de resultados casos b con casos b_c: kg de acero en estructura, m3 de hormigón en cimentación, coste de la estructura, coste de la cimentación y coste total



COMPARACIÓN DE RESULTADOS: Casos b y casos b_c. Tablas y gráficos 11.1.4.3**Comparación de resultados de casos b con casos b_c: desplazamientos horizontales y verticales****Comparación de resultados de casos b con casos b_c: ratios totales**

COMPARACIÓN DE RESULTADOS: Casos b y casos b h. Tablas y gráficos 11.1.5.1Resultados de casos b: acero, hormigón y coste

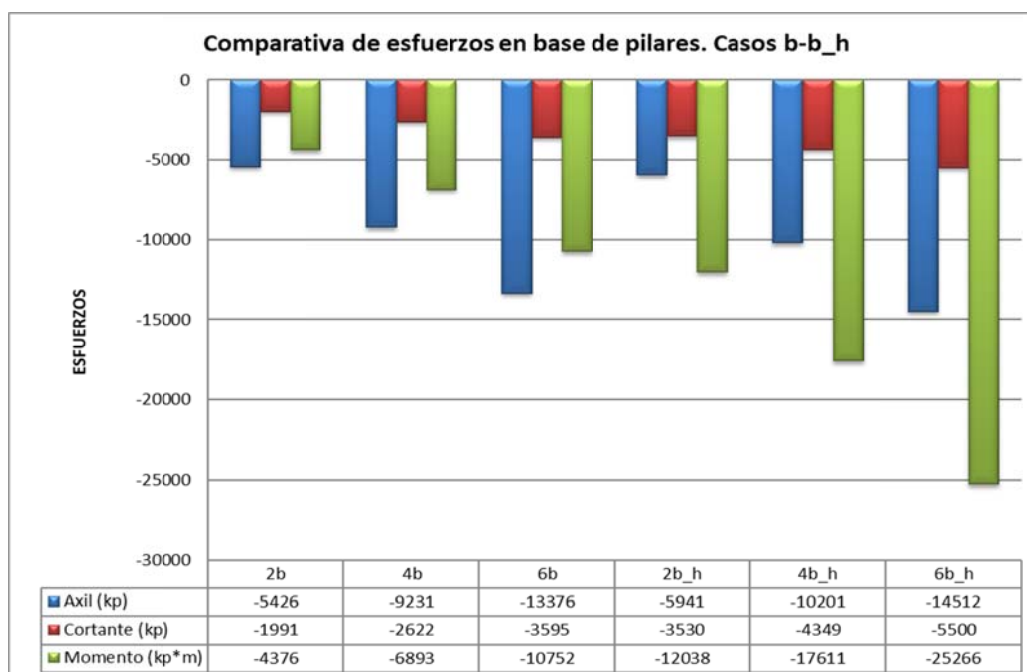
CASOS	ESTRUCTURA		CIMENTACIÓN		TOTAL (€)
	Acero (kg)	Coste (€)	Hormigón (m3)	Coste (€)	
Caso 2b	922,42	1.387,19	5,04	818,63	2.205,81
Caso 4b	1.823,64	2.857,40	6,91	1.130,74	3.988,13
Caso 6b	3.190,29	5.014,30	10,00	1.668,24	6.682,54
TOTALES	5.936,35	9.258,88	21,95	3.617,61	12.876,48

RATIOS	€/kg	€/m3 horm.	€/m2	kg/m2	m3 horm./m2
MEDIOS	1,56	164,80	28,61	13,19	0,049

Resultados de casos b h: acero, hormigón y coste

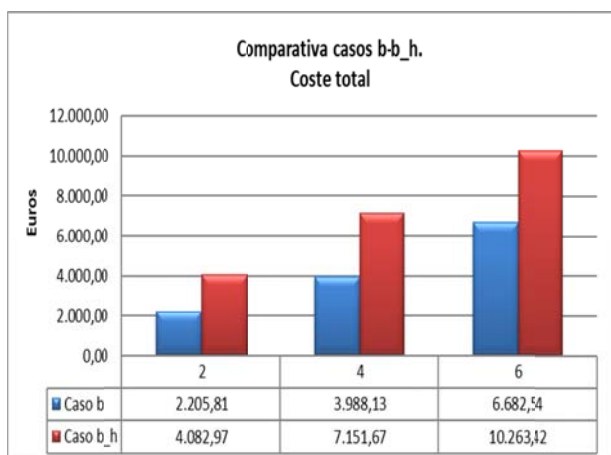
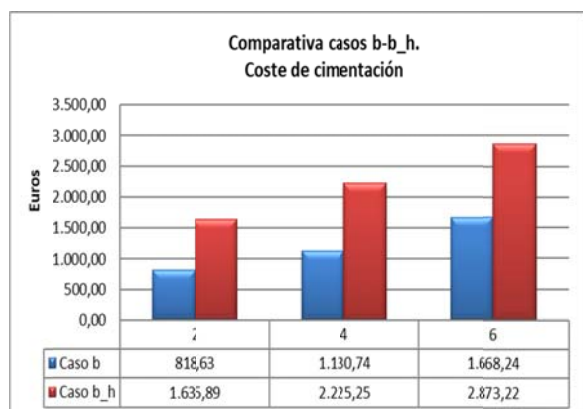
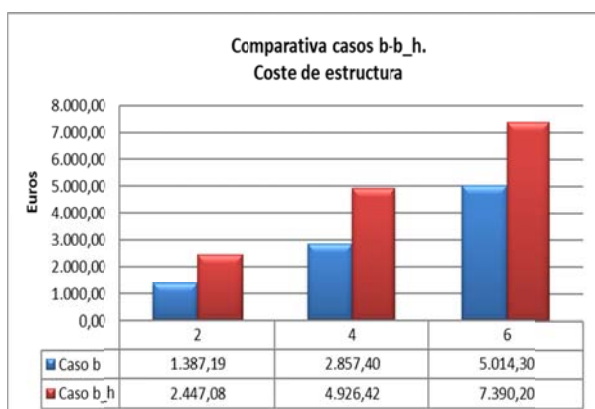
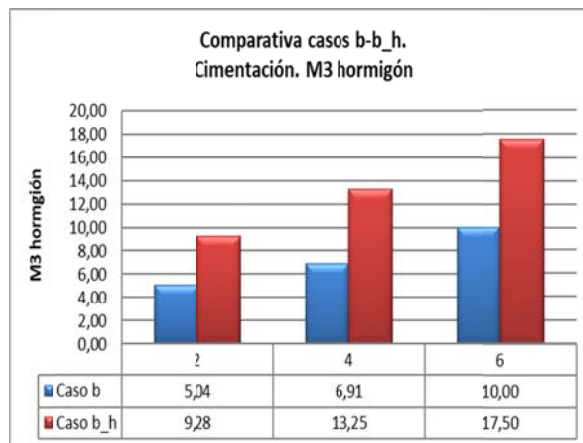
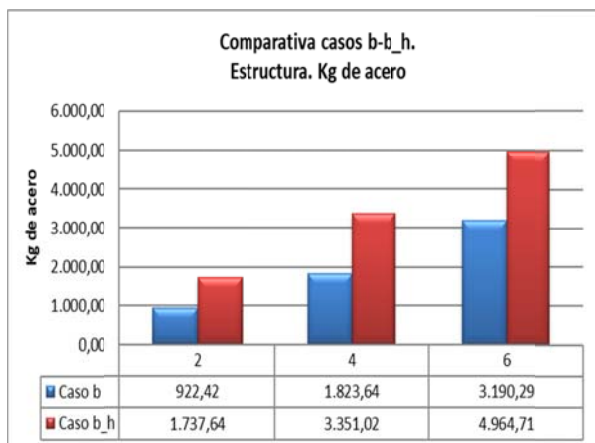
CASOS	ESTRUCTURA		CIMENTACIÓN		TOTAL (€)
	Acero (kg)	Coste (€)	Hormigón (m3)	Coste (€)	
Caso 2b_h	1.737,64	2.447,08	9,28	1.635,89	4.082,97
Caso 4b_h	3.351,02	4.926,42	13,25	2.225,25	7.151,67
Caso 6b_h	4.964,71	7.390,20	17,50	2.873,22	10.263,42
TOTALES	10.053,37	14.763,70	40,03	6.734,37	21.498,06

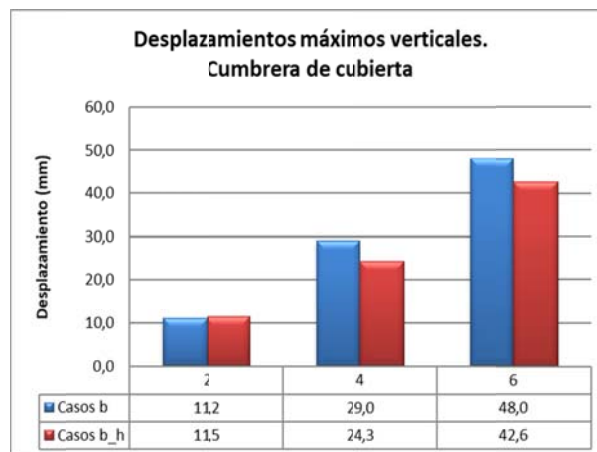
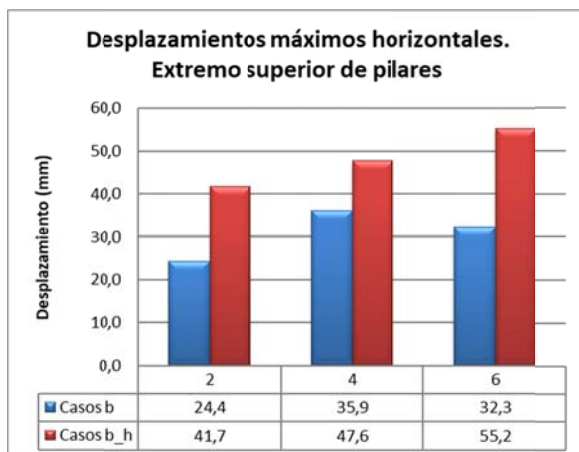
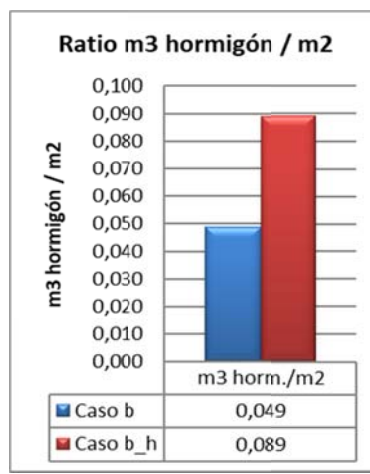
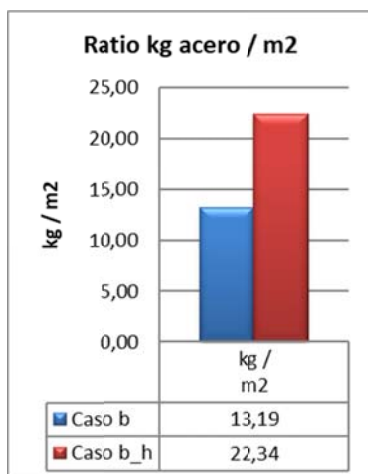
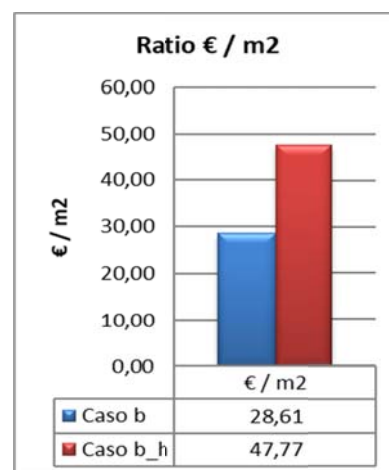
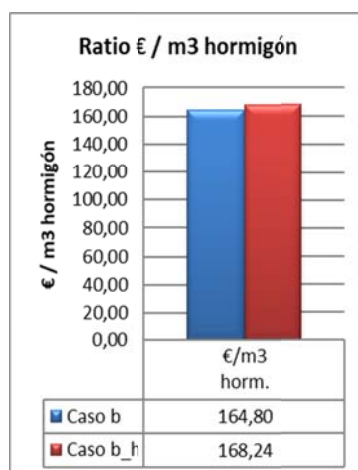
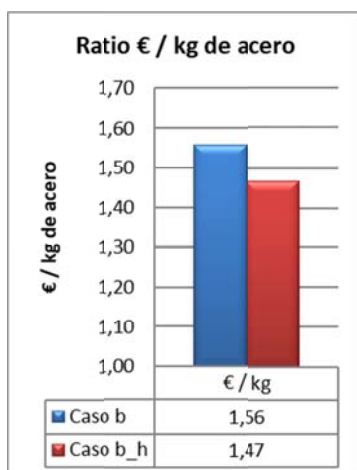
RATIOS	€/kg	€/m3 horm.	€/m2	kg/m2	m3 horm./m2
MEDIOS	1,47	168,24	47,77	22,34	0,089

Comparación de resultados de casos b con casos b h: esfuerzos máximos

COMPARACIÓN DE RESULTADOS: Casos b y casos b h. Tablas y gráficos 11.1.5.2

Comparación de resultados casos b con casos b h: kg de acero en estructura, m3 de hormigón en cimentación, coste de la estructura, coste de la cimentación y coste total



COMPARACIÓN DE RESULTADOS: Casos b y casos b_h. Tablas y gráficos 11.1.5.3**Comparación de resultados de casos b con casos b_h: desplazamientos horizontales y verticales****Comparación de resultados de casos b con casos b_h: ratios totales**

11.2. Análisis de resultados.

A continuación se analizarán los resultados obtenidos tanto desde un punto de vista técnico como económico. Es de reseñar que los resultados obtenidos no se deben de considerar como últimos y definitivos, tanto desde un punto de vista técnico como económico. Es decir, el cálculo de cada una de las estructuras y el dimensionado de sus elementos se ha realizado adoptando los criterios expuestos en los apartados anteriores pero esto no significa que el resultado obtenido sea único, aunque sí, por supuesto, perfectamente válido. De esta forma, cualquier otro técnico que dimensionara cada uno de los casos estructurales definidos podría adoptar otros perfiles, cambiando el peso y coste de la estructura. Ahora bien, teniendo en cuenta que el estudio que se pretende es comparativo, los resultados obtenidos se presumen que deberían ser igualmente comparables y, por tanto, se obtendrían similares conclusiones y ratios. Es también por esto que los resultados y análisis que siguen deben de adoptarse como una tendencia y unos valores medios. Por ejemplo, el ratio kg/m^2 para el caso 3 (estructura de 20 m de luz, con 6 m de altura de pilar, cubierta con un 15% de pendiente y separación de 6 m entre formas) es de 15,11 kg/m^2 para el caso 3a y de 10,33 kg/m^2 para el caso 3b, lo que significaría que esta estructura (3a) precisa un 46,27% más de acero si se realiza con pórtico que con cercha. No obstante, la conclusión sería que la estructura ejecutada como pórtico precisa en torno a un 40-50 % más de acero que la ejecutada adoptando una cercha como estructura principal de cubierta (para las dimensiones dadas de la estructura). Igual razonamiento cabría hacer con respecto al coste. Además en este caso no es relevante el precio unitario de los materiales ya que se trata de obtener unos resultados comparativos. En este aspecto sólo variarían los resultados si el coste de ejecución en estructura de celosía no mantuviese la relación con respecto al coste de ejecución en estructura de acero en perfiles de alma llena (sin celosía).

Conocido lo anterior, a continuación se analizarán las estructuras calculas y cuyos resultados se han reflejado con anterioridad.

11.2.1. Análisis técnico de estructuras.

Debido a la configuración de cada estructura (pórtico o cercha) la configuración de esfuerzos sobre la misma es muy diferente. Así, en un pórtico los pilares se ven sometidos, tanto en su base como en su unión al dintel, a grandes y similares momentos flectores, desmesurados en comparación con el resto de esfuerzos (axil y cortante) y son determinantes para el dimensionado tanto de dichos pilares como de

los dinteles en su unión a éstos. Estos grandes momentos flectores son debidos a la rigidización de los nudos que conforman el pórtico. Además, y debido a ello, estos esfuerzos aumentan progresivamente cuando lo hacen las cargas verticales en cubierta y las cargas horizontales que introduce el viento. También los esfuerzos cortantes en la base de los pilares son importantes, motivados principalmente por la componente horizontal que introduce la inclinación de la estructura de cubierta. Sin embargo en una estructura diseñada utilizando para la formación de cubierta una cercha los esfuerzos en los pilares están mucho más equilibrados ya que no se producen momentos flectores en la unión de pilar-cercha, considerada articulada. Además, la estructura en celosía de cubierta hace que los esfuerzos transmitidos a los pilares sean casi exclusivamente axiles y verticales, produciéndose momentos flectores en la base de pilares motivados por las cargas horizontales introducidas por el viento.

Además, los momentos flectores tan altos presentes en la base de los pilares provoca que la cimentación sea de dimensiones considerables para poder equilibrar estos esfuerzos, cosa que no ocurre en la estructura ejecutada con cerchas al ser los esfuerzos en la base de los pilares mucho menores y más equilibrados al ser los momentos flectores más reducidos y los axiles más importantes.

Estas grandes diferencias entre las estructuras caso a y caso b quedan perfectamente reflejadas en las tablas y gráficos 11.1.1.5: Comparación de resultados de casos a con casos b: esfuerzos máximos.

Los esfuerzos presentes en los pórticos hacen que su dimensionado requiera perfiles con altos momentos de inercia, que conlleva pesos elevados de acero, y, por tanto, un mayor coste, aunque el coste del kg de estructura de acero sea relativamente reducido debido a la sencillez de la estructura y relativa poca mano de obra.

Para el caso de la estructura ejecutada con cerchas como elemento resistente de cubierta, debido a los menores esfuerzos a que está sometida, también precisa perfiles menores, con menor peso, lo que abarata la estructura. Ahora, si bien los perfiles empleados para los pilares son menores y no requieren excesiva mano de obra, asimilándose su precio al de las estructuras porticadas, no ocurre lo mismo con la estructura de celosía o cercha de cubierta. Ésta presenta un peso contenido pero en cambio precisa de mayor mano de obra lo que provoca que el costo del kilogramo de acero empleado en su ejecución sea mayor al de los pilares o estructuras porticadas. Además, el coste del kg en perfiles tubulares es ligeramente superior al kg en perfiles “normales” de alma llena (IPE, HEA, HEB).

Los esfuerzos en pilares, bien sean axiles, cortantes o momentos flectores, tanto en pórticos como en estructuras con cercha, crecen prácticamente de forma proporcional con la luz de la estructura.

Los esfuerzos axiles en pilares son muy similares para pórticos y para estructuras con cercha. En cambio, los esfuerzos cortantes varían, siendo en torno a un 45% mayores en pórticos de menor dimensión (10 m de luz, casos 1), creciendo con la luz de la estructura y llegando en torno a un 450% para los de mayor dimensión (40 m de luz, casos 7). Según los cálculos realizados los valores obtenidos son de 2250 kp y 1521 kp para los casos 1a y 1b, respectivamente; y de 18473 kp y 4031 kp para los casos 7a y 7b, respectivamente. Si la comparación se realiza con respecto a los momentos flectores, la variación es incluso mayor. Así, el momento flector en base de pilares para los pórticos de menor dimensión (caso 1a) es en torno a un 70% superior al existente en la estructura con cercha (caso 1b), pasando de 4714 kp*m a 2720 kp*m para pórticos y estructura con cerchas, respectivamente. Al igual que ocurre con los esfuerzos cortantes, la variación en los momentos flectores aumenta considerablemente con la luz de la estructura, siendo la variación que experimenta en base de pilares para las estructuras de mayor luz (casos 7a y 7b) de un valor en torno al 550%. Pasa de 68929 kp*m en pórticos a 12137 kp*m en estructuras con cercha.

Otra característica diferenciadora entre las estructuras es el valor que ofrecen en lo que respecta a flechas y desplazamientos (horizontal y vertical), principalmente el desplazamiento vertical. Así mientras el desplazamiento horizontal, provocado por la acción del viento y las cargas en cubierta, es similar en las estructuras porticadas y con cercha no ocurre lo mismo en los desplazamientos verticales, siendo muy superiores en el caso de pórticos. Por ejemplo en los casos 1 (luz de 10 m) el desplazamiento vertical es superior a 5 veces en el caso de pórticos que en el de estructuras con cercha y superior a 2 veces para los casos 7. Además en el dimensionado de la estructura para pórticos ha sido determinante mantener estos desplazamientos dentro de la normativa frente al agotamiento de los perfiles, dándose el caso donde el agotamiento de los perfiles estaba lejano mientras que ya se había superado el máximo desplazamiento vertical permitido en cumbra.

Para los casos de estructura con cercha los desplazamientos son mucho menores y contenidos y en ningún caso ha prevalecido el cumplimiento de estos desplazamientos frente al agotamiento del perfil.

La comparación de desplazamientos de entre casos a y b queda reflejada en las tablas y gráficos 11.1.1.6.

El consumo de acero estructural para pórticos y estructuras con cercha es prácticamente proporcional y creciente para cada caso. Ahora bien, mientras que es prácticamente el mismo para luces pequeñas (casos 1, de 10 m de luz) la diferencia se incrementa progresivamente al mismo tiempo que lo hace la luz de la estructura, llegando a ser un 70% superior en pórticos de 40 m de luz frente a las estructuras con cercha (ver tablas y gráficos 11.1.1.3).

El comportamiento en consumo de hormigón armado es similar al de acero estructural. Igualmente, para luces pequeñas el consumo es prácticamente el mismo e, igualmente, la diferencia se incrementa progresivamente con la luz de la estructura. En este caso se pasa de ser prácticamente igual para casos 1 (10 m de luz) a ser superior al doble en casos 7 (de 40 m de luz) de pórticos frente a estructuras con cercha.

Además de la comparativa entre estructuras de pórticos y con cercha, se ha estudiado como afecta a la estructura un incremento de la carga sobre cubierta y un incremento de la altura de soportes. Para el caso del incremento de carga sobre cubierta se ha establecido en duplicar dicha carga y para el estudio del incremento de altura se ha adoptado un incremento del 50%

Se puede comprobar como un incremento de carga sobre cubierta afecta de forma desigual a ambas estructuras. Mientras que para las estructuras porticadas el incremento referido de carga supone un incremento medio del 14% en acero estructural y un 20% en hormigón armado para cimentación, en el caso de estructuras con cercha estos incrementos se reducen un 7% en acero estructural y, para el caso de hormigón armado para cimentación, no solo se reduce sino que disminuye el consumo en un 30% debido a la reducción de la excentricidad de los esfuerzos sobre la zapata (mientras que los momentos flectores prácticamente se mantienen los esfuerzos axiales se incrementan notablemente). Lo expuesto queda perfectamente reflejado en las tablas y gráficos 11.1.2.1 y 11.1.2.2 para los casos a (casos a_c) y 11.1.4.1 y 11.1.4.2 para los casos b (casos b_c).

También se puede comprobar como el incremento de altura en soportes, manteniendo las cargas, afecta de forma diferente a pórticos y estructuras con cercha. En las estructuras porticadas el incremento referido de altura supone un incremento medio del 25% en acero estructural y un 50% en hormigón armado para cimentación. Ahora bien, el incremento, tanto de acero como de hormigón sigue una proporción

inversa a la luz de la estructura. Es decir, son mayores en pórticos con menos luz y menores, incluso significativamente, cuando la luz de pórtico es mayor.

Para las estructuras con cercha estos incrementos son mayores, siendo superiores en torno a 70% para el acero estructural y superiores en torno a un 90% para el caso de hormigón armado para cimentación. Esto es debido, fundamentalmente, al aumento del momento flector que provoca el viento al aumentarse la superficie de pantalla significativamente y no verse compensado por un esfuerzo axial que reduzca la excentricidad provocada. Además se ve muy penalizada por la directriz hecha desde un principio de considerar los nudos de la estructura como articulaciones (excepto en cimentación) y también considerar el pilar como un elemento empotrado (en cimentación) y libre en su extremo superior, lo que lleva consigo unos coeficientes de pandeo y esbeltez muy elevados que penalizan el valor de la longitud del elemento considerado así como también los desplazamientos horizontales. Lo expuesto queda perfectamente reflejado en las tablas y gráficos 11.1.3.1 y 11.1.3.2 para los casos a (casos a_h) y 11.1.5.1 y 11.1.5.2 para los casos b (casos b_h).

11.2.2. Análisis económico de estructuras.

Como se puede comprender, el coste económico de ejecución de una estructura está íntimamente relacionado con los kilogramos de acero estructural que requiere así como el de hormigón armado para cimentación y estos valores dependen del tipo de estructura que se diseñe y dimensione. Obtenidos los valores de kilogramos de acero estructural y hormigón armado, el coste económico, en un principio debería de ser proporcional a estos valores. Ahora bien, en las estructuras que nos ocupan esto no es así realmente ya que la forma y diseño de la estructura hace que el precio unitario del kilogramo de acero estructural sea distinto, debido por una parte al tipo de perfiles y por otra a la mano de obra que requiere debido al diseño. Los precios unitarios considerados en este estudio están reflejados en el apartado 9 de esta memoria y descritos detalladamente en el Anexo 4.

Se ha de tener en cuenta que el valor de cada una de estas partidas no es, en realidad, muy relevante ya que la ser un estudio comparativo, a pesar de que los precios fuesen más bajos o más elevados, los costes totales serían igualmente proporcionales a los que ahora se obtienen. Sólo en el caso de que la relación de precios entre el kg de acero en estructura de perfiles “normales” (IPE, HEA, HEB) y el kg de acero en estructura en celosía para cerchas fuese muy diferente se obtendrían otros resultados relativos.

También se ha de tener en cuenta otra circunstancia y es el hecho de que, con independencia de que se pudiera obtener un precio en la estructura de acero, el coste de la cimentación podría hacer inclinar o igualar el coste total de la estructura por lo que se han de tener en cuenta ambas partidas económicas.

Las estructuras tipo 1 abarcan un área de 60,00 m² (10 m de luz del pórtico y 6 m de separación entre formas) mientras que las estructuras tipo 7 abarcan una superficie de 240,00 m² (40 m de luz y 6 de separación entre formas).

Los ratios que se ofrecen no tienen en cuenta ningún otro elemento estructural que no sea el propio pórtico, es decir, no se incluye el precio repercutido de correas, atados, pórticos hastiales, arriostramientos entre formas a nivel de cubierta, etc.

Para el caso de los pórticos, el coste de la ejecución de la estructura de acero sigue una tendencia muy proporcional aumentando con la luz de la estructura. Pasa de un valor de 12,41 €/m² para el caso 1a (10 m de luz y 5 m para pilares) a 38,71 €/m² para el caso 7a (40 m de luz y 8 m de pilar). El coste de ejecución de la cimentación correspondiente a estos pórticos también sigue una tendencia muy proporcional y aumentando con la luz de la estructura. Pasa de 10,11 €/m² para el caso 1a (10 m de luz y 5 m para pilares) a 17,87 €/m² para el caso 7a (40 m de luz y 8 m de pilar). Estos costes suponen un coste total de 22,52 €/m² para el caso 1a y de 56,58 €/m² para el caso 7a y un ratio medio global de 43,06 €/m².

Para el caso de una estructura con cercha, el coste de la ejecución de la estructura de acero sigue una tendencia proporcional aumentando con la luz de la estructura pero no tanto como en caso de los pórticos y además el incremento es menor que en estos últimos. Así, se pasa de un valor de 14,49 €/m² para el caso 1b (10 m de luz y 5 m para pilares) a 26,24 €/m² para el caso 7b (40 m de luz y 8 m de pilar). El coste de ejecución de la cimentación correspondiente a estas estructuras sigue una tendencia más proporcional y aumentando con la luz de la estructura. Pasa de 9,05 €/m² para el caso 1b (10 m de luz y 5 m para pilares) a 7,05 €/m² para el caso 7b (40 m de luz y 8 m de pilar). Estos costes suponen un coste total de 23,54 €/m² para el caso 1b y de 33,09 €/m² para el caso 7b y un ratio medio global de 29,12 €/m².

Como puede observarse, el ratio medio global del coste total de ejecución de la estructura para pórticos resulta ser un 48% superior al de una estructura con cercha, y mientras que para estructuras pequeñas (caso 1) el costo es muy similar, dicho coste va aumentando progresivamente con la luz de la estructura de forma que a mayor luz también es mayor la diferencia de coste, con ventaja para las estructuras con cercha.

Los valores comparativos expuestos anteriormente quedan reflejados y ampliados en las tablas y gráficos 11.1.1.4, 11.1.1.5 y 11.1.1.7

Los valores obtenidos para cada las estructuras porticadas (casos 1a a 7a) se pueden consultar en las tablas y gráficos de 10.2.1 a 10.2.7 y las correspondientes a las estructuras con cercha en las tablas y gráficos de 10.14.1 a 10.2.20 (casos 1b a 7b).

12. CONCLUSIONES.

A la vista del análisis de resultados y conocido todo lo anterior, podemos concretar a modo de resumen, las siguientes conclusiones.

12.1. Conclusiones desde un punto de vista técnico.

Desde un punto de vista técnico las principales conclusiones que se pueden deducir del análisis realizado son las siguientes:

- Debido a su diseño y configuración los pórticos ofrecen un aspecto interior limpio, continuo y amplio, con la posibilidad de aprovechar el volumen total de la nave, mientras que en las estructuras con cercha ocurre todo lo contrario: ofrecen un aspecto menor limpio, continuo y amplio y no es posible aprovechar el volumen total de la nave debido a que la cercha invade este volumen y reduce la altura libre.

- Las estructuras porticadas son sencillas y fáciles de ejecutar lo que se traduce en un menor tiempo de ejecución y la necesidad de poca mano de obra mientras que las estructuras con cercha requieren tanto de un mayor tiempo de ejecución como de mayor mano de obra.

- En un pórtico la rigidización de sus nudos y su diseño hace que los esfuerzos a que se ve sometida la estructura precisen barras de elevado momento de inercia y peso así como grandes cimentaciones para soportar los momentos flectores que se producen en el arranque de los pilares. En cambio, en las estructuras con cercha, los esfuerzos se redistribuyen entre sus barras, soportando básicamente esfuerzos axiales, tanto en los perfiles que conforman la propia cercha como en los pilares que la sostienen, limitándose básicamente los momentos flectores al arranque de pilares en la cimentación, provocados por los esfuerzos del viento.

- Los esfuerzos, tanto en el caso de pórticos como de estructuras con cercha, crecen proporcionalmente con el aumento de la luz, aunque de forma mucho mayor en el caso de pórticos que de cercha debido a lo expuesto. Esto hace que se precise un consumo de acero similar para estructuras pequeñas y vaya creciendo,

proporcionalmente a la luz llegando a ser un 70% superior en pórticos que en estructura con cercha (para los casos 7, de 40 m de luz).

- La transmisión de esfuerzos a la cimentación es muy desigual para pórticos y estructuras con cercha, predominando los esfuerzos axiles y una relativa baja excentricidad de cargas sobre las zapatas en este último caso. En cambio, la excentricidad de cargas sobre las zapatas en el caso de los pórticos es muy elevada debido a que los momentos flectores en el arranque de pilares también son muy elevados. Esto motiva cimentaciones de grandes dimensiones para los pórticos y mucho menores para el caso de las estructuras con cercha. Al igual que ocurre con la estructura, los valores de la cimentación crecen proporcionalmente con la luz pero crecen mucho más en el caso de pórticos que de estructura con cercha. Y de la misma forma, mientras que para estructuras pequeñas las diferencias entre cimentaciones son mínimas, éstas van creciendo con la luz, duplicándose para las estructuras de 40 m (casos 7) a favor de las estructuras con cercha.

- En los pórticos se obtienen unos desplazamientos verticales superiores a los obtenidos en las estructuras con cercha, siendo los pórticos mucho más sensibles en este aspecto. De hecho, en los pórticos estos desplazamientos implican en algunos casos que el dimensionado dependa de este factor frente al aprovechamiento de la tensión del acero. En cambio, motivado por el diseño y configuración de la estructura con cercha, los desplazamientos verticales son reducidos y el aumento de la luz no incide notablemente en los mismos y tampoco prevalece en el dimensionado frente a los esfuerzos. Las diferencias son más significativas para estructuras pequeñas (casos 1, de 10 m de luz), siendo 5 veces superiores para pórticos que para cerchas y superior a 2 veces para las estructuras de mayor luz.

- Los desplazamientos horizontales son similares para pórticos que para estructuras con cercha.

- Un aumento de la carga vertical en cubierta produce un aumento de los esfuerzos en las estructuras, tanto pórticos como cerchas. Ahora bien, a causa del diseño y configuración de los pórticos, éstos son más sensibles a este aumento y el crecimiento de estos esfuerzos es mucho mayor que para el caso de las estructuras con cercha. Además este crecimiento hace que también se incrementen las cimentaciones en pórticos y, en cambio, disminuyan en el caso de las estructuras con cercha ya que aumentan significativamente los esfuerzos axiles mientras se mantienen

los momentos flectores en arranque de pilares, disminuyendo la excentricidad de cargas sobre la cimentación.

- Cuando se produce un incremento de altura, los pórticos soportan relativamente bien este incremento. En cambio las estructuras con cercha son más sensibles a este incremento de altura al incrementarse los momentos flectores en el arranque de pilares al aumentar la pantalla de cerramiento que soporta las acciones debidas al viento, siendo los esfuerzos menos prevalentes cuanto mayor es la luz y menor la “esbeltez” del conjunto estructural, ocurriendo otro tanto en el caso de pórticos.

12.2. Conclusiones desde un punto de vista económico.

La comparación entre estructuras desde un punto de vista económico está íntimamente relacionado con el análisis y conclusiones desde un punto de vista técnico referido en apartados anteriores. Tanto los pórticos como las estructuras con cercha serán tanto más costosas cuanto mayor cantidad de acero se emplee en su ejecución. Además, dependiendo de la proporción que se utilice en arriostramientos, placas de anclaje, pilares, etc., el precio medio del kg de acero para cada estructura varía ya que los precios del kg de acero no es el mismo para cada elemento debido al tipo de perfil y/o a la mano de obra que precisa. Así, por ejemplo, los precios más bajos se obtienen para pilares y dinteles en pórticos ya que se utilizan perfiles muy comunes, con un peso considerable y que no precisan de mucha mano de obra para su formación y colocación en obra. Por otra parte, por ejemplo, están los arriostramientos que, aunque los perfiles que se utilizan también son muy comunes y el precio de los mismos es muy similar al de los perfiles utilizados en pilares, el poco peso de los mismos y la elevada mano de obra que se necesita para su colocación hace que el precio del kg trabajado y colocado en obra sea mucho más elevado. No obstante, dado que la proporción en peso de los arriostramientos y placas de anclaje, por ejemplo, es reducido en comparación con el empleado en el resto de la estructura, el precio medio del kg en el cómputo global de la estructura no se ve afectado significativamente comparado con el precio del kg en pilares y dinteles si hablamos de estructuras para pórticos. Ahora bien, en el caso de las estructuras con cercha se da una doble coincidencia. Por una parte, el coste del kg de los perfiles tubulares es ligeramente superior al de los perfiles más comunes y pesados empleados en pilares, y por otra parte, teniendo en cuenta que estos perfiles se emplean para la formación de las cerchas, también necesitan de una mayor mano de obra. Esto hace que, para el caso de las cerchas, el precio del kg sea

notablemente más elevado que el precio del kg empleado en pilares o dinteles en pórticos. Concretamente entre un 15% y 20%.

A pesar de resultar un precio medio total del kg de acero superior en las estructuras con cercha que en los pórticos, el precio del coste de la estructura es inferior en las estructuras con cercha debido a la gran diferencia que hay en la cantidad de acero que precisan unas y otras, no sólo suficiente para compensar la diferencia de precio sino también para resultar claramente más económicas.

En cuanto al precio unitario medio global de la cimentación, tanto para pórticos como para estructuras con cercha es muy similar, no existiendo prácticamente diferencias. No obstante, también en el caso de la cimentación resulta ser más ventajosa una estructura con cercha pero en este caso debido a que estas estructuras requieren una cimentación de menores dimensiones.

El coste total de ejecución, incluyendo tanto estructura como cimentación, para el caso de pórticos y de estructura con cercha, es sensiblemente inferior para el caso de pórticos que de estructura con cercha para pequeñas luces (casos 1, 10 m de luz). A partir de aquí el coste de los pórticos aumenta progresivamente con la luz y por encima del coste de las estructuras con cercha, llegando a ser un 70% mayor para los casos estudiados de 40 m de luz (casos 7) (ver tablas y gráficos 11.1.1.5).

Otro dato importante y que da idea de la diferencia de coste de ejecución entre los dos tipos de estructuras es el ratio entre el coste total de ejecución de las estructuras y de la superficie cubierta por cada una de ellas. En este caso, el ratio medio coste de ejecución/superficie cubierta es de, aproximadamente, 29 €/m² para el caso de estructuras con cercha y de 43 €/m² para los pórticos (en torno a un 45% -50% más costosa la ejecución de una nave ejecutada con pórticos que con estructura con cercha).

12.3. Conclusiones generales finales.

A la vista de todo lo expuesto anteriormente se puede concluir finalmente que:

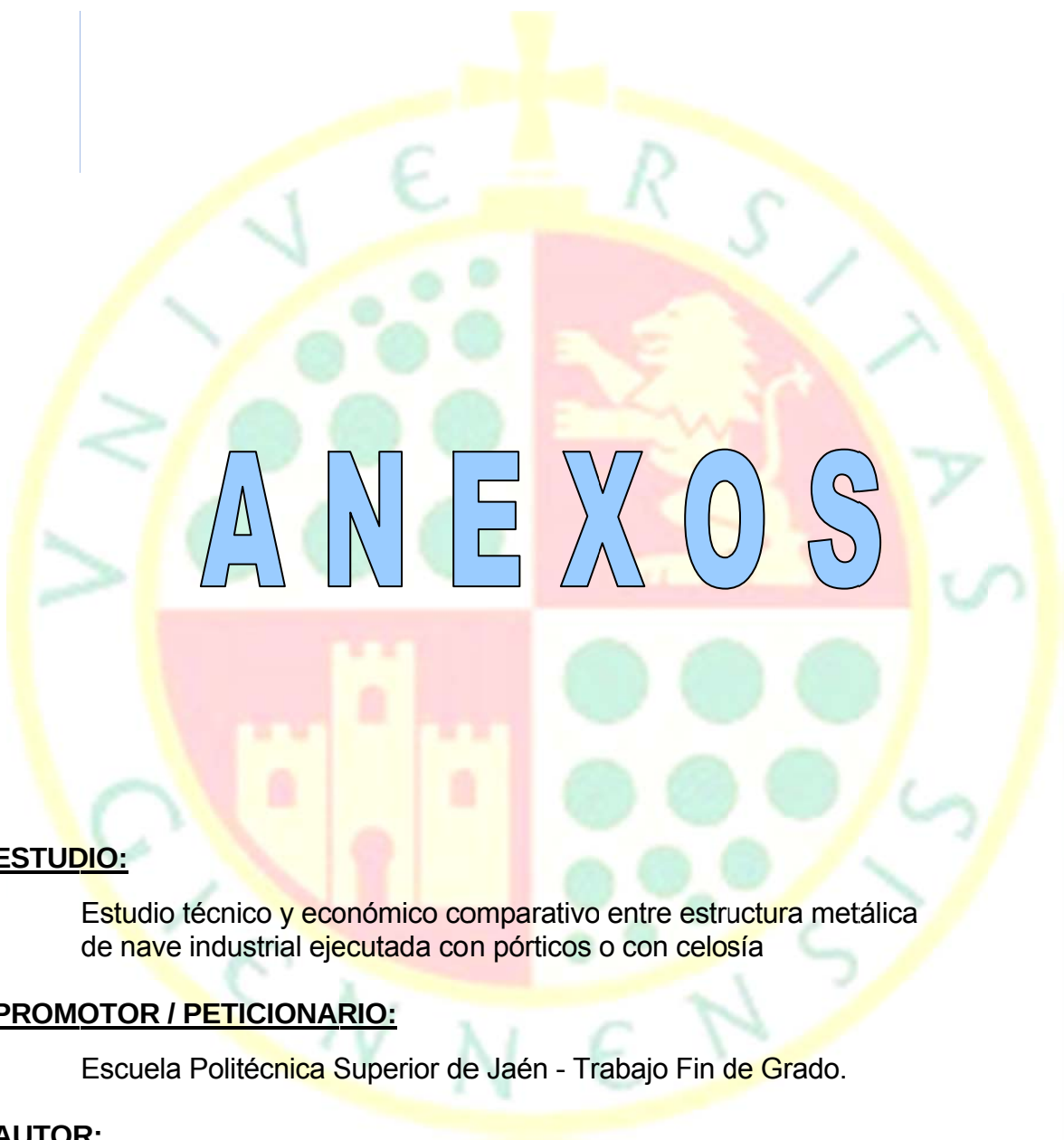
- Los pórticos son estructuras más sencillas y rápidas de ejecutar que las estructuras con cercha.
- Los pórticos tienen la gran ventaja de proporcionar unos espacios más amplios y estéticamente más limpios, con posibilidad del aprovechamiento total del volumen que encierran. Por el contrario las estructuras con cercha limitan la altura disponible en pilares y bajo cercha, rebajando ésta, así como limitan el volumen disponible, resultando estéticamente menos abiertas y amplias.

- Las naves resueltas con estructura con cercha resultan más ligeras que las ejecutadas con pórticos y tanto más cuanto mayor es la luz de la estructura.
- Las estructuras con cercha arrojan unos valores de desplazamientos verticales mucho menores que los pórticos.
- Las estructuras con cercha responden mejor al incremento de cargas en cubierta.
- A pesar de resultar más costoso el kg de acero empleado en la ejecución de las estructuras con cercha, éstas resultan ser más económicas que las resueltas con pórticos y tanto más cuanto mayor es la luz de la estructura.

Jaén, Mayo de 2.019



Fdo.: Blas Torres Garrido



ANEXOS

ESTUDIO:

Estudio técnico y económico comparativo entre estructura metálica
de nave industrial ejecutada con pórticos o con celosía

PROMOTOR / PETICIONARIO:

Escuela Politécnica Superior de Jaén - Trabajo Fin de Grado.

AUTOR:

Blas Torres Garrido

TUTOR:

Ramón Luis Carpena Morales
Departamento de Ingeniería Mecánica y Minera

Página**ÍNDICE DE ANEXOS**

Portada	135 / 161
Índice	136 / 161

ANEXO 1: DIMENSIONES DE ESTRUCTURAS TIPO

Portada e índice de anexo 1	137 / 161
Información general	138 / 161
Estructuras tipo Caso 1a y Caso 1b	139 / 161
Estructuras tipo Caso 2a y Caso 2b	140 / 161
Estructuras tipo Caso 3a y Caso 3b	141 / 161
Estructuras tipo Caso 4a y Caso 4b	142 / 161
Estructuras tipo Caso 5a y Caso 5b	144 / 161
Estructuras tipo Caso 6a	144 / 161
Estructuras tipo Caso 6b	145 / 161
Estructuras tipo Caso 7a	146 / 161
Estructuras tipo Caso 7b	147 / 161

ANEXO 2: PERFILES TUBULARES

Portada e índice de anexo 2	148 / 161
Perfiles tubulares cuadrados	149 / 161
Perfiles tubulares rectangulares	150 / 161
Pandeo de perfiles tubulares en cerchas	151 / 161

ANEXO 3: RESÚMENES DE CÁLCULOS

Portada e índice de anexo 3	152 / 161
Información general	153 / 161

ANEXO 4: PRECIOS UNITARIOS

Portada e índice de anexo 4	155 / 161
Capítulo 1: Movimiento de tierras	156 / 161
Capítulo 2: Cimentación	157 / 161
Capítulo 3: Estructura metálica	158 / 161

**ÍNDICE**

	<u>Página</u>
Portada e índice	1 / 11
Información general	2 / 11
Estructuras tipo Caso 1a y Caso 1b	3 / 11
Estructuras tipo Caso 2a y Caso 2b	4 / 11
Estructuras tipo Caso 3a y Caso 3b	5 / 11
Estructuras tipo Caso 4a y Caso 4b	6 / 11
Estructuras tipo Caso 5a y Caso 5b	7 / 11
Estructura tipo Caso 6a	8 / 11
Estructura tipo Caso 6b	9 / 11
Estructura tipo Caso 7a	10 / 11
Estructura tipo Caso 7b	11 / 11

ANEXO 1: DIMENSIONES DE ESTRUCTURAS TIPO

INFORMACIÓN GENERAL.

A continuación se reflejan las estructuras, diseños y dimensiones, representadas a escala, de cada uno de los casos que se estudian en el presente documento.

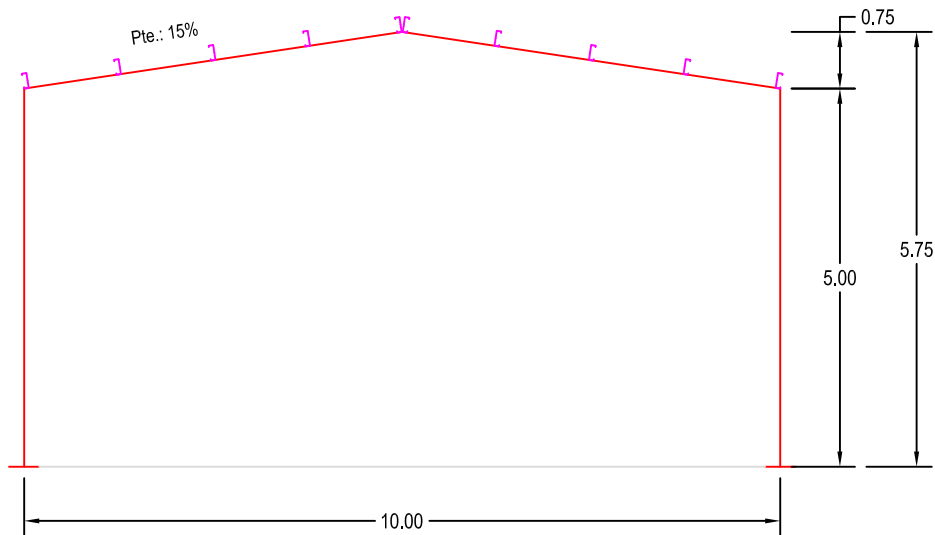
Estos diseños se numerarán como cualquier otra página del estudio.

Jaén, Mayo de 2019

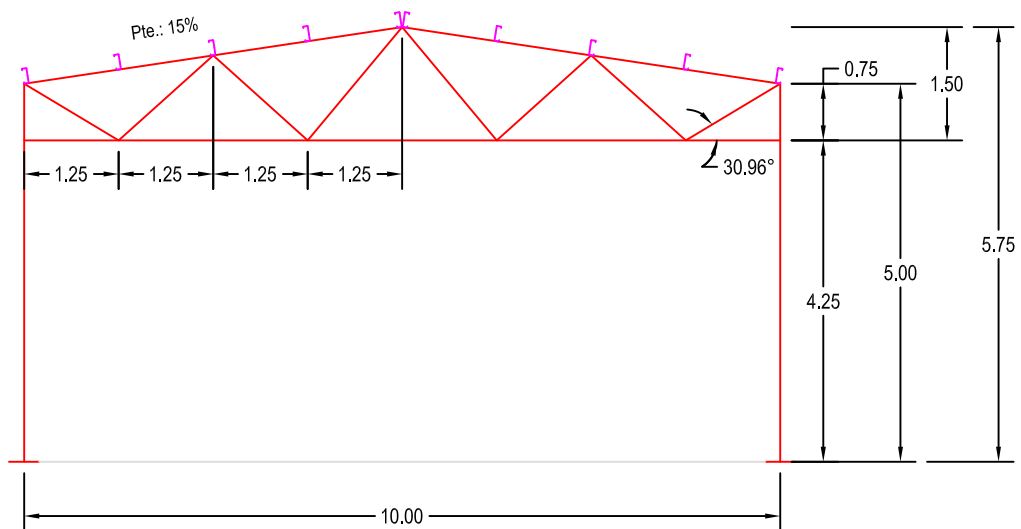


Fdo.: Blas Torres Garrido

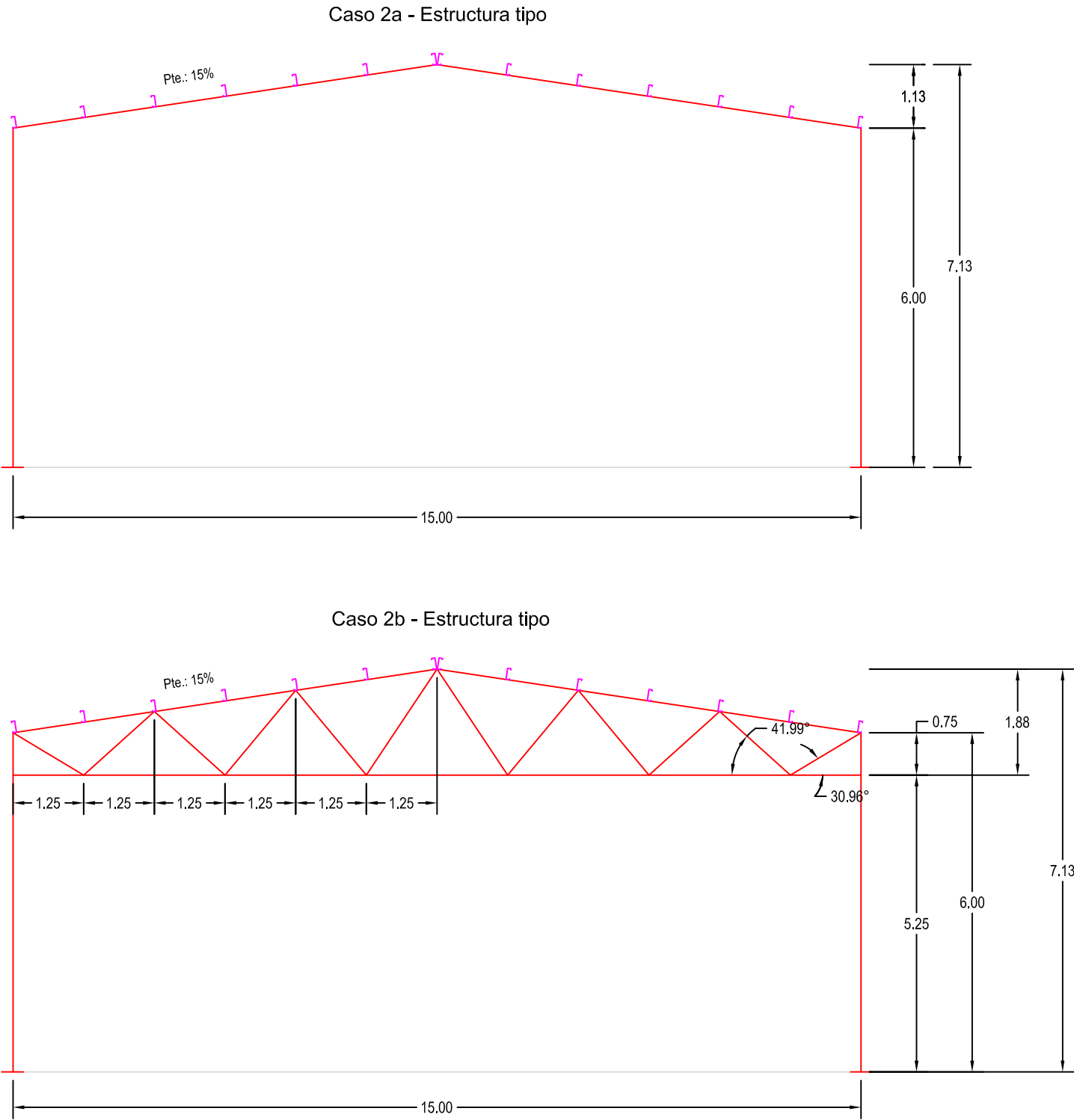
Caso 1a - Estructura tipo



Caso 1b - Estructura tipo

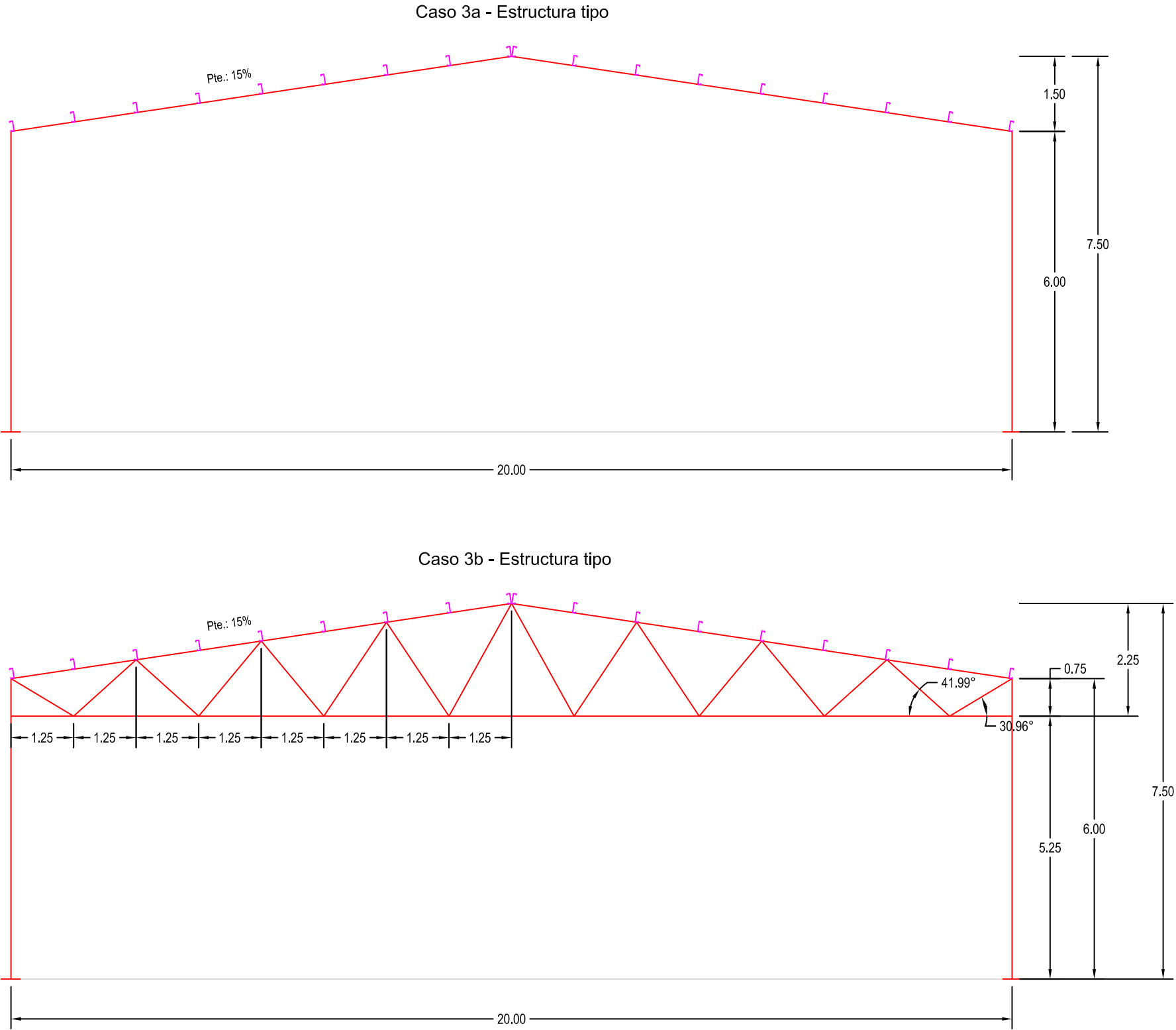


Escala 1:100 – Cotas en metros

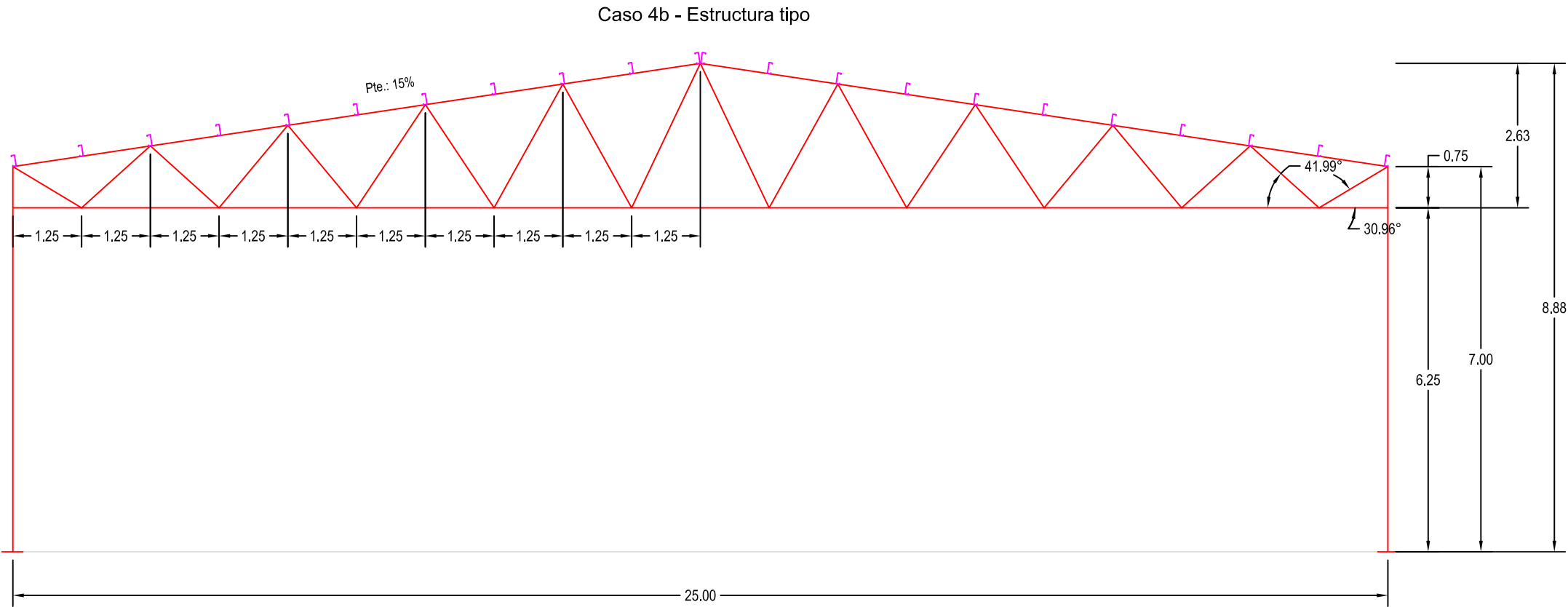
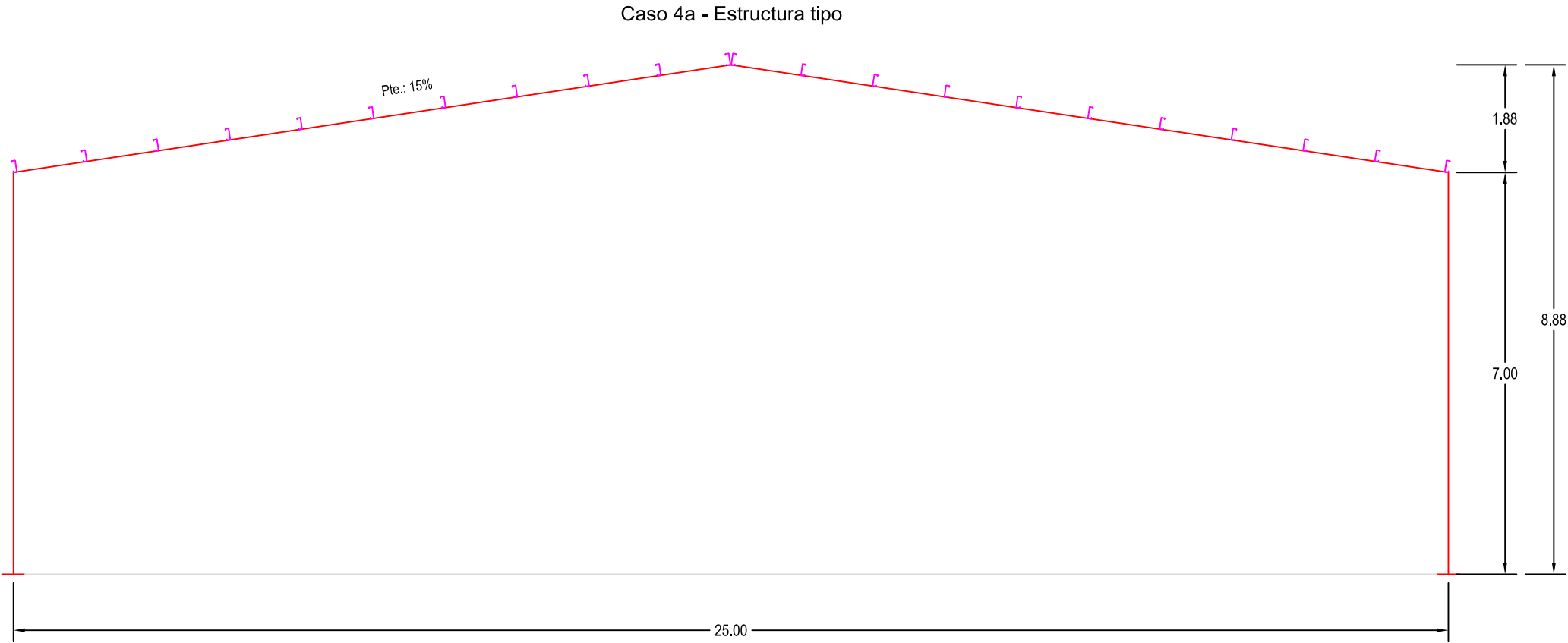


NOTA: Las estructuras tipo Caso 2a_h y Caso 2b_h sólo se diferencian de Caso 2a y Caso 2b, respectivamente, en la altura de pilar, pasando a ser para los primeros de 9,00 m en lugar de 6,00 m.

Escala 1:100 – Cotas en metros

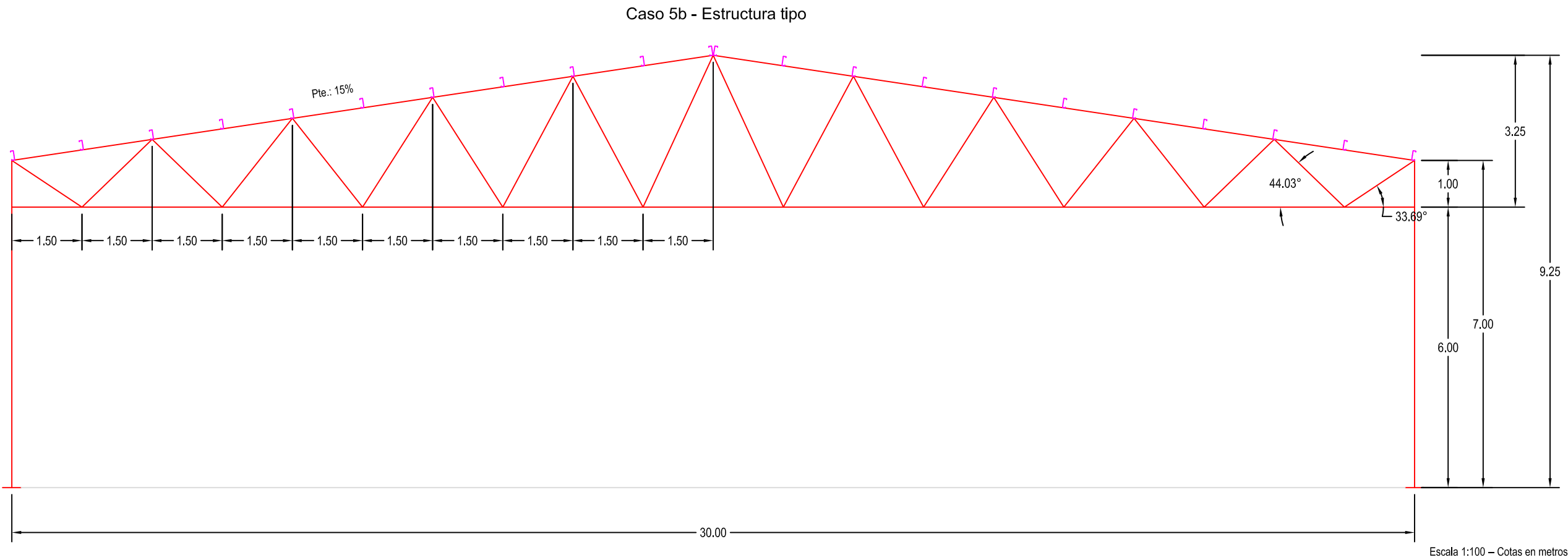
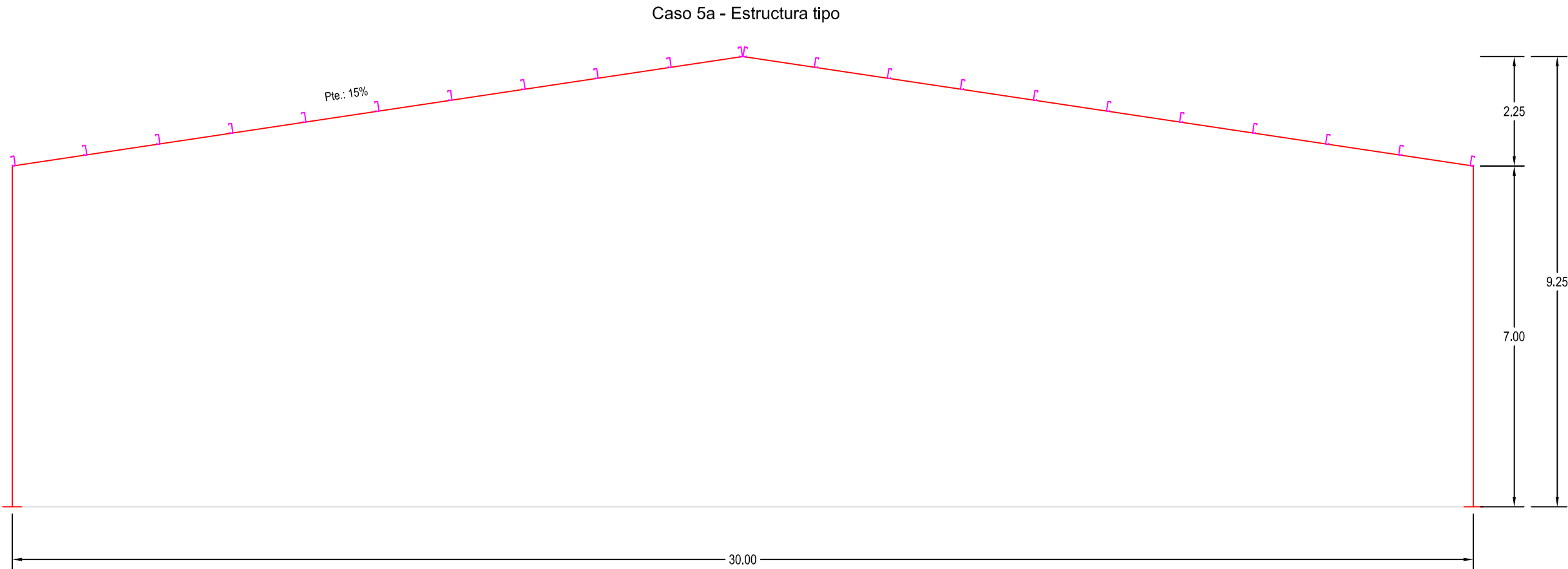


Escala 1:100 – Cotas en metros

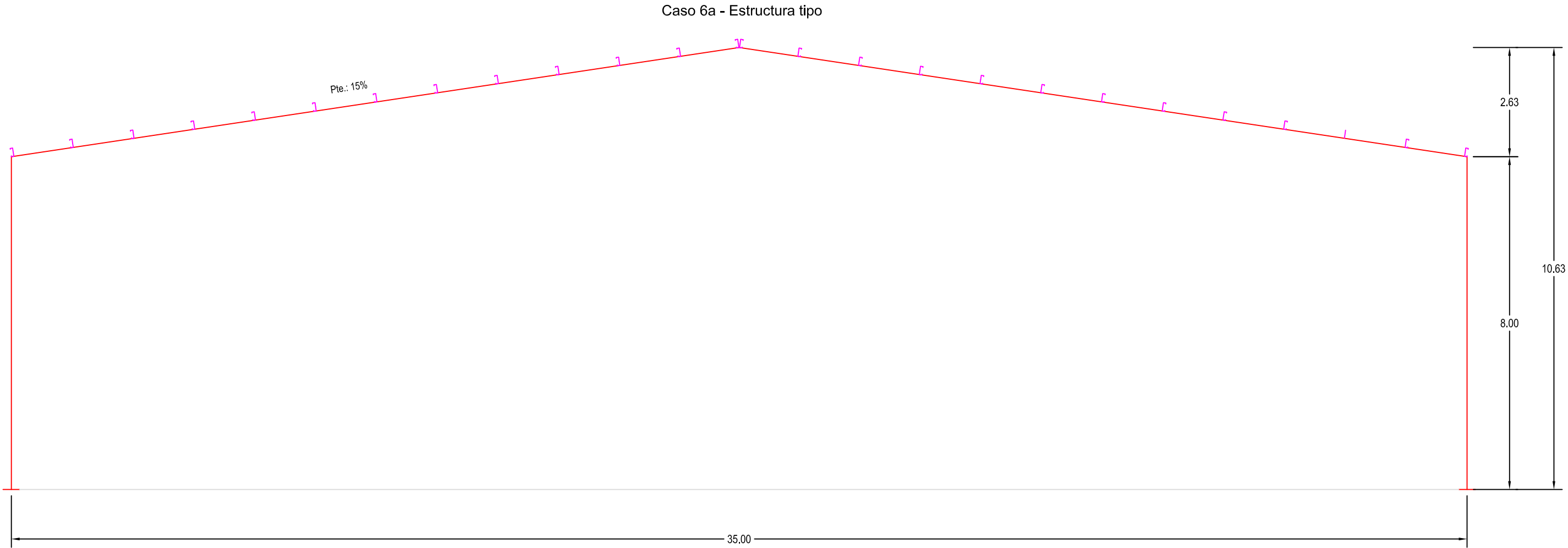


NOTA: Las estructuras tipo Caso 4a_h y Caso 4b_h sólo se diferencian de Caso 4a y Caso 4b, respectivamente, en la altura de pilar, pasando a ser para los primeros de 10,50 m en lugar de 7,00 m.

Escala 1:100 – Cotas en metros

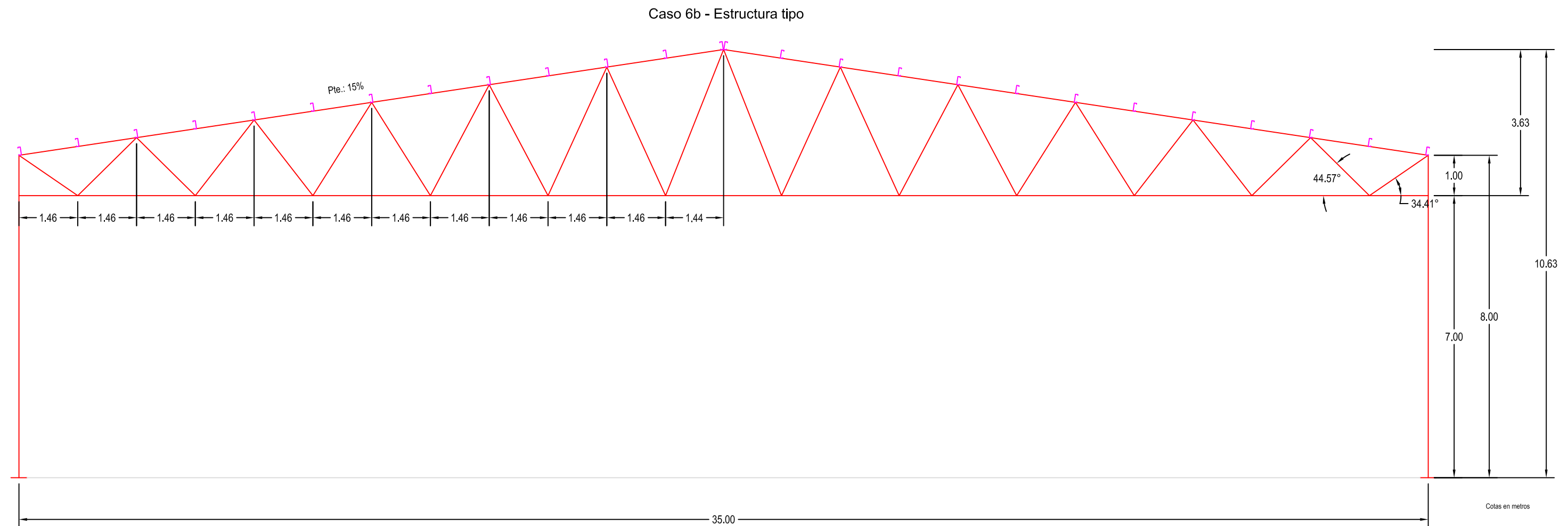


Escala 1:100 – Cotas en metros



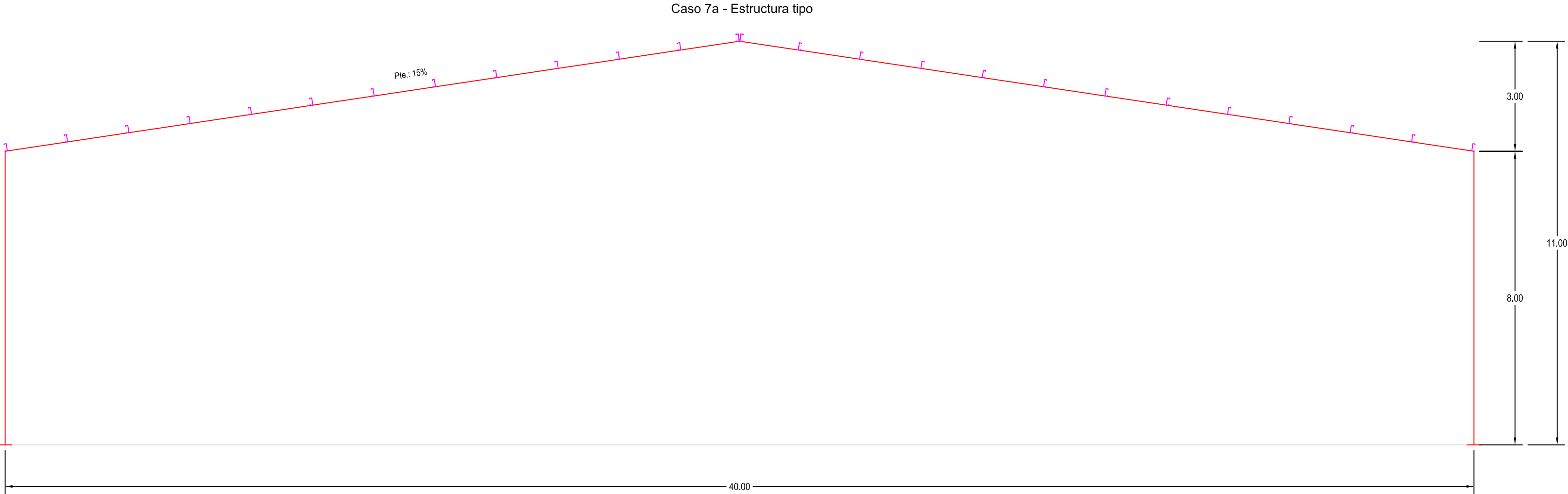
NOTA: La estructura tipo Caso 6a_h sólo se diferencia de Caso 6a en la altura de pilar, pasando a ser de 12,00 m en lugar de 8,00 m.

Escala 1:100 – Cotas en metros

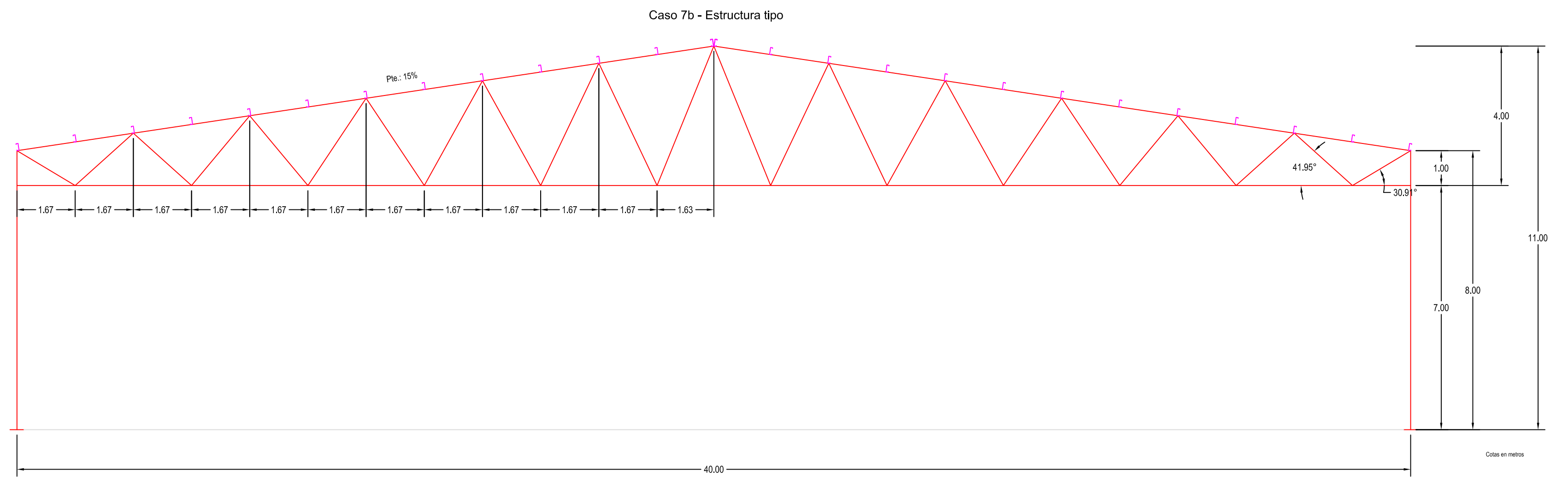


NOTA: La estructura tipo Caso 6b_h sólo se diferencia de Caso 6b en la altura de pilar, pasando a ser de 12,00 m en lugar de 8,00 m.

Escala 1:100 – Cotas en metros



Escala 1:100 – Cotas en metros



Escala 1:100 – Cotas en metros



Anexo 2: Perfiles tubulares

ÍNDICE

Portada e índice	1 / 4
Perfiles tubulares cuadrados	2 / 4
Perfiles tubulares rectangulares	3 / 4
Pandeo de perfiles tubulares en cerchas	4 / 4

Página

1 / 4
2 / 4
3 / 4
4 / 4

**RELACIÓN DE PERFILES TUBULARES CUADRADOS
CONSIDERADOS EN EL DIMENSIONADO Y DISEÑO DE LAS CELOSÍAS**

Criterio 1: $(h / e) \leq 35$

Criterio 2: $15 \leq (b / e) \leq 25$

- Consideraremos que un perfil es válido para constituir una barra de la celosía (montante, diagonal o cordón) si se cumple el criterio 1.
- Consideraremos que un perfil es válido para constituir un cordón de la celosía (superior o inferior) si se cumple el criterio 2.
- El cumplimiento del criterio 1 garantiza la posibilidad de alcanzar el límite elástico en la fibra extrema de la sección, sin riesgo de que puedan darse efectos de pandeo local.
- El cumplimiento del criterio 2 garantiza una mayor eficiencia de las uniones.

PERFIL TUBULAR CUADRADO - SHS				VALIDEZ		Peso
Designación	h	e	h / e	Barra	Cordón	Kg / m
SHS 40.3	40	3	13,33	SI	NO	3,30
SHS 40.4	40	4	10,00	SI	NO	4,20
SHS 50.3	50	3	16,67	SI	SI	4,25
SHS 50.4	50	4	12,50	SI	NO	5,45
SHS 60.3	60	3	20,00	SI	SI	5,19
SHS 60.4	60	4	15,00	SI	SI	6,71
SHS 60.5	60	5	12,00	SI	NO	8,13
SHS 70.3	70	3	23,33	SI	SI	6,13
SHS 70.4	70	4	17,50	SI	SI	7,97
SHS 70.5	70	5	14,00	SI	NO	9,70
SHS 80.3	80	3	26,67	SI	NO	7,07
SHS 80.4	80	4	20,00	SI	SI	9,22
SHS 80.5	80	5	16,00	SI	SI	11,30
SHS 80.6	80	6	13,33	SI	NO	13,20
SHS 90.3	90	3	30,00	SI	NO	8,01
SHS 90.4	90	4	22,50	SI	SI	10,50
SHS 90.5	90	5	18,00	SI	SI	12,80
SHS 90.6	90	6	15,00	SI	SI	15,10
SHS 100.3	100	3	33,33	SI	NO	8,96
SHS 100.4	100	4	25,00	SI	SI	11,70
SHS 100.5	100	5	20,00	SI	SI	14,40
SHS 100.6	100	6	16,67	SI	SI	17,00
SHS 100.8	100	8	12,50	SI	NO	21,40
SHS 120.4	120	4	30,00	SI	NO	14,20
SHS 120.5	120	5	24,00	SI	SI	17,50
SHS 120.6	120	6	20,00	SI	SI	20,70
SHS 120.8	120	8	15,00	SI	SI	26,40
SHS 140.5	140	5	28,00	SI	NO	20,70
SHS 140.6	140	6	23,33	SI	SI	24,50
SHS 140.8	140	8	17,50	SI	SI	31,40
SHS 140.10	140	10	14,00	SI	NO	38,10
SHS 150.5	150	5	30,00	SI	NO	22,30
SHS 150.6	150	6	25,00	SI	SI	26,40
SHS 150.8	150	8	18,75	SI	SI	33,90
SHS 150.10	150	10	15,00	SI	SI	41,30

PERFIL TUBULAR CUADRADO - SHS				VALIDEZ		Peso
Designación	h	e	h / e	Barra	Cordón	Kg / m
SHS 160.5	160	5	32,00	SI	NO	28,30
SHS 160.6	160	6	26,67	SI	NO	28,30
SHS 160.8	160	8	20,00	SI	SI	36,50
SHS 160.10	160	10	16,00	SI	SI	44,40
SHS 160.12	160	12	13,33	SI	NO	50,90
SHS 180.5	180	5	36,00	NO	NO	27,00
SHS 180.6	180	6	30,00	SI	NO	32,10
SHS 180.8	180	8	22,50	SI	SI	41,50
SHS 180.10	180	10	18,00	SI	SI	50,70
SHS 180.12	180	12	15,00	SI	SI	58,50
SHS 200.5	200	5	40,00	NO	NO	30,10
SHS 200.6	200	6	33,33	SI	NO	35,80
SHS 200.8	200	8	25,00	SI	SI	46,50
SHS 200.10	200	10	20,00	SI	SI	57,00
SHS 200.12	200	12	16,67	SI	SI	66,00
SHS 220.6	220	6	36,67	NO	NO	39,60
SHS 220.8	220	8	27,50	SI	NO	51,50
SHS 220.10	220	10	22,00	SI	SI	63,20
SHS 220.12	220	12	18,33	SI	SI	73,50
SHS 250.6	250	6	41,67	NO	NO	45,20
SHS 250.8	250	8	31,25	SI	NO	59,10
SHS 250.10	250	10	25,00	SI	SI	72,70
SHS 250.12	250	12	20,83	SI	SI	84,80
SHS 250.16	250	16	15,63	SI	SI	109,00
SHS 260.6	260	6	43,33	NO	NO	47,10
SHS 260.8	260	8	32,50	SI	NO	61,60
SHS 260.10	260	10	26,00	SI	NO	75,80
SHS 260.12	260	12	21,67	SI	SI	88,60
SHS 260.16	260	16	16,25	SI	SI	114,00
SHS 300.6	300	6	50,00	NO	NO	54,70
SHS 300.8	300	8	37,50	NO	NO	71,60
SHS 300.10	300	10	30,00	SI	NO	88,40
SHS 300.12	300	12	25,00	SI	SI	104,00
SHS 300.16	300	16	18,75	SI	SI	134,00

h : Altura o lado de dimensión máxima exterior del perfil, en mm

b : Anchura o lado de dimensión mínima exterior del perfil, en mm

e : Espesor de pared del perfil, en mm

(En perfil tubular cuadrado h=b)

RELACIÓN DE PERFILES TUBULARES RECTANGULARES CONSIDERADOS EN EL DIMENSIONADO Y DISEÑO DE LAS CELOSÍAS

Criterio 1: $(h/e) \leq 35$ Criterio 2: $15 \leq (b/e) \leq 25$

- Consideraremos que un perfil es válido para constituir una barra de la celosía (montante, diagonal o cordón) si se cumple el criterio 1.
- Consideraremos que un perfil es válido para constituir un cordón de la celosía (superior o inferior) si se cumple el criterio 2.
- El cumplimiento del criterio 1 garantiza la posibilidad de alcanzar el límite elástico en la fibra extrema de la sección, sin riesgo de que puedan darse efectos de pandeo local.
- El cumplimiento del criterio 2 garantiza una mayor eficiencia de las uniones.

PERFIL TUBULAR RECTANGULAR - RHS						VALIDEZ		Peso
Designación	h	b	e	h/e	b/e	Barra	Cordón	Kg / m
RHS 60.40.3	60	40	3	20,00	13,33	SI	NO	4,25
RHS 60.40.4	60	40	4	15,00	10,00	SI	NO	5,45
RHS 70.40.3	70	40	3	23,33	13,33	SI	NO	4,72
RHS 70.40.4	70	40	4	17,50	10,00	SI	NO	6,08
RHS 70.50.3	70	50	3	23,33	16,67	SI	SI	5,19
RHS 70.50.4	70	50	4	17,50	12,50	SI	NO	6,71
RHS 80.40.3	80	40	3	26,67	13,33	SI	NO	5,19
RHS 80.40.4	80	40	4	20,00	10,00	SI	NO	6,71
RHS 80.40.5	80	40	5	16,00	8,00	SI	NO	8,13
RHS 80.60.3	80	60	3	26,67	20,00	SI	SI	6,13
RHS 80.60.4	80	60	4	20,00	15,00	SI	SI	7,97
RHS 80.60.5	80	60	5	16,00	12,00	SI	NO	9,70
RHS 100.50.3	100	50	3	33,33	16,67	SI	SI	6,60
RHS 100.50.4	100	50	4	25,00	12,50	SI	NO	8,59
RHS 100.50.5	100	50	5	20,00	10,00	SI	NO	10,50
RHS 100.50.6	100	50	6	16,67	8,33	SI	NO	12,30
RHS 100.60.4	100	60	4	25,00	15,00	SI	SI	9,22
RHS 100.60.5	100	60	5	20,00	12,00	SI	NO	11,30
RHS 100.60.6	100	60	6	16,67	10,00	SI	NO	13,20
RHS 100.80.4	100	80	4	25,00	20,00	SI	SI	10,50
RHS 100.80.5	100	80	5	20,00	16,00	SI	SI	12,80
RHS 100.80.6	100	80	6	16,67	13,33	SI	NO	15,10
RHS 120.60.4	120	60	4	30,00	15,00	SI	SI	10,50
RHS 120.60.5	120	60	5	24,00	12,00	SI	NO	12,80
RHS 120.60.6	120	60	6	20,00	10,00	SI	NO	15,10
RHS 120.80.4	120	80	4	30,00	20,00	SI	SI	11,70
RHS 120.80.5	120	80	5	24,00	16,00	SI	SI	14,40
RHS 120.80.6	120	80	6	20,00	13,33	SI	NO	17,00
RHS 120.100.4	120	100	4	30,00	25,00	SI	SI	13,00
RHS 120.100.5	120	100	5	24,00	20,00	SI	SI	16,00
RHS 120.100.6	120	100	6	20,00	16,67	SI	SI	18,90
RHS 120.100.8	120	100	8	15,00	12,50	SI	NO	23,90
RHS 140.60.4	140	60	4	35,00	15,00	SI	SI	11,70
RHS 140.60.5	140	60	5	28,00	12,00	SI	NO	14,40
RHS 140.60.6	140	60	6	23,33	10,00	SI	NO	17,00
RHS 140.60.8	140	60	8	17,50	7,50	SI	NO	17,00
RHS 140.80.4	140	80	4	35,00	20,00	SI	SI	13,00
RHS 140.80.5	140	80	5	28,00	16,00	SI	SI	16,00
RHS 140.80.6	140	80	6	23,33	13,33	SI	NO	18,90
RHS 140.80.8	140	80	8	17,50	10,00	SI	NO	23,90
RHS 140.100.4	140	100	4	35,00	25,00	SI	SI	14,20
RHS 140.100.5	140	100	5	28,00	20,00	SI	SI	17,50
RHS 140.100.6	140	100	6	23,33	16,67	SI	SI	20,70
RHS 140.100.8	140	100	8	17,50	12,50	SI	NO	26,40
RHS 160.80.4	160	80	4	40,00	20,00	NO	NO	14,20
RHS 160.80.5	160	80	5	32,00	16,00	SI	SI	17,50
RHS 160.80.6	160	80	6	26,67	13,33	SI	NO	20,70
RHS 160.120.5	160	120	5	32,00	24,00	SI	SI	20,70
RHS 160.120.6	160	120	6	26,67	20,00	SI	SI	24,50
RHS 160.120.8	160	120	8	20,00	15,00	SI	SI	31,40

PERFIL TUBULAR RECTANGULAR - RHS						VALIDEZ		Peso
Designación	h	b	e	h/e	b/e	Barra	Cordón	Kg / m
RHS 180.100.5	180	100	5	36,00	20,00	NO	NO	20,70
RHS 180.100.6	180	100	6	30,00	16,67	SI	SI	24,50
RHS 180.100.8	180	100	8	22,50	12,50	SI	NO	31,40
RHS 180.120.5	180	120	5	36,00	24,00	NO	NO	22,30
RHS 180.120.6	180	120	6	30,00	20,00	SI	SI	26,40
RHS 180.120.8	180	120	8	22,50	15,00	SI	SI	33,90
RHS 180.140.5	180	140	5	36,00	28,00	NO	NO	23,80
RHS 180.140.6	180	140	6	30,00	23,33	SI	SI	28,30
RHS 180.140.8	180	140	8	22,50	17,50	SI	SI	36,50
RHS 180.140.10	180	140	10	18,00	14,00	SI	NO	44,10
RHS 200.100.5	200	100	5	40,00	20,00	NO	NO	22,30
RHS 200.100.6	200	100	6	33,33	16,67	SI	SI	26,40
RHS 200.100.8	200	100	8	25,00	12,50	SI	NO	33,90
RHS 200.120.5	200	120	5	40,00	24,00	NO	NO	23,80
RHS 200.120.6	200	120	6	33,33	20,00	SI	SI	28,30
RHS 200.120.8	200	120	8	25,00	15,00	SI	SI	36,50
RHS 200.120.10	200	120	10	20,00	12,00	SI	NO	44,40
RHS 200.150.6	200	150	6	33,33	25,00	SI	SI	31,10
RHS 200.150.8	200	150	8	25,00	18,75	SI	SI	40,20
RHS 200.150.10	200	150	10	20,00	15,00	SI	SI	49,10
RHS 220.100.5	220	100	5	44,00	20,00	NO	NO	23,80
RHS 220.100.6	220	100	6	36,67	16,67	NO	NO	28,30
RHS 220.100.8	220	100	8	27,50	12,50	SI	NO	36,50
RHS 220.100.10	220	100	10	22,00	10,00	SI	NO	44,40
RHS 220.120.5	220	120	5	44,00	24,00	NO	NO	25,40
RHS 220.120.6	220	120	6	36,67	20,00	NO	NO	30,20
RHS 220.120.8	220	120	8	27,50	15,00	SI	SI	39,00
RHS 220.120.10	220	120	10	22,00	12,00	SI	NO	47,50
RHS 220.140.5	220	140	5	44,00	28,00	NO	NO	27,00
RHS 220.140.6	220	140	6	36,67	23,33	NO	NO	32,10
RHS 220.140.8	220	140	8	27,50	17,50	SI	SI	41,50
RHS 220.140.10	220	140	10	22,00	14,00	SI	NO	50,70
RHS 250.150.6	250	150	6	41,67	25,00	NO	NO	35,80
RHS 250.150.8	250	150	8	31,25	18,75	SI	SI	46,50
RHS 250.150.10	250	150	10	25,00	15,00	SI	SI	57,00
RHS 250.200.6	250	200	6	41,67	33,33	NO	NO	40,50
RHS 250.200.8	250	200	8	31,25	25,00	SI	SI	52,80
RHS 250.200.10	250	200	10	25,00	20,00	SI	SI	64,80
RHS 250.200.12	250	200	12	20,83	16,67	SI	SI	75,40
RHS 300.150.8	300	150	8	37,50	18,75	NO	NO	52,80
RHS 300.150.10	300	150	10	30,00	15,00	SI	SI	64,80
RHS 300.150.12	300	150	12	25,00	12,50	SI	NO	75,40
RHS 300.200.8	300	200	8	37,50	25,00	NO	NO	59,10
RHS 300.200.10	300	200	10	30,00	20,00	SI	SI	72,70
RHS 300.200.12	300	200	12	25,00	16,67	SI	SI	84,80

h : Altura o lado de dimensión máxima exterior del perfil, en mm

b : Anchura o lado de dimensión mínima exterior del perfil, en mm

e : Espesor de pared del perfil, en mm

CÁLCULO DE β EN CORDÓN INFERIOR DE CERCHA. CÁLCULO DE PANDEO COMO PIEZA EN COMPRESION VARIABLE

(Cálculo considerando una variación lineal de axiles, máximo en un extremo, considerando la barra doblemente articulada)

	Nmin (kp)	Nmax (kp)	a	b	L (m)	Lk (m)	β	Lkt (m)	Nº arriostros	Tramo (m)	Tramo Lk (m)	Barra (m)	β barra
CASO 1	753,00	2.959,00	0,88	1,88	10,00	8,07	0,90	7,26	1	5,00	3,63	2,50	1,45
CASO 2	1.619,00	4.872,00	0,88	1,88	15,00	12,44	0,90	11,19	1	7,50	5,60	2,50	2,24
CASO 3	2.963,00	6.450,00	0,88	1,88	20,00	17,29	0,90	15,56	2	7,50	5,83	2,50	2,33
CASO 4	4.960,00	8.205,00	0,88	1,88	25,00	22,57	0,90	20,31	2	8,75	7,11	2,50	2,84
CASO 5	5.034,00	7.253,00	0,88	1,88	30,00	27,77	0,90	24,99	2	10,50	8,75	3,00	2,92
CASO 6	6.710,00	10.893,00	0,88	1,88	35,00	31,70	0,90	28,53	3	8,76	7,14	2,92	2,45
CASO 7	8.957,00	11.579,00	0,88	1,88	40,00	37,82	0,90	34,04	3	10,02	8,53	3,34	2,55

LEYENDA:

Nmin: Esfuerzo axil mínimo de compresión, en kp

Nmax: Esfuerzo axil máximo de compresión, en kp

a: Valor según CTE-DB-SE-A 6.3.2.2 Esfuerzos axiales variables

b: Valor según CTE-DB-SE-A 6.3.2.2 Esfuerzos axiales variables

L: Luz de la celosía, en metros (CTE-DB-SE-A 6.3.2.2)

Lk: Longitud de pandeo del cordón inferior de la celosía, en metros (CTE-DB-SE-A 6.3.2.2)

 β : Coeficiente de pandeo para celosía realizadas con perfiles tubulares (CTE-DB-SE-A 6.3.2.4)

Lkt: Longitud de pandeo total a considerar del cordón inferior de la celosía, en metros (CTE-DB-SE-A 6.3.2.2)

Nº arriostros: Número de puntos de arriostamiento considerados para el cordón inferior

Tramo: Longitud de los tramos del cordón inferior según los puntos de arriostamientos considerados, en metros

Tramo Lk: Longitud de pandeo a considerar de los tramos del cordón inferior según los puntos de arriostamientos considerados, en metros

Barra: longitud de cada una de las barras del cordón inferior (distancia entre nudos), en metros

 β barra: Coeficiente de pandeo correspondiente a cada barra (distancia entre nudos) del cordón inferior**Extracto de CTE-DB-SE-A Acero****6.3.2.2 Esfuerzos axiales variables**

- 1 Las barras de sección constante solicitadas por esfuerzos axiales que varían de forma lineal o parabólica a lo largo del eje podrán calcularse como sometidas a un esfuerzo axil constante de valor igual al máximo axil actuante y con la longitud de pandeo igual a:

$$L_k = L \sqrt{\frac{1 + a \cdot N_{min} / N_{max}}{b}}$$

en la que los parámetros a y b tienen los valores:

- | | | |
|---|---|-------------------|
| a) variación lineal, máximo en el centro: | doblemente articulada: | a = 2,18 b = 3,18 |
| | doblemente empotrada: | a = 0,93 b = 7,72 |
| b) variación parabólica, máximo en el centro: | doblemente articulada: | a = 1,09 b = 2,09 |
| | doblemente empotrada: | a = 0,35 b = 5,40 |
| c) ménsula con máximo en el empotramiento: | variación lineal: | a = 2,18 b = 3,18 |
| | variación parabólica: | a = 1,09 b = 2,09 |
| e) variación lineal, máximo en un extremo: | doblemente articulada: | a = 0,88 b = 1,88 |
| | doblemente empotrada: | a = 0,93 b = 7,72 |
| | articulada en el mínimo y empotrada en el máximo: | a = 1,65 b = 5,42 |
| | articulada en el máximo y empotrada en el mínimo: | a = 0,51 b = 3,09 |

6.3.2.4 Elementos triangulados

- En celosías espaciales formadas por perfiles huecos atornillados en sus extremos se tomará como longitud de pandeo la distancia entre ejes de nudos para cualquier barra.
- En vigas planas trianguladas se tomará como longitud de pandeo:
 - para los cordones, pandeo en el plano de la viga, la distancia entre ejes de nudos;
 - para los cordones, pandeo fuera del plano, la longitud teórica de la barra medida entre puntos fijos por existir arriostamiento; en caso de no existir puntos fijos, se tratará como una pieza de compresión variable.
 - para los montantes y diagonales, pandeo en el plano de la viga, la longitud libre entre barras;
 - para los montantes y diagonales, pandeo fuera del plano, la longitud entre ejes de nudos.
- En vigas planas trianguladas formadas por perfiles huecos de cordones continuos y diagonales y montantes soldados de forma continua en todo el perímetro, se podrán tomar como longitudes de pandeo las definidas en el apartado anterior, aplicando el factor 0,9 a los cordones, y 0,75 a los montantes y diagonales.

Jaén, Mayo de 2019

Fdo.: Blas Torres Garrido



Anexo 3: Resúmenes de cálculos

ÍNDICE

Portada e índice
Información general

Página

1 / 3
2 / 3

ANEXO 3: RESÚMENES DE CÁLCULOS

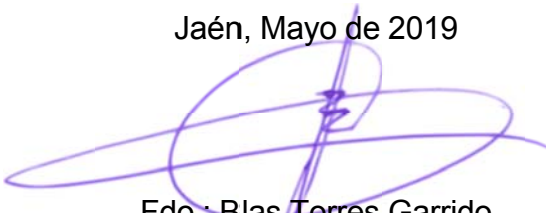
INFORMACIÓN GENERAL.

Para el cálculo de cada una de las estructuras tipo que se han definido, descrito y dimensionado con anterioridad, tanto en la memoria como en el resto de documentos, se ha utilizado el programa informático Nuevo Metal 3D, o simplemente, Cype 3D, de la empresa comercial Cype Ingenieros, S.A. Este software informático comprueba el cumplimiento de la normativa y de los condicionantes que se imponen en el diseño de la estructura, elemento por elemento y para cada una de las hipótesis y posibles combinaciones de las mismas. Esto hace que el listado de datos y resultados que puede arrojar sea muy extenso. Esto unido a que, para obtener los datos necesarios para realizar el presente estudio (se han tenido que calcular 26 estructuras), la extensión de los datos y resultados es muy elevada (miles de páginas).

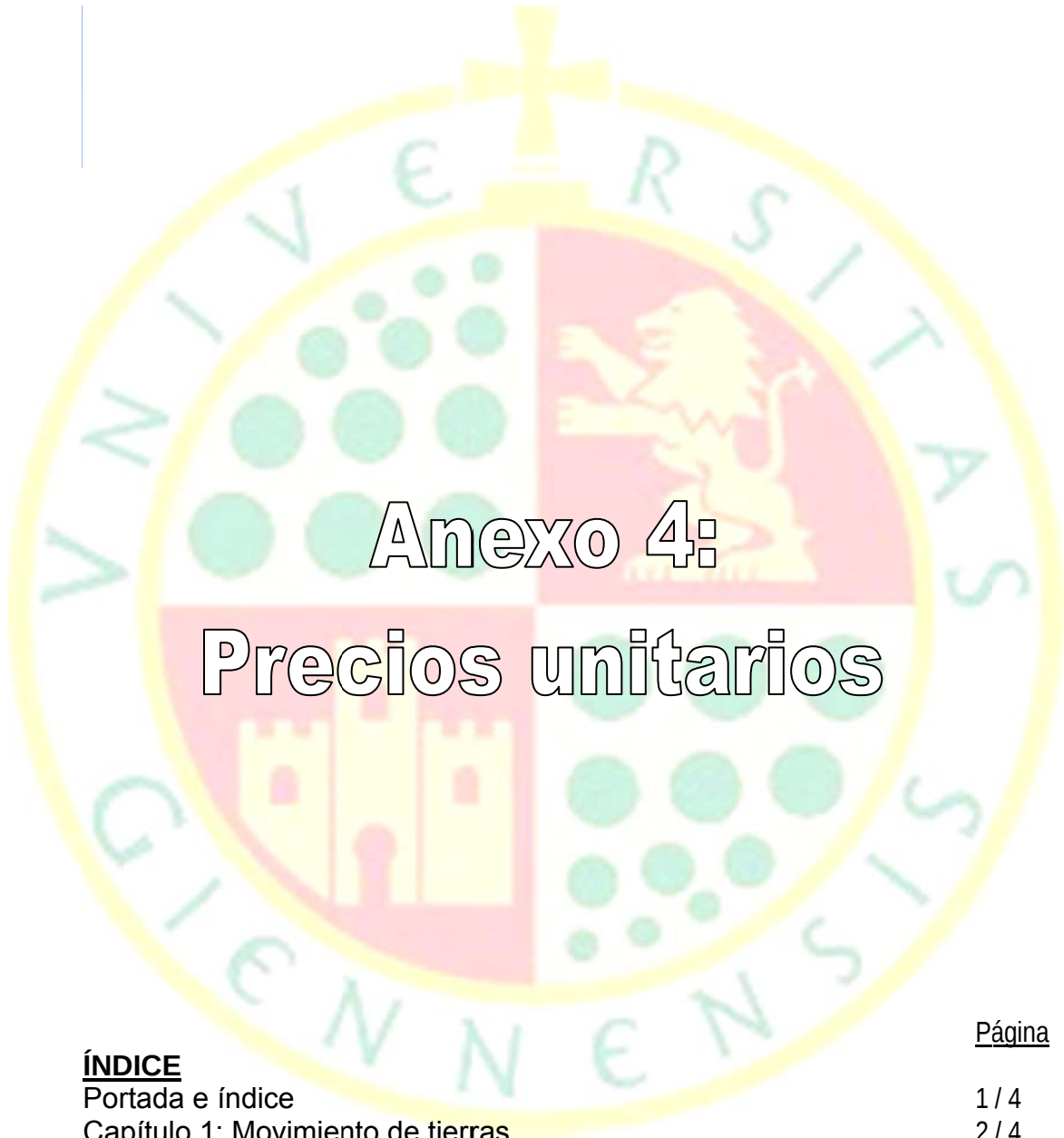
Conocido lo anterior se ha convenido por realizar un resumen de datos y de los resultados más relevantes y justificativos del diseño y dimensionado de cada estructura. Aun así, la extensión de datos y resultados resulta bastante elevado por lo que se ha optado por disponer dichos datos y resultados en un volumen diferente al presente, que pueda ser consultado para verificar los resultados que se han ofrecido en la memoria del presente estudio. Este volumen se ha denominado volumen II / II, y contiene el resumen de datos y resultados de cálculo de cada una de las estructuras en estudio.

Por otra parte, en archivos digitales individuales con formato .pdf, dada su extensión, se ofrece para comprobación y consulta, cada uno de los listados de datos y resultados completos que arroja el software de cálculo. Estos archivos se han denominado como el tipo de estructura tipo que desarrolla. Por ejemplo, el archivo de datos y resultados completo del cálculo de la estructura tipo Caso 1a se ha denominado 1a; el Caso 2b se ha denominado 2b; el Caso 2a_c se ha denominado 2a_c, etc.

Jaén, Mayo de 2019

A handwritten signature in purple ink, consisting of several overlapping loops and a central vertical stroke.

Fdo.: Blas Torres Garrido



Anexo 4: Precios unitarios

ÍNDICE

Portada e índice	1 / 4
Capítulo 1: Movimiento de tierras	2 / 4
Capítulo 2: Cimentación	3 / 4
Capítulo 3: Estructura metálica	4 / 4

Página

1 / 4
2 / 4
3 / 4
4 / 4

Código	Ud	Concepto	€ /ud
--------	----	----------	-------

CAPÍTULO 1: MOVIMIENTO DE TIERRAS

1.01	M3	Excavación en zapatas y pozos medios mecánicos Excavación en pozos en terrenos compactos por medios mecánicos, con carga directa sobre camión basculante y parte proporcional de medios auxiliares. Según CTE-DB-SE-C y NTE-ADZ.	10,55
1.02	M3	Transporte tierras a vertedero < 10 km Transporte de tierras al vertedero a una distancia menor de 10 km, considerando ida y vuelta, con camión basculante cargado a máquina, canon de vertedero y con parte proporcional de medios auxiliares, considerando también la carga.	8,40

Código	Ud	Concepto	€ /ud
--------	----	----------	-------

CAPÍTULO 2: CIMENTACIÓN

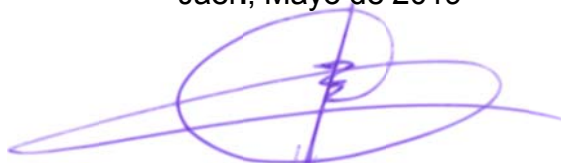
2.01	M3	Hormigón limpieza HM-20/B/20/I zapatas Hormigón HM-20/B/20/I elaborado en central, para limpieza y nivelado de fondos de cimentación, i/vertido, vibrado y nivelado. Según normas NTE-CSZ, EHE-08 y CTE-SE-C. Componentes del hormigón con marcado CE y DdP (Declaración de prestaciones) según Reglamento (UE) 305/2011.	98,30
2.02	M3	Hormigón armado HA-25/B/20/IIa zapatas Hormigón para armar HA-25/B/20/IIa, elaborado en central, en relleno de zapatas y zanjas de cimentación, i/vertido, vibrado y colocado. Según normas NTE-CSZ, EHE-08 y CTE-SE-C. Componentes del hormigón con marcado CE y DdP (Declaración de prestaciones) según Reglamento (UE) 305/2011.	112,60
2.03	Kg	Acero corrugado B400S Acero corrugado B 400 S, cortado y doblado en taller y colocado en obra, incluso p.p. de despuntes. Según EHE-08 y CTE-SE-A. Acero con marcado CE y DdP (Declaración de prestaciones) según Reglamento (UE) 305/2011.	1,10

Código	Ud	Concepto	€ /ud
--------	----	----------	-------

CAPÍTULO 3: ESTRUCTURA METÁLICA

3.01	Kg	Acero en placas de anclaje Placa de anclaje de acero S275 en perfil plano, en chapas de espesor < 30 mm, con rigidizadores y garrotas de acero corrugado B400S acabadas en patilla, soldadas, i/taladro central, colocada. Según NTE, CTE-DB-SE-A y EAE. Acero con marcado CE y DdP (Declaración de prestaciones) según Reglamento (UE) 305/2011.	1,55
3.02	Kg	Acero S275JR en estructura soldada Acero laminado S275 JR, en perfiles laminados en caliente para vigas, pilares, zunchos y correas, mediante uniones soldadas; i/p.p. de soldaduras, cortes, piezas especiales, despuntes y dos manos de imprimación antioxidante, montado y colocado, según NTE-EAS/EAV, CTE-DB-SE-A y EAE. Acero con marcado CE y DdP (Declaración de prestaciones) según Reglamento (UE) 305/2011.	1,30
3.03	Kg	Acero S275 en perfil tubular para cerchas Acero S275, en perfiles conformados de tubo rectangular o cuadrado, en cerchas, con uniones soldadas; i/p.p. de despuntes, soldadura, piezas especiales y dos manos de imprimación antioxidante, montado, según NTE-EA, CTE-DB-SE-A y EAE. Acero con marcado CE y DdP (Declaración de prestaciones) según Reglamento (UE) 305/2011.	1,65
3.04	Kg	Acero S275 en arriostramientos Acero S275, en perfiles laminados en caliente, de tipo angular, redondo o cuadrado macizo, para arriostramientos de la estructura en tornapuntas y cruces de San Andrés, con uniones soldadas; i/p.p. de despuntes, soldadura, piezas especiales y dos manos de imprimación antioxidante, montado, según NTE-EA, CTE-DB-SE-A y EAE. Acero con marcado CE y DdP (Declaración de prestaciones) según Reglamento (UE) 305/2011.	2,70

Jaén, Mayo de 2019



Fdo.: Blas Torres Garrido



BIBLIOGRAFÍA

ESTUDIO:

Estudio técnico y económico comparativo entre estructura metálica
de nave industrial ejecutada con pórticos o con celosía

PROMOTOR / PETICIONARIO:

Escuela Politécnica Superior de Jaén - Trabajo Fin de Grado.

AUTOR:

Blas Torres Garrido

TUTOR:

Ramón Luis Carpena Morales
Departamento de Ingeniería Mecánica y Minera

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS.

Argüelles Álvarez, Ramón: *La estructura metálica hoy*. Editorial Bellisco, 1987.

Bases de cálculo. Dimensionamiento de elementos estructurales. Tomo 0.*
Estructuras elementales. Empresa Nacional Siderúrgica, S.A., 1990.

*Bases de cálculo. Dimensionamiento de elementos estructurales. Tomo 0**.*
Estructuras elementales. Empresa Nacional Siderúrgica, S.A., 1990.

Acero para estructuras de edificación. Valores estáticos. Estructuras elementales. Tomo 2. Empresa Nacional Siderúrgica, S.A., 1990.

Garcimartín, Miguel Ángel: *Edificación agroindustrial: estructuras metálicas*. Ediciones Mundi-Prensa, 1998.

Cálculo y diseño de la construcción en acero. Tomos 1-22. Instituto Técnico de la Estructura en Acero (ITEA), 2000.

Calavera Ruiz, José: *Cálculo de estructuras de cimentación*. 4ª edición. Instituto Técnico de Materiales y Construcciones, S.A. (INTEMAC), 2000.

Norma de Construcción Sismorresistente: Parte General y Edificación, según R.D. 997/2002, de 27 de Septiembre.

Argüelles Álvarez, Ramón: *Estructuras de acero. Cálculo*. Editorial Bellisco, 2005.

Código Técnico de Edificación (CTE), según R.D. 314/2006, de 17 de Marzo, y sus modificaciones posteriores, y los Documentos Básicos (DB) en él contenidos, y más concretamente:

- + DB-SE Seguridad Estructural
- + DB-SE-AE Seguridad Estructural. Acciones en la edificación
- + DB-SE-A Seguridad Estructural. Acero
- + DB-SE-C Seguridad Estructural. Cimientos

Argüelles Álvarez, Ramón: *Estructuras de acero. Uniones y sistemas estructurales*. Editorial Bellisco, 2007.

Gorka Iglesias (ICT), Ángel Alonso (ICT), José Antonio Chica (ICT): *Guía de diseño para estructuras en celosía resueltas con perfiles tubulares de acero*. Instituto para la Construcción Tubular (ICT), 2007.

EHE "Instrucción de Hormigón Estructural" (R.D. 1247/2008, de 18-07-2008).

Norma UNE-ENV 1993/1/1: Eurocódigo 3: Proyecto de estructuras metálicas. Parte 1-1: Reglas generales y reglas para edificios, AENOR, 2008.

Reyes Rodríguez, Antonio Manuel: *Cype 2010. Cálculo de estructuras metálicas con Nuevo Metal 3D*. Editorial Anaya, 2010.

Instrucción de Acero Estructural (EAE), según R.D. 751/2011, de 27 de Mayo.

Reyes Rodríguez, Antonio Manuel: *Cype 3D 2016. Diseño y cálculo de estructuras metálicas*. Editorial Anaya, 2015.