

BLANCA GÓMEZ SÁNCHEZ

EVALUACIÓN SOBRE LA ESTRUCTURA EXISTENTE
CASO DE ESTUDIO: FÁBRICA DE EMBUTIDOS “EL ACUEDUCTO”



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE ARQUITECTURA



TRABAJO FIN DE GRADO

Blanca Gómez Sánchez

Evaluación sobre la estructura existente
Caso de estudio: Fábrica de Embutidos "El Acueducto"

EVALUACIÓN SOBRE LA ESTRUCTURA EXISTENTE
CASO DE ESTUDIO: FÁBRICA DE EMBUTIDOS “EL ACUEDUCTO”.

Estudiante

Blanca Gómez Sánchez

Tutora

Paula Villanueva Llauro

Departamento de Estructuras y física de edificación

Aula TFG 8

Luis Sánchez Aparicio, *coordinador*

Hector Navarro Martínez, *adjunto/a*

Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid
Universidad Politécnica de Madrid

ÍNDICE

RESUMEN

1. INTRODUCCIÓN

2. MARCO TEÓRICO

Contexto histórico. El Arquitecto y su proyecto

Situación actual, el edificio hoy

Fiabilidad Estructural

3. METODOLOGÍA

El Modelo FEM

Software

Marco normativo estructural de origen y actual

Caso de estudio con sus particularidades. Modelos elegidos

4. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Datos de partida del modelo. De Real (Proyecto) a ideal (RFEM)

Análisis de los modelos

5. CONCLUSIONES

6. BIBLIOGRAFÍA

7. ANEJOS

RESUMEN

Este trabajo de fin de grado plantea la evaluación de la estructura existente eligiendo como caso de estudio un edificio de Segovia con proyecto en 1963: La Fábrica de Embutidos “El Acueducto”, del arquitecto Francisco de Inza Campos.

Se evalúa la teoría de la fiabilidad estructural, cuyo objetivo es elaborar métodos que puedan determinar los niveles de seguridad en los sistemas estructurales. Utilizando como método el modelado de elementos finitos, se logra evaluar la estructura desde el enfoque de distintos modelos, viendo la influencia de los distintos elementos que aumentan la seguridad global del edificio. Se valora el modelo como una forma de trabajar, transformando el modelo físico real a uno que permita facilitar el análisis estructural. La información es válida para la evaluación.

La correcta evaluación del modelo atiende a la comparación de las normativas que se han seguido para realizar la obra, pudiendo establecer los rangos de seguridad y de cálculo empleados en el diseño de cálculo estructural. Este estudio manifiesta la evaluación de la estructura existente mediante un modelo de elementos finitos, estudiándose la influencia de los elementos constructivos en el comportamiento estructural y verificando la capacidad estructural atendiendo a normativas originales y actuales.

PALABRAS CLAVE

Evaluación · Fiabilidad Estructural · Método de Elementos Finitos · Seguridad Estructural · Normativa · Ideal/Real

1. INTRODUCCIÓN

Este trabajo consiste en la evaluación de la estructura existente de un edificio. Generalmente hasta los años 50, el método que se utilizaba para establecer la seguridad estructural era el de tensiones admisibles (suponiendo que la estructura trabaja a régimen elástico), se tenía en cuenta un coeficiente de seguridad basado en la experiencia. Más adelante, se comienza a utilizar el cálculo en estados límites, en el que se tienen en cuenta las acciones y las cargas con sus correspondientes coeficientes de mayoración. Hay distintos tipos de fallos que se relacionan con el estado límite, como los Estado Límite Últimos (rotura de secciones, pandeo, vuelco...); Estados Límite de Servicio (flechas, fisuras...) y Estados de Durabilidad (corrosión, degradación...).

Además, se trabajará sobre la teoría de la fiabilidad estructural, cuyo objetivo es elaborar métodos que puedan determinar los niveles de seguridad en los sistemas estructurales, teniendo como base las incertidumbres existentes de los mismos.

El caso de estudio es un edificio con proyecto original en 1963 ubicado en Segovia, del arquitecto Francisco de Inza Campos. Se trata de una Antigua fábrica de embutidos. Se desarrolla de forma modular mediante una estructura metálica y un cerramiento de fábrica de ladrillo. En un primer acercamiento al edificio no se ve un estado de degradación, pero observando la documentación original, se pueden apreciar ciertas singularidades que posiblemente no estuvieran contempladas completamente en el cálculo a nivel de proyecto, por lo que es interesante revisar estos aspectos sobre el modelo as built.

Llevándolo a la práctica, se fijan los objetivos que se resolverán en la investigación. Se llevarán las singularidades a un modelo 3D en RFEM (software tridimensional de análisis de elementos finitos) analizando estructuralmente las hipótesis elegidas; estableciendo materiales, dimensiones, valorando las hipótesis de cargas y esfuerzos a los que se somete la estructura, llegando a un análisis completo para definir la fiabilidad estructural del edificio.

- Evaluar la estructura existente con un modelo de elementos finitos (FEM).
- Estudiar la influencia de los elementos constructivos en el comportamiento estructural.
- Verificar la aptitud de la estructura (original/actual).

2. MARCO TEÓRICO

2.1. CONTEXTO HISTÓRICO. EL ARQUITECTO Y SU PROYECTO

El arquitecto Francisco de Inza Campos, también conocido como Curro Inza (1929-1976) es de los más destacados del organicismo madrileño y Escuela de Madrid. Pertenece a la CX promoción de la Escuela de Arquitectura de Madrid de 1959. Su carrera profesional se desarrolla durante 17 años, y se le reconoce como un profesional con repercusión nacional e internacional. Además de arquitecto, fue pintor, diseñador y editor; también estudió Filosofía y Letras.

Su arquitectura impresiona ya que vuelve a las tradiciones populares a la hora de utilizar los materiales más humildes, como bóvedas de ladrillo cerámico y madera tallada. Es una aspiración de la expresión individual, su arquitectura quiere llegar a la esencia, aceptando la arquitectura como construcción y funcionalidad. Su obra también es criticada como compleja y enigmática.¹

Muestra interés por lo “no construido”, por concursos y por difundir las nuevas ideas, difundiendo la corriente organicista y vinculando este discurso con la Tercera Generación Internacional; y es cuando las revistas *Arquitectura* y *Nueva Forma* le convierten en referencia teórica.

En su totalidad el arquitecto realiza 122 proyectos. Algunos son similares debido a su tipología, pero muchas otras destacan por su singularidad y calidad arquitectónica. Uno de estos casos, y en la que se centra esta investigación, es la fábrica de embutidos “El Acueducto”.

Esta fábrica, que en Segovia se conoce como “La Choricera”, se encuentra en el Polígono Industrial del Cerro, en la Carretera de San Rafael a Segovia km 93. Se reconoce como patrimonio histórico en 2021, pero hasta ese momento se ha conservado en buen estado.

El anteproyecto es redactado en febrero de 1963, el proyecto desde mayo de 1963 hasta octubre de 1965; se realizan dos ampliaciones, una en 1969 y otra en 1972.

El edificio se desarrolla mediante varios bloques independientes, situado en una gran parcela a la que se abre. Los volúmenes son sólidos y rotundos, de un color uniforme y cálido. Es una composición de lo racional y orgánico, racionalista y formalista; con carácter expresionista. Para la ciudad, es un hito, valorado arquitectónica y ambientalmente, como un punto de referencia.

¹ Verdasco, Ángel. *El Archivo de Curro Inza*, 2018: [pág. 5-6]

Se distribuye mediante los siguientes espacios²:

- 1) Bloque de vestuarios, comedores y viviendas. Son tres plantas moduladas mediante pórticos separados 5 metros entre ejes y 4 crujiás.
- 2) Bloque de oficinas. En planta tiene forma de L, con 4 pisos y moduladas a 5 metros, excepto una de ellas modula a 6 metros.
- 3) Accesos. Se diferencian para camiones, turismos y peatones.
- 4) Zona de una planta. Para administración y producción.
- 5) Torre de secadores naturales. Bloque de dos crujiás y 7 plantas.

Los materiales que son de interés para esta investigación, pueden ser 3 grandes grupos³:

1) Cimentación.

La cimentación se realiza mediante pozos de hormigón armado en masa de 250 kg en los pozos de zapatas, donde se dispondrán los soportes metálicos. Se prevé una zanja que ata los cimientos de los muros de carga.

Al ser el terreno de condición granítica, la profundidad de cimentación media es de 1m y las zapatas de 1m². La zanja es de 0,60m. Se ha proyectado también una solera de morro 0,30m con plaza de hormigón en masa de 300kg por m³.

2) Estructura.

Es una estructura de hierro con pilares de tubo y placa armada bidireccional, adecuado para la distribución de los pilares cada 5 metros. Se distribuye por toda la fábrica exceptuando la torre del secadero, que se prevé el mismo forjado con pilares de perfiles en U, y modulado con elementos de 5 x 8 metros.

3) Cubiertas.

Para las zonas de una sola planta, la cubierta es plana forjada sobre el forjado con impermeabilizante, aislante de fibra de vidrio de 5 cm y protección solar mediante grava y tierra vegetal (30 cm). En los bloques en altura, se añaden tabiquillos sobre los que se monta una bóveda tabicada de rasilla a doble tablero.

² Verdasco, Ángel. *El Archivo de Curro Inza*, 2018: [pág. 85-87]

³ Verdasco, Ángel. *El Archivo de Curro Inza*, 2018: [pág. 87-88]

2.2. SITUACIÓN ACTUAL, EL EDIFICIO HOY

Tras 12 años en desuso, en 2014 el edificio fue subastado y la adquiere la empresa de Suministros Transcose (suministro y recambios de automoción) por 2,7 millones de euros, con la idea de ubicar en el amplio espacio de instalaciones su centro de almacenaje, un uso muy diferente al que recogía la fábrica en sus orígenes.

En la actualidad la empresa solo utiliza 7000 m², para almacenamiento, oficinas y tienda. El resto del complejo se aprovecha como set de grabación de películas y series de televisión.

Desde que se adquiere la fábrica, se han realizado varias inversiones por parte de la empresa para restaurarla, sobre todo las cubiertas, que tenían problemas de goteras en 10000 m². También se vallaron los recintos que estaban dañados y en la zona de los muelles se demolieron algunos interiores para adaptar la tabiquería al almacén y zona de atención al cliente.⁴

⁴ El adelantado de Segovia. *Transcose adquiere el edificio de la Choricera por 2,7 millones, 2014*

2.3. FIABILIDAD ESTRUCTURAL

Uno de los objetivos principales de un Proyecto en Ingeniería Estructural se basa en que una estructura cumpla satisfactoriamente la función para la que ha sido proyectada; mantener esta función a lo largo de la vida útil de la misma depende de distintos factores, que antes se consideraban como cantidades deterministas⁵:

- Parámetros de proyecto inciertos, que se deben de tratar de forma estadística como variables aleatorias. En la práctica se refiere como combinaciones de carga que no pueden formularse sin razonamientos que impliquen consideraciones probabilistas, por ejemplo.
- Información insuficiente sobre el comportamiento estructural que se complementa con códigos que incorporan factores relativamente altos de seguridad que puedan llevar a creer que la seguridad absoluta se puede alcanzar.

Como se ha mencionado anteriormente, se utilizaba el método de las tensiones admisibles, que establece un coeficiente de seguridad basado en la experiencia, que se puede complicar, por ejemplo, cuando son estructuras de hormigón o madera, ya que las hipótesis de comportamiento lineal no son válidas hasta rotura, sino, solo para ciertos niveles de carga.

En los años 50 se reconsidera el método y se abre camino a la filosofía de cálculo en Estados Límite, en el que se considera un reconocimiento del carácter incierto de cargas y acciones que establecen modos de fallo, que se entiende como margen de fallo dentro de la satisfactoria respuesta de la estructura, frente a los que se establecen los niveles de seguridad correspondientes. Esta filosofía es la que es adoptada por las normas españolas de estructuras de acero y hormigón y que establece la base conceptual de los Eurocódigos que regulan las construcciones⁶. En este sentido, cabe mencionar la práctica equivalencia entre los Eurocódigos y el actual Código Estructural (2021), como normativa vigente para hormigón y acero en España.

⁵ M^a del Sagrario Gómez Lera, Enrique Alarcón Álvarez. *Introducción a la fiabilidad estructural y algunas aplicaciones*, 1992: [pág. 5]

⁶ M^a del Sagrario Gómez Lera, Enrique Alarcón Álvarez. *Introducción a la fiabilidad estructural y algunas aplicaciones*, 1992: [pág. 5]

Se clasifican los fallos en:

- 1) Estados Límites Últimos. Establecen condicionantes relativos al colapso total o parcial de la estructura.
- 2) Estados Límites de Servicio. Se relacionan con la funcionalidad de la estructura.
- 3) Estados Límite de Durabilidad. Se relacionan con la posibilidad de no alcanzar la vida útil que se ha diseñado en origen como consecuencia de los procesos de degradación de los materiales.

El Proyecto Estructural se realiza usando Normas o Códigos que establecen las mínimas consideraciones que se han de tener en cuenta para el diseño, análisis y construcción de cada tipo estructural. Las estructuras garantizaban estar del lado de la seguridad, pero no eran económicas, ya que, aunque se alcanzaba la seguridad, no se conocían profundamente las acciones, materiales y respuestas del sistema, sino que era por la codificación de prácticas comprobadas, basadas en la experiencia. Asimismo, para algunos de los criterios actuales (por ejemplo, limitaciones de Estado Límite de Servicio), una estructura proyectada conforme a normas antiguas puede no satisfacer dichos criterios según los Eurocódigos⁷.

Se empiezan a incorporar nuevos conceptos a otras normas debido a:

- Problemas prácticos por haber restringido el proyecto y por la complejidad inherente a la determinación de la respuesta del sistema.
- Falta de datos referentes a cargas, resistencia y variables implicadas.
- Incertidumbre en la cuantificación de niveles de seguridad.
- Inercia al cambio de los profesionales en ingeniería.

La ventaja de los nuevos códigos es que incrementa la seguridad global para iguales o menores costes de construcción⁸.

⁷ M^a del Sagrario Gómez Lera, Enrique Alarcón Álvarez. *Introducción a la fiabilidad estructural y algunas aplicaciones*, 1992: [pág. 6]

⁸ M^a del Sagrario Gómez Lera, Enrique Alarcón Álvarez. *Introducción a la fiabilidad estructural y algunas aplicaciones*, 1992: [pág. 7]

Las variables básicas utilizadas en Ingeniería Estructural tienen asociadas algún tipo de incertidumbre, no sería útil argumentar cada valor de cada variable, por lo que se pueden acotar para establecer valores base para el proyecto. En ingeniería estructural, no son válidos los siguientes argumentos:

- Los límites superiores a los valores de las cargas y los inferiores de la resistencia de los materiales no son fácilmente identificables.
- En caso de que las cotas existan, utilizarlas como valores de cálculo podría ser irracional y puede conducir a realizar proyectos antieconómicos.
- Los límites impuestos (controles de calidad, verificaciones...) nunca han de aceptarse como fiables 100%.

En el marco de la Teoría de la Fiabilidad Estructural estable estas incertidumbres:

- 1) Incertidumbres físicas. Consecuencia de la variabilidad inherente a las magnitudes físicas implicadas en el problema.
- 2) Incertidumbres estadísticas. Consecuencia de las aproximaciones que han de formularse para elegir las funciones de distribución y estimar los parámetros de las mismas.
- 3) Incertidumbres del modelo. Consecuencia de las hipótesis simplificativas realizadas en los modelos matemáticos.

La variabilidad de 2) y 3) pueden reducirse mediante el estudio e investigación, mientras que 1) son inevitables⁹.

La fiabilidad estructural recoge cuatro conceptos importantes:

- 1) Requisitos / Prestaciones → Definición del fallo estructural
- 2) Periodo de tiempo → Estipulación de un determinado tiempo de servicio
- 3) Nivel de fiabilidad → Determinación de probabilidad de fallo
- 4) Condiciones de uso → Acotación de incertidumbres

⁹ M^a del Sagrario Gómez Lera, Enrique Alarcón Alvarez. *Introducción a la fiabilidad estructural y algunas aplicaciones*, 1992: [pág. 7]

Se pueden establecer métodos de verificación de la seguridad en distintos niveles¹⁰:

- Nivel I. Con base semiprobabilista, utilizando factores parciales de ponderación de las cargas (γ_S) y resistencia (γ_R), relacionado con los valores característicos predefinidos o valores nominales, se incluyen en este nivel el formato de tensiones admisibles. Este tipo de procedimientos inicialmente se designó como formato en Estados Límite, sin embargo, se utiliza este término para designar los límites de separación entre el fallo y la seguridad.
- Nivel II. Se utilizan procedimientos aproximados para obtener valores numéricos de probabilidad de fallo.
- Nivel III. Conllevan una descripción probabilista completa de la Función de Distribución conjunta de las variables básicas que afectan a cómo responde la estructura.
- Nivel IV. Se evalúa la probabilidad de fallo con el objetivo de minimizar los costes.

¹⁰ M^a del Sagrario Gómez Lera, Enrique Alarcón Álvarez. *Introducción a la fiabilidad estructural y algunas aplicaciones*, 1992: [pág. 12-13]

3. METODOLOGÍA

3.1. EL MODELO FEM

Encontrar una respuesta analítica de un sistema físico a una acción es difícil, porque supone resolver un sistema de ecuaciones diferenciales que lo representan, lo que es prácticamente imposible en la mayor parte de los casos, especialmente en estructuras redundantes (hiperestáticas). El Método de Elementos Finitos (MEF) ofrece una manera apropiada de obtener soluciones aproximadas en la mayoría de los problemas de ingeniería; se permite transformar un sistema físico con infinitas incógnitas a uno con un número finito de incógnitas, que se relacionan unas con otras por elementos de un tamaño finito, se obtiene un modelo matemático capaz de representar fielmente la forma de un sistema físico real. El MEF se utiliza en una gran cantidad de campos de la ingeniería.

Sobre el análisis estructural, este método se usa en la discretización de cualquier tipo de estructura. El modelo continuo que se analiza, se sustituye por un número finito de subdominios que son conectados entre sí en un número finito de puntos, a los que se les llama nodos. Las funciones solución no se definen en todo el continuo, sus valores numéricos se calculan en los nodos. La función se resuelve en cualquier otro punto del continuo, utilizando las funciones interpoladas correctamente. Un elemento finito es un subdominio en el cual las funciones de interpolación son definidas. Según el número de elementos que se emplean y las funciones interpoladas, se logrará mayor o menor exactitud¹¹.

¹¹ Martín Ros Martín. *Análisis mediante elementos finitos de estructuras de acero con uniones semirrígidas*, 2019: [pág: 17]

3.2. SOFTWARE

El software que se va a utilizar es RFEM 6 (Dlubal 2023). Es un software de análisis estructural por elementos finitos que facilita un modelo sencillo y rápido, además del cálculo y dimensionado de modelos estructurales en 2D y 3D compuesto por elementos de varios tipos (barras, placas, muros, láminas, sólidos...) y materiales (acero, hormigón, vidrio, fábricas...).

RFEM calcula deformaciones, esfuerzos internos, tensiones, reacciones en los apoyos y tensiones de contacto con el suelo. Se pueden añadir módulos adicionales que faciliten la entrada de datos a partir de la creación automática de estructuras y uniones¹².

Se escoge por la facilidad de la interfaz, al ser muy intuitiva y fácil para diseñar sistemas estructurales.

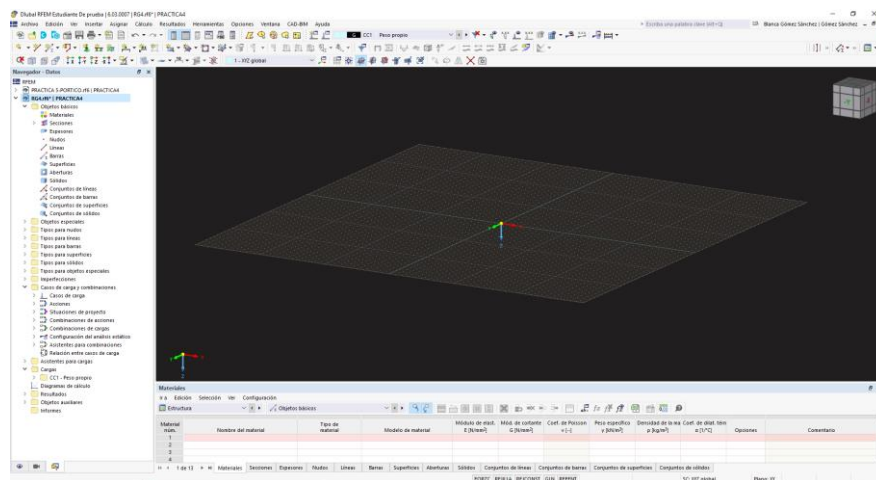
Al iniciar el programa, podemos elegir los datos principales, como el tipo de modelo y los complementos a elegir (análisis, cálculo y soluciones especiales como análisis geotécnico). Se ofrece una lista de todas las normas que se aplican en el modelo (ej: EN 1990:2002). También pueden elegirse las unidades del modelo y cómo es el plano del terreno.

Se compone de:

- 1) Barra de menú. En la parte superior de la ventana, que contiene las opciones para acceder a las diversas funciones del programa.
- 2) Barra de herramientas. Se muestran los iconos de los comandos más comunes o acciones específicas. Se accede rápidamente a las funciones, como, por ejemplo, crear elementos estructurales. Definir cargas, analizar modelos y visualizar resultados.
- 3) Área de trabajo principal. El área de trabajo es el espacio central, donde se editan y crean los modelos estructurales. El modelo puede mostrarse en 2D o 3D, se pueden dibujar elementos estructurales, definir apoyos, conexiones y aplicar cargas.
- 4) Navegador de proyectos. Se muestra una lista de los objetos y elementos del proyecto. Incluye elementos como barras, nodos, apoyos, cargas, combinaciones de carga...

¹² Dlubal software. *Software de Análisis de Estructuras RFEM por método de los elementos finitos*, 2023.

- 5) Panel de propiedades. Se muestran las propiedades y configuraciones de los objetos que se seleccionan en el modelo. En este panel se ajustan las dimensiones, materiales, secciones transversales y otros atributos.
- 6) Ventanas emergentes de resultados. Después de ejecutar los análisis estructurales, aparecen ventanas emergentes que muestran gráficos de resultados, diagramas, tablas de resultados y otros datos relacionados con el análisis. Se pueden especificar más informaciones.
- 7) Paletas de carga y combinaciones de carga. Para definir las cargas y sus combinaciones, el propio programa proporciona paletas donde especificar los valores, direcciones y ubicación de las cargas. Se pueden definir combinaciones de carga que representan distintos escenarios de carga en el modelo.
- 8) Menús contextuales. Estos menús ofrecen opciones específicas para los objetos que se han seleccionado, como editar propiedades, aplicar cargas o realizar acciones relacionadas con el objeto seleccionado.



3.3. MARCO NORMATIVO ESTRUCTURAL DE ORIGEN Y ACTUAL

Desde 1957 el sector de la edificación estaba regulado por las normas técnicas conocidas como normas MV, que eran competencia del Ministerio de la Vivienda, la Dirección General de Arquitectura del Ministerio de Gobernación (creada en 1937) desarrollaba esta reglamentación. La norma que establece las acciones en la edificación en el año en el que se hizo el proyecto de estudio es la NORMA MV 101-1962. En la actualidad, su similitud atiende al Documento Básico SE-AE, Seguridad Estructural, Acciones en la edificación; y DB SE-C, Seguridad Estructural, Cimientos.

En 1963 la normativa era muy básica y descentralizada, cada municipio o provincia tenía la capacidad de establecer sus propias reglas, lo que conllevaba a una carencia de uniformidad en los estándares de construcción. En la actualidad al contar con el CTE se consiguen unas normas y requisitos técnicos para la construcción de todos los edificios.

Además, en 1963 la trazabilidad y calidad de los materiales de construcción son diferentes a los actuales, gracias a los avances en los materiales se consigue una mayor durabilidad y eficiencia energética, lo que promueve el uso de materiales sostenibles.

Estos cambios garantizan la construcción de edificios más seguros y eficientes desde el punto de vista energético. A continuación, se comparan estas dos normativas y las que se utilizan en el proyecto, pudiendo evaluar así la estructura a nivel de proyecto. Se determinan las equivalencias de cada una de las normas con la otra, pudiendo comparar los datos que se utilizan en el proyecto.

3.3.1. Generalidades

	NORMA MV	DB SE-AE
Ámbito de aplicación	La norma se aplicará en el proyecto y en la obra de toda edificación, cualquiera que sea su clase y destino.	El campo de aplicación es el de la determinación de las acciones sobre los edificios, para verificar el cumplimiento de requisitos de seguridad estructural y aptitud de servicio, establecidos en el DB-SE.
Clasificación de las acciones	<ol style="list-style-type: none"> 1) Acción gravitatoria. 2) Acción del viento. 3) Acción térmica. 4) Acción reológica. 5) Acción sísmica. 6) Acción del terreno. 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Acciones permanentes. 2) Acciones variables. 3) Acciones accidentales.
Simultaneidad de las acciones	<ol style="list-style-type: none"> 1) Caso I. 2) Caso II. 3) Caso III. 	Verificaciones basadas en coeficientes parciales.

3.3.2. *Acciones gravitatorias / Acciones permanentes.*

	NORMA MV	DB SE-AE
Peso específico de materiales de construcción	Tabla 2.1	Tabla C.1 Tabla C.2
Características de materiales almacenables	Tabla 2.2	Tabla C.6
Peso específico de líquidos	Tabla 2.3	-
Peso de fábricas y macizos	Tabla 2.4	Tabla C.1 Tabla C.4
Peso de elementos constructivos	Tabla 2.5	Tabla C.3 Tabla C.5

*Anejo A

3.3.3. *Sobrecargas de usos / Sobrecarga de uso*

	NORMA MV	DB SE-AE
Sobrecargas de uso	Tabla 3.1	Tabla 3.1
Reducción de sobrecargas	Tabla 3.2	Tabla 3.2

*Anejo B

3.3.4. Sobrecargas de nieve / Nieve

	NORMA MV	DB SE-AE
Sobrecarga de nieve sobre la superficie horizontal	Tabla 4.1	Tabla E.2
Altitud topográfica de las capitales de provincia	Tabla 4.2	Tabla 3.8

*Anejo C

3.3.5. *Acción del viento / Viento*

	NORMA MV	DB SE-AE
Presión dinámica del viento	Tabla 5.1	Figura D.1 $q_b = 0,5 \cdot \delta \cdot v_b^2 (D1)$ δ : densidad del aire v_b : velocidad básica del viento
Coefficiente eólico de sobrecarga en una construcción cerrada	Tabla 5.2	Tabla D.5 Tabla D.6 Tabla D.7
Coefficiente eólico de sobrecarga total en una construcción	Tabla 5.3	Tabla D.8 Tabla D.9 Tabla D.10
Coefficiente eólico en planos y diedros exentos	Tabla 5.4	Tabla 3.6
Factor eólico de esbeltez	Tabla 5.5	Tabla 3.5 Tabla 3.6

*Anejo D

3.3.6. *Acciones térmicas y reológicas / Acción térmica*

	NORMA MV	DB SE-AE
Variación de temperaturas	Variaciones de temperatura	Tabla 3.7

*Anejo E

3.3.7. Acciones sísmicas / Sismo

	NORMA MV	DB SE-AE
Mapa sísmico	Figura 3.1 Tabla 3.1	Figura 2.1 (NSCE-02)
Coefficiente para cada grado de intensidad	Tabla 4.4	Tabla 2.1 (NSCE-02)

*Anejo F

3.3.8. Presiones en terreno de cimentación / Criterios de clasificación

	NORMA MV	DB SE-C
Presiones admisibles en el terreno de cimentación	Tabla 8.1	Tabla D.25
Asientos generales admisibles	Tabla 8.2	-

*Anejo G

3.3.9. Empujes del terreno / Criterios de clasificación

	NORMA MV	DB SE-C
Características empíricas de los terrenos	Tabla 9.1	Tabla D.26 Tabla D.27 Tabla D.28
Coefficientes de empuje activo	Tabla 9.2	$\sigma'_a = K_A \sigma'_v - 2c' \sqrt{K_A}$ $\sigma'_{ah} = \sigma'_a \operatorname{sen}(\beta + \delta)$ $K_A = \left[\frac{\operatorname{cosec} \beta \operatorname{sen}(\beta - \psi')}{\sqrt{\operatorname{sen}(\beta + \delta)} + \sqrt{\frac{\operatorname{sen}(\delta + \psi') \operatorname{sen}(\psi' - \delta)}{\operatorname{sen}(\beta - \delta)}}} \right]^2$

*Anejo G

3.4. CASO DE ESTUDIO CON SUS PARTICULARIDADES. MODELOS ELEGIDOS

Se ha escogido el modelo estructural de la torre de secadero natural. Esta torre es un bloque en dos crujiás, con 350 m² de planta. La altura del mismo es de 6 plantas sobre planta baja. Las comunicaciones verticales de los mismos son dos montacargas, que se sitúan en cada una de las dos fachadas mayores, y una escalera. La torre está destinada a secaderos, excepto la primera planta que se destina a almacén de recipientes metálicos. Se proyecta una estructura de hierro con pilares de perfiles en U y placa armada en dos direcciones, sin vigas. Este tipo de forjado es muy adecuado para el tipo de distribución elegido para los pilares, ya que son elementos simétricos de 5 x 5m¹³.

Como paso previo a dibujar el modelo de elementos finitos, se consulta la documentación original para concretar las cargas que se utilizan para calcular los elementos estructurales. Los datos de partida son aquellos que se establecen en la documentación original del proyecto.

Los datos estructurales se extraen del documento "*Proyecto de fábrica de embutidos para Félix Postigo Herranz S.A. Segovia. Cálculo de Estructura*". En este documento se encuentran los siguientes apartados¹⁴:

- 1) Hipótesis de carga.
 - a. Cubierta (edificio en una planta).
 - b. Secaderos artificiales.
 - c. Cubierta de secaderos artificiales.
 - d. Secaderos naturales.
 - e. Oficinas. Vestuarios y comedores.
 - f. Cubierta en edificios de más de una planta.
- 2) Hipótesis de cálculo.
Se diferencian 3 tipos de forjados.
- 3) Forjados.
- 4) Resumen de forjados.
- 5) Pilares,
- 6) Medición de pilares.
- 7) Número de pilares.
- 8) Cálculo de vigas en secaderos artificiales.

¹³ Verdasco, Ángel. *El Archivo de Curro Inza*, 2018: [pág. 88]

¹⁴ Ayuntamiento de Segovia. *Archivo Municipal*, 2023: [A-83]

9) Resumen de hierro.

10) Forjados.

**Anejo H*

Para los secaderos naturales:

1) Hipótesis de carga.

a. Sobrecargas en cubierta	kgs/m ²
0,3 de nieve	300
viviente	100
Total	400
Peso propio del forjado armado en dos direcciones para esta carga	375
Carga total	775

b. Sobrecarga en pisos	kgs/m ²
Viviente	200
Pavimento con solado	120
Tabiquería	30
Chorizos	100
Total	450
Peso propio del forjado	375
Carga total	825

2) Hipótesis de cálculo.

- a. Los pilares inferiores se calculan a compresión simple.
- b. Los pilares de fachada a compresión compuesta son con un momento de $1/50 * P l^2$.
- c. El acero trabaja a $1400/cm^2$.
- d. En el cuerpo de siete pantas se considera un viento de $80kg/m^2$ y para ello se disponen arriostramiento.
- e. El forjado en dos direcciones se calcula como seta aligerada.
- f. En la zona modulada a $5x5m$, se proyecta placa armada en dos direcciones sin vigas.

3) Forjados

PLANTAS	SUPERFICIE M²	SOBRECARGA	PESO PROPIO	TOTAL/M²
1	350	400	375	775
2	350	450	375	825
3	350	450	375	825
4	350	450	375	825
5	350	450	375	825
6	350	450	375	825
7	350	450	375	825

Con estos datos se comienza a dibujar el modelo de elementos finitos.

4. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.1. DATOS DE PARTIDA DEL MODELO. DE REAL (PROYECTO) A IDEAL (RFEM)

A la hora de realizar una modelización por elementos finitos, tienen que realizarse una serie de simplificaciones que pasan de la realidad física a un modelo ideal. De esta forma, las uniones, tipologías estructurales, y apoyos se asumen como una de las tipologías prefijadas en los programas de cálculo. A la hora de realizar una modelización de una estructura construida, es imprescindible estudiar los detalles constructivos del proyecto original para realizar unas hipótesis de modelización acordes con el comportamiento real de la estructura, como se describe a continuación.

En el proyecto se prevé una cimentación por pozos, compuesta por hormigón en masa en los de las zapatas para soportes metálicos y una zanja de atado de cimientos de los muros de carga. Como se ha comentado anteriormente, el terreno es granítico por lo que no se esperan asentamientos apreciables. En cuanto a la unión pilar-zapata, esta se realiza con rigidizadores ideados para permitir la transmisión de momentos en la base del pilar.

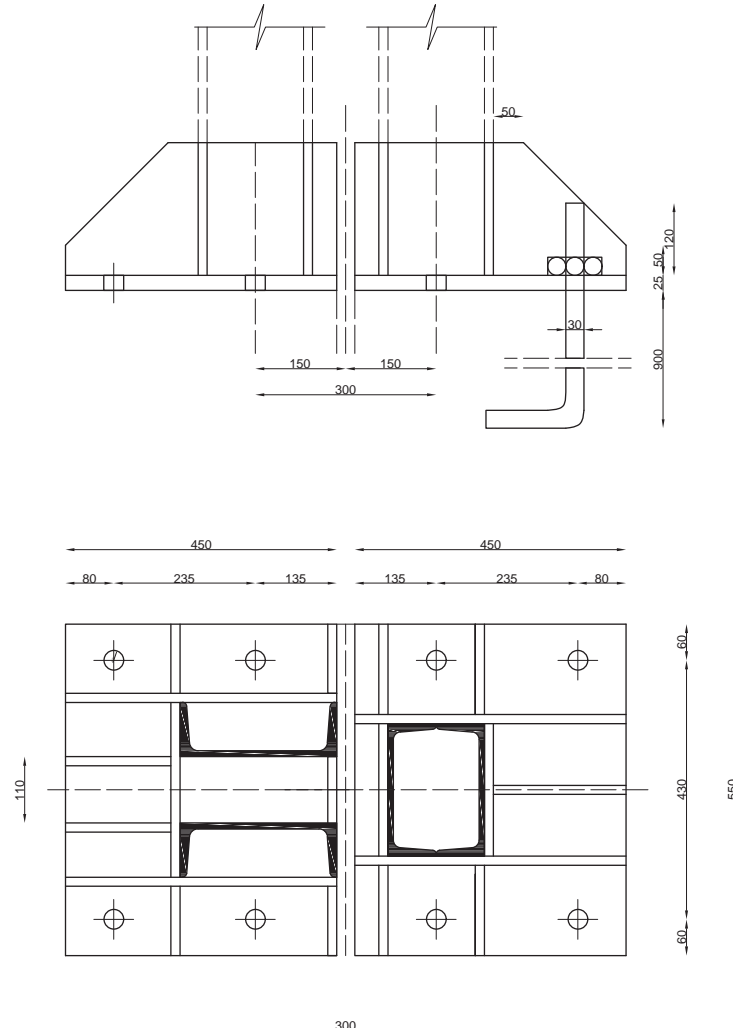


Figura 1. Arranque de muro en junta de dilatación.

Debido a estas condiciones, los apoyos de los pilares se han considerado empotrados, se bloquean tanto el giro como el desplazamiento, se describen estructuralmente como de tres valores debido a que se eliminan tres grados de libertad. Esta idealización es coherente con la tipología estructural en la que el lado largo prescinde de diagonales de arriostramiento (lo que obliga a que los pilares puedan absorber esfuerzos de viento), y con la consideración de que los desplazamientos verticales son lo suficientemente pequeños para que no se precise modelizar el terreno con constante elástica.

En el modelo se diferencian dos familias de vigas, las principales (continuas) y las secundarias (transversales). Las uniones de pilares y vigas se han considerado articulaciones, se permite el giro alrededor del punto de apoyo, pero se evita la posibilidad de un desplazamiento horizontal o vertical, se describen estructuralmente como de dos valores debido a que se eliminan dos grados de libertad. Esto es coherente con el tipo de las uniones (soldadura en el alma), que pueden apreciarse en los detalles del proyecto.

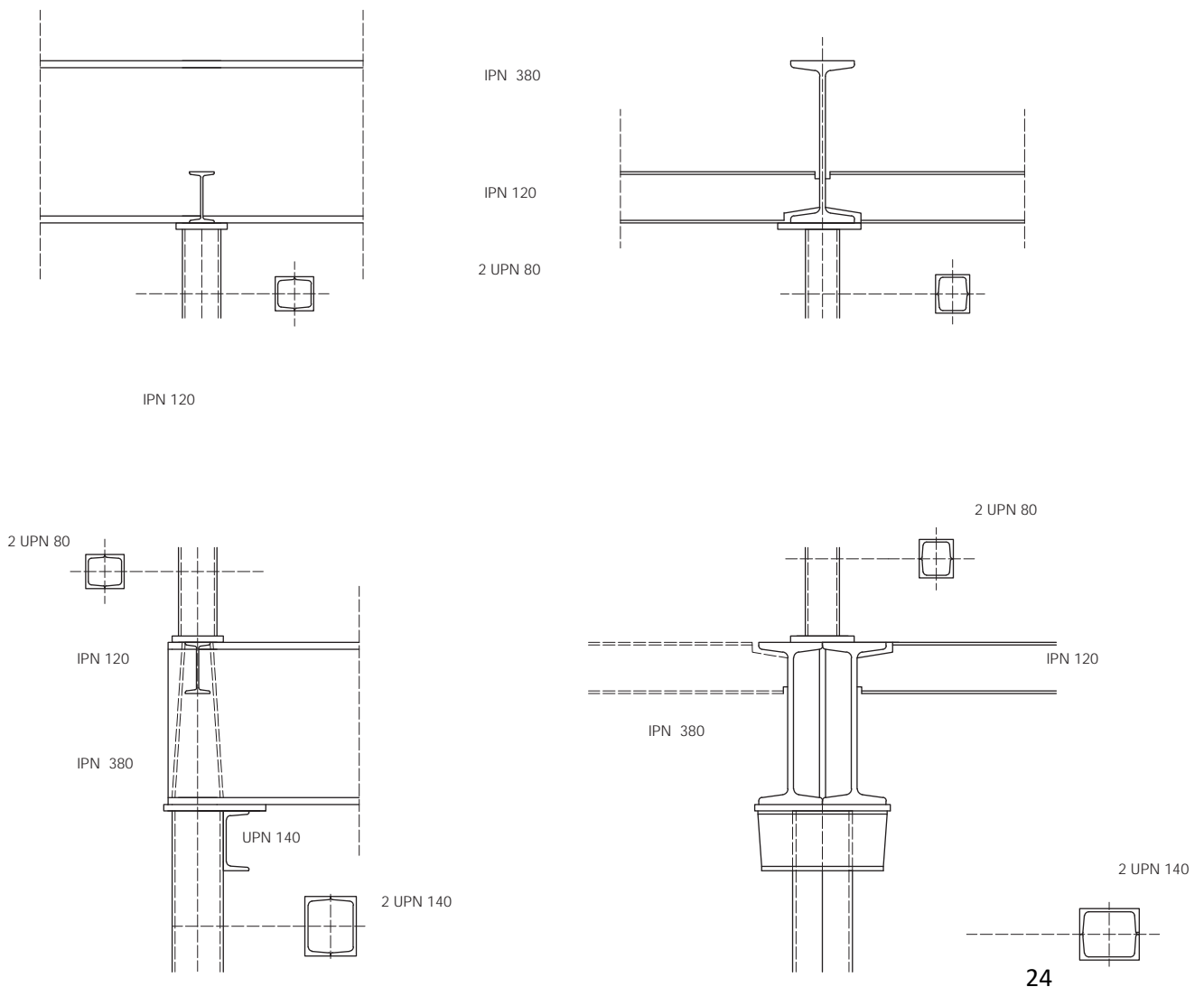


Figura 2. Uniones de IPN 120 con IPN 380.

Los arriostramientos se encuentran en el lado corto de la fachada, y son considerados en RFEM como una barra traccionada. Esto quiere decir que, en el caso en el que las barras se compriman, el pandeo no se considerará como un fallo estructural.

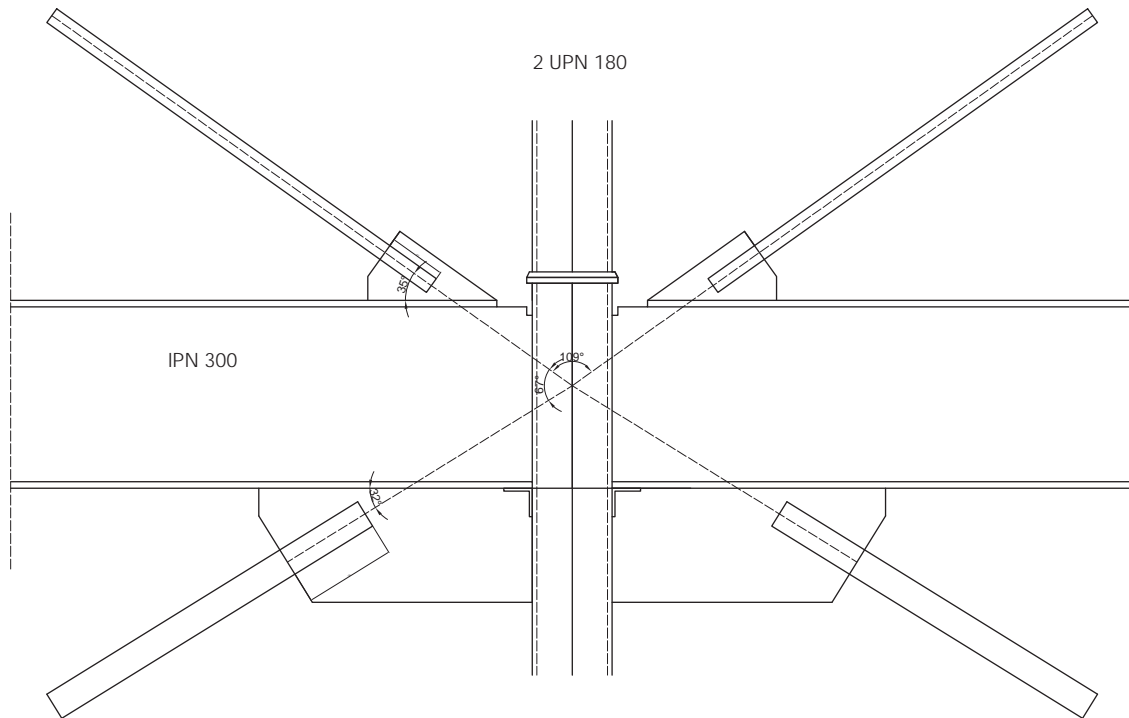


Figura 3. Arriostramiento en pórticos.

I. Modelo 1_Forjados como transmisión de cargas.

Como se ha mencionado anteriormente, el modelo consta de dos crujeías de 5x5m, con forjados de placa armada. En este caso, se modelan los perfiles y vigas metálicas, y los forjados se interpretan como superficies de transmisión de cargas (con sus respectivos pesos propios).

RFEM permite enfocar la aplicación de simple de cargas creando una superficie con la transmisión de cargas como tipo de rigidez, es una superficie sin espesor y su única función es transmitir cargas. Esta superficie no tiene ningún efecto estructural, se utiliza para la representación de los forjados, que no han sido modelados.

Las secciones utilizadas son: (material: S275JR / Isótropo / Elástico lineal)

Pilares:

- 2UI UPN 400
- 2UI UPN 260
- 2UI UPN 200
- 2UI UPN 180
- 2UI UPN 140
- 2UI UPN 120

Vigas:

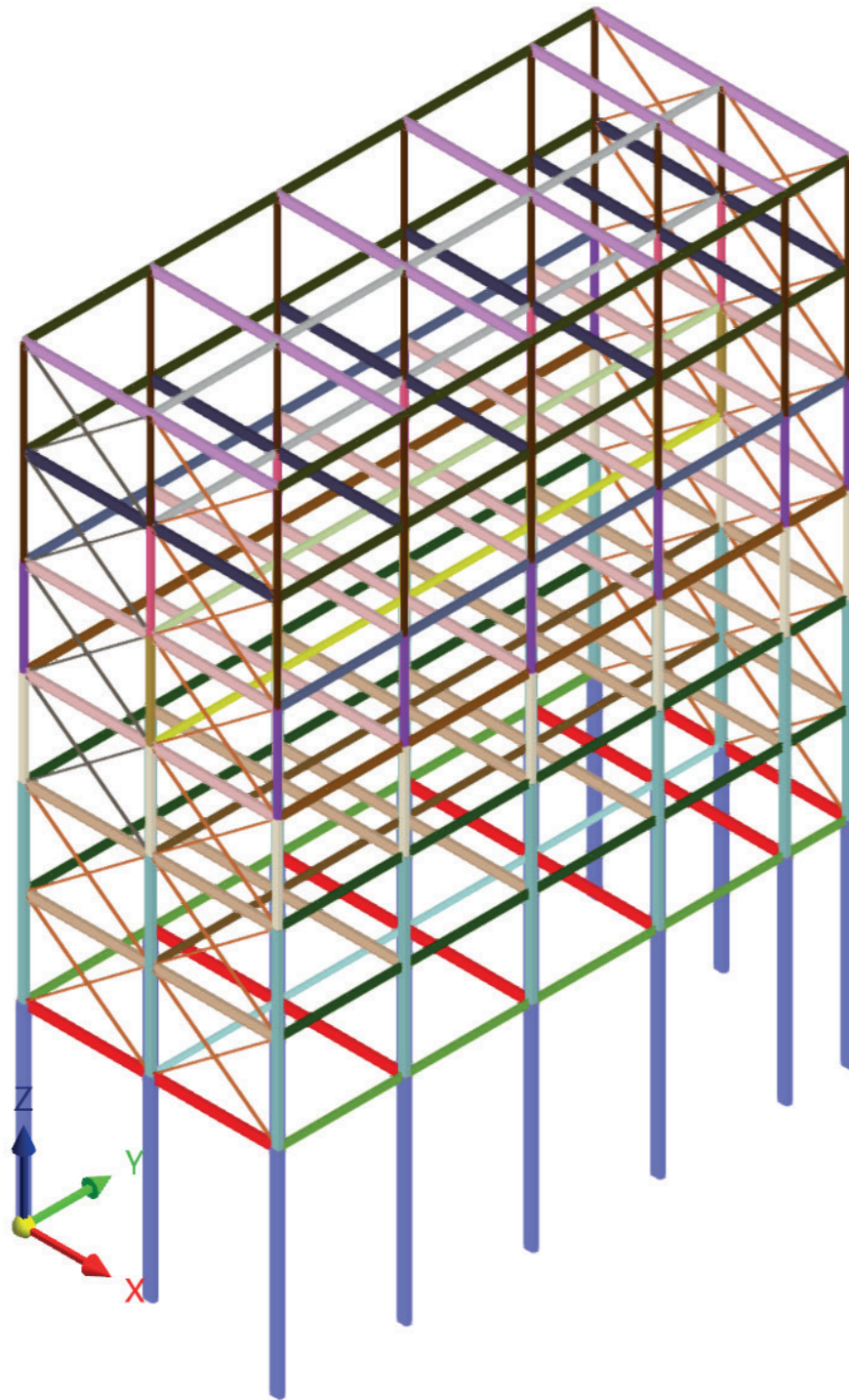
- IPN 360
- IPN 320
- IPN 240
- IPN 220
- IPN 200
- IPN 180

Arriostramientos: 2 LHLO 45x45x5

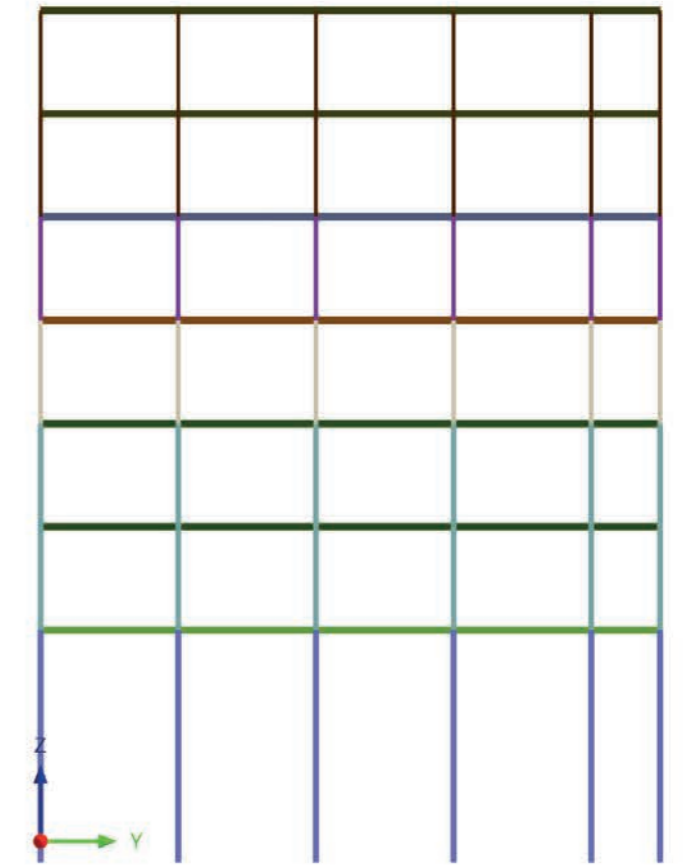
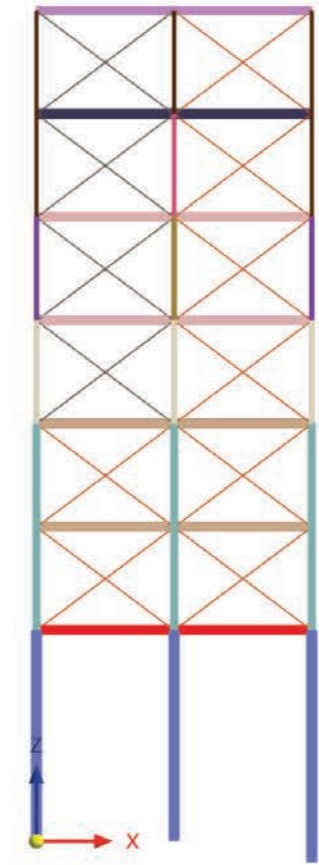
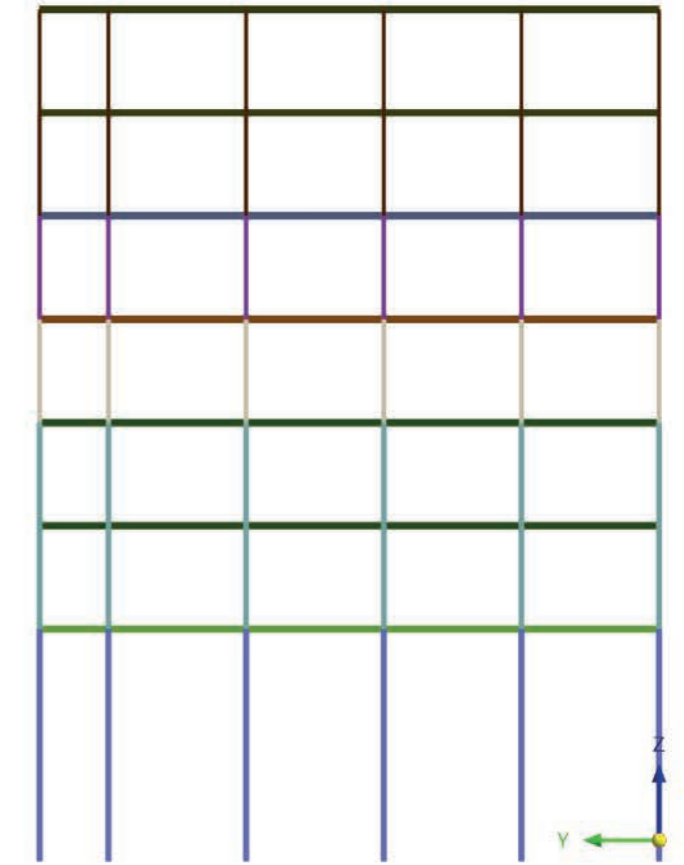
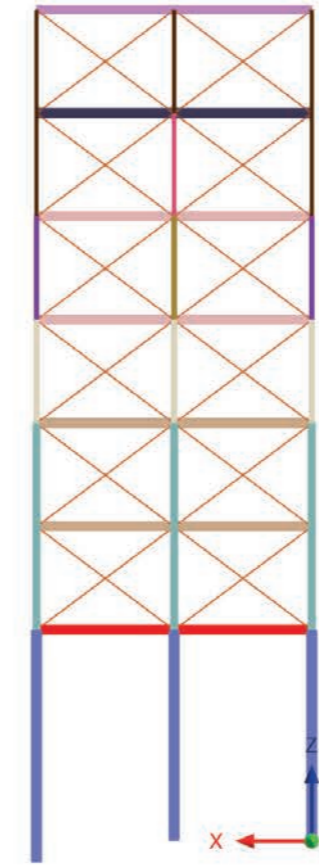
I. Modelo 1_Secciones

- Pilares:**
- 2UI UPN 400
 - 2UI UPN 260
 - 2UI UPN 200
 - 2UI UPN 180
 - 2UI UPN 140
 - 2UI UPN 120
- Arriostramientos:**
- 2 LHLO 45x45x5

- Vigas:**
- IPN 360
 - IPN 320
 - IPN 240
 - IPN 220
 - IPN 200
 - IPN 180



EVALUACIÓN SOBRE LA ESTRUCTURA EXISTENTE



I. Modelo 1_Cargas

CC1_Peso propio

CC2_Peso propio del forjado

CC3_Sobrecarga

3,75 kN/m²

4,00 kN/m² planta de pisos

1,00 kN/m² planta de cubierta

CC4_Viento en eje X

CC5_Nieve

CC6_Viento en eje Y

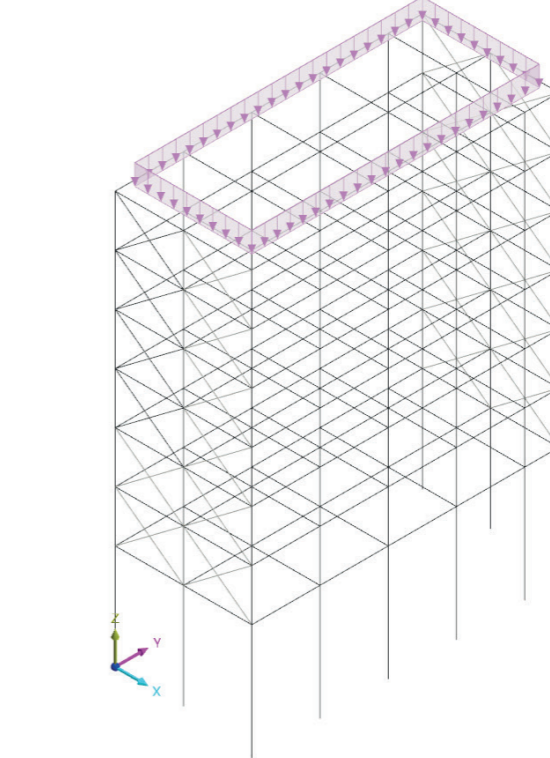
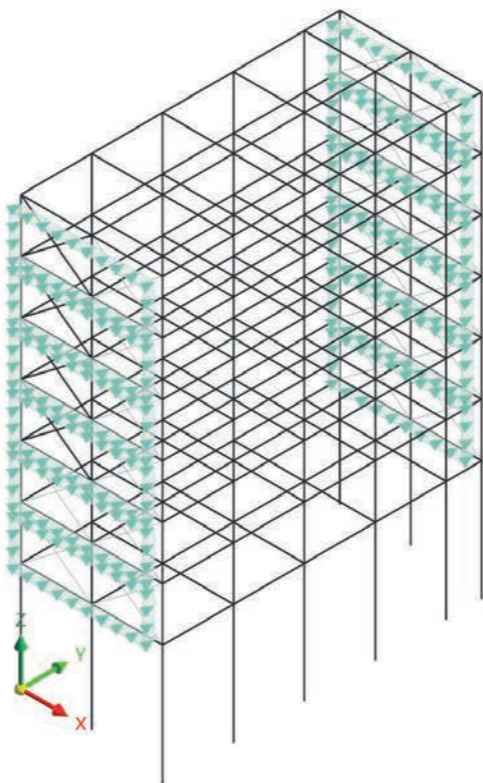
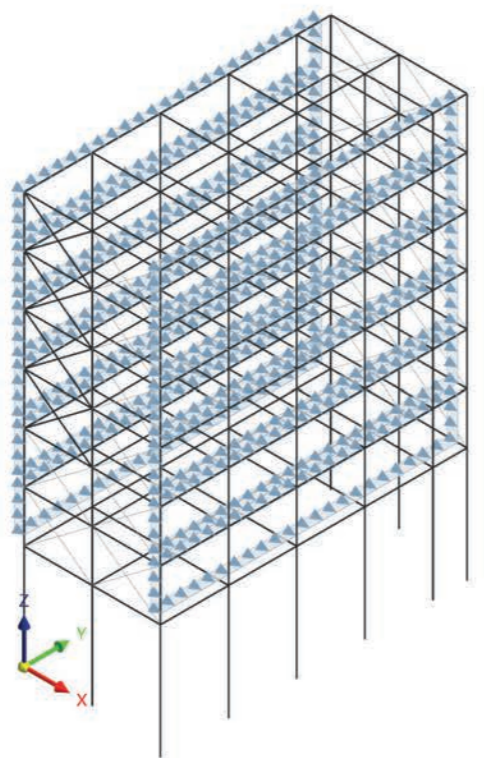
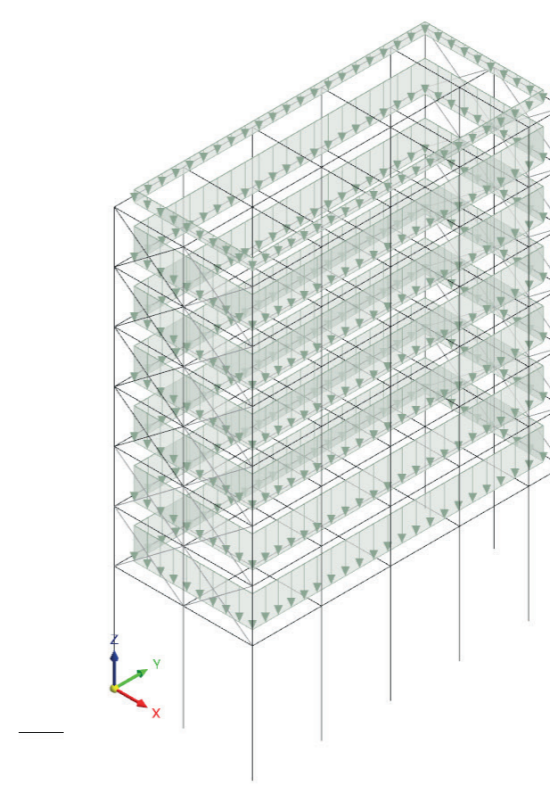
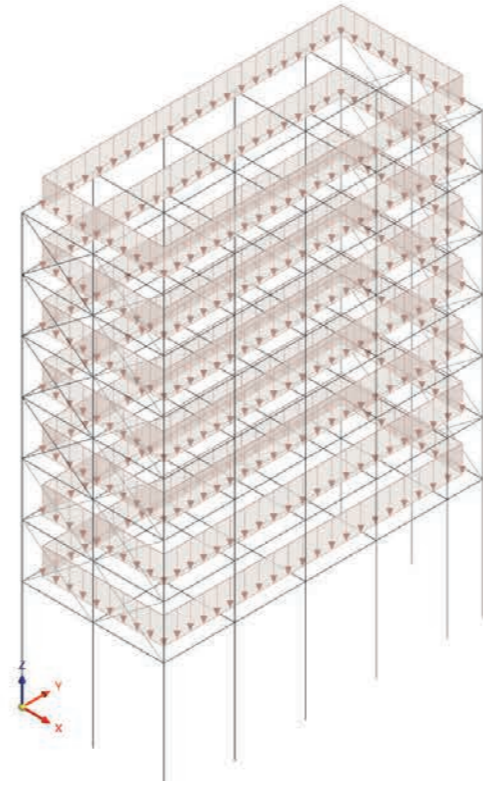
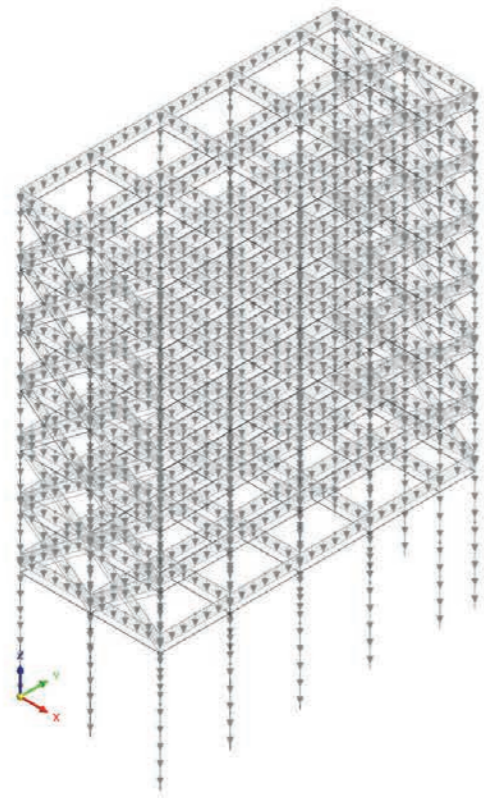
0,80 kN/m² acción directa

0,40 kN/m² succión

3 kN/m²

0,80 kN/m² acción directa

0,40 kN/m² succión



Con estos datos, se realizan las hipótesis de carga para las comprobaciones. Se compara el modelo utilizando, en primer caso, la normativa actual, que establece distintas combinaciones frente a las normas MV.

i. Documento Básico SE-AE. Seguridad Estructural. Acciones en la edificación.

Previamente a considerar las hipótesis, se calcula la estructura con los coeficientes adecuados en esta normativa, ya que hay diferencias. Según CTE DB-SE AE, los coeficientes parciales que se utilizan para materiales son:

Para la resistencia de secciones	$\gamma_{m0} = 1$
Para la resistencia de barras al fallo de estabilidad	$\gamma_{m1} = 1$
Para la resistencia de las secciones a la fractura por tracción	$\gamma_{m2} = 1,25$

Se estudia el comportamiento de la estructura mediante la tensión de Von Mises (magnitud física proporcional a la energía de distorsión). En RFEM esta hipótesis supone que el material falla tan pronto como la energía que modifica la forma excede de un cierto límite. Esta aproximación representa la hipótesis de tensiones equivalentes más conocida, su uso está extendido en construcción de edificación de acero. El programa por defecto realiza las siguientes aproximaciones para obtener los resultados¹⁵:

- Tensión equivalente máxima en la cara positiva o negativa de la superficie:

$$\sigma_{\text{eq,von Mises, Max}} = \max(\sigma_{\text{eq,von Mises, +}}; \sigma_{\text{eq,von Mises, -}})$$

- Tensión equivalente en el lado positivo de la superficie:

$$\sigma_{\text{eq,von Mises, +}} = \sqrt{(\sigma_{x,+}^2 + \sigma_{y,+}^2 - \sigma_{x,+} \sigma_{y,+} + 3\tau_{xy,+}^2)}$$

- Tensión equivalente en el lado negativo de la superficie:

$$\sigma_{\text{eq,von Mises, -}} = \sqrt{(\sigma_{x,-}^2 + \sigma_{y,-}^2 - \sigma_{x,-} \sigma_{y,-} + 3\tau_{xy,-}^2)}$$

- Tensión equivalente de membrana:

$$\sigma_{\text{eq,von Mises, m}} = \sqrt{(\sigma_{x,m}^2 + \sigma_{y,m}^2 - \sigma_{x,m} \sigma_{y,m} + 3\tau_{xy,m}^2)}$$

¹⁵ Dlubal software. *Tensiones*, 2023.

- a. ELU_CO1 Estado Límite Último / Permanente y transitoria

$$1,35 \cdot CC1 + 1,35 \cdot CC2 + 1,35 \cdot CC3$$

En esta combinatoria intervienen las cargas de peso propio, peso propio del forjado y sobrecargas de usos. Los puntos más críticos en este caso se encuentran en las vigas interiores, siendo las que a menor cota están las que más sufren.

- b. ELU_CO2 Estado Límite Último / Permanente y transitoria

$$1,35 \cdot CC1 + 1,35 \cdot CC2 + 1,35 \cdot CC3 + 1,5 \cdot CC4$$

En esta combinatoria intervienen las cargas de peso propio, peso propio del forjado, sobrecargas de usos y viento en la dirección del eje X. Los puntos más críticos en este caso se encuentran en los extremos de las vigas interiores, siendo las que a mayor cota están las que más sufren.

- c. ELU_CO3 Estado Límite Último / Permanente y transitoria

$$1,35 \cdot CC1 + 1,35 \cdot CC2 + 1,35 \cdot CC3 + 1,5 \cdot CC6$$

En esta combinatoria intervienen las cargas de peso propio, peso propio del forjado, sobrecargas de usos y viento en la dirección del eje Y. Los puntos más críticos en este caso se encuentran en las vigas interiores, siendo las que a menor cota están las que más sufren. Los pilares, al estar trabajando en la dirección débil presentan también deformaciones, sobre todo en los pilares interiores.

- d. ELU_CO4 Estado Límite Último / Permanente y transitoria

$$1,35 \cdot CC1 + 1,35 \cdot CC2 + 1,35 \cdot CC3 + 1,5 \cdot CC4 + 1,05 \cdot CC5$$

En esta combinatoria intervienen las cargas de peso propio, peso propio del forjado, sobrecargas de usos, viento en la dirección del eje X y nieve. Los puntos más críticos en este caso se encuentran en los extremos de las vigas interiores, siendo las que a mayor cota están las que más sufren.

- e. ELU_CO5 Estado Límite Último / Permanente y transitoria

$$1,35 \cdot CC1 + 1,35 \cdot CC2 + 1,35 \cdot CC3 + 1,5 \cdot CC6 + 1,05 \cdot CC5$$

En esta combinatoria intervienen las cargas de peso propio, peso propio del forjado, sobrecargas de usos, viento en la dirección del eje Y y nieve. Los puntos más críticos en este caso se encuentran en las vigas interiores, siendo las que a menor cota están las que más sufren. Los pilares, al estar trabajando en la dirección débil presentan también deformaciones, sobre todo en los pilares interiores.

- f. ELU_CO6 Estado Límite Último / Permanente y transitoria

$$1,35 \cdot CC1 + 1,35 \cdot CC2 + 1,35 \cdot CC3 + 1,50 \cdot CC5$$

En esta combinatoria intervienen las cargas de peso propio, peso propio del forjado, sobrecargas de usos y nieve. Los puntos más críticos en este caso se encuentran en las vigas interiores, siendo las que a menor cota están las que más sufren.

- g. ELU_CO7 Estado Límite Último / Permanente y transitoria

$$1,35 \cdot CC1 + 1,35 \cdot CC2 + 1,35 \cdot CC3 + 0,90 \cdot CC4 + 1,50 \cdot CC5$$

En esta combinatoria intervienen las cargas de peso propio, peso propio del forjado, sobrecargas de usos, viento en la dirección del eje X y nieve. Los puntos más críticos en este caso se encuentran en los extremos de las vigas interiores, siendo las que a mayor cota están las que más sufren.

- h. ELU_CO8 Estado Límite Último / Permanente y transitoria

$$1,35 \cdot CC1 + 1,35 \cdot CC2 + 1,35 \cdot CC3 + 0,90 \cdot CC6 + 1,50 \cdot CC5$$

En esta combinatoria intervienen las cargas de peso propio, peso propio del forjado, sobrecargas de usos, viento en la dirección del eje Y y nieve. Los puntos más críticos en este caso se encuentran en los extremos de las vigas interiores, siendo las que a menor cota están las que más sufren. Los pilares, al estar trabajando en la dirección débil presentan también deformaciones, sobre todo en los pilares interiores.

Para las combinaciones anteriores de carga se obtiene:

COMBINACIÓN	$\sigma_{eq,von Mises, Max}$ [N/mm²]	$\sigma_{eq,von Mises, Min}$ [N/mm²]
CO1	<i>548.061</i>	<i>0.004</i>
CO2	<i>1487.220</i>	<i>0.017</i>
CO3	<i>652.955</i>	<i>0.053</i>
CO4	<i>1486.530</i>	<i>0.028</i>
CO5	<i>551.577</i>	<i>0.003</i>
CO6	<i>548.069</i>	<i>0.006</i>
CO7	<i>947.791</i>	<i>0.032</i>
CO8	<i>552.210</i>	<i>0.029</i>

Las tensiones obtenidas en los puntos críticos son muy superiores a las aptas para el acero utilizado en la construcción, por lo que se concluye que esta modelización no es apta.

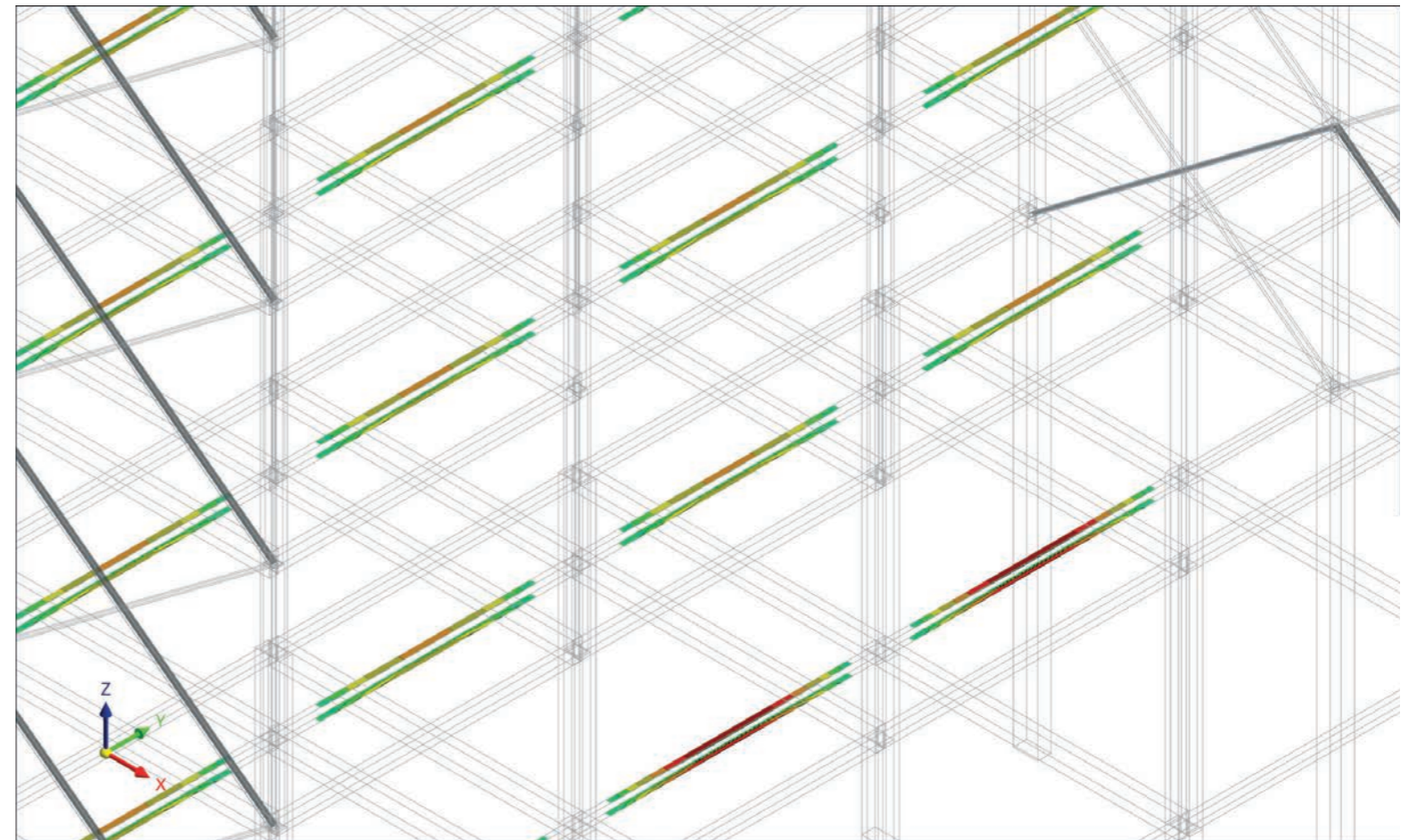
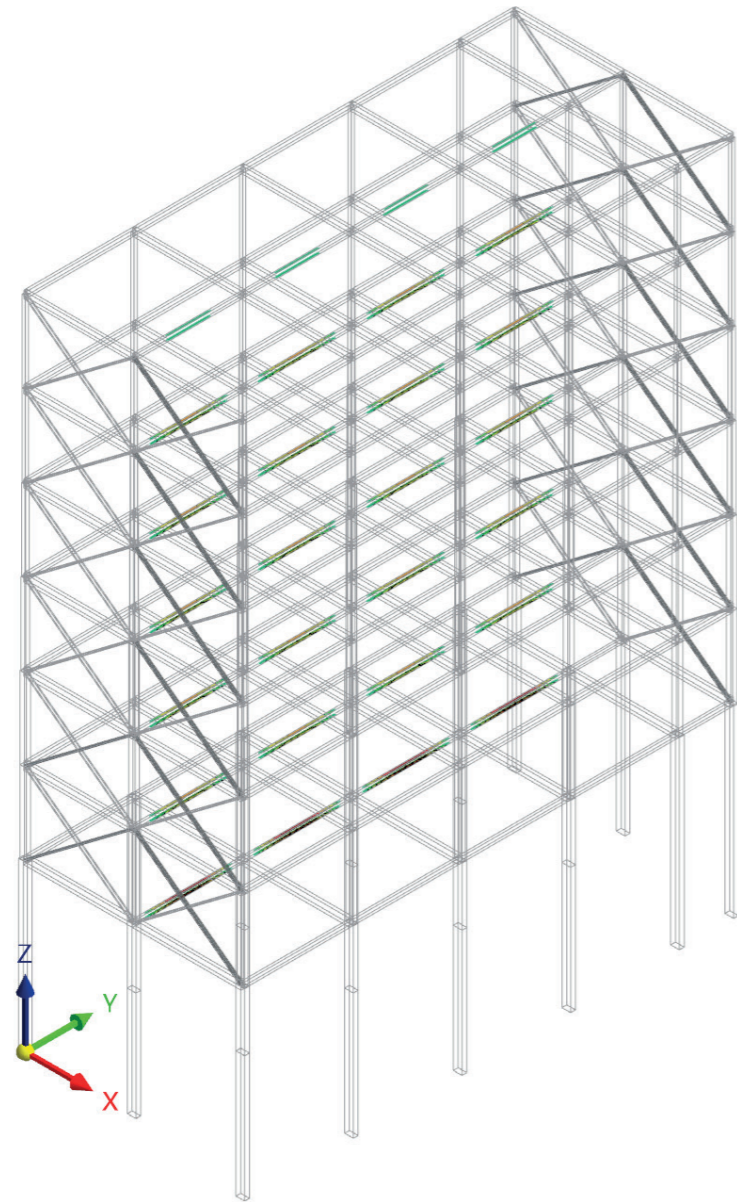
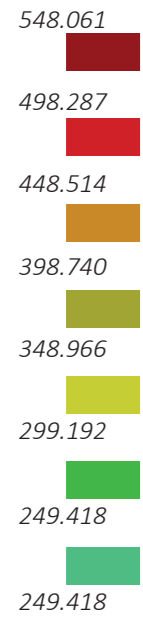
I. Modelo 1_Combinaciones de acciones_Documento Básico SE-AE

- CC1_Peso propio
- CC2_Peso propio del forjado
- CC3_Sobrecarga

- CC4_Viento en eje X
- CC5_Nieve
- CC6_Viento en eje Y

Tensión equivalente elástica $\sigma_{eq,von Mises}$ [N/mm²]

$$CO1_{1,35 \cdot CC1 + 1,35 \cdot CC2 + 1,35 \cdot CC3}$$



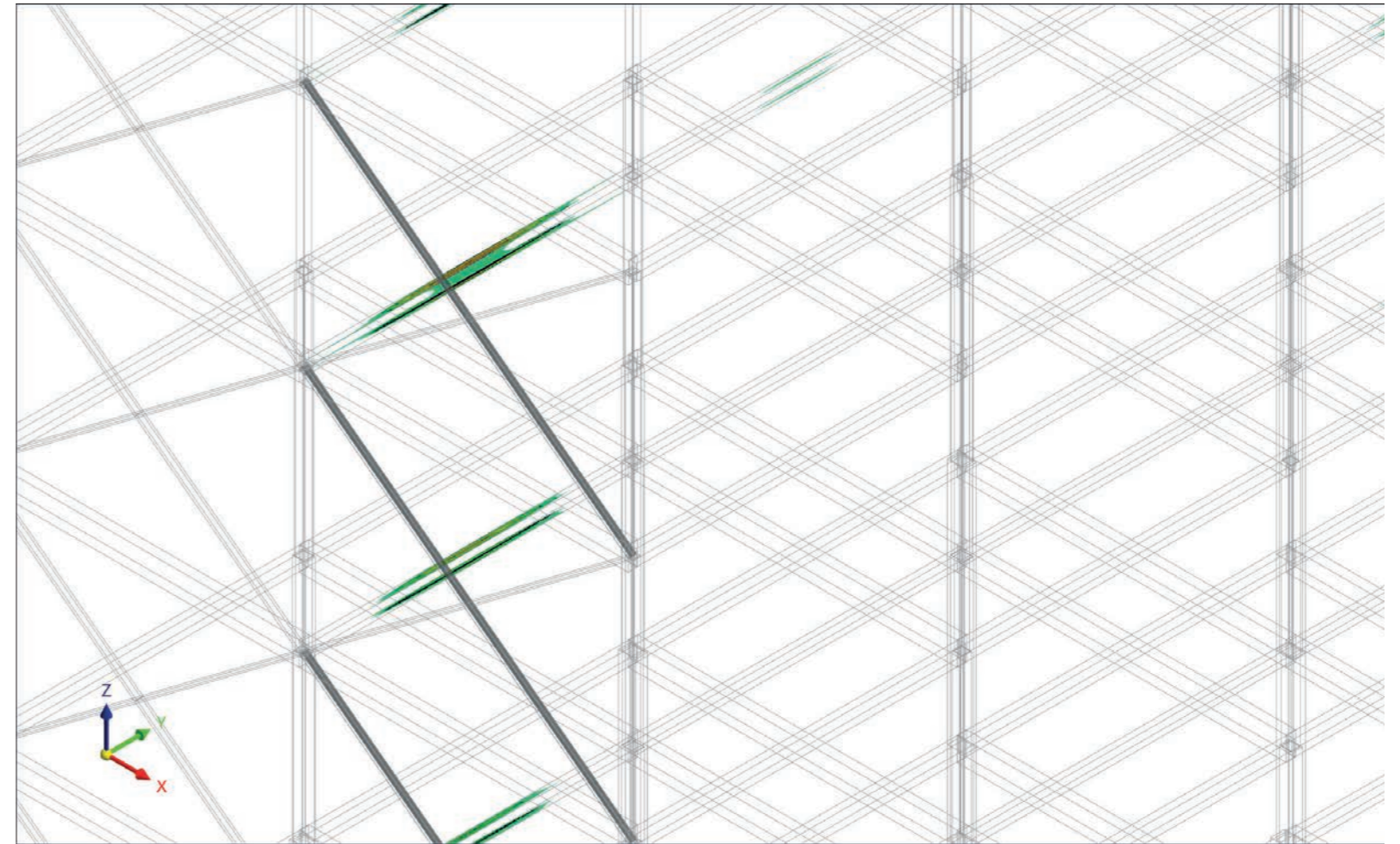
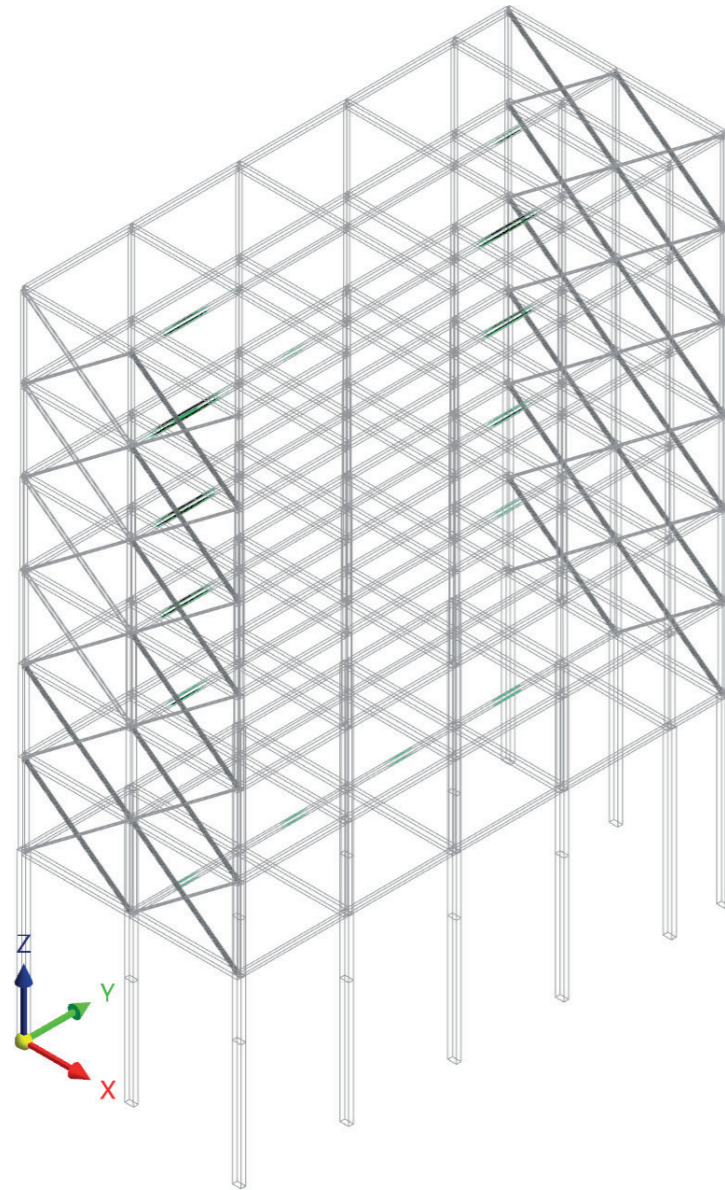
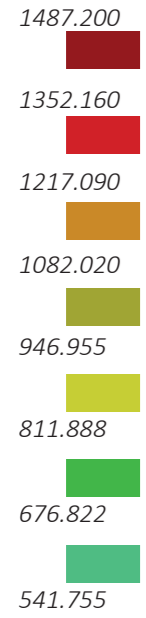
I. Modelo 1_Combinaciones de acciones_Documento Básico SE-AE

- CC1_Peso propio
- CC2_Peso propio del forjado
- CC3_Sobrecarga

- CC4_Viento en eje X
- CC5_Nieve
- CC6_Viento en eje Y

Tensión equivalente elástica $\sigma_{eq,von Mises}$ [N/mm²]

$$CO2_{1,35} \cdot CC1 + 1,35 \cdot CC2 + 1,35 \cdot CC3 + 1,5 \cdot CC4$$



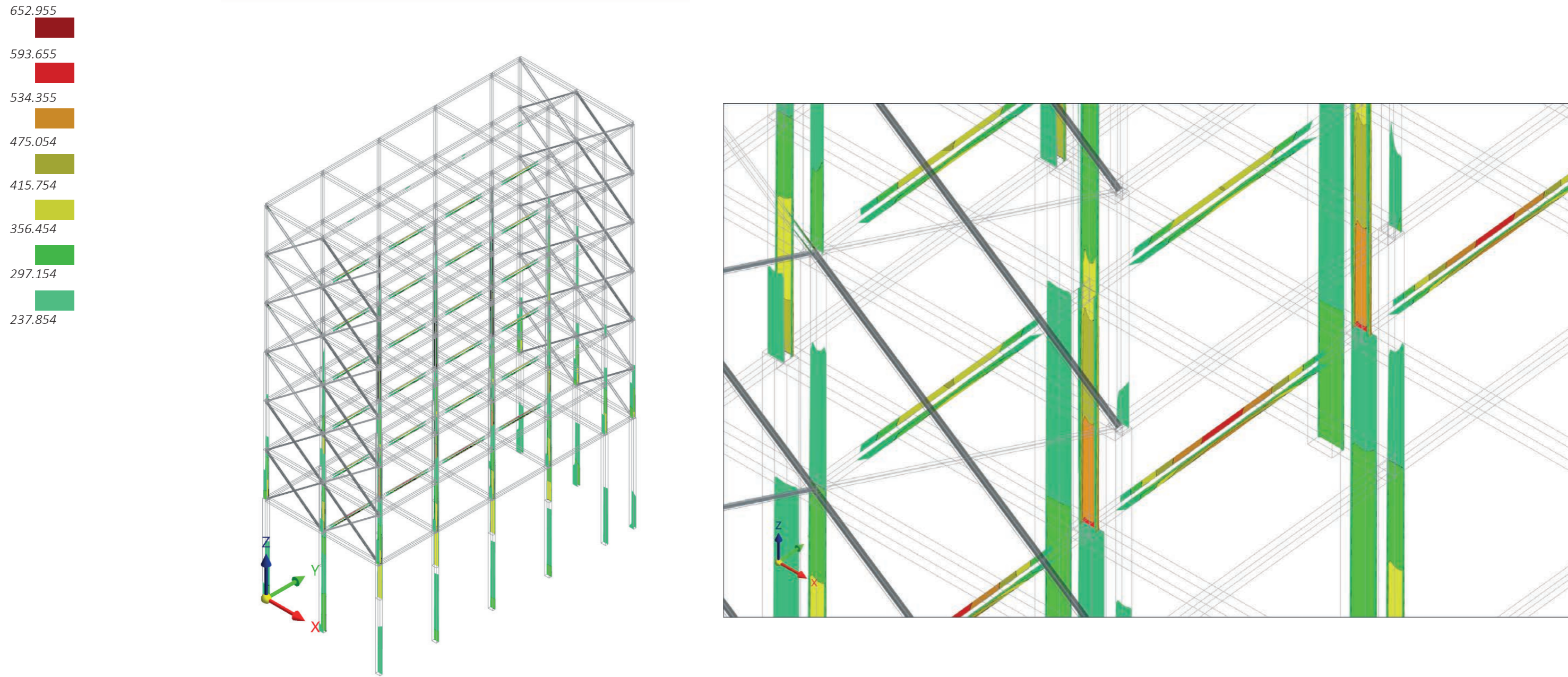
I. Modelo 1_Combinaciones de acciones_Documento Básico SE-AE

CC1_Peso propio
CC2_Peso propio del forjado
CC3_Sobrecarga

CC4_Viento en eje X
CC5_Nieve
CC6_Viento en eje Y

Tensión equivalente elástica $\sigma_{eq,von Mises}$ [N/mm²]

$$CO3_{1,35 \cdot CC1 + 1,35 \cdot CC2 + 1,35 \cdot CC3 + 1,5 \cdot CC6}$$



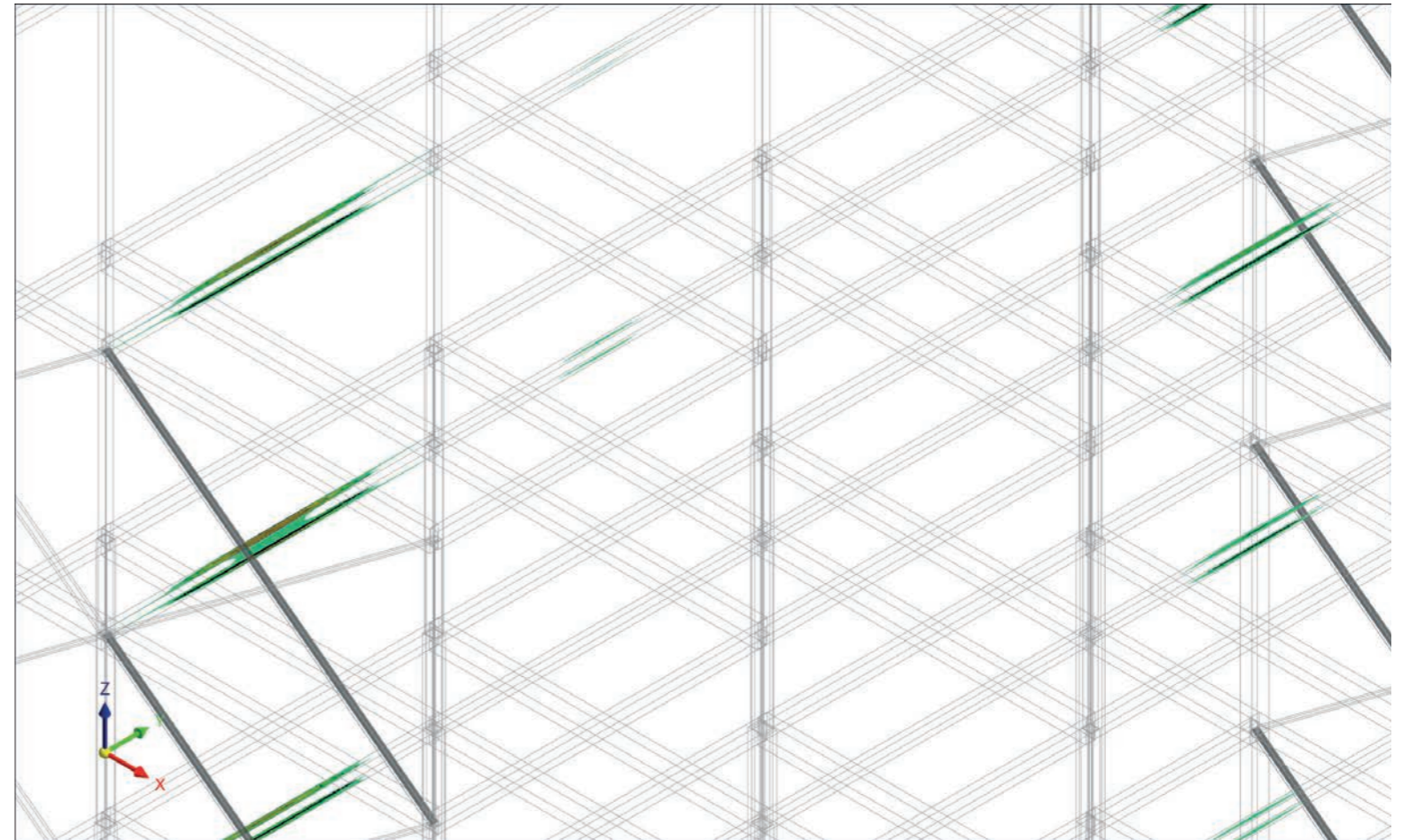
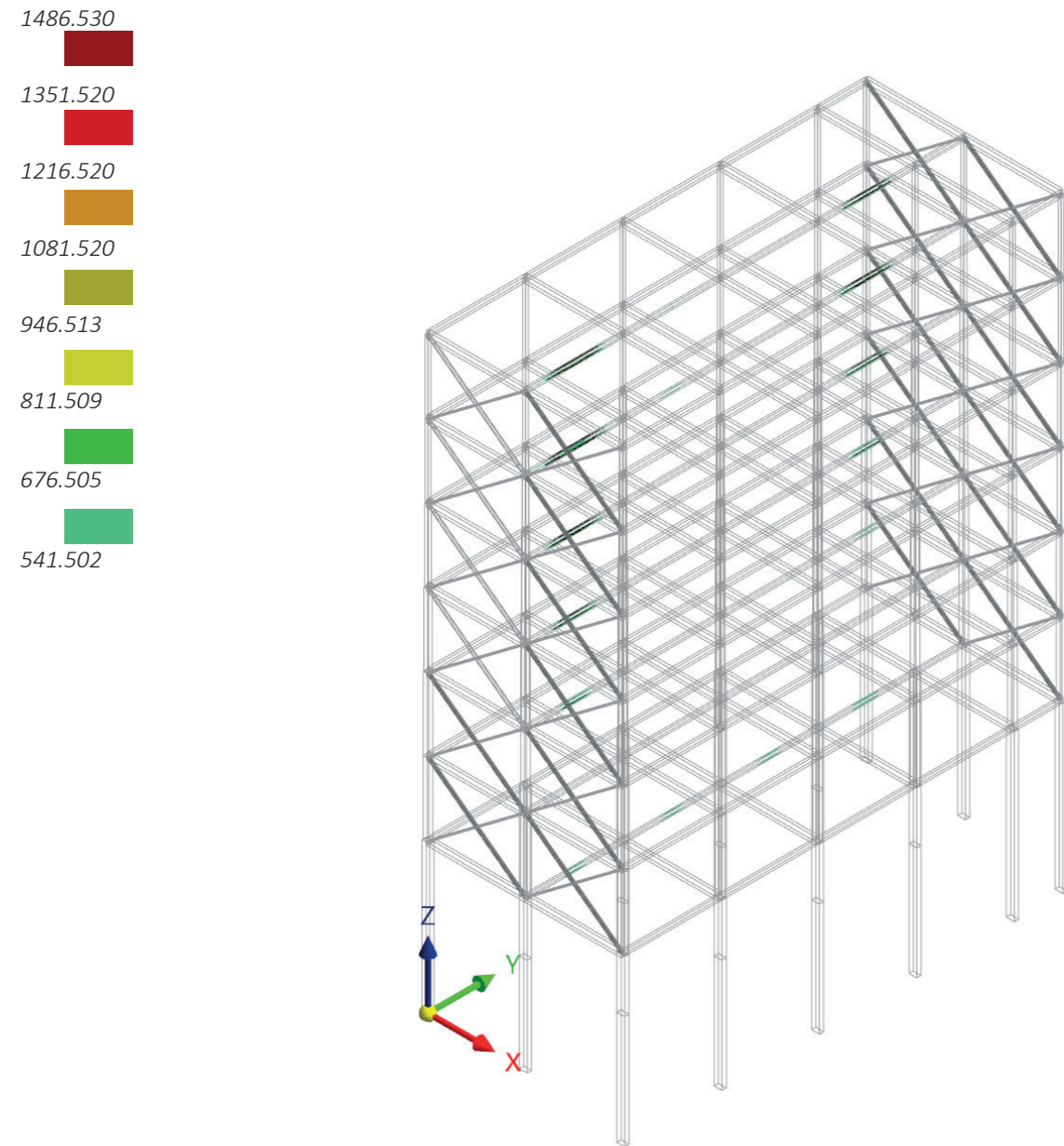
I. Modelo 1_Combinaciones de acciones_Documento Básico SE-AE

CC1_Peso propio
CC2_Peso propio del forjado
CC3_Sobrecarga

CC4_Viento en eje X
CC5_Nieve
CC6_Viento en eje Y

Tensión equivalente elástica $\sigma_{eq,von Mises}$ [N/mm²]

$$CO4_{1,35 \cdot CC1 + 1,35 \cdot CC2 + 1,35 \cdot CC3 + 1,5 \cdot CC4 + 1,05 \cdot CC5}$$



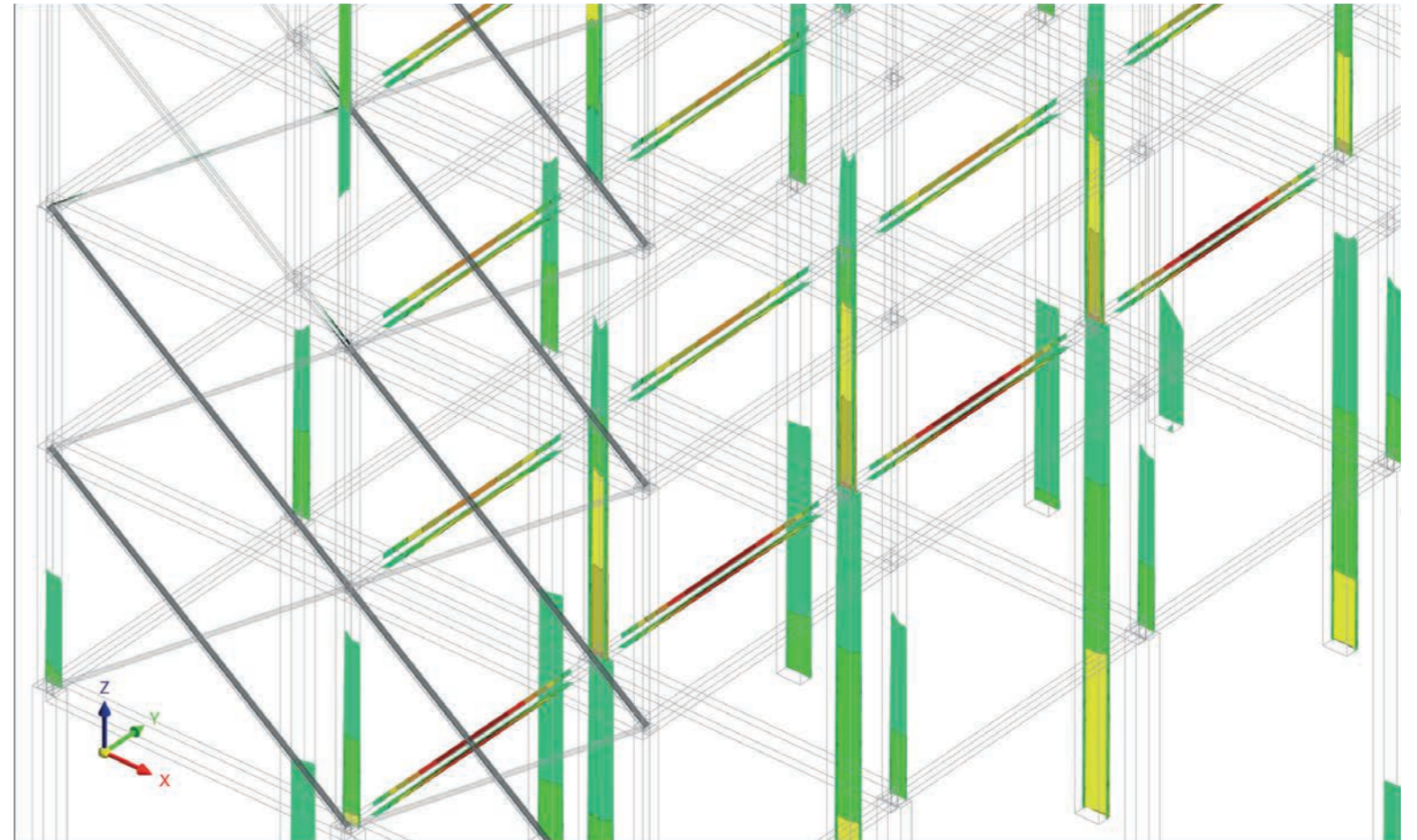
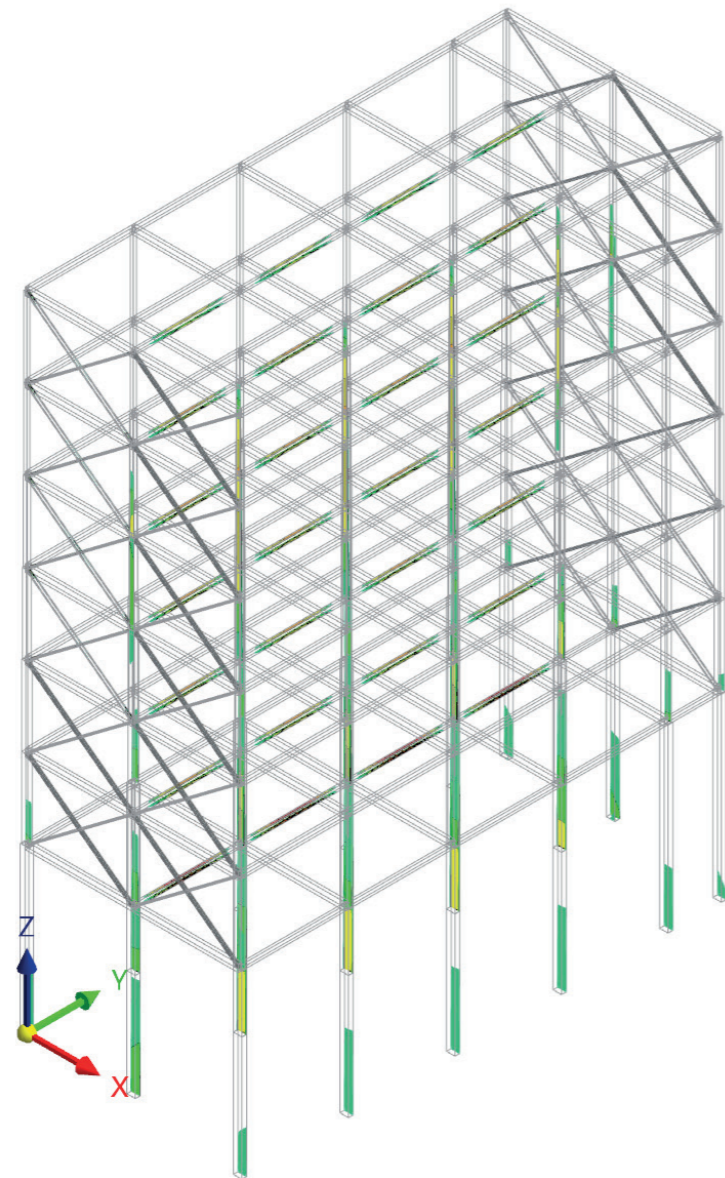
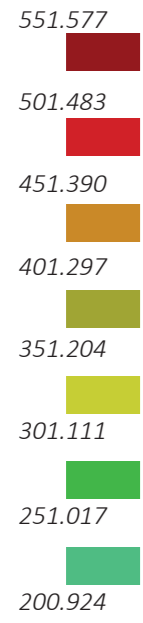
I. Modelo 1_Combinaciones de acciones_Documento Básico SE-AE

CC1_Peso propio
CC2_Peso propio del forjado
CC3_Sobrecarga

CC4_Viento en eje X
CC5_Nieve
CC6_Viento en eje Y

Tensión equivalente elástica $\sigma_{eq,von Mises}$ [N/mm²]

$$CO5_{1,35 \cdot CC1 + 1,35 \cdot CC2 + 1,35 \cdot CC3 + 1,5 \cdot CC6 + 1,05 \cdot CC5}$$



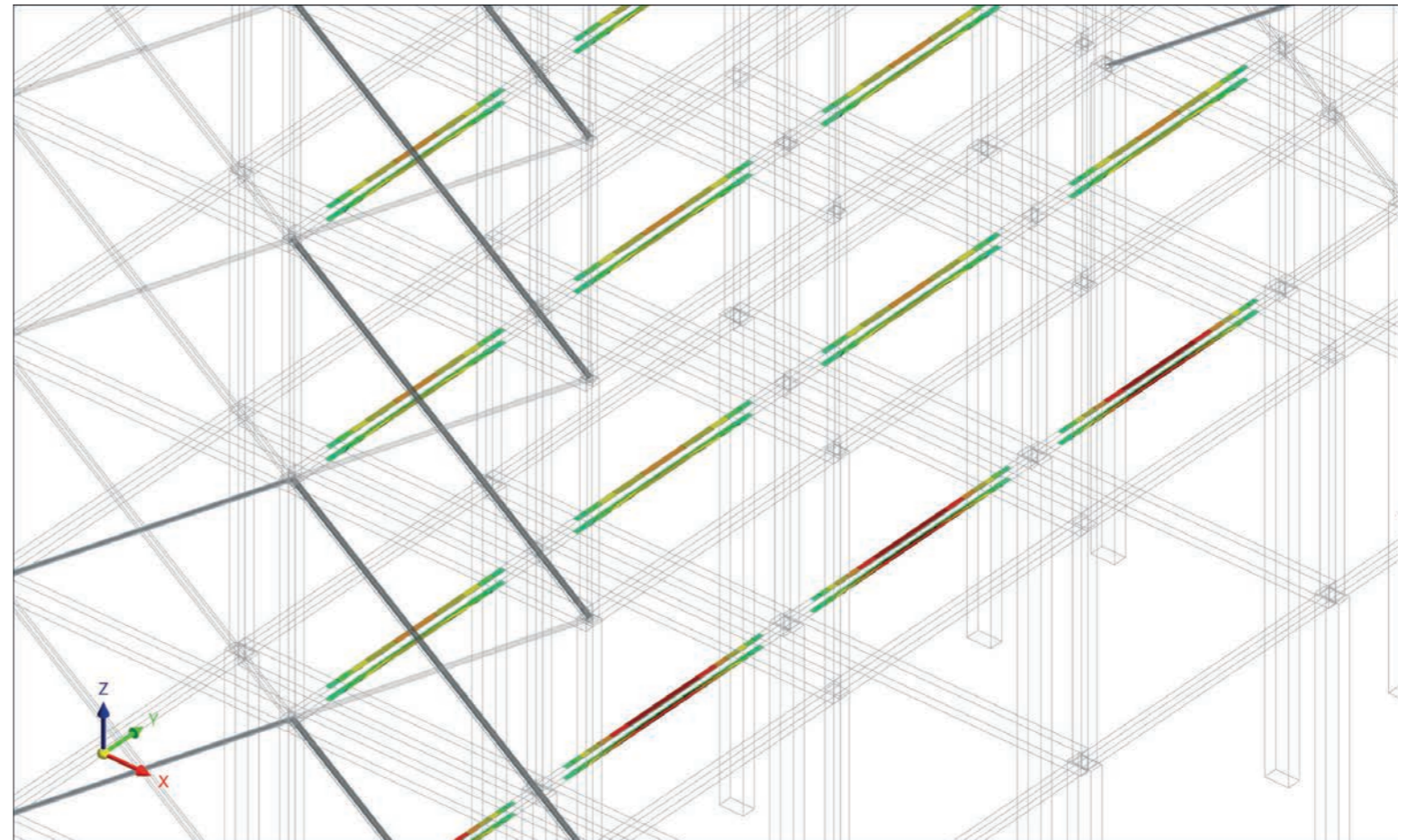
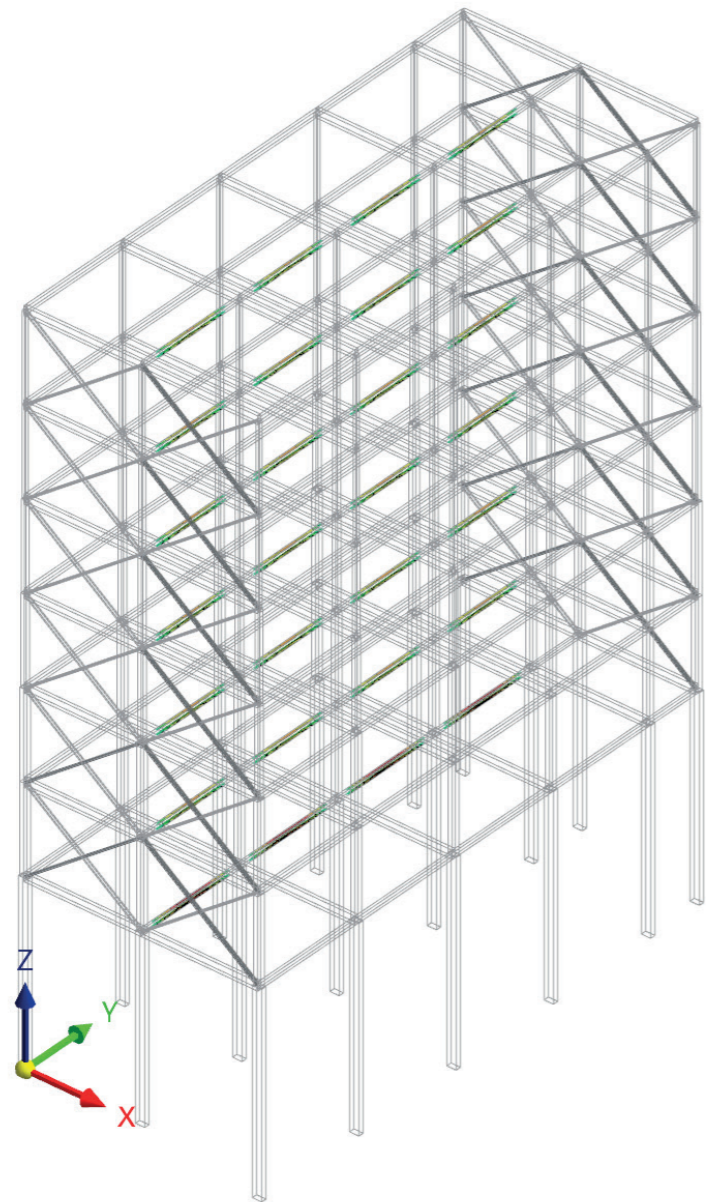
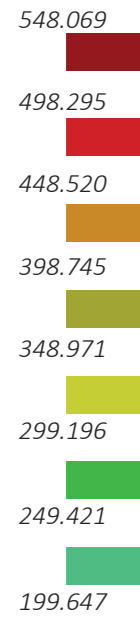
I. Modelo 1_Combinaciones de acciones_Documento Básico SE-AE

CC1_Peso propio
CC2_Peso propio del forjado
CC3_Sobrecarga

CC4_Viento en eje X
CC5_Nieve
CC6_Viento en eje Y

Tensión equivalente elástica $\sigma_{eq,von Mises}$ [N/mm²]

$$CO6_{1,35 \cdot CC1 + 1,35 \cdot CC2 + 1,35 \cdot CC3 + 1,50 \cdot CC5}$$



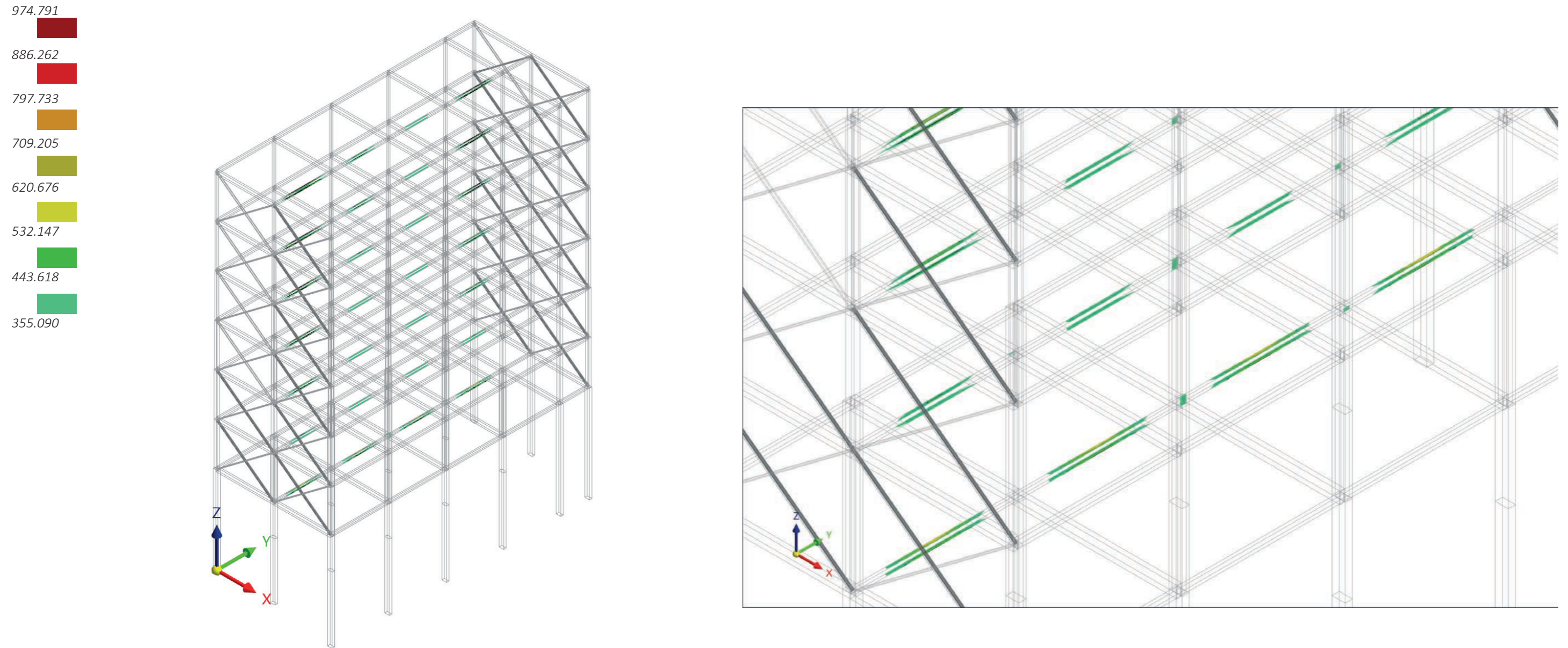
I. Modelo 1_Combinaciones de acciones_Documento Básico SE-AE

CC1_Peso propio
CC2_Peso propio del forjado
CC3_Sobrecarga

CC4_Viento en eje X
CC5_Nieve
CC6_Viento en eje Y

Tensión equivalente elástica $\sigma_{eq,von Mises}$ [N/mm²]

$$CO7_{1,35 \cdot CC1 + 1,35 \cdot CC2 + 1,35 \cdot CC3 + 0,90 \cdot CC4 + 1,50 \cdot CC5}$$



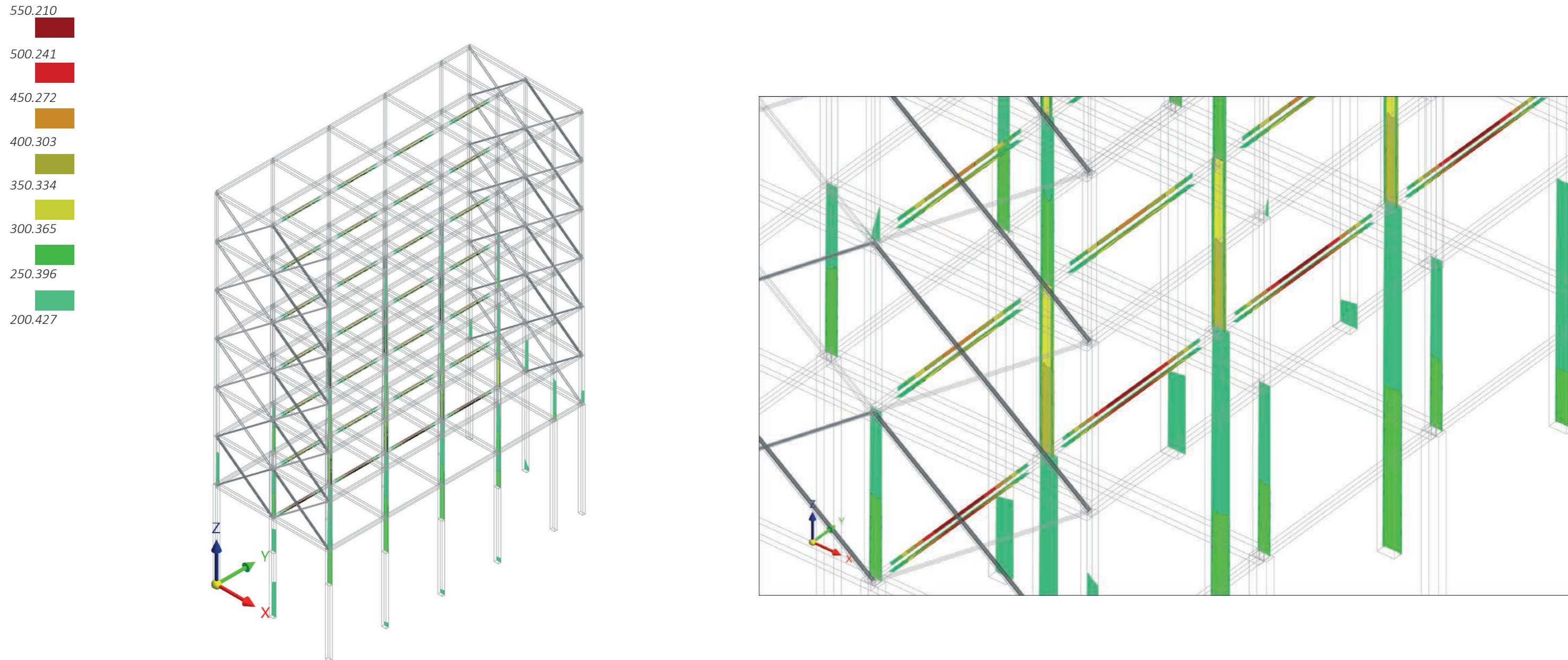
I. Modelo 1_Combinaciones de acciones_Documento Básico SE-AE

CC1_Peso propio
CC2_Peso propio del forjado
CC3_Sobrecarga

CC4_Viento en eje X
CC5_Nieve
CC6_Viento en eje Y

Tensión equivalente elástica $\sigma_{eq,von Mises}$ [N/mm²]

$$CO8_{1,35 \cdot CC1 + 1,35 \cdot CC2 + 1,35 \cdot CC3 + 0,90 \cdot CC6 + 1,50 \cdot CC5}$$



Se estudia gráficamente las deformaciones globales que sufre la estructura, para posteriormente poder compararlo. Se puede ver que las mayores deformaciones se encuentran en los ejes Y y Z, obteniéndose deformaciones máximas como 5103.1 mm en el caso de U_Y .

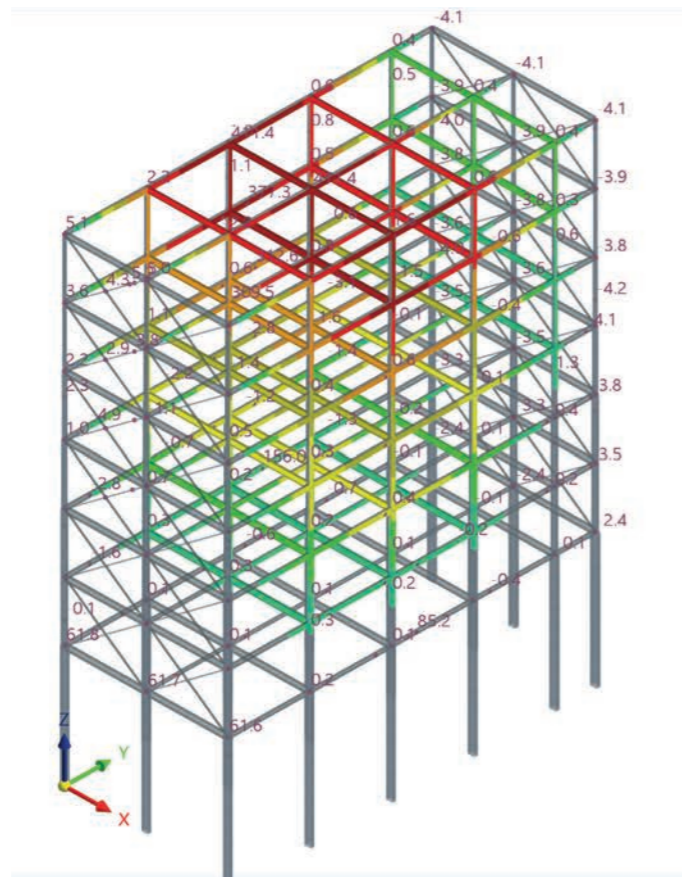
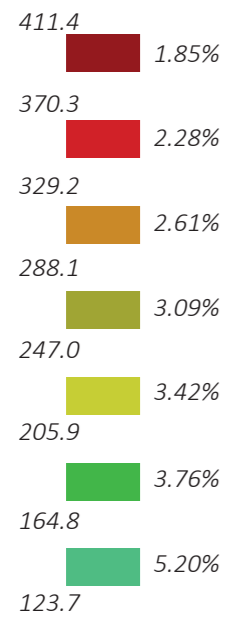
Debido a las propiedades del modelo y los resultados, se incluye el complemento de cálculo de acero, esto permite poder calcular y dimensionar las barras de acero según la norma de diseño. En este caso al ser un modelo as built, y que la estructura ya está definida por el modelo original, se pretende ver cuál es la relación de control de cálculo máxima η_{\max} de cada barra.

**Anejo I*

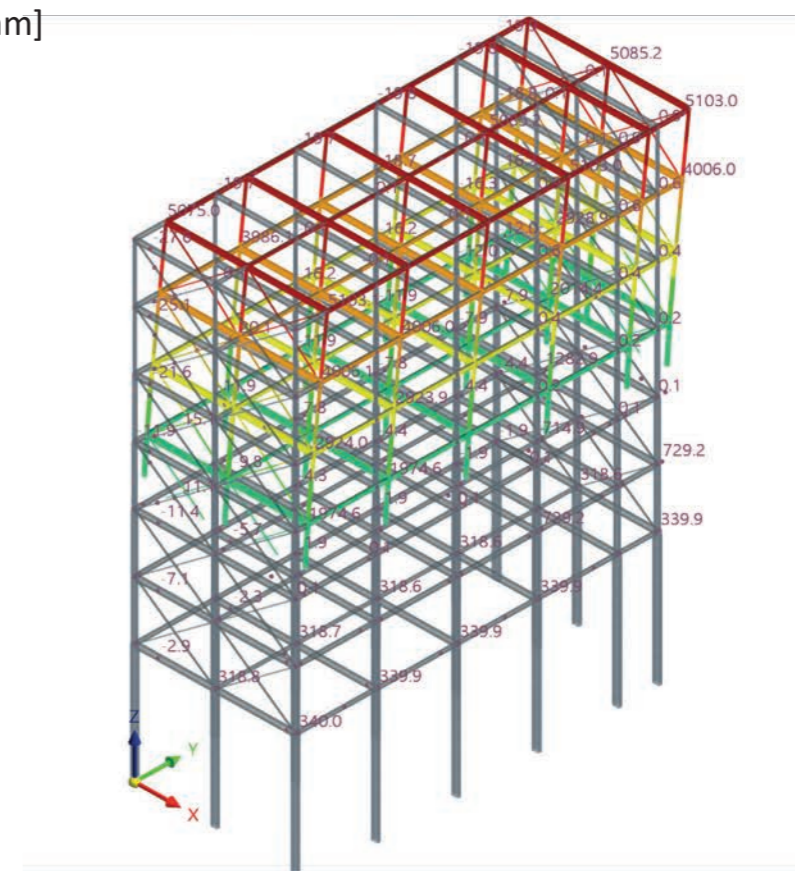
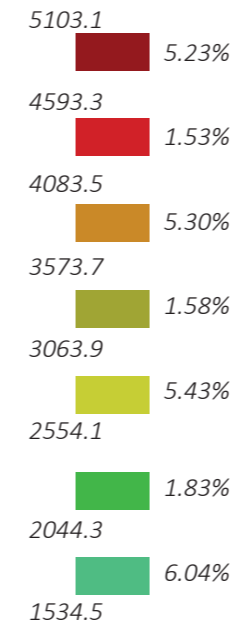
I. Modelo 1_Deformaciones globales_Documento Básico SE-AE

Para la resistencia de secciones $\gamma_{m0} = 1$
 Para la resistencia de barras al fallo de estabilidad $\gamma_{m1} = 1$
 Para la resistencia de las secciones a la fractura por tracción $\gamma_{m2} = 1,25$

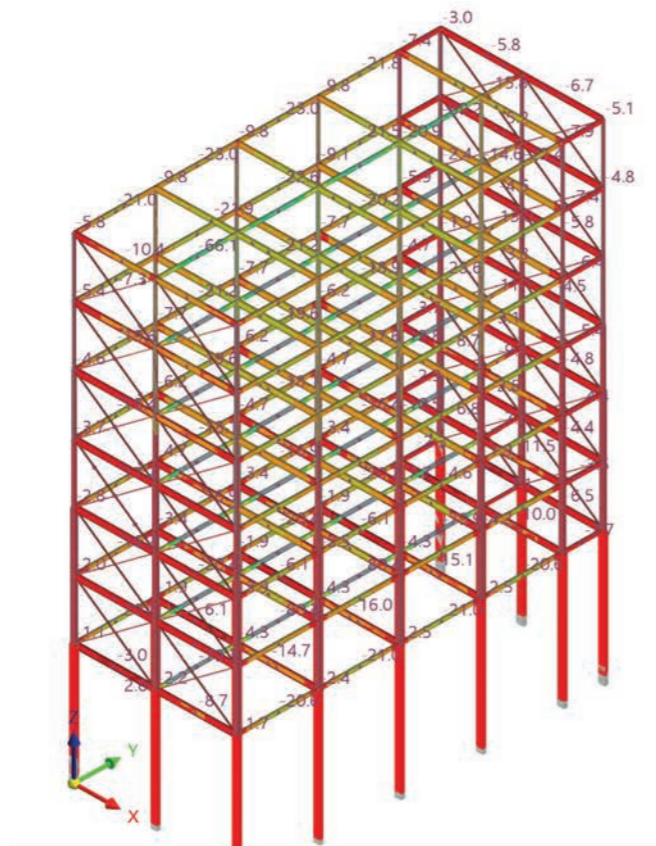
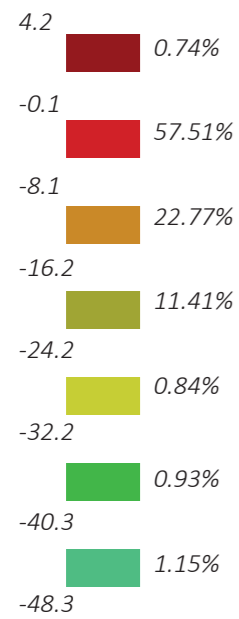
Deformaciones globales $|u_x|$ [mm]



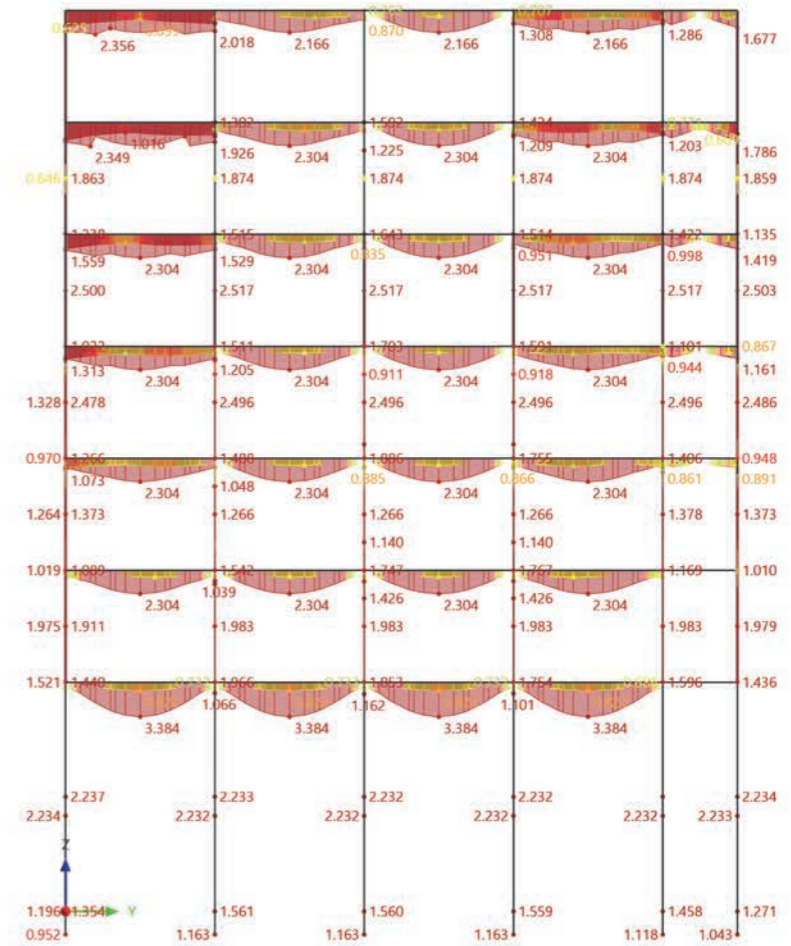
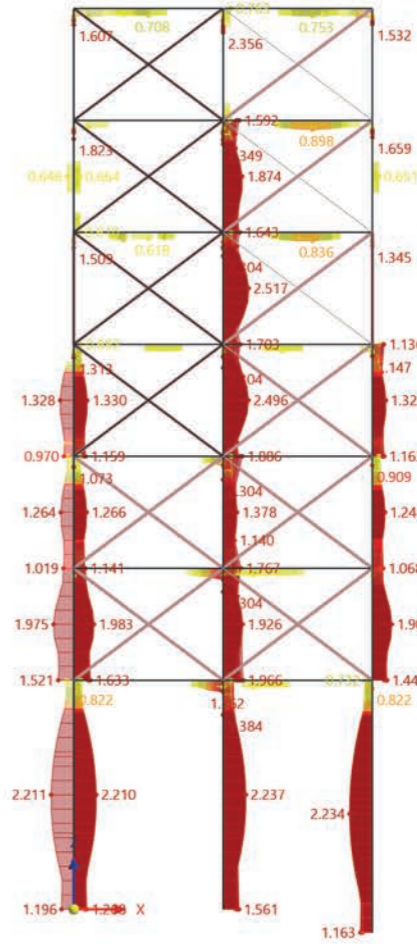
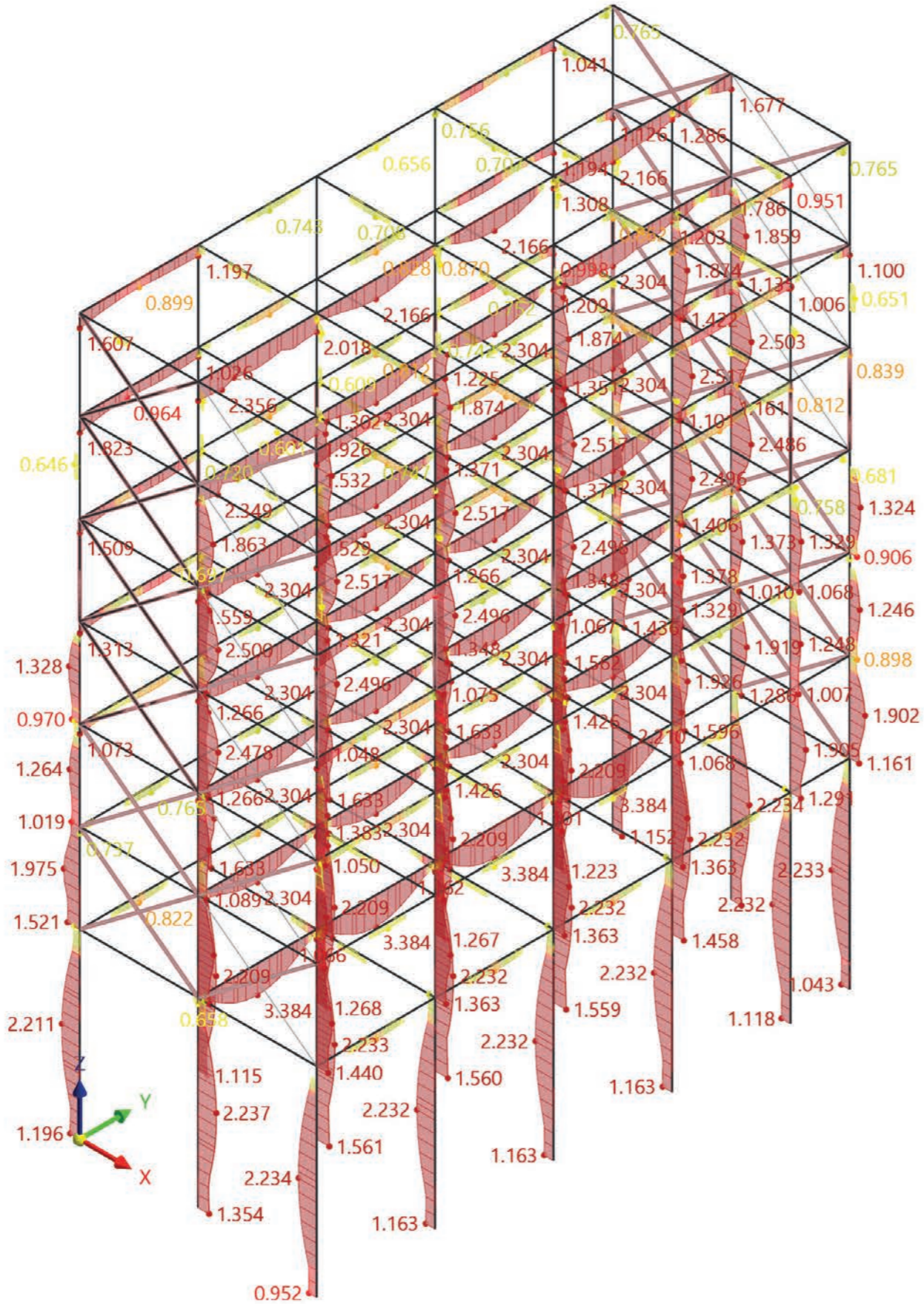
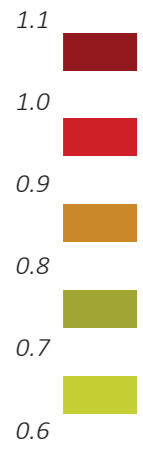
Deformaciones globales $|u_y|$ [mm]



Deformaciones globales $|u_z|$ [mm]



Verificación por barras



ii. Ministerio de la vivienda. Normas MV 101-1962. Acciones en la edificación.

Previamente a considerar las hipótesis, se adecúan los coeficientes para esta normativa, ya que hay diferencias. Según MV 101-192, los coeficientes parciales que se utilizan para materiales son:

Para la resistencia de secciones	$\gamma_{m0} = 1,1$
Para la resistencia de barras al fallo de estabilidad	$\gamma_{m1} = 1,1$
Para la resistencia de las secciones a la fractura por tracción	$\gamma_{m2} = 1,1$

Se estudia el comportamiento de la estructura mediante la tensión de Von Mises (magnitud física proporcional a la energía de distorsión. El programa por defecto realiza las siguientes aproximaciones para obtener los resultados¹⁶:

- Tensión equivalente máxima en la cara positiva o negativa de la superficie:

$$\sigma_{\text{eq,von Mises, Max}} = \max(\sigma_{\text{eq,von Mises,+}}; \sigma_{\text{eq,von Mises,-}})$$

- Tensión equivalente en el lado positivo de la superficie:

$$\sigma_{\text{eq,von Mises,+}} = \sqrt{(\sigma_{x,+}^2 + \sigma_{y,+}^2 - \sigma_{x,+} \sigma_{y,+} + 3\tau_{xy,+}^2)}$$

- Tensión equivalente en el lado negativo de la superficie:

$$\sigma_{\text{eq,von Mises,-}} = \sqrt{(\sigma_{x,-}^2 + \sigma_{y,-}^2 - \sigma_{x,-} \sigma_{y,-} + 3\tau_{xy,-}^2)}$$

- Tensión equivalente de membrana:

$$\sigma_{\text{eq,von Mises,m}} = \sqrt{(\sigma_{x,m}^2 + \sigma_{y,m}^2 - \sigma_{x,m} \sigma_{y,m} + 3\tau_{xy,m}^2)}$$

Según el apartado 1.5 del Capítulo 1 de las Normas MV 101-1962, en el cálculo de una estructura se han de considerar los siguientes casos de carga, detallando las acciones que se incluyen en cada uno de ellos¹⁷:

- Caso I. Concargas, Sobrecargas de uso (con una reducción del 30% al ser el caso más desfavorable), sobrecargas de nieve, asientos de apoyo y empujes del terreno.

¹⁶ Dlubal software. *Tensiones*, 2023.

¹⁷ Ministerio de la Vivienda. *Norma MV 101-1962. Acciones en la edificación*, 1963: [Capítulo 1]

- Caso II. Todas las de Caso I (con los valores más desfavorables), acciones del viento y acciones térmicas y reológicas.
- Concargas, sobrecargas de uso y nieve y asientos de apoyo, combinados con:
 - Empujes del terreno aumentados en el 25 por 100
 - Acciones del viento reducidas en el 50 por 100
 - Acciones térmicas y reológicas reducidas en el 50 por 100
 - Acciones sísmicas

RFFEM permite incorporar las combinatorias de cargas manualmente, en este caso se hacen en función de lo dictado por la normativa. Estas hipótesis se complementan con los coeficientes de seguridad empleados en el cálculo original. Por lo que se obtienen:

- a. ELU_CO1 Estado Límite Último / Permanente y transitoria

$$1,5 [(CC1+CC2) + 1,05 \cdot CC3 + CC5]$$

En esta combinatoria las cargas que intervienen son peso propio, peso propio del forjado, sobrecarga de uso y nieve. Los puntos más críticos se encuentran en las vigas interiores, siendo las que más sufren las que a menor cota se encuentran.

- b. ELU_CO2 Estado Límite Último / Permanente y transitoria

$$1,33 [(CC1+CC2) + 1,05 \cdot CC3 + CC4 + CC5]$$

En esta combinatoria, se incluye una carga más, incluye peso propio, peso propio del forjado, nieve y viento en dirección X. Las Vigas interiores son las más críticas, siendo las que a menor cota están las que más sufren.

- c. ELU_CO3 Estado Límite Último / Permanente y transitoria

$$1 [(CC1+CC2) + 1,05 \cdot CC3 + 0,50 \cdot CC4 + CC5]$$

En esta combinatoria intervienen las cargas de peso propio, peso propio del forjado, sobrecarga, nieve y viento en la dirección X. En esta combinatoria intervienen las cargas de peso propio, peso propio del forjado, sobrecarga de uso, nieve y viento dirección Y. En este caso, las vigas interiores son las más críticas y también los pilares.

d. ELU_CO4 Estado Límite Último / Permanente y transitoria

$$1,33 [(CC1+CC2) + 1,05 \cdot CC3 + CC6 + CC5]$$

En esta combinatoria, se incluye una carga más, incluye peso propio, peso propio del forjado, nieve y viento en dirección Y. Las Vigas interiores son las más críticas, siendo las que a menor cota están las que más sufren. Los pilares, sobre todo los interiores se encuentran también en un punto crítico al estar trabajando en la dirección débil.

e. ELU_CO5 Estado Límite Último / Permanente y transitoria

$$1 [(CC1+CC2) + 1,05 \cdot CC3 + 0,50 \cdot CC6 + CC5]$$

En esta combinatoria, se incluye una carga más, incluye peso propio, peso propio del forjado, nieve y viento en dirección Y. Los pilares son los más críticos en este caso, sobre todo los interiores, ya que están trabajando en la dirección débil.

Para las combinaciones anteriores de carga se obtiene:

COMBINACIÓN	$\sigma_{eq,von Mises, Max}$ [N/mm ²]	$\sigma_{eq,von Mises, Min}$ [N/mm ²]
CO1	625.394	0.003
CO2	1392.750	0.018
CO3	454.639	0.013
CO4	1085.600	0.024
CO5	1063.640	0.004

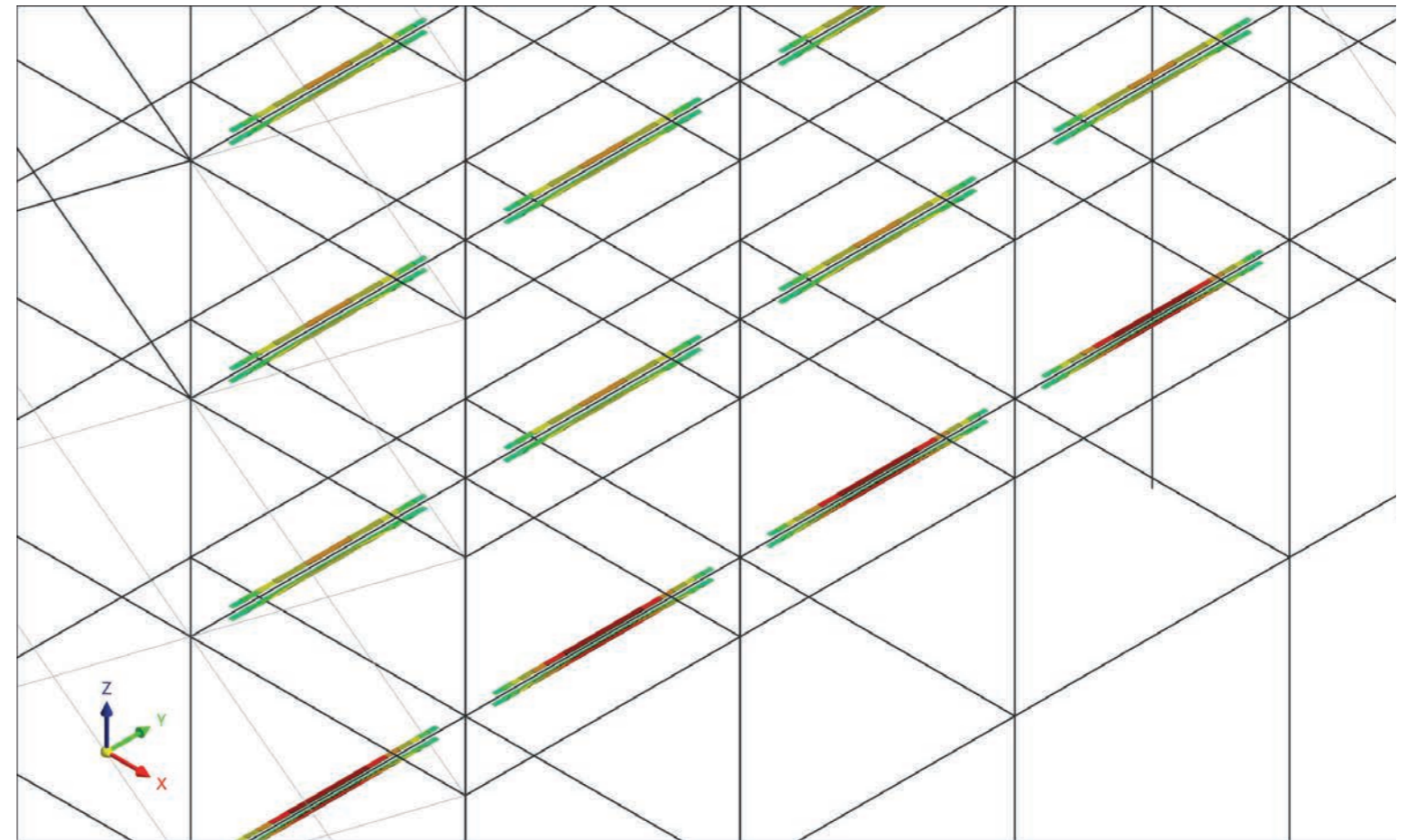
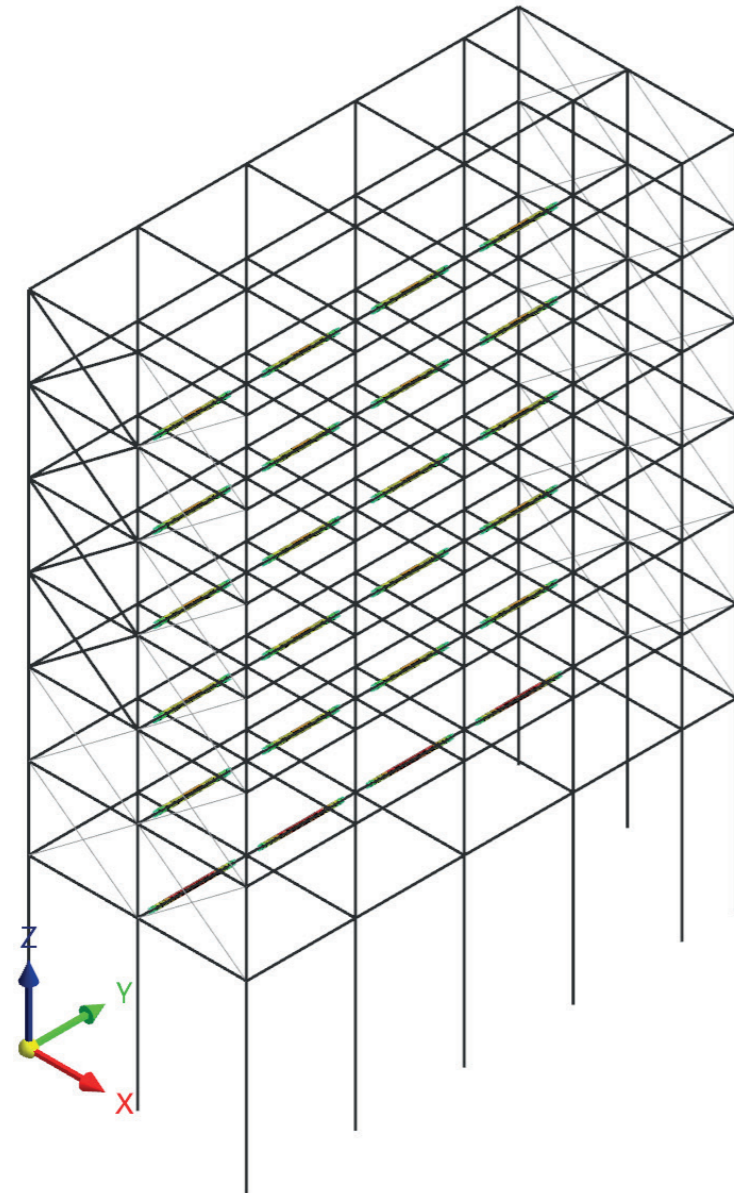
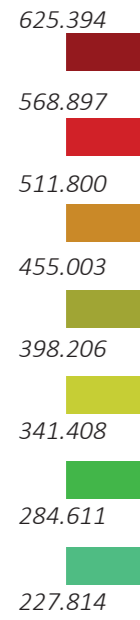
I. Modelo 1_Combinaciones de acciones_Normas MV 101-1962

CC1_Peso propio
CC2_Peso propio del forjado
CC3_Sobrecarga

CC4_Viento
CC5_Nieve

Tensión equivalente elástica $\sigma_{eq,von Mises}$ [N/mm²]

$$CO1_{1,5} [(CC1+CC2) + 1,05 \cdot CC3 + CC5]$$



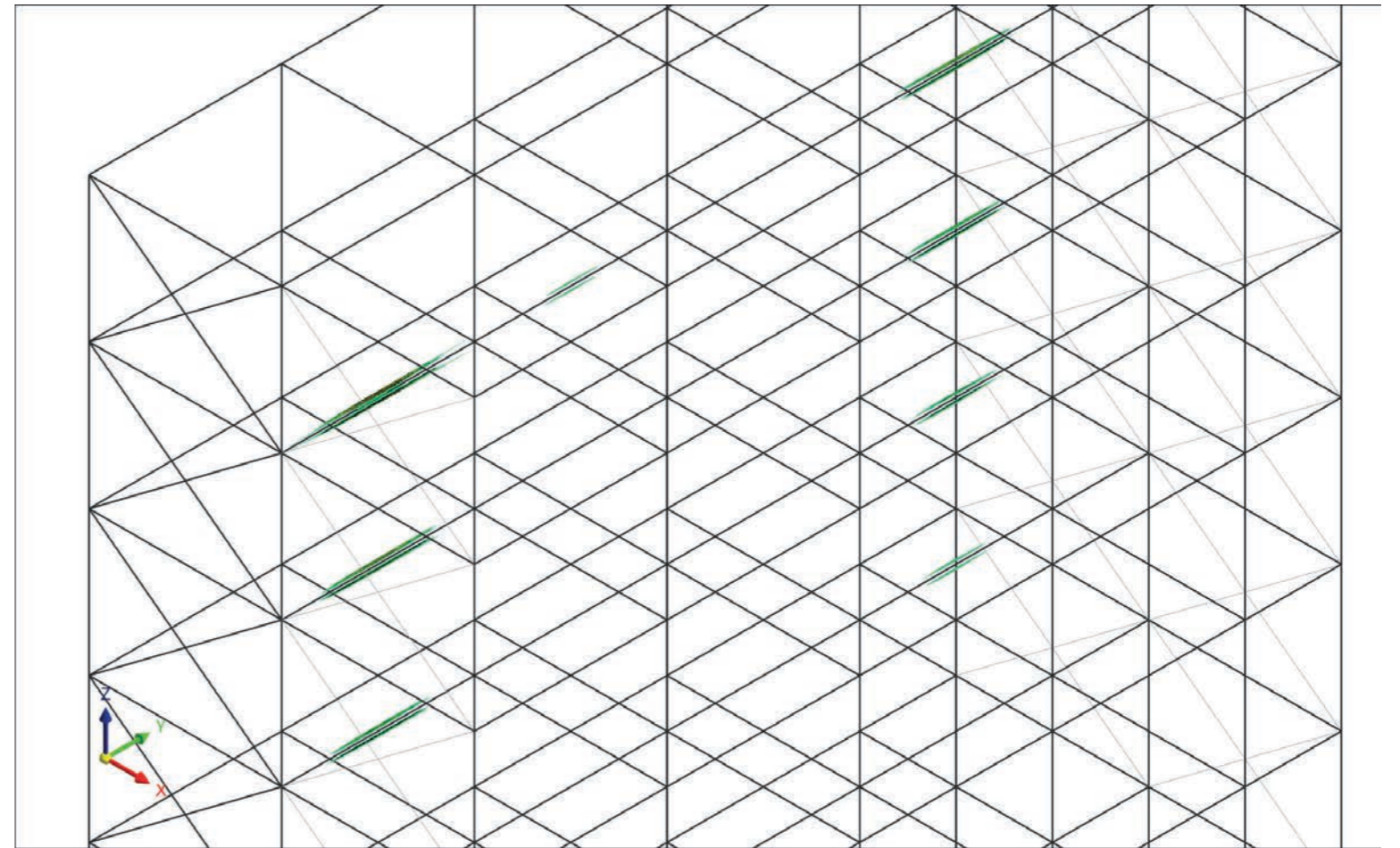
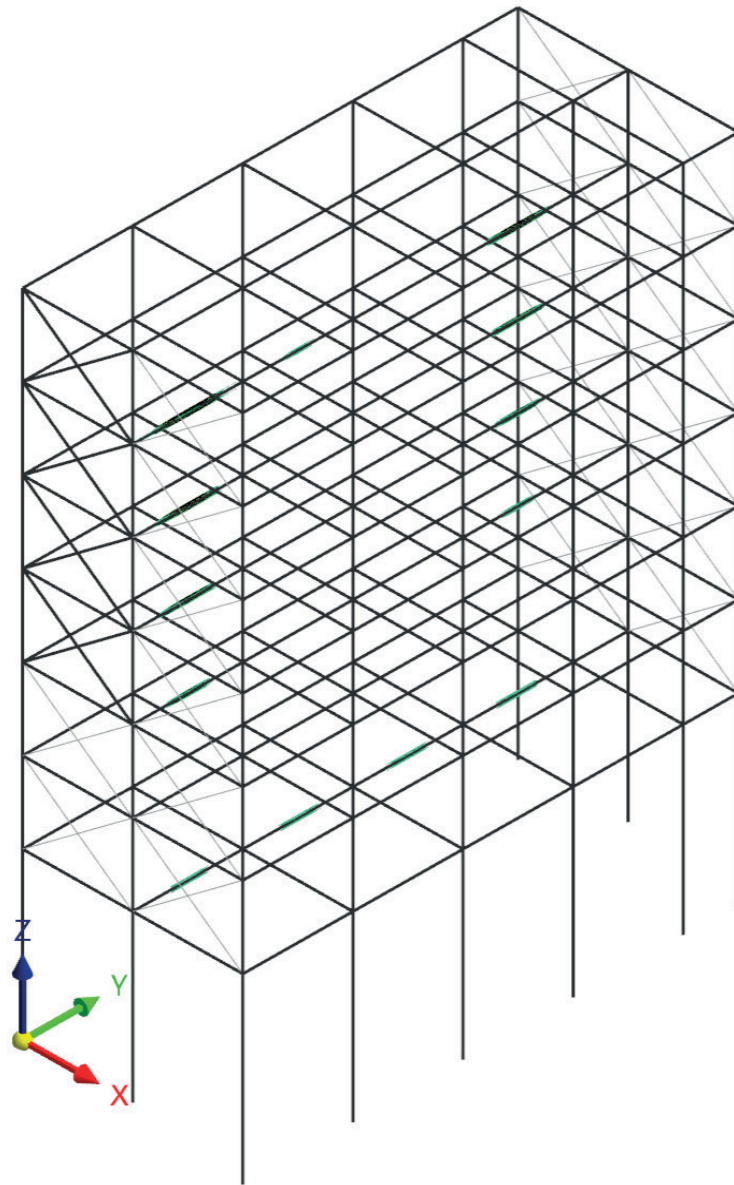
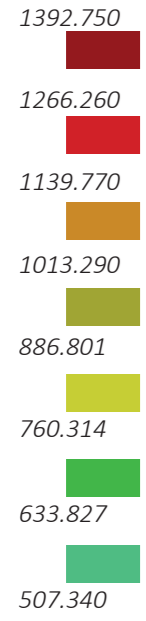
I. Modelo 1_Combinaciones de acciones_Normas MV 101-1962

CC1_Peso propio
CC2_Peso propio del forjado
CC3_Sobrecarga

CC4_Viento
CC5_Nieve

Tensión equivalente elástica $\sigma_{eq,von Mises}$ [N/mm²]

$$CO2_{1,33} [(CC1+CC2) + 1,05 \cdot CC3 + CC4 + CC5]$$



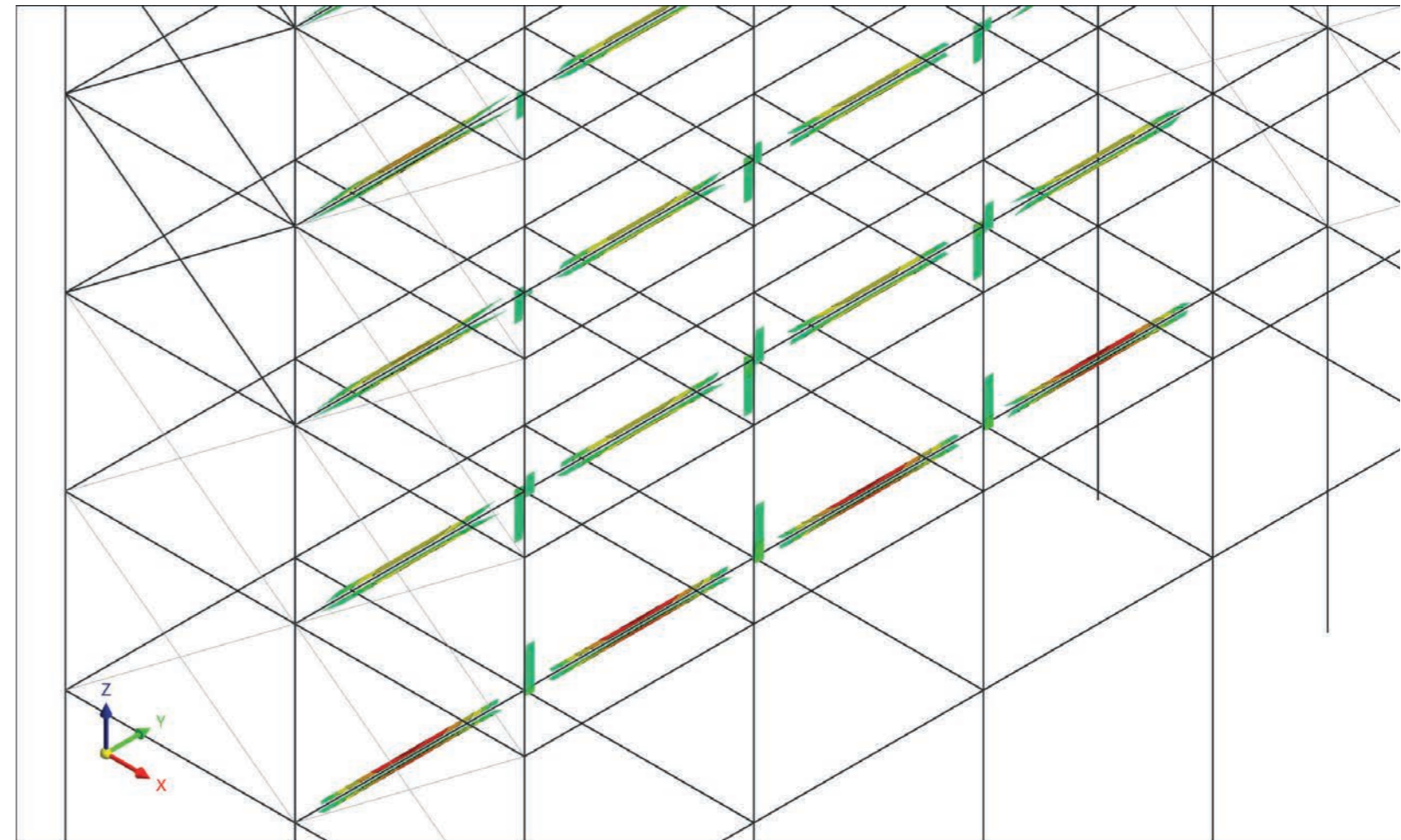
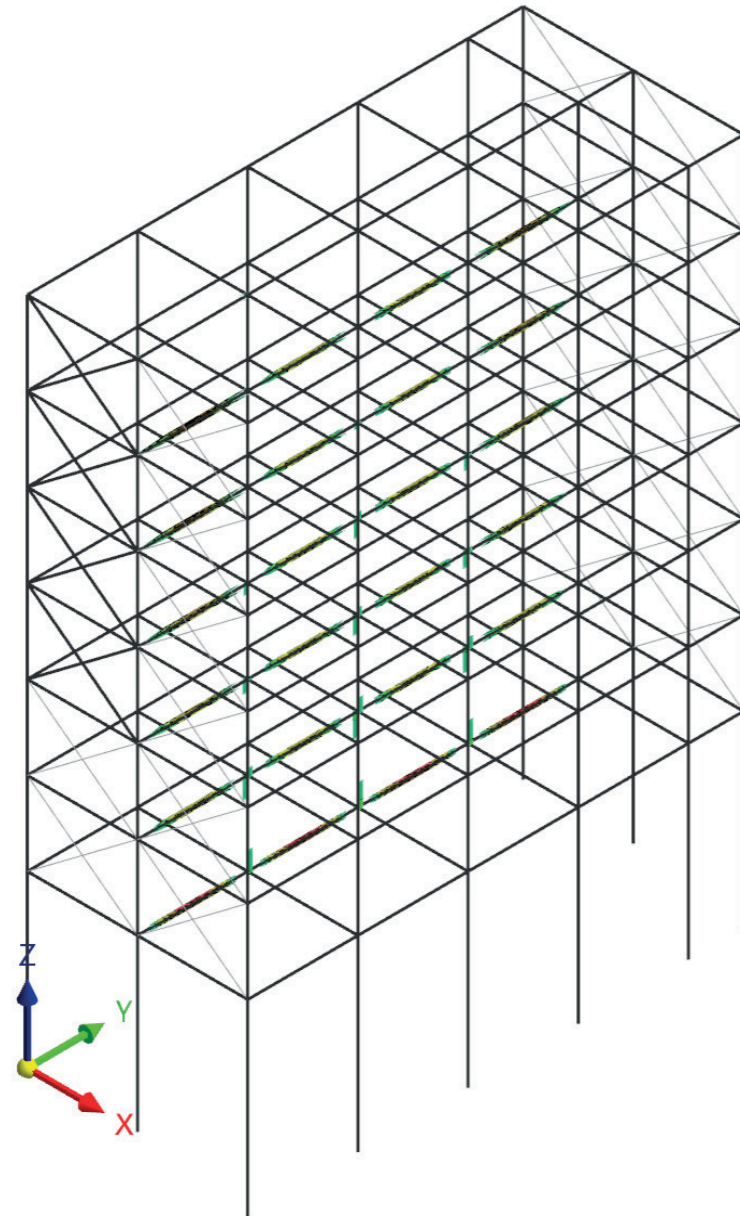
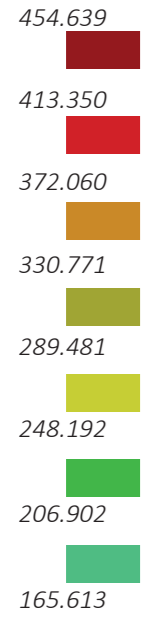
I. Modelo 1_Combinaciones de acciones_Normas MV 101-1962

CC1_Peso propio
CC2_Peso propio del forjado
CC3_Sobrecarga

CC4_Viento
CC5_Nieve

Tensión equivalente elástica $\sigma_{eq,von Mises}$ [N/mm²]

$$CO3_1 [(CC1+CC2) + 1,05 \cdot CC3 + 0,50 \cdot CC4 + CC5]$$



I. Modelo 1_Combinaciones de acciones_Normas MV 101-1962

CC1_Peso propio
CC2_Peso propio del forjado
CC3_Sobrecarga

CC4_Viento
CC5_Nieve

Tensión equivalente elástica $\sigma_{eq,von Mises}$ [N/mm²]

$$CO4_{1,33} [(CC1+CC2) + 1,05 \cdot CC3 + CC6 + CC5]$$

1085.600

1048.440

1011.890

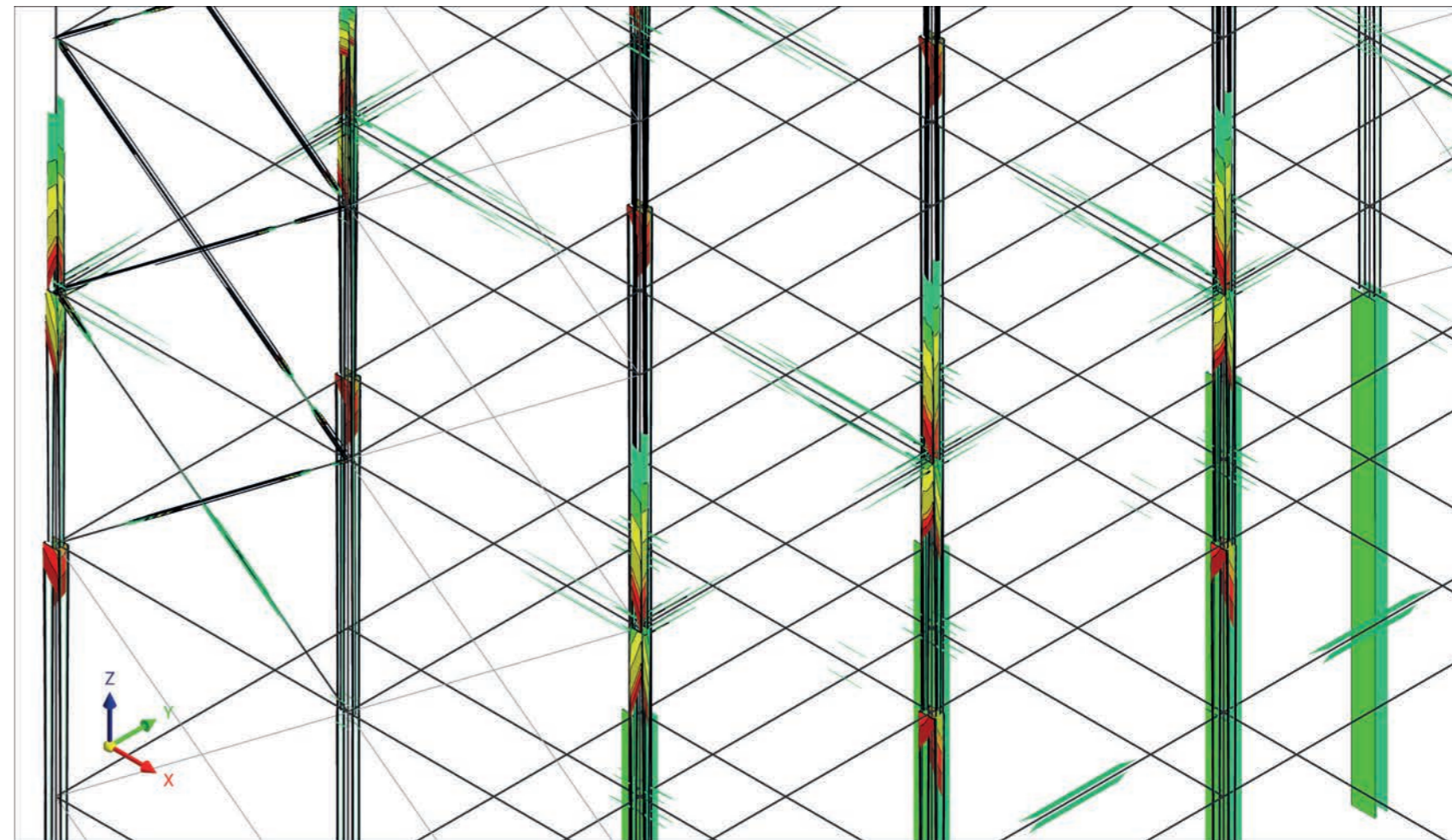
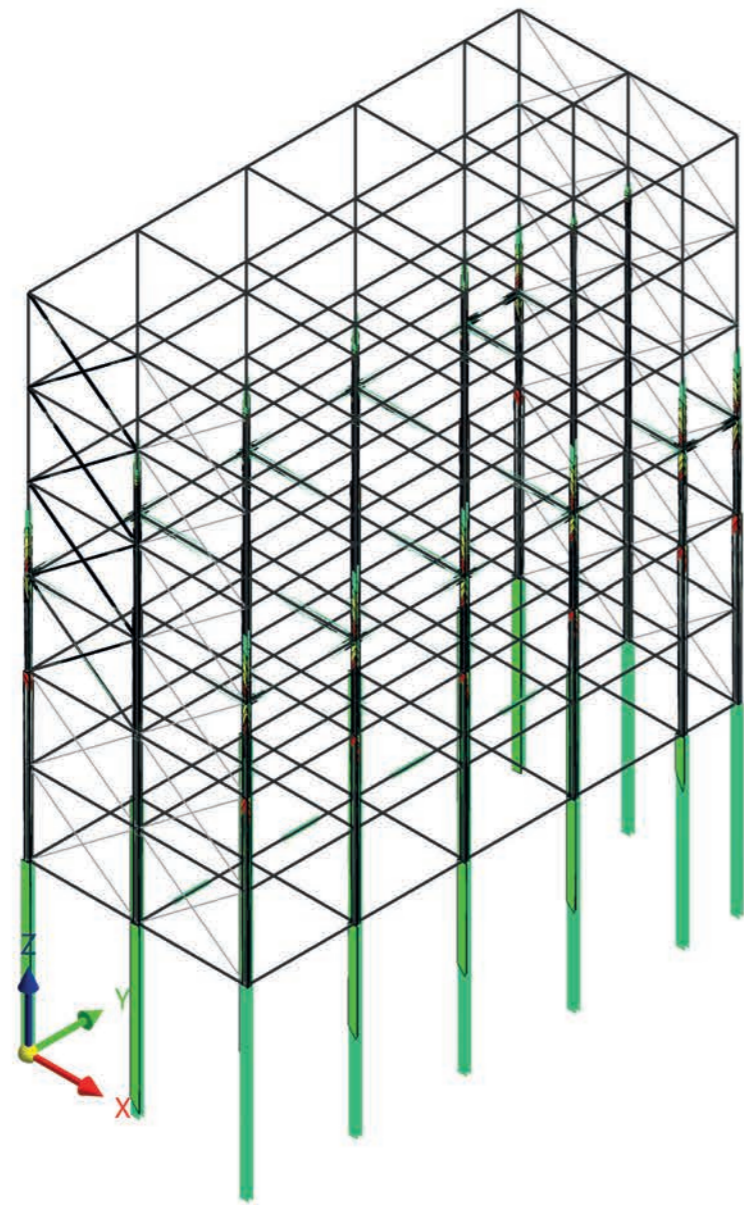
987.101

888.417

789.825

691.215

494.048



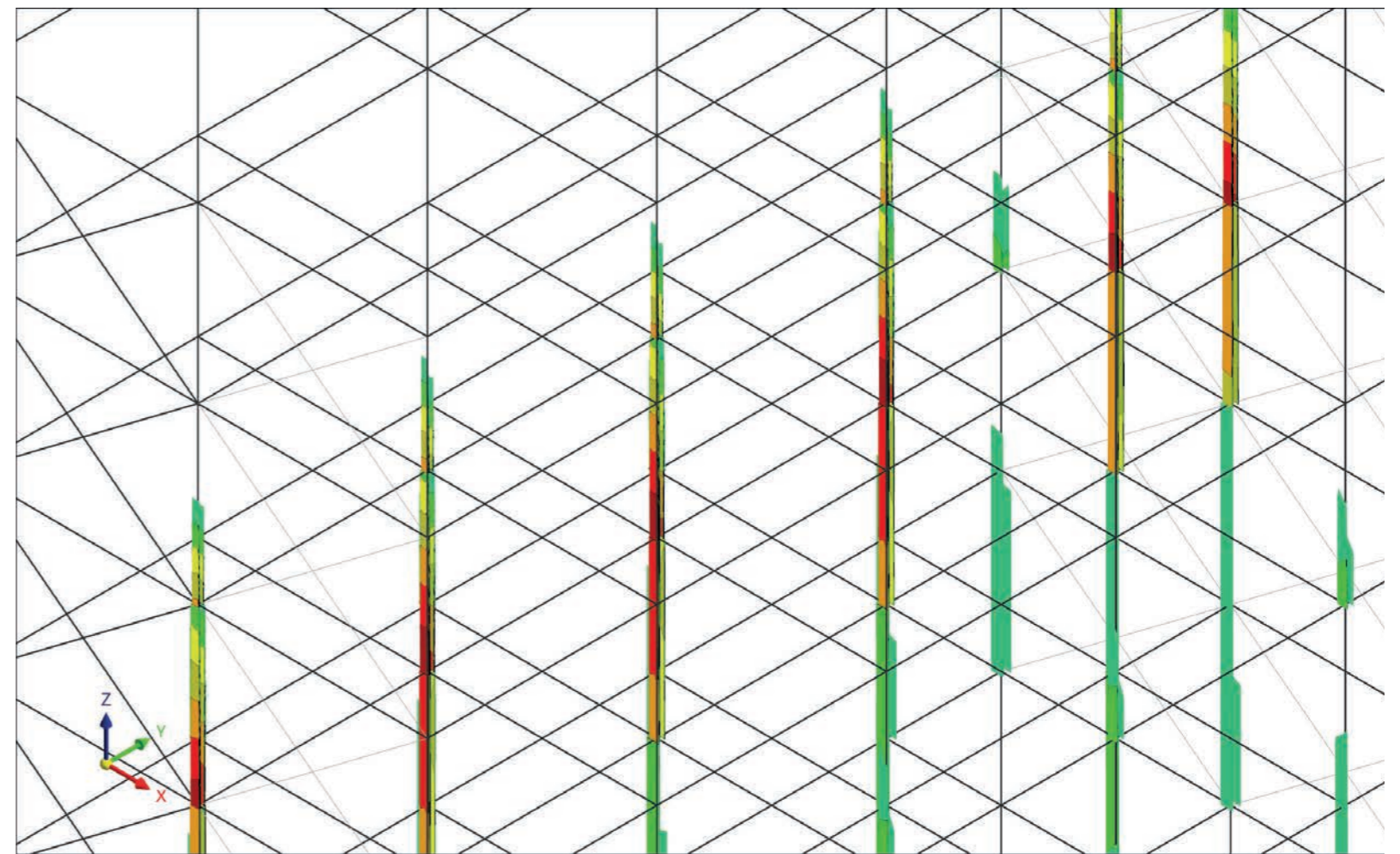
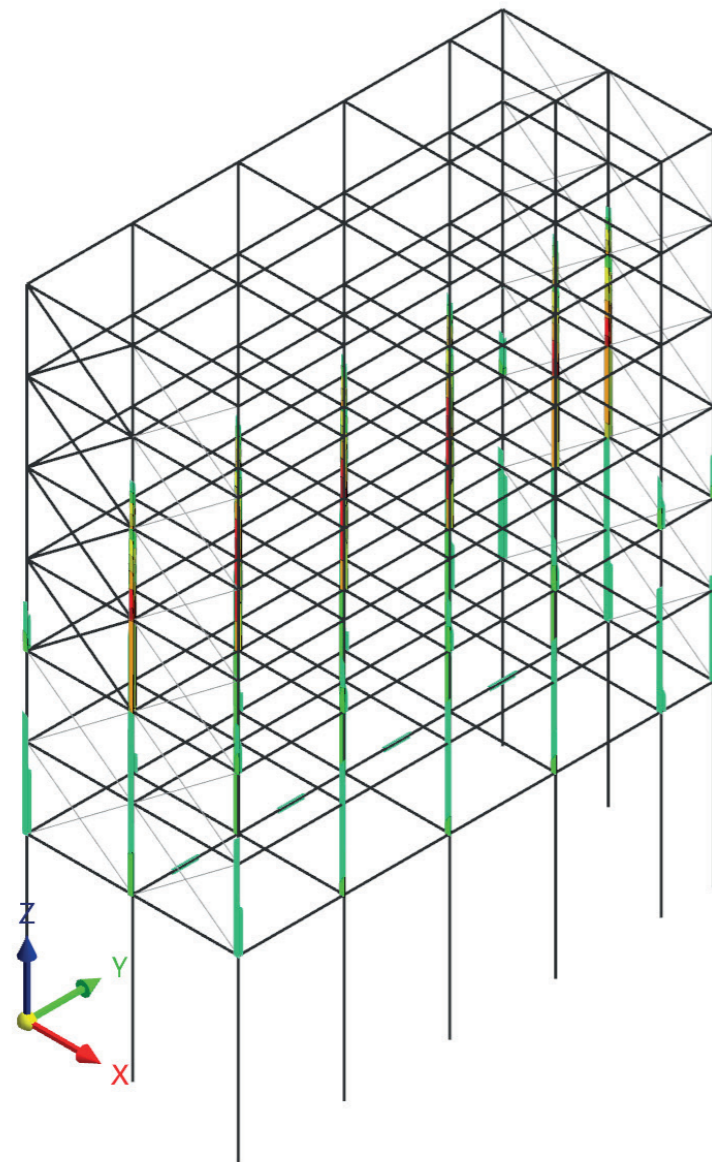
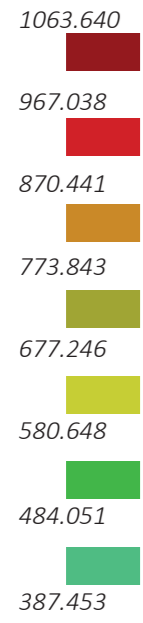
I. Modelo 1_Combinaciones de acciones_Normas MV 101-1962

CC1_Peso propio
CC2_Peso propio del forjado
CC3_Sobrecarga

CC4_Viento
CC5_Nieve

Tensión equivalente elástica $\sigma_{eq,von Mises}$ [N/mm²]

CO5_1 [(CC1+CC2) + 1,05 · CC3 + 0,50 · CC6 + CC5]



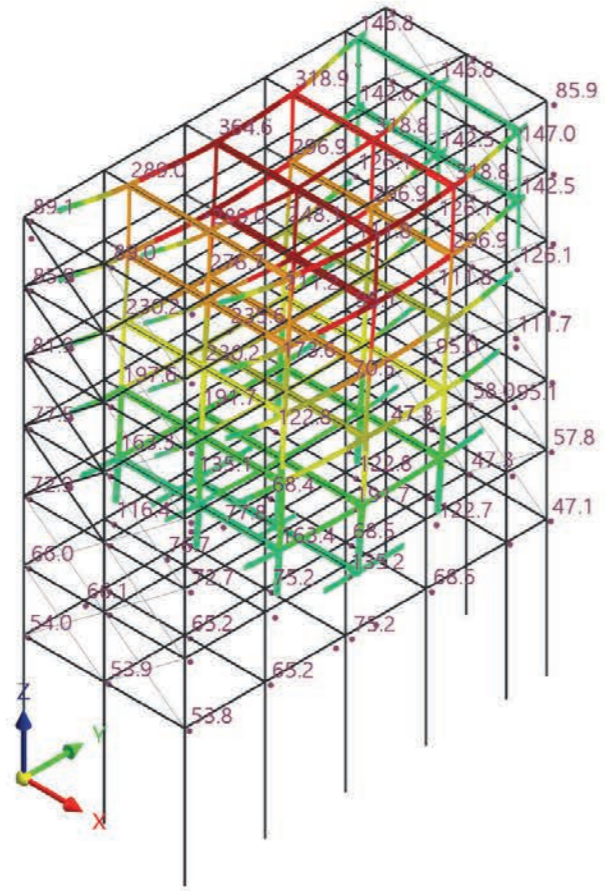
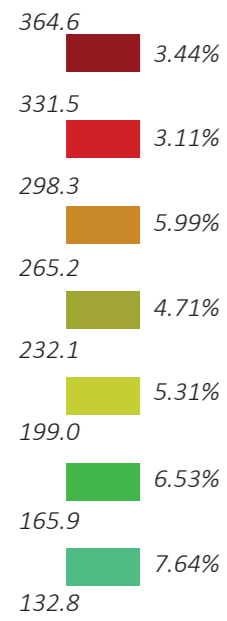
Se estudia gráficamente las deformaciones globales que sufre la estructura, para posteriormente poder compararlo. Se puede ver que las mayores deformaciones se encuentran en los ejes Y y Z, obteniéndose deformaciones máximas como 5181.5 mm en el caso de U_Y .

Debido a los resultados obtenidos en ambas normativas, los cuales no atienden a los niveles de seguridad exigidos en cada una de ellas, se plantea la modificación del modelo de elementos finitos. Se plantea cambiar la hipótesis de las superficies como transmisión de carga para los forjados, y establecerlos con el material adecuado.

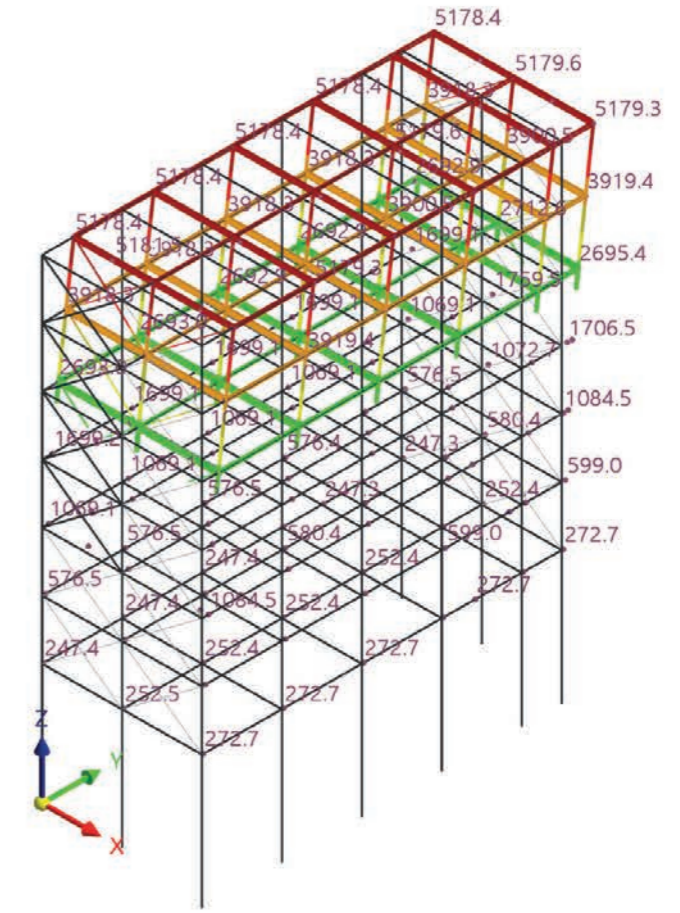
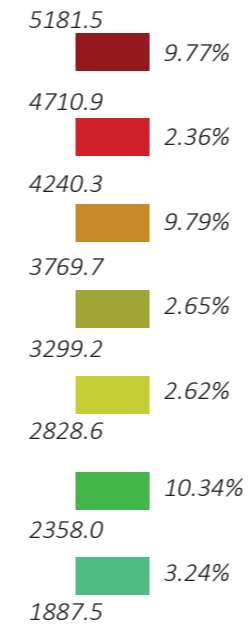
I. Modelo 1_Deformaciones globales_Normas MV 101-1962

Para la resistencia de secciones $\gamma_{m0} = 1,1$
 Para la resistencia de barras al fallo de estabilidad $\gamma_{m1} = 1,1$
 Para la resistencia de las secciones a la fractura por tracción $\gamma_{m2} = 1,1$

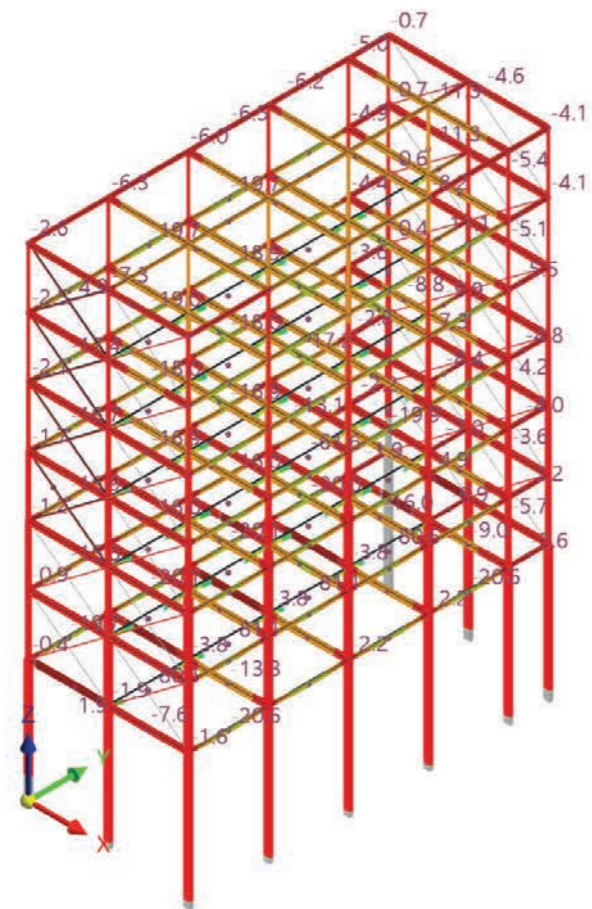
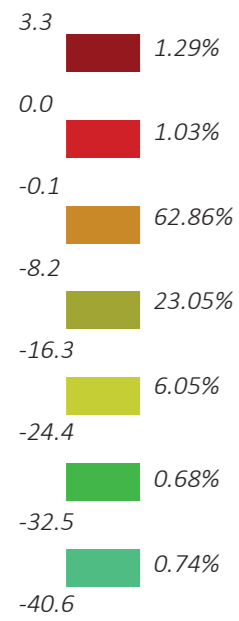
Deformaciones globales $|u_x|$ [mm]



Deformaciones globales $|u_y|$ [mm]



Deformaciones globales $|u_z|$ [mm]



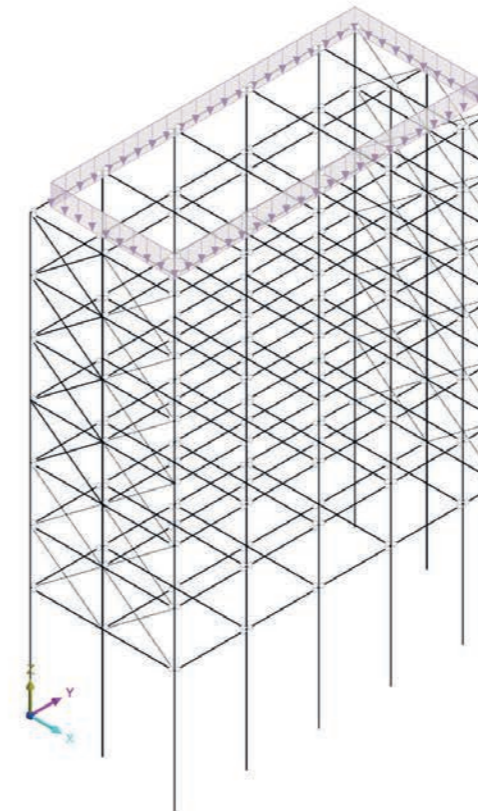
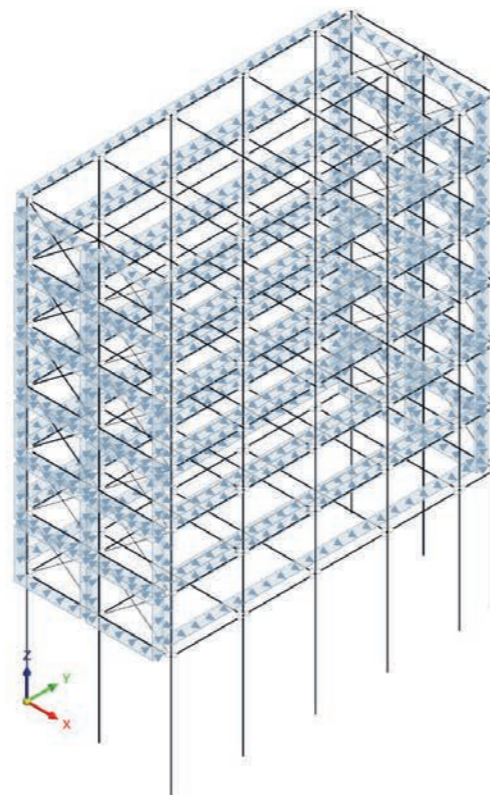
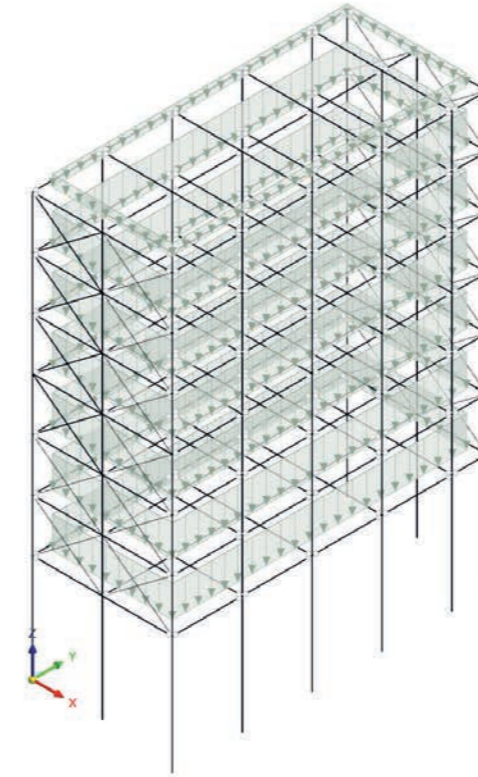
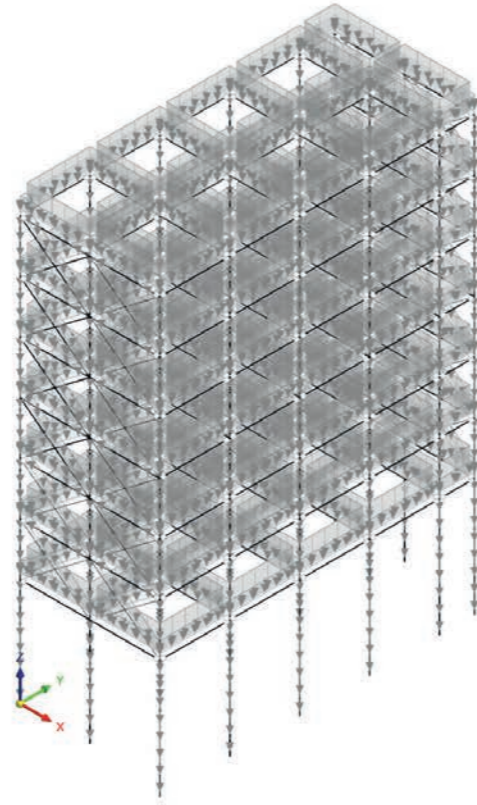
II. Modelo 2_Cargas

■ CC1_Peso propio
■ CC3_Sobrecarga

4,00 kN/m² planta de pisos
1,00 kN/m² planta de cubierta

■ CC4_Viento
■ CC5_Nieve

0,80 kN/m² acción directa
0,40 kN/m² succión
3 kN/m²



Con estos datos, se realizan las hipótesis de carga para las comprobaciones. Se compara el modelo utilizando, en primer caso, la normativa actual, que establece distintas combinaciones frente a las normas MV.

i. Documento Básico SE-AE. Seguridad Estructural. Acciones en la edificación.

Previamente a considerar las hipótesis, se calcula la estructura con los coeficientes adecuados en esta normativa, ya que hay diferencias. Según CTE DB-SE AE, los coeficientes parciales que se utilizan para materiales son:

Para la resistencia de secciones	$\gamma_{m0} = 1$
Para la resistencia de barras al fallo de estabilidad	$\gamma_{m1} = 1$
Para la resistencia de las secciones a la fractura por tracción	$\gamma_{m2} = 1,25$

Se estudia el comportamiento de la estructura mediante la tensión de Von Mises (magnitud física proporcional a la energía de distorsión. El programa por defecto realiza las siguientes aproximaciones para obtener los resultados¹⁸:

- Tensión equivalente máxima en la cara positiva o negativa de la superficie:

$$\sigma_{\text{eq,von Mises, Max}} = \max(\sigma_{\text{eq,von Mises,+}}; \sigma_{\text{eq,von Mises,-}})$$

- Tensión equivalente en el lado positivo de la superficie:

$$\sigma_{\text{eq,von Mises,+}} = \sqrt{(\sigma_{x,+}^2 + \sigma_{y,+}^2 - \sigma_{x,+} \sigma_{y,+} + 3\tau_{xy,+}^2)}$$

- Tensión equivalente en el lado negativo de la superficie:

$$\sigma_{\text{eq,von Mises,-}} = \sqrt{(\sigma_{x,-}^2 + \sigma_{y,-}^2 - \sigma_{x,-} \sigma_{y,-} + 3\tau_{xy,-}^2)}$$

- Tensión equivalente de membrana:

$$\sigma_{\text{eq,von Mises,m}} = \sqrt{(\sigma_{x,m}^2 + \sigma_{y,m}^2 - \sigma_{x,m} \sigma_{y,m} + 3\tau_{xy,m}^2)}$$

¹⁸ Dlubal software. *Tensiones*, 2023.

- a. ELU_CO1 Estado Límite Último / Permanente y transitoria

$$1,35 \cdot CC1 + 1,35 \cdot CC3$$

En esta combinatoria intervienen las cargas de peso propio y la sobrecarga de uso. Los pilares son los que presentan la situación más crítica.

- b. ELU_CO2 Estado Límite Último / Permanente y transitoria

$$1,35 \cdot CC1 + 1,35 \cdot CC3 + 1,5 \cdot CC4$$

En esta combinatoria se añade la carga de viento. Los forjados empiezan a sufrir en las uniones con los pilares.

- c. ELU_CO3 Estado Límite Último / Permanente y transitoria

$$1,35 \cdot CC1 + 1,35 \cdot CC3 + 1,5 \cdot CC4 + 1,05 \cdot CC5$$

En esta combinatoria intervienen las cargas de peso propio, sobrecarga, nieve y viento. Los forjados empiezan a sufrir en las uniones con los pilares.

- d. ELU_CO4 Estado Límite Último / Permanente y transitoria

$$1,35 \cdot CC1 + 1,35 \cdot CC3 + 1,05 \cdot CC5$$

En esta combinatoria intervienen las cargas de peso propio, sobrecarga y nieve. Los pilares y las uniones con los forjados son los que más tensiones presentan.

- e. ELU_CO5 Estado Límite Último / Permanente y transitoria

$$1,35 \cdot CC1 + 1,35 \cdot CC3 + 0,90 \cdot CC4 + 1,50 \cdot CC5$$

En esta combinatoria intervienen las cargas de peso propio, sobrecarga, nieve y viento. Los forjados en las uniones con los pilares son los que más tensiones presentan.

Para las combinaciones anteriores de carga en barras se obtiene:

COMBINACIÓN	$\sigma_{eq,von Mises, Max}$ [N/mm²]	$\sigma_{eq,von Mises, Min}$ [N/mm²]
CO1	164.729	0.003
CO2	667.058	0.016
CO3	669.079	0.023
CO4	179.494	0.004
CO5	567.322	0.014

Para las combinaciones anteriores de carga en superficies se obtiene:

COMBINACIÓN	$\sigma_{eq,von Mises, Max}$ [N/mm²]	$\sigma_{eq,von Mises, Min}$ [N/mm²]
CO1	20.906	0.050
CO2	103.472	0.201
CO3	103.723	0.192
CO4	21.427	0.051
CO5	69.266	0.201

II. Modelo 2_Combinaciones de acciones_Documento Básico SE-AE

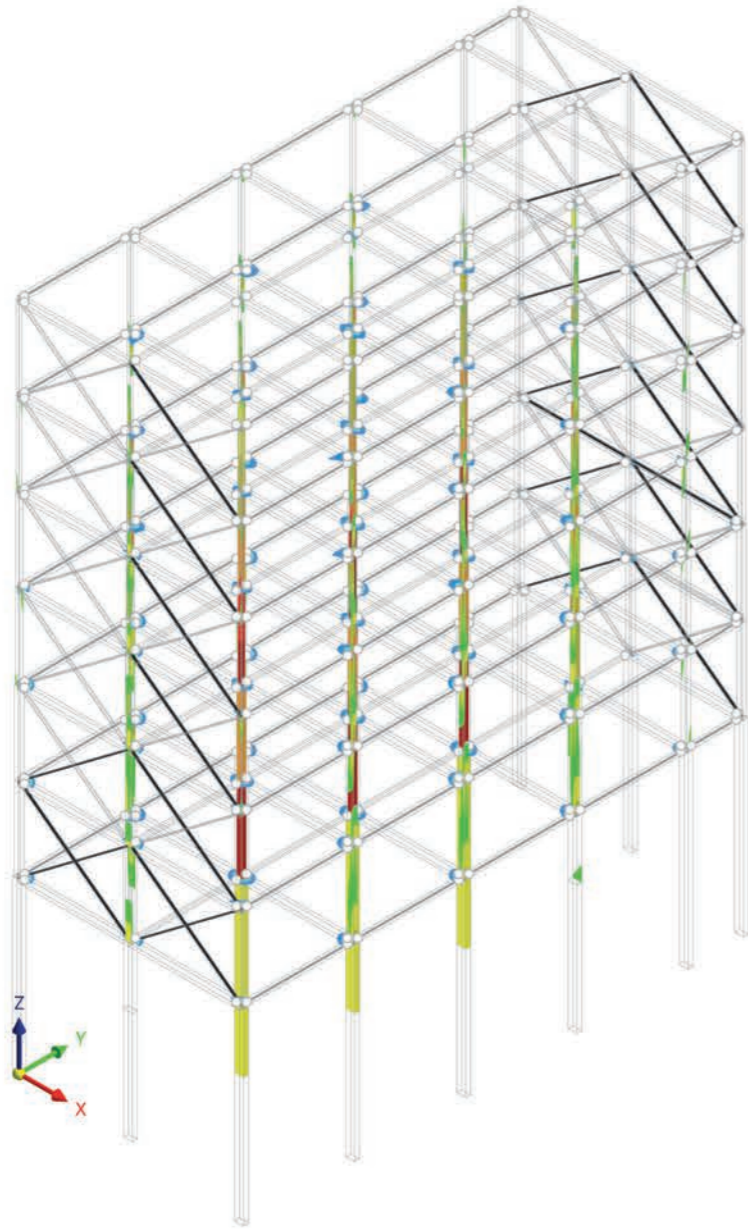
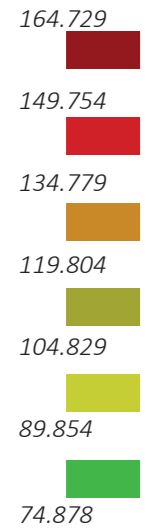
CC1_Peso propio
CC3_Sobrecarga

CC4_Viento
CC5_Nieve

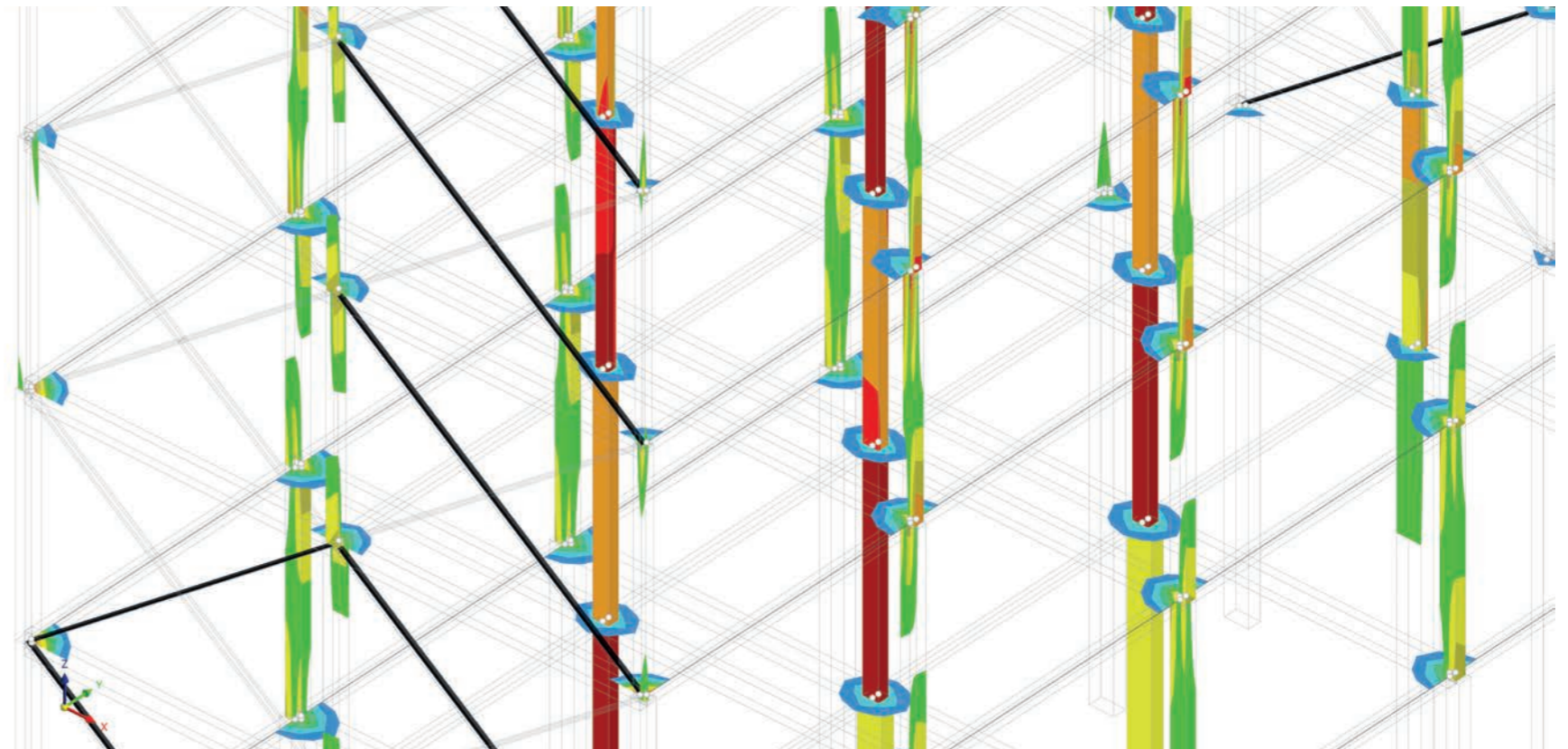
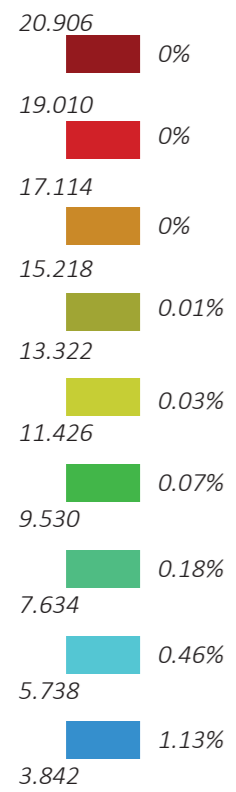
Tensión equivalente elástica $\sigma_{eq,von Mises}$ [N/mm²]

CO1_1,35 · CC1 + 1,35 · CC3

Barras



Superficies



II. Modelo 2_Combinaciones de acciones_Documento Básico SE-AE

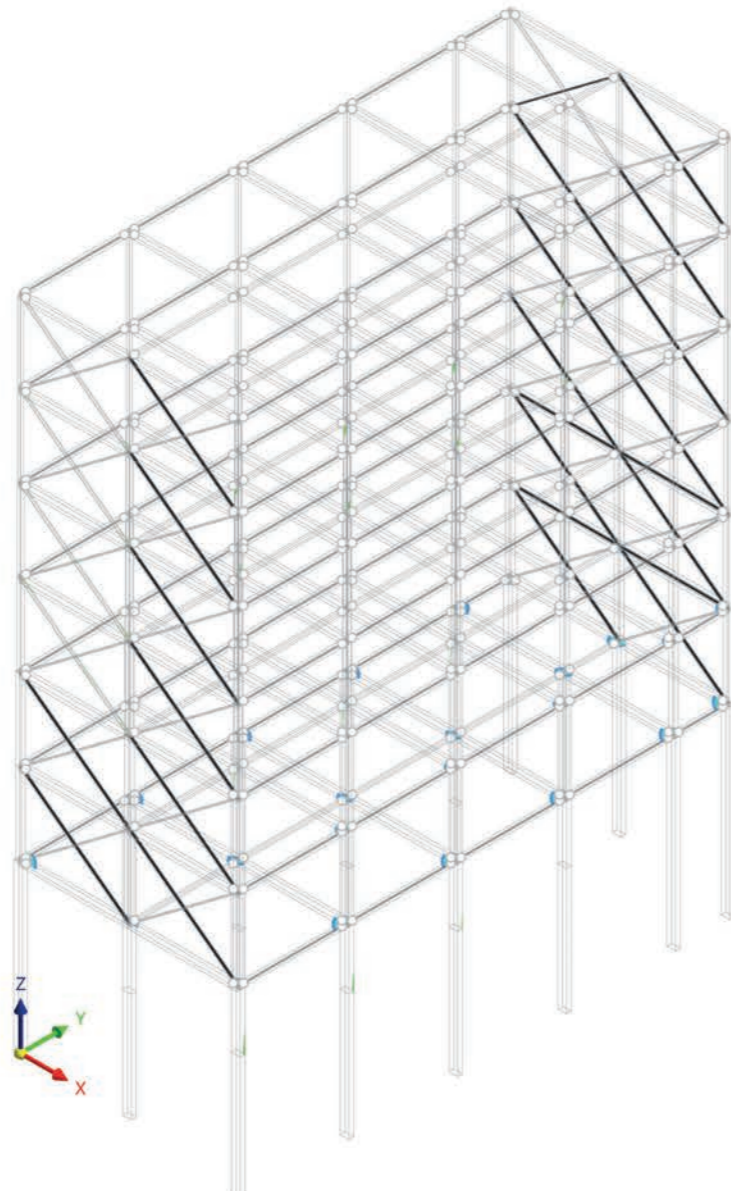
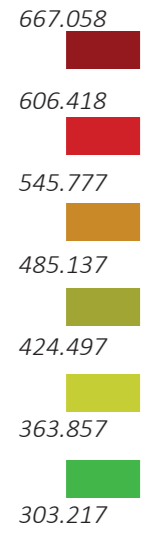
CC1_Peso propio
CC3_Sobrecarga

CC4_Viento
CC5_Nieve

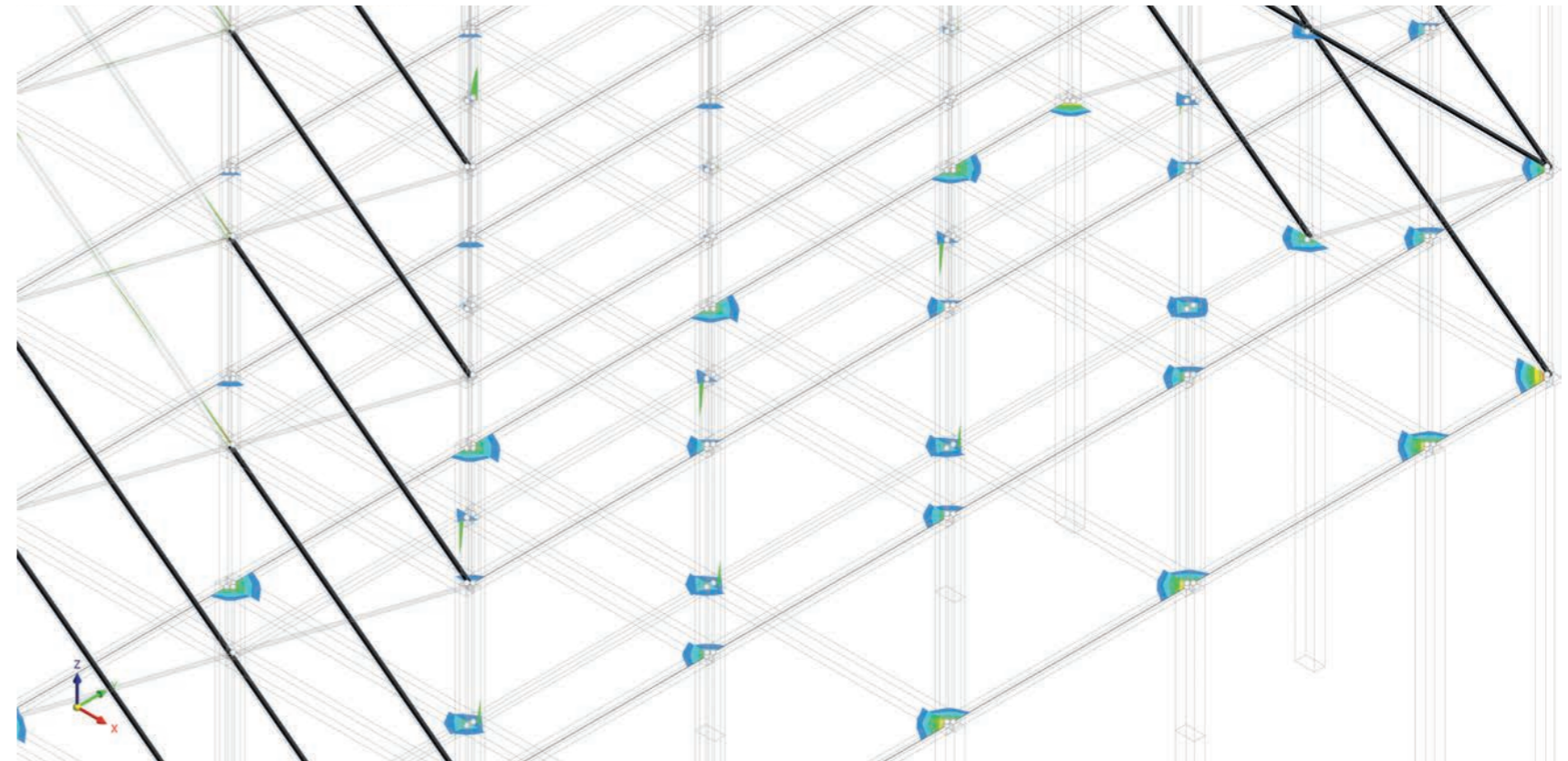
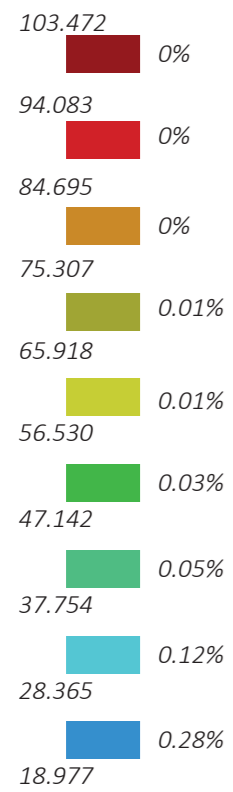
Tensión equivalente elástica $\sigma_{eq,von Mises}$ [N/mm²]

$$CO2_{1,35} \cdot CC1 + 1,35 \cdot CC3 + 1,5 \cdot CC4$$

Barras



Superficies



II. Modelo 2_Combinaciones de acciones_Documento Básico SE-AE

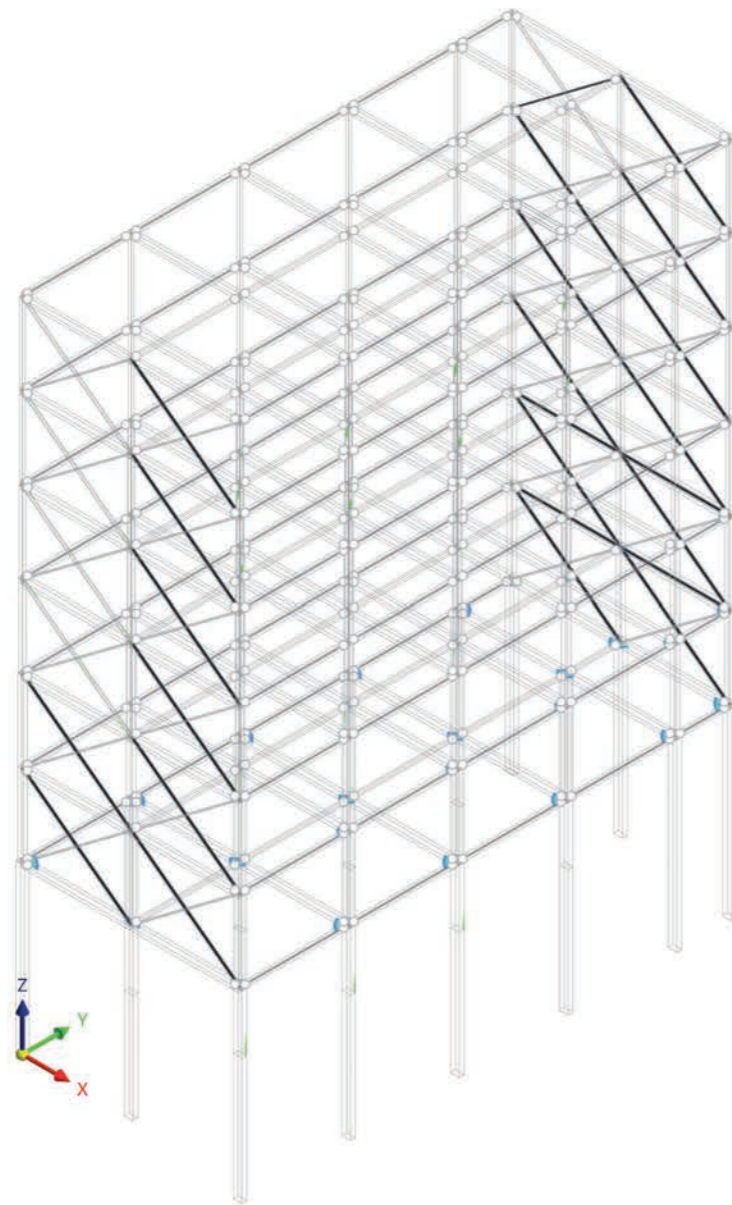
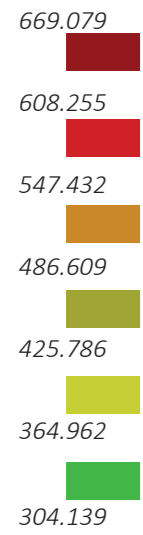
CC1_Peso propio
CC3_Sobrecarga

CC4_Viento
CC5_Nieve

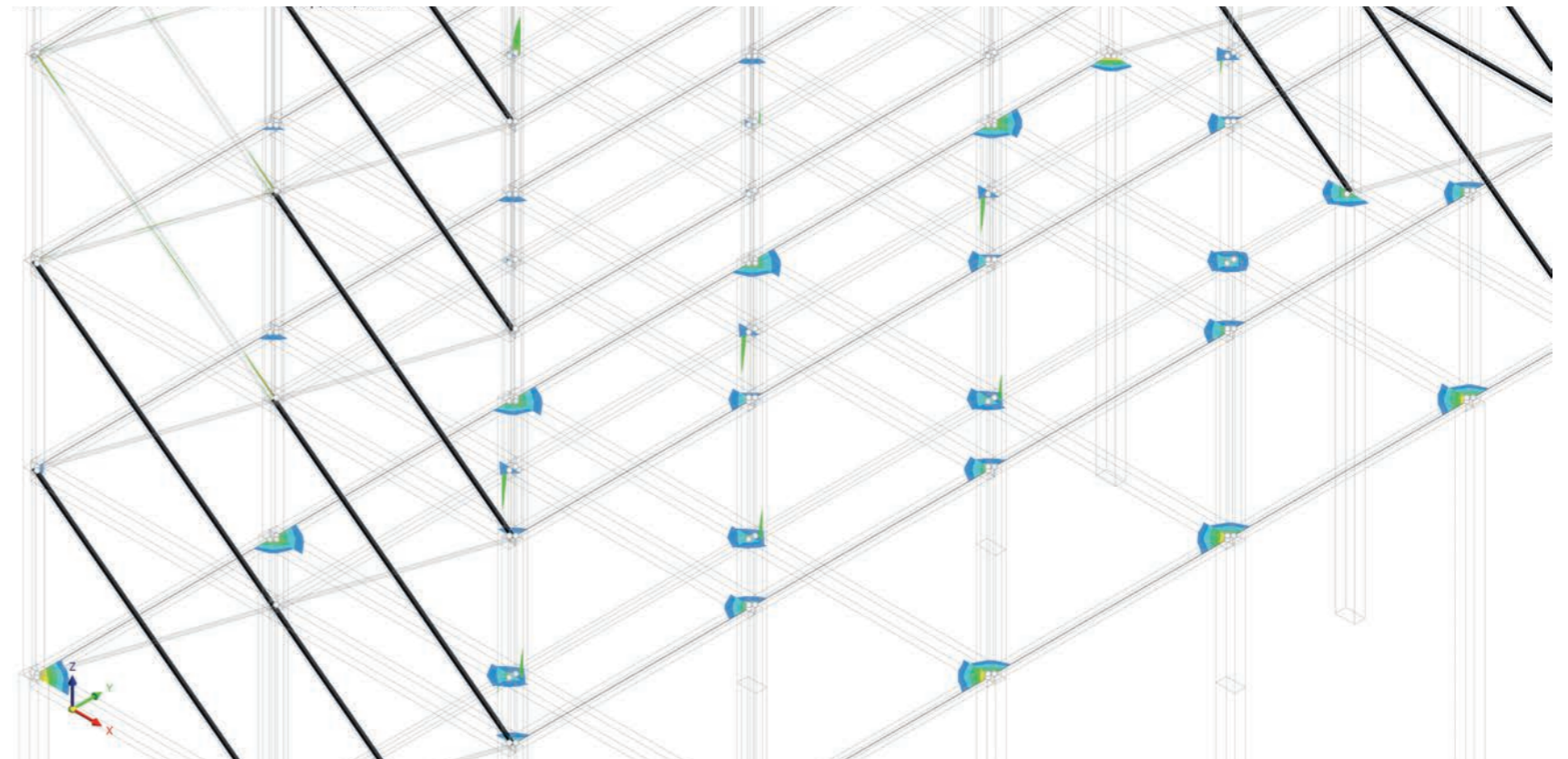
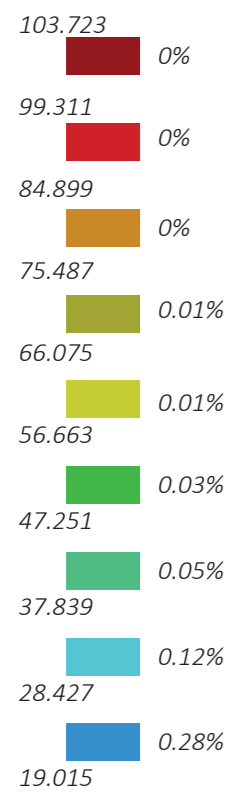
Tensión equivalente elástica $\sigma_{eq,von Mises}$ [N/mm²]

$$CO3_{1,35} \cdot CC1 + 1,35 \cdot CC3 + 1,5 \cdot CC4 + 1,05 \cdot CC5$$

Barras



Superficies



II. Modelo 2_Combinaciones de acciones_Documento Básico SE-AE

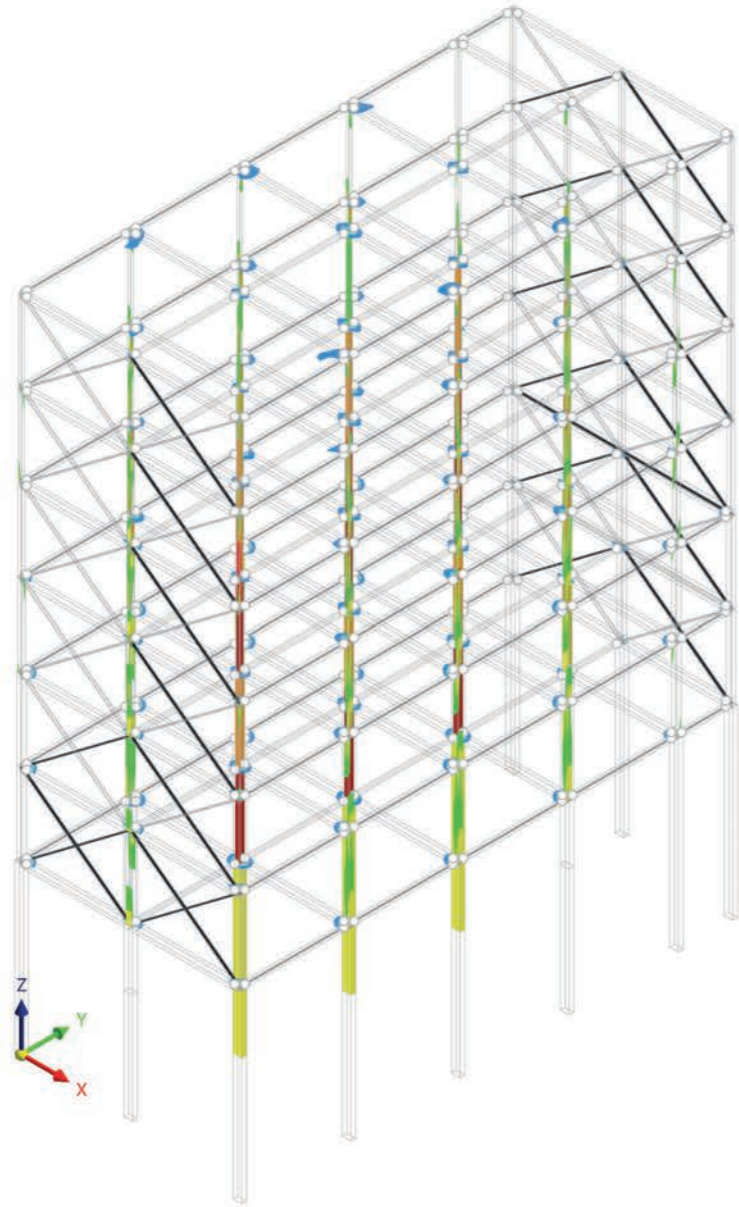
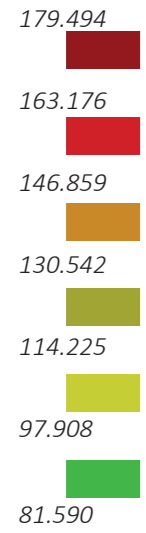
CC1_Peso propio
CC3_Sobrecarga

CC4_Viento
CC5_Nieve

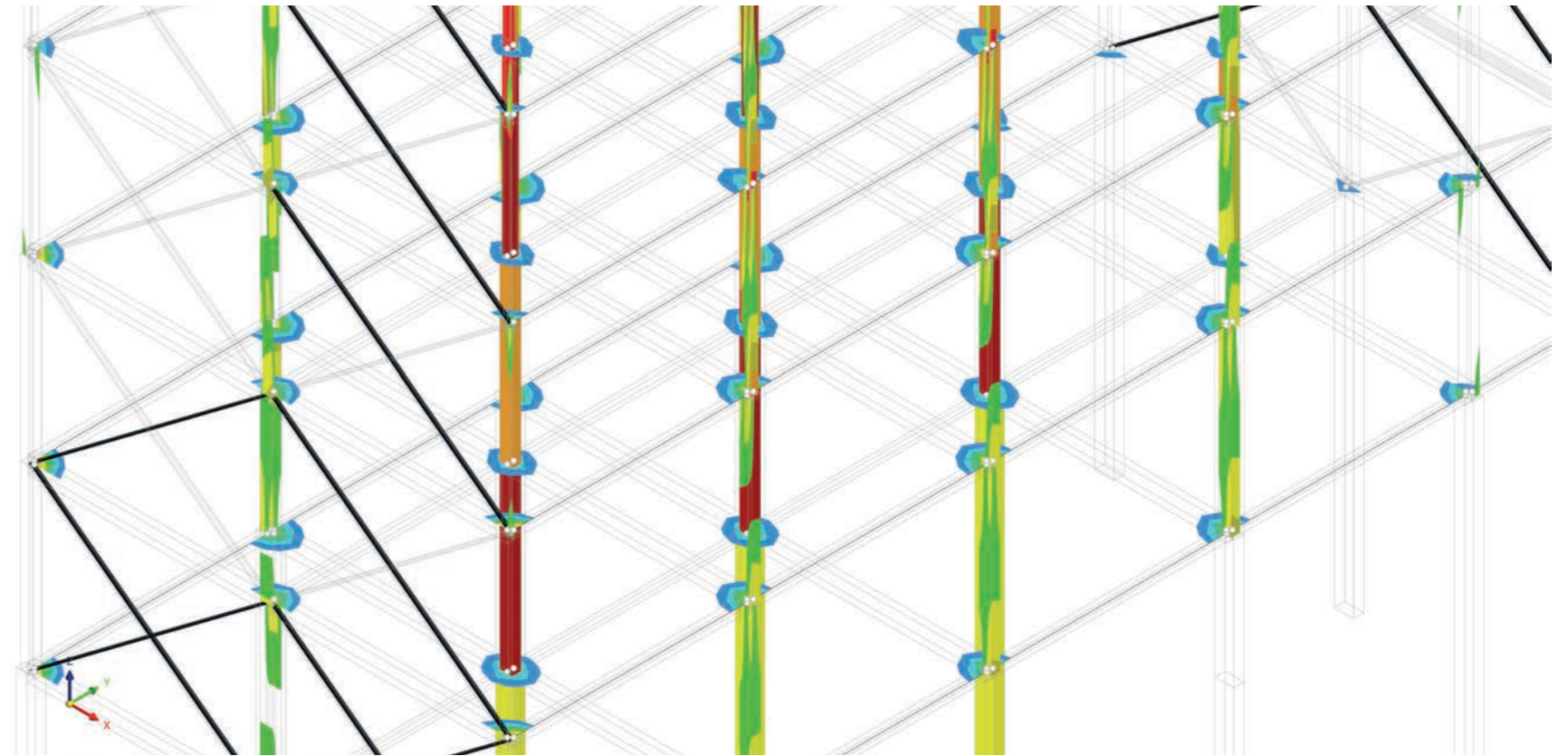
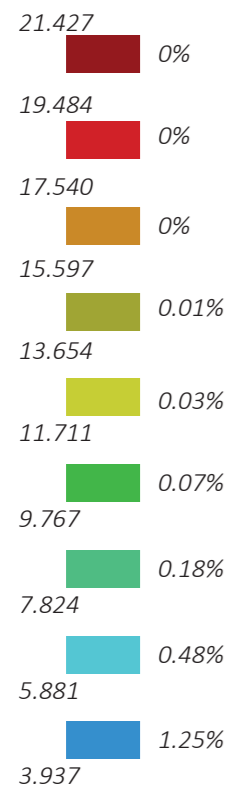
Tensión equivalente elástica $\sigma_{eq,von Mises}$ [N/mm²]

$$CO4_{1,35} \cdot CC1 + 1,35 \cdot CC3 + 1,05 \cdot CC5$$

Barras



Superficies



II. Modelo 2_Combinaciones de acciones_Documento Básico SE-AE

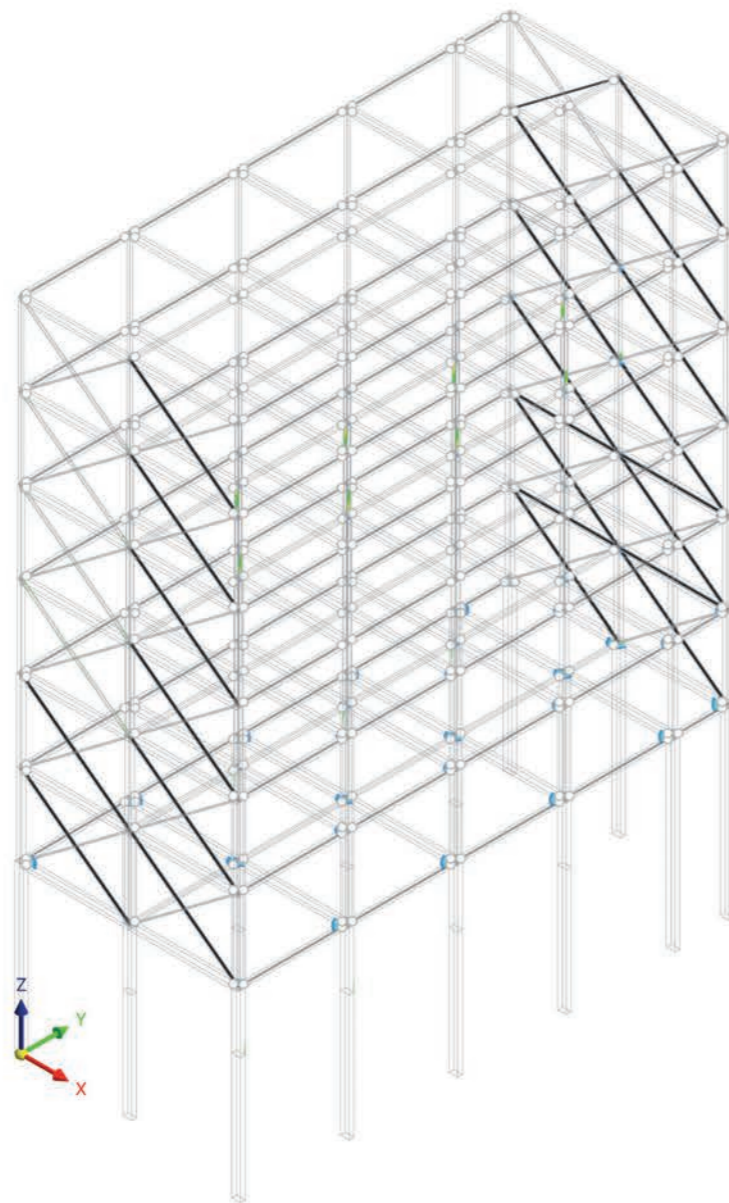
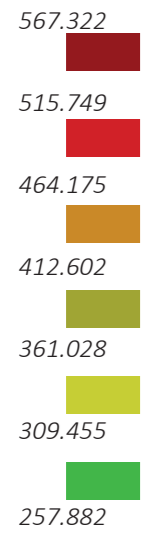
CC1_Peso propio
CC3_Sobrecarga

CC4_Viento
CC5_Nieve

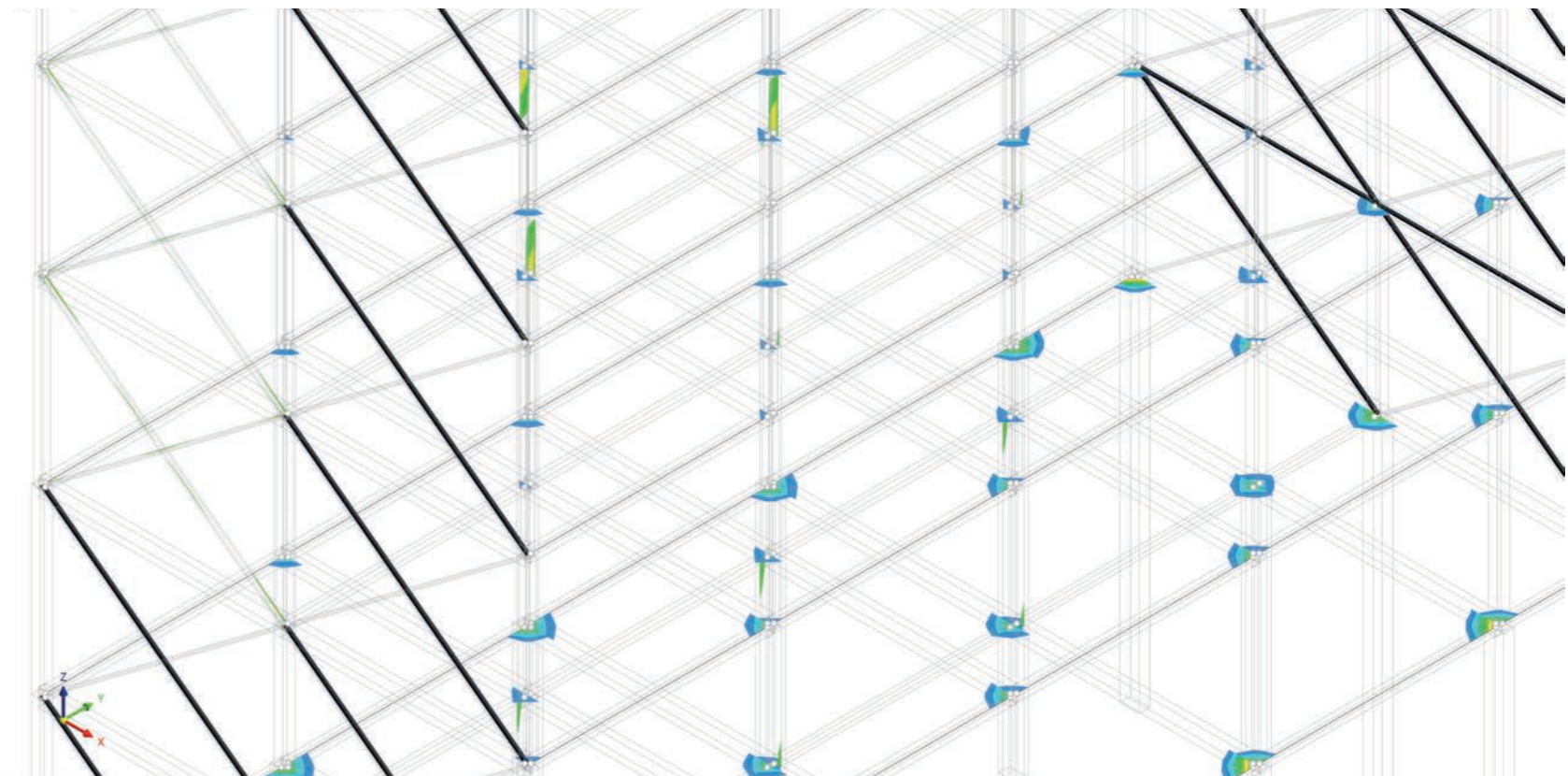
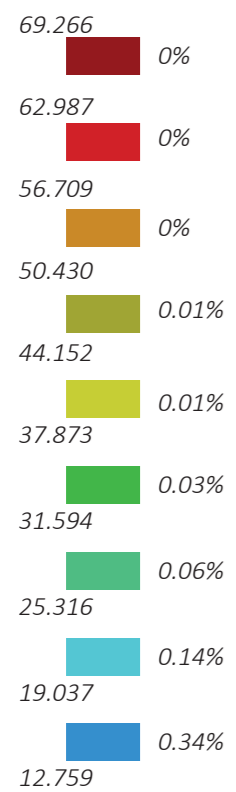
Tensión equivalente elástica $\sigma_{eq,von Mises}$ [N/mm²]

$$CO5_{1,35} \cdot CC1 + 1,35 \cdot CC3 + 0,90 \cdot CC4 + 1,50 \cdot CC5$$

Barras



Superficies



Se estudia gráficamente las deformaciones globales que sufre la estructura, para posteriormente poder compararlo. Se puede ver que las mayores deformaciones se encuentran en los ejes Y y Z, obteniéndose deformaciones máximas como 181.6mm en el caso de U_Y . El CTE según 4.3.3.2. desplazamientos horizontales establece que el desplome ha de ser menor que¹⁹:

- 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.

Por lo que, en este caso, se obtiene que el desplome supera el máximo permitido por el CTE.

Debido a las propiedades del modelo y los resultados, se incluye el complemento de cálculo de acero, esto permite poder calcular y dimensionar las barras de acero según la norma de diseño. En este caso al ser un modelo as built, y que la estructura ya está definida por el modelo original, se pretende ver cuál es la relación de control de cálculo máxima η_{max} de cada barra. En este caso, la barra que más sufre es un pilar, con sección 2 UPN 180, con una $\eta_{max} = 1.361$. Se desglosan las verificaciones que hace el software para cada barra:

Viga | 25 - 2UI UPN 180 /0/1 | L: 3.750 m

Posición x (m)	Situación de proyecto	Carga num.	Relación de control de cálculo η		Tipo de comportamiento de diseño
0,000	SP1	CO4	0,540	SP1200.00	Comprobación de la sección Compresión según EN 1993-1-1, 6.2.4
1,875	SP1	CO3	0,024	SP3100.02	Comprobación de la sección Cortante en el eje z según EN 1993-1-1, 6.2.6(2) Cálculo plástico
1,875	SP1	CO3	0,082	SP3200.02	Comprobación de la sección Cortante en el eje y según EN 1993-1-1, 6.2.6(2) Cálculo plástico
3,750	SP1	CO3	0,167	SP4100.03	Comprobación de la sección Flexión respecto al eje y según EN 1993-1-1, 6.2.5 Cálculo plástico
3,750	SP1	CO3	0,686	SP5100.03	Comprobación de la sección Flexión respecto al eje z según EN 1993-1-1, 6.2.5 Cálculo plástico
3,750	SP1	CO3	1,361	SP6300.01	Comprobación de la sección Flexión biaxial, esfuerzo axil y cortante según EN 1993-1-1, 6.2.1(7) Cálculo plástico
1,875	SP1	CO5	0,536	SP6300.03	Comprobación de la sección Flexión respecto al eje z, esfuerzo axil y cortante según EN 1993-1-1, 6.2.1(7) Cálculo plástico
0,000	SP2	CO6	0,000	SE0100.00	Estado límite de servicio Flechas insignificantes
2,813	SP2	CO8	0,029	SE1100.00	Estado límite de servicio Flechas en dirección z
2,813	SP2	CO8	0,245	SE1200.00	Estado límite de servicio Flechas en dirección y

**Anejo J*

La excesiva deformabilidad de la estructura es suplida en la construcción por la presencia de una fachada de ladrillo que contribuye parcialmente frente al viento y que dota de rigidez al lado largo del edificio.

¹⁹ Código Técnico de la Edificación. *Documento Básico SE*, 2019: [Capítulo 4.3]

II. Modelo 2_Deformaciones globales_Documento Básico SE-AE

Para la resistencia de secciones

$$\gamma_{m0} = 1$$

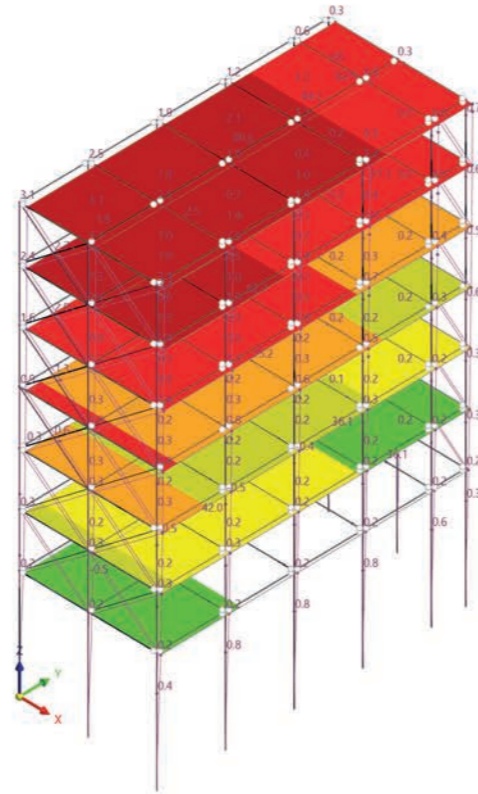
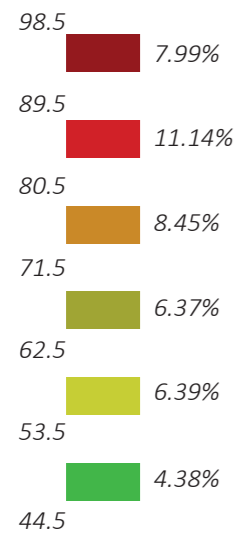
Para la resistencia de barras al fallo de estabilidad

$$\gamma_{m1} = 1$$

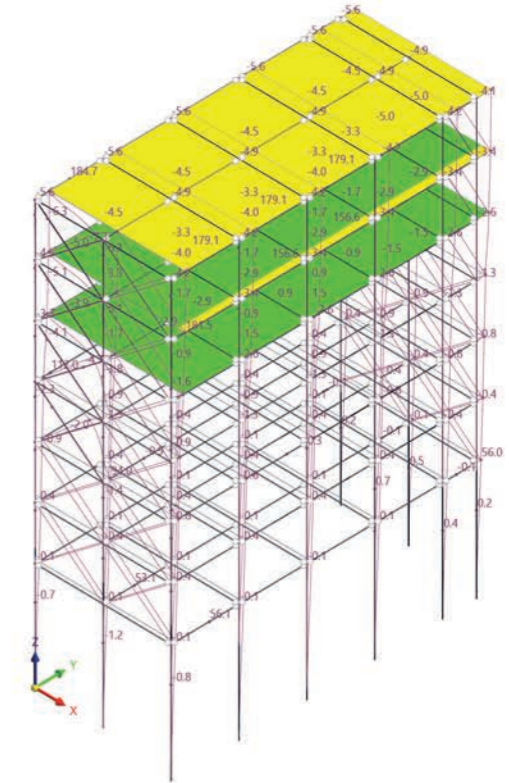
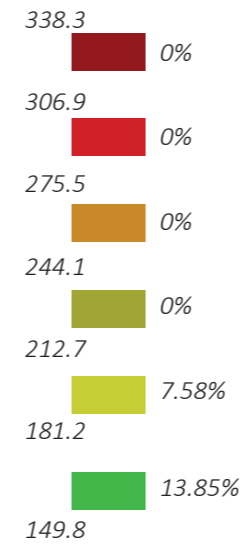
Para la resistencia de las secciones a la fractura por tracción

$$\gamma_{m2} = 1,25$$

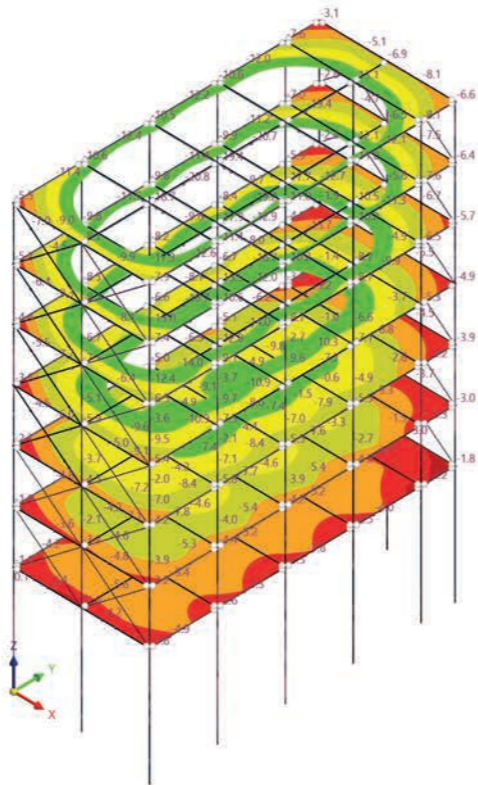
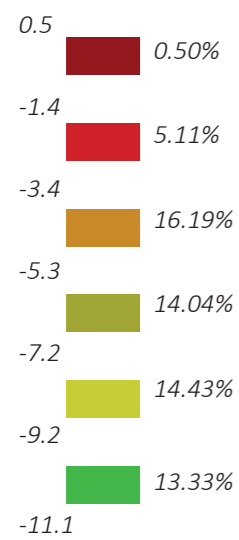
Deformaciones globales $|u_x|$ [mm]



Deformaciones globales $|u_y|$ [mm]

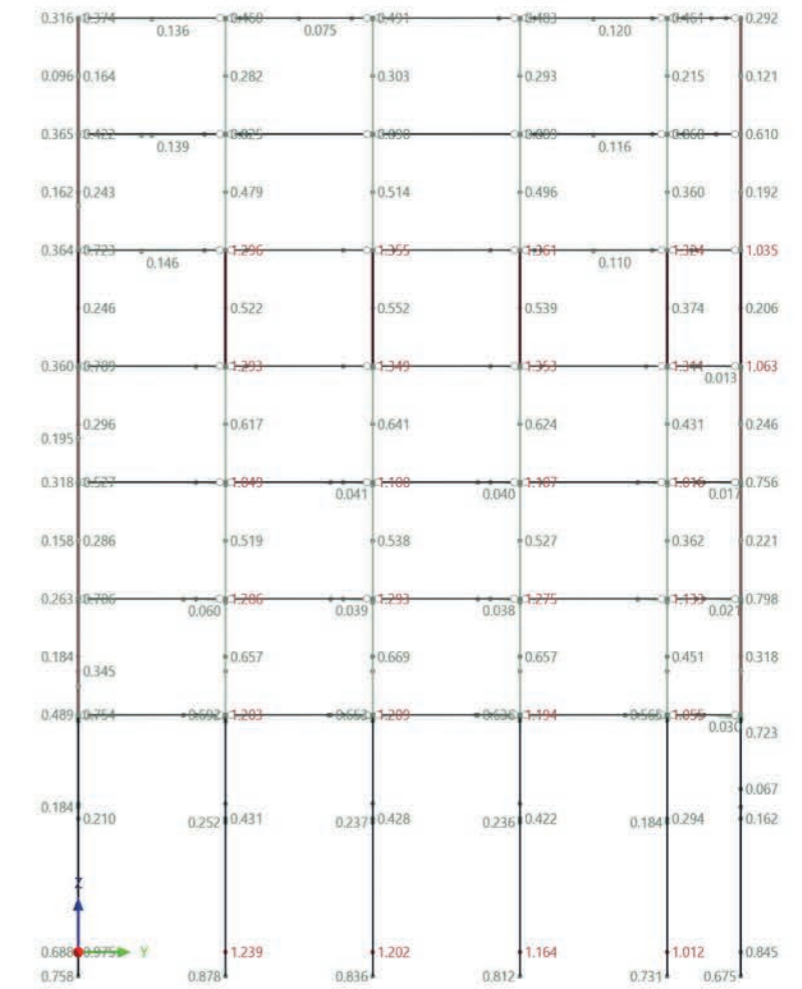
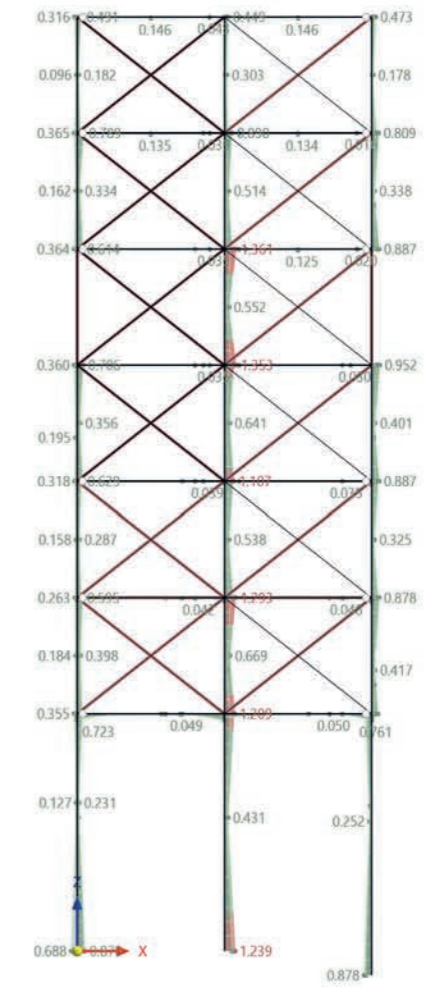
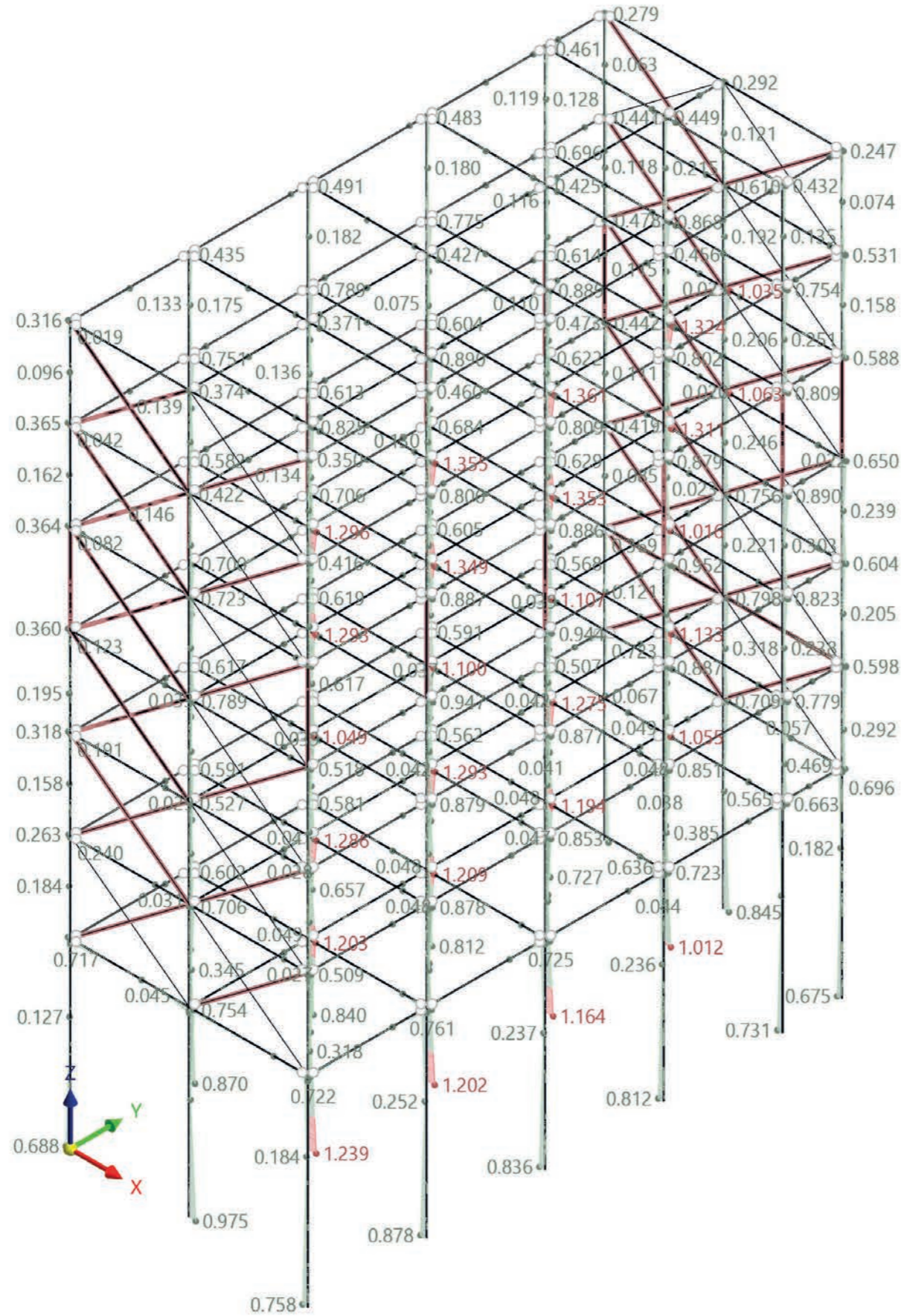
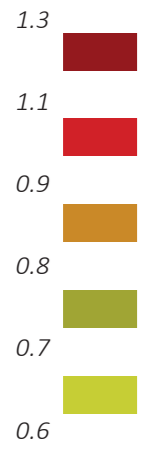


Deformaciones globales $|u_z|$ [mm]



II. Modelo 2_Cálculo de Acero_Documento Básico SE-AE

Verificación por barras



ii. Ministerio de la vivienda. Normas MV 101-1962. Acciones en la edificación.

Previamente a considerar las hipótesis, se adecúan los coeficientes para esta normativa, ya que hay diferencias. Según MV 101-192, los coeficientes parciales que se utilizan para materiales son:

Para la resistencia de secciones	$\gamma_{m0} = 1,1$
Para la resistencia de barras al fallo de estabilidad	$\gamma_{m1} = 1,1$
Para la resistencia de las secciones a la fractura por tracción	$\gamma_{m2} = 1,1$

Se estudia el comportamiento de la estructura mediante la tensión de Von Mises (magnitud física proporcional a la energía de distorsión. El programa por defecto realiza las siguientes aproximaciones para obtener los resultados²⁰:

- Tensión equivalente máxima en la cara positiva o negativa de la superficie:

$$\sigma_{\text{eq,von Mises, Max}} = \max(\sigma_{\text{eq,von Mises,+}}; \sigma_{\text{eq,von Mises,-}})$$

- Tensión equivalente en el lado positivo de la superficie:

$$\sigma_{\text{eq,von Mises,+}} = \sqrt{(\sigma_{x,+}^2 + \sigma_{y,+}^2 - \sigma_{x,+} \sigma_{y,+} + 3\tau_{xy,+}^2)}$$

- Tensión equivalente en el lado negativo de la superficie:

$$\sigma_{\text{eq,von Mises,-}} = \sqrt{(\sigma_{x,-}^2 + \sigma_{y,+}^2 - \sigma_{x,-} \sigma_{y,+} + 3\tau_{xy,+}^2)}$$

- Tensión equivalente de membrana:

$$\sigma_{\text{eq,von Mises, m}} = \sqrt{(\sigma_{x,m}^2 + \sigma_{y,m}^2 - \sigma_{x,m} \sigma_{y,m} + 3\tau_{xy,m}^2)}$$

²⁰ Dlubal software. *Tensiones*, 2023.

Según el apartado 1.5 del Capítulo 1 de esta normativa, en el cálculo de una estructura se han de considerar los casos de carga mencionados anteriormente. Estas hipótesis se complementan con los coeficientes de seguridad empleados en el cálculo original. Por lo que se obtienen:

- a. ELU_CO1 Estado Límite Último / Permanente y transitoria

$$1,5 [CC1 + 1,05 \cdot CC3 + CC5]$$

En esta combinatoria de cargas intervienen el peso propio, sobrecargas y nieve.

Los puntos más críticos se encuentran en los pilares, sobre todo en los interiores y en las uniones de los forjados con los pilares.

- b. ELU_CO2 Estado Límite Último / Permanente y transitoria

$$1,33 [CC1 + 1,05 \cdot CC3 + CC5 + CC4]$$

En este caso, intervienen las cargas de peso propio, sobrecarga, nieve y viento. Las tensiones más altas se encuentran en las uniones de los forjados con los pilares.

- c. ELU_CO3 Estado Límite Último / Permanente y transitoria

$$1 [CC1 + 1,05 \cdot CC3 + CC5 + 0,50 \cdot CC4]$$

En esta combinatoria de cargas intervienen el peso propio, sobrecargas, viento y nieve. Los puntos más críticos se encuentran en los pilares, sobre todo en los interiores y en las uniones de los forjados con los pilares.

Para las combinaciones anteriores de carga en barras se obtiene:

COMBINACIÓN	$\sigma_{eq,von Mises, Max}$ [N/mm²]	$\sigma_{eq,von Mises, Min}$ [N/mm²]
CO1	<i>171.901</i>	<i>0.004</i>
CO2	<i>548.26</i>	<i>0.009</i>
CO3	<i>249.069</i>	<i>0.011</i>

Para las combinaciones anteriores de carga en superficies se obtiene:

COMBINACIÓN	$\sigma_{eq,von Mises, Max}$ [N/mm²]	$\sigma_{eq,von Mises, Min}$ [N/mm²]
CO1	<i>20.372</i>	<i>0.024</i>
CO2	<i>95.934</i>	<i>0.183</i>
CO3	<i>38.227</i>	<i>0.123</i>

II. Modelo 2_Combinaciones de acciones_Normas MV 101-1962

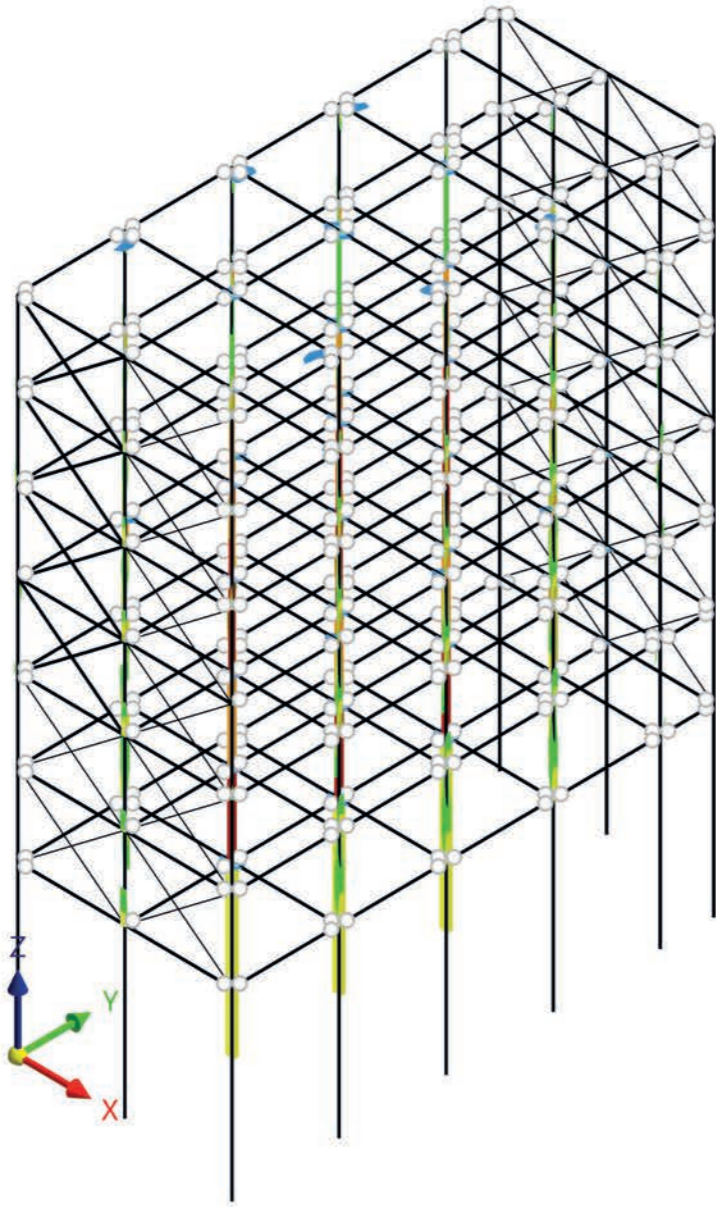
CC1_Peso propio
CC3_Sobrecarga

CC4_Viento
CC5_Nieve

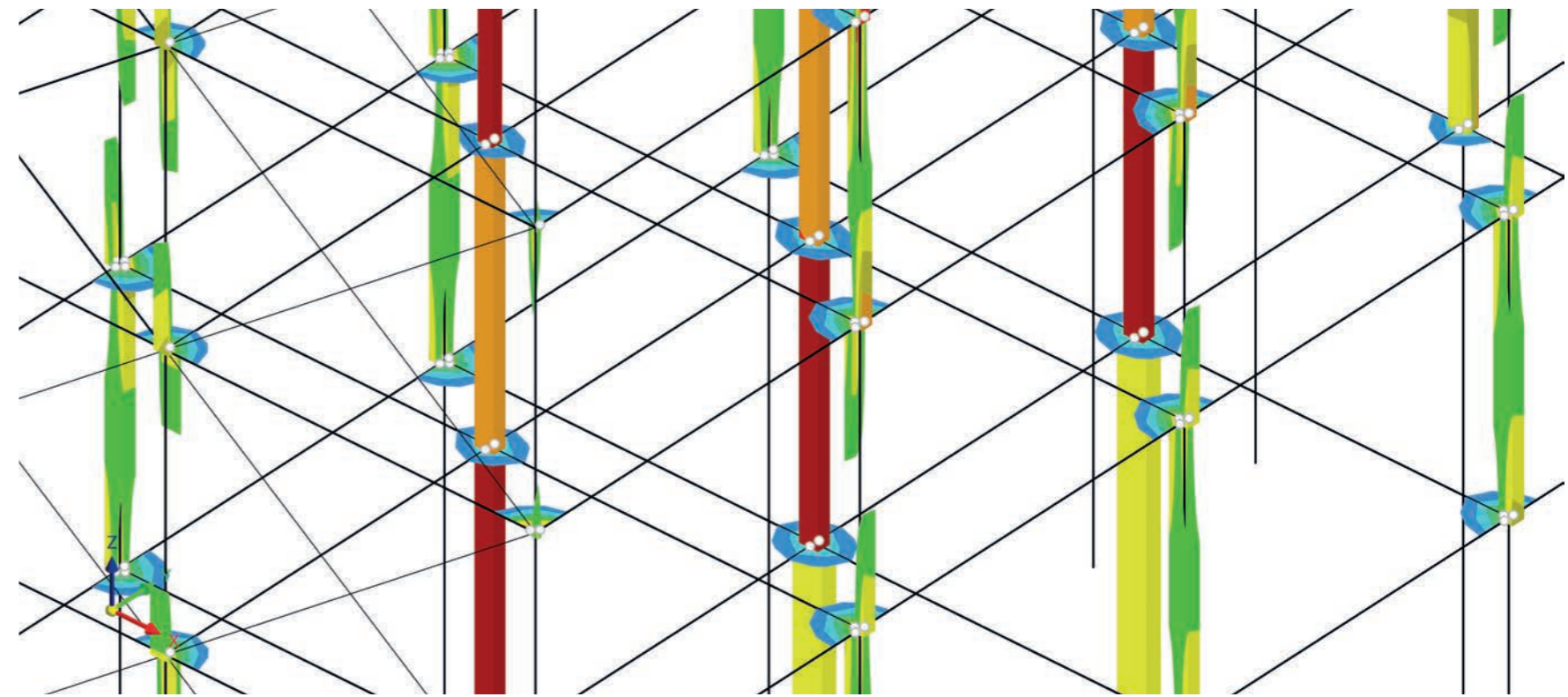
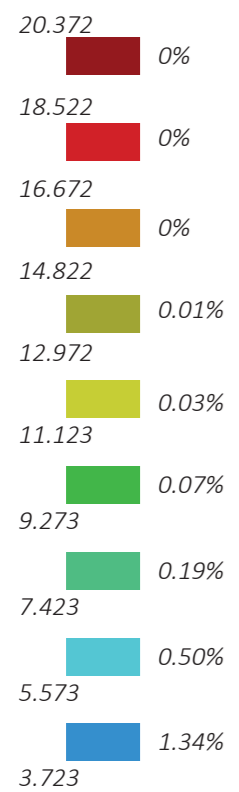
Tensión equivalente elástica $\sigma_{eq,von Mises}$ [N/mm²]

CO1_1,5 [CC1 + 1,05 · CC3 + CC5]

Barras



Superficies



II. Modelo 2_Combinaciones de acciones_Normas MV 101-1962

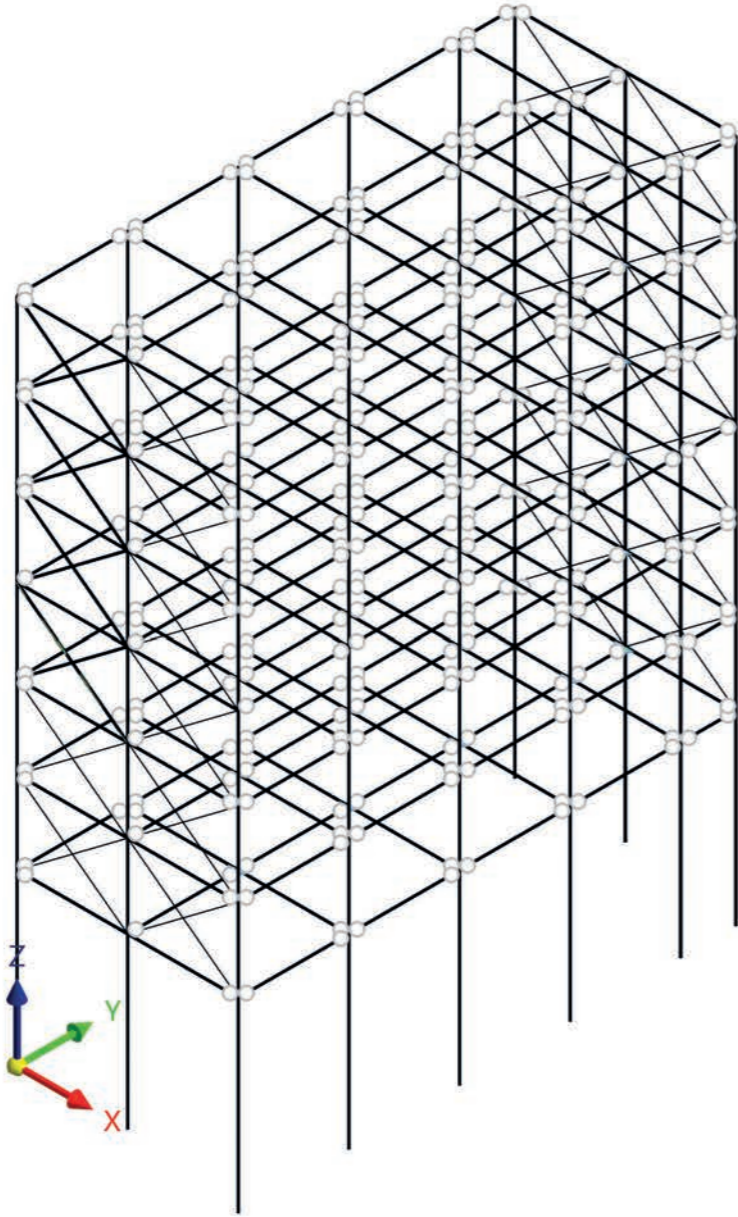
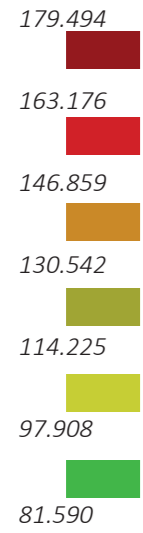
CC1_Peso propio
CC3_Sobrecarga

CC4_Viento
CC5_Nieve

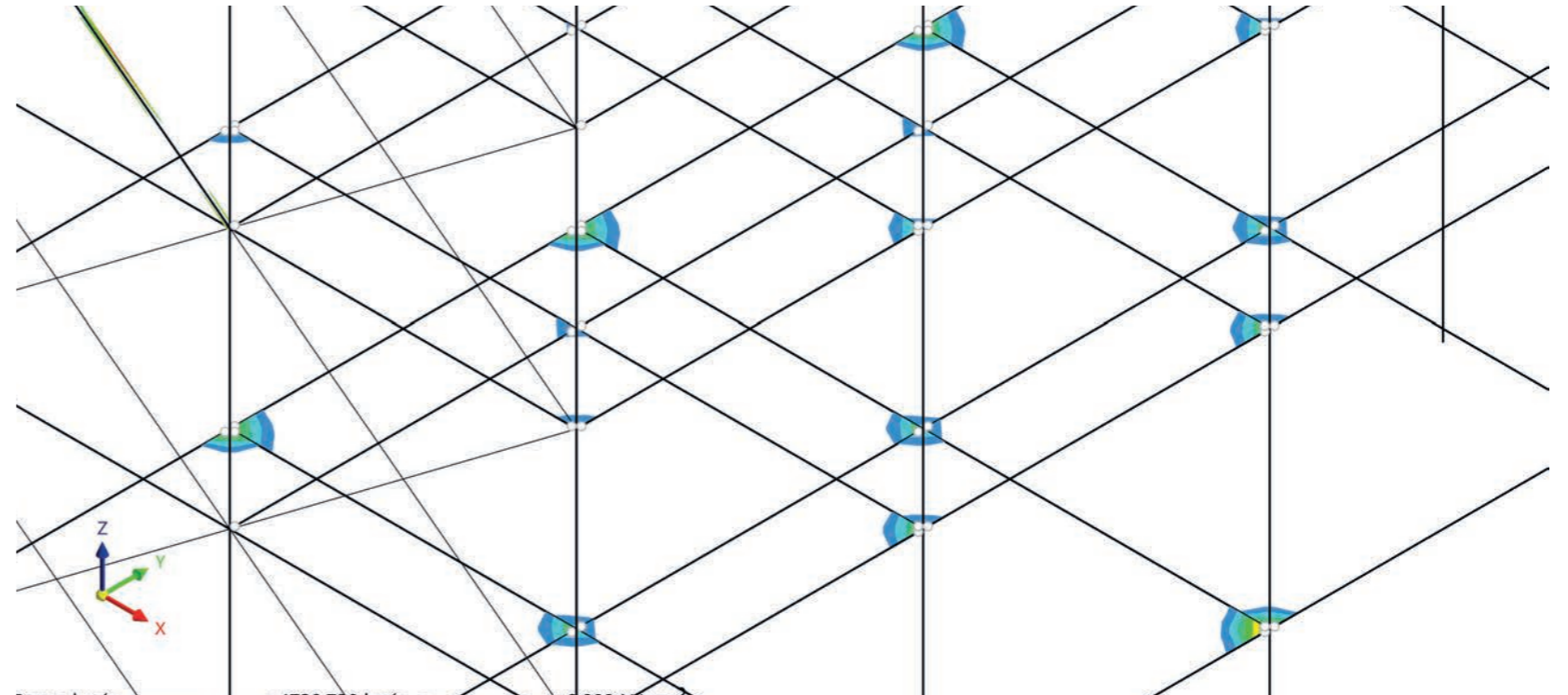
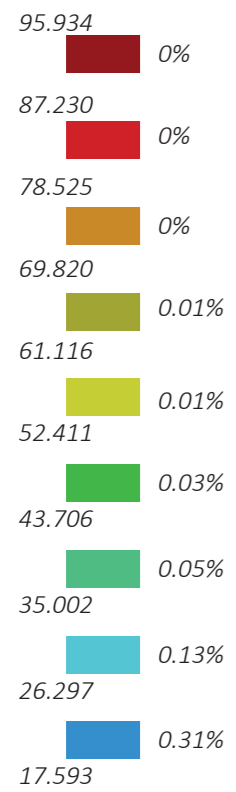
Tensión equivalente elástica $\sigma_{eq,von Mises}$ [N/mm²]

CO2_1,33 [CC1 + 1,05 · CC3 + CC5 + CC4]

Barras



Superficies



II. Modelo 2_Combinaciones de acciones_Normas MV 101-1962

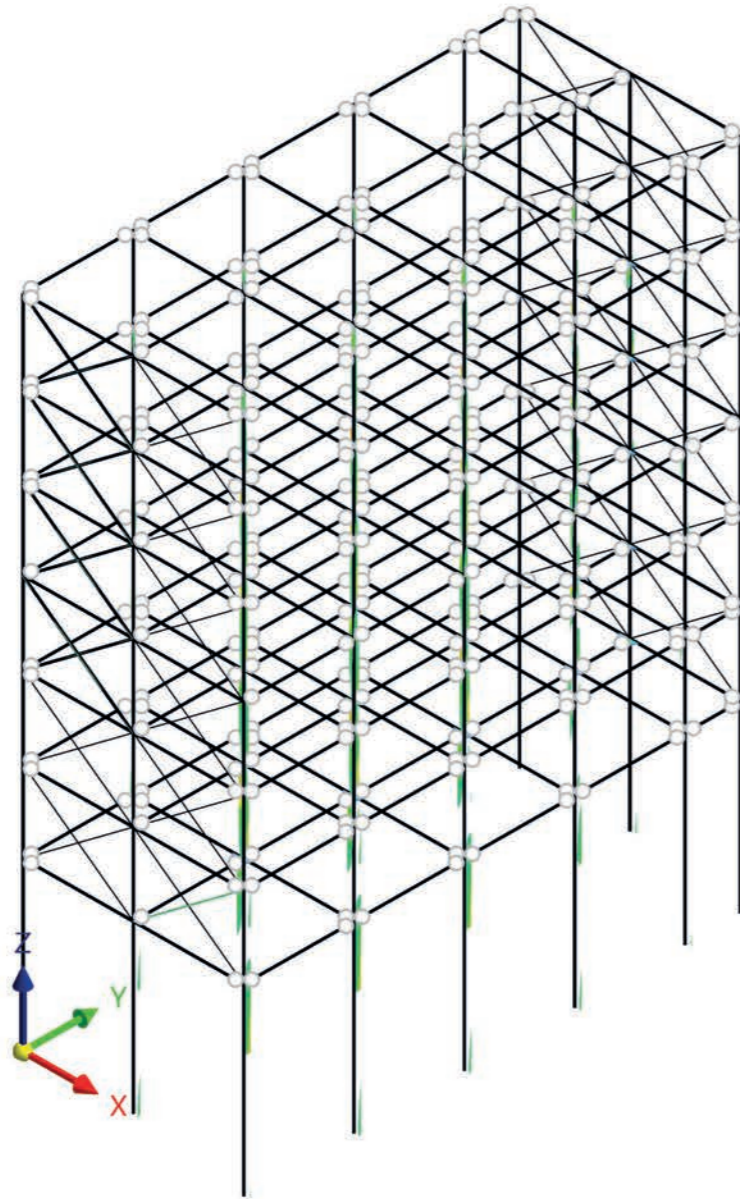
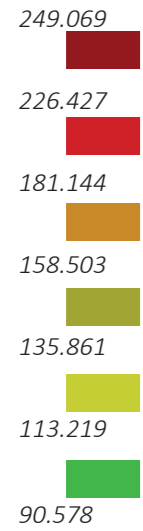
CC1_Peso propio
CC3_Sobrecarga

CC4_Viento
CC5_Nieve

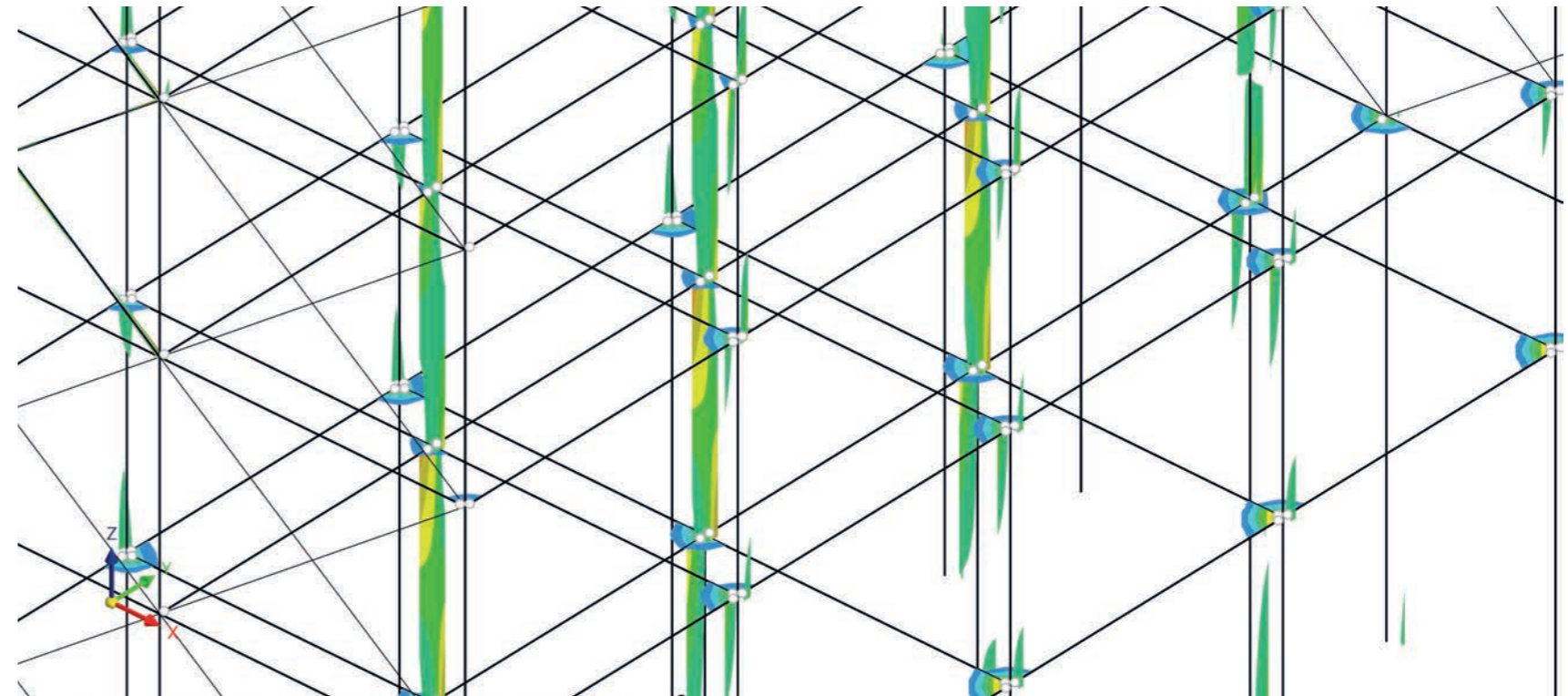
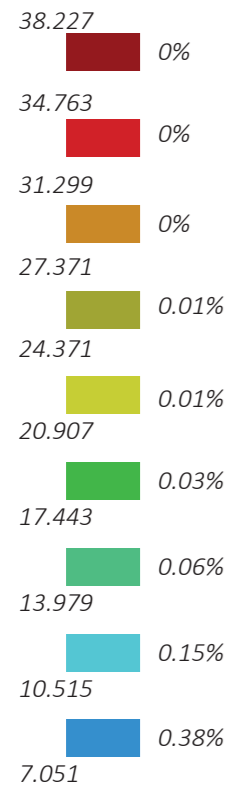
Tensión equivalente elástica $\sigma_{eq,von Mises}$ [N/mm²]

CO3_1 [CC1 + 1,05 · CC3 + CC5 + 0,50 · CC4]

Barras



Superficies



Se estudia gráficamente las deformaciones globales que sufre la estructura, para posteriormente poder compararlo. Se puede ver que las mayores deformaciones se encuentran en los ejes Y y Z, obteniéndose deformaciones máximas como 112.4 mm en el caso de U_Y .

II. Modelo 2_Deformaciones globales_Normas MV 101-1962

Para la resistencia de secciones

$$\gamma_{m0} = 1,1$$

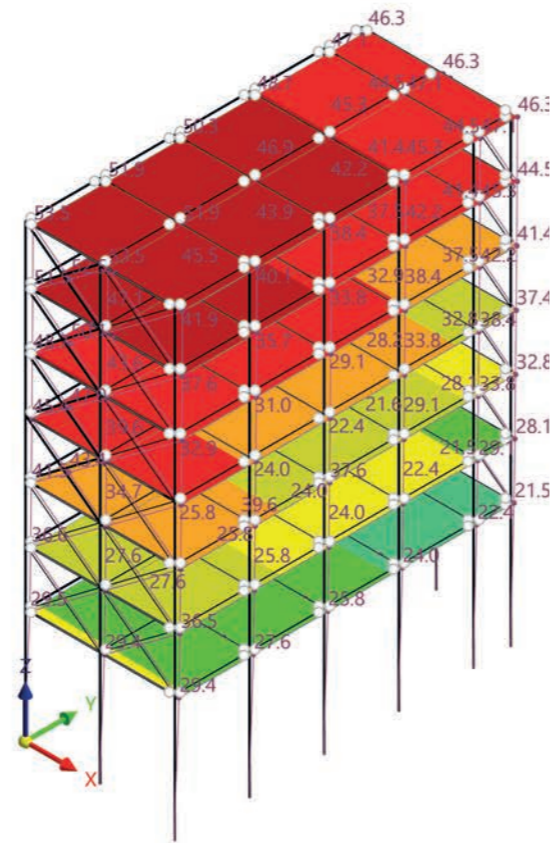
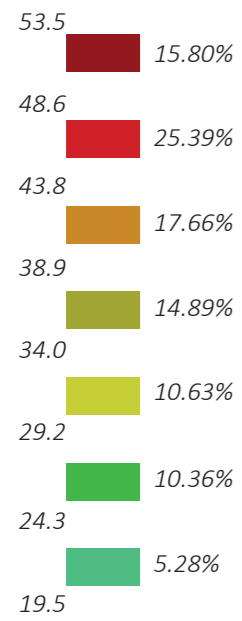
Para la resistencia de barras al fallo de estabilidad

$$\gamma_{m1} = 1,1$$

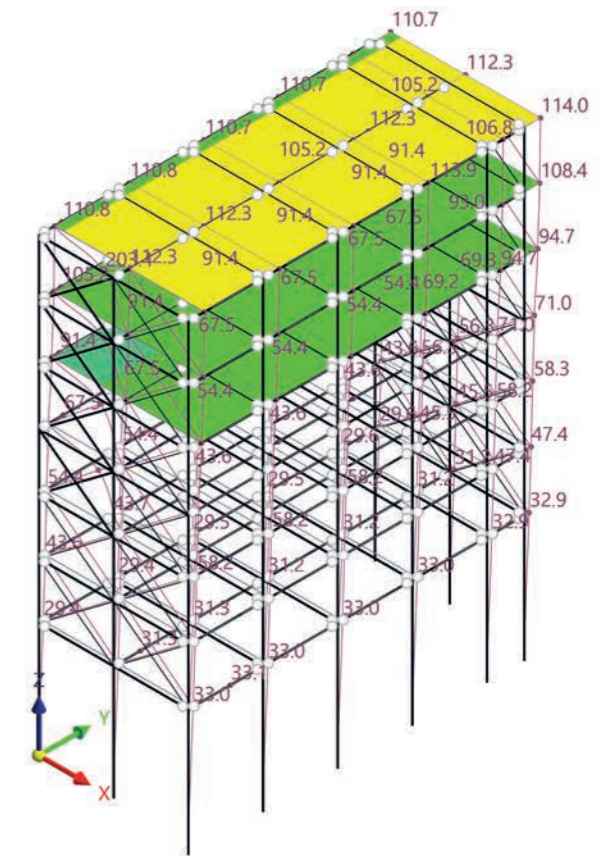
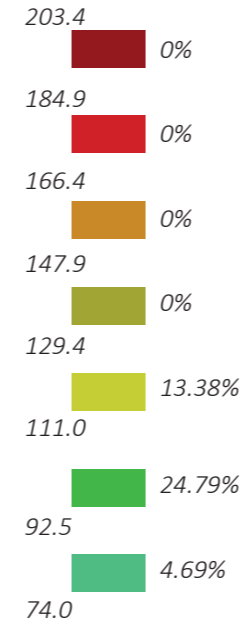
Para la resistencia de las secciones a la fractura por tracción

$$\gamma_{m2} = 1,1$$

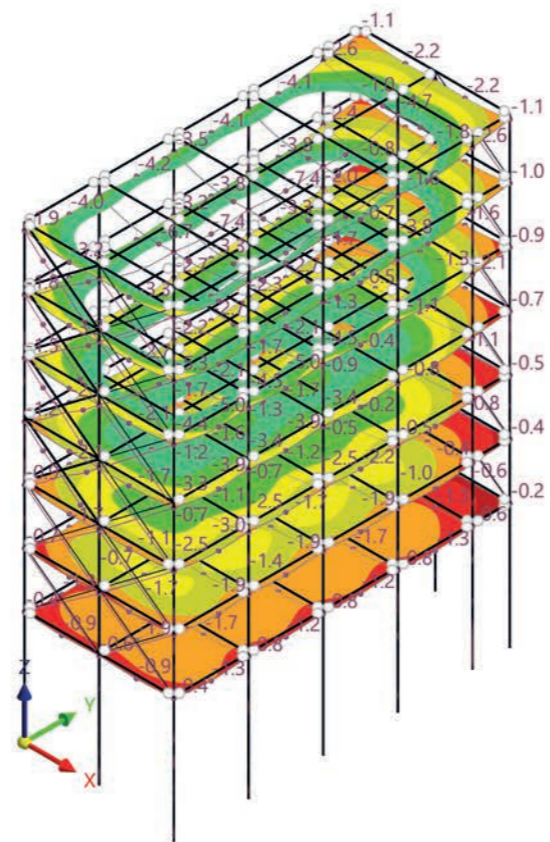
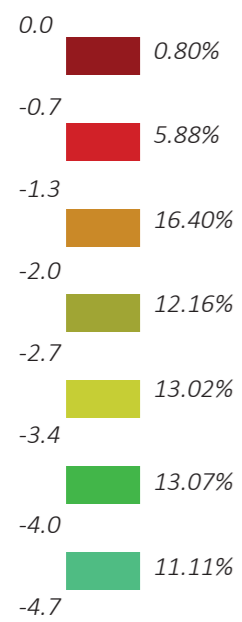
Deformaciones globales $|u_x|$ [mm]



Deformaciones globales $|u_y|$ [mm]



Deformaciones globales $|u_z|$ [mm]







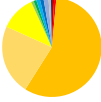

4.2. ANÁLISIS DE LOS MODELOS

i. Modelo 1.

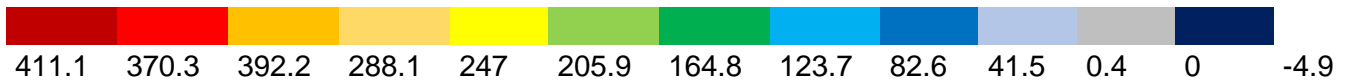
La principal característica de este modelo es que los forjados se han considerado como superficies de transmisión de carga, sin atender a la posible contribución estructural que pudiese tener. En general, según las dos normativas (DB SE-AE y Normas MV) no se cumplen las exigencias estructurales.

En ambos casos, globalmente la estructura se deforma en los mismos puntos y en el mismo rango de deformación en todos los ejes.

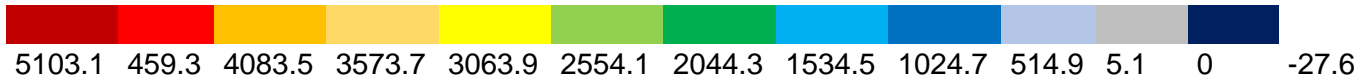
En el caso de las tensiones equivalentes elásticas, en todas las combinaciones de cada normativa se dan casos extremos que no cumplen la seguridad estructural. En ambos casos los elementos más críticos son los pilares interiores y las vigas interiores en sus extremos.

DEFORMACIONES GLOBALES	DB SE-AE	Normas MV 101-1962
U_x		
U_y		
U_z		

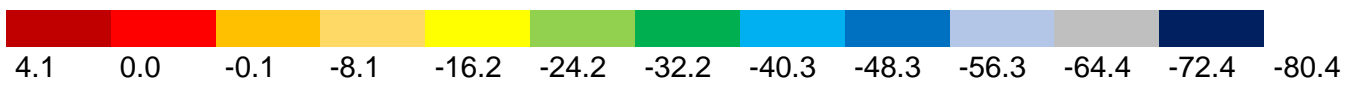
U_x DB SE-AE:



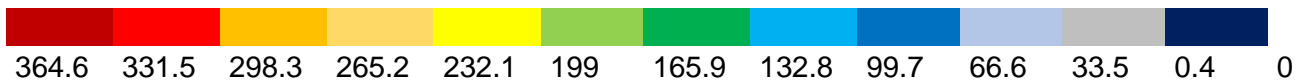
U_y DB SE-AE:



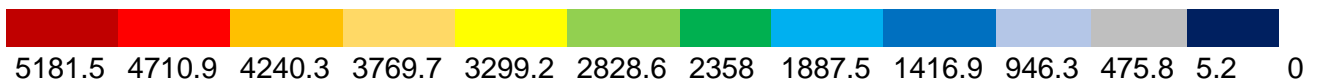
U_z DB SE-AE:



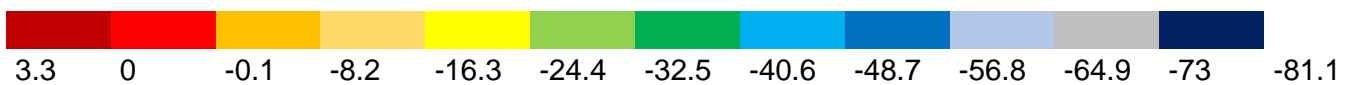
U_x MV 101-1962



U_y MV 101-1962



U_z MV 101-1962









ii. *Modelo 2.*

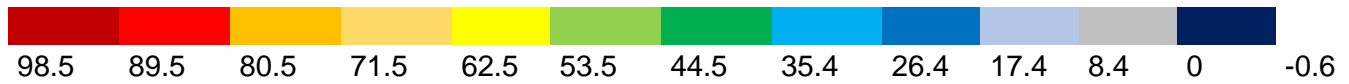
Debido a los resultados obtenidos en el Modelo 1, se consideran en este caso los forjados como losas de hormigón (acorde con las características del modelo original). En ambas normativas se obtienen resultados más acordes a la seguridad estructural.

En cuanto a las deformaciones globales la estructura presenta similitudes en los puntos de deformación, aunque las deformaciones son mayores según la normativa actual.

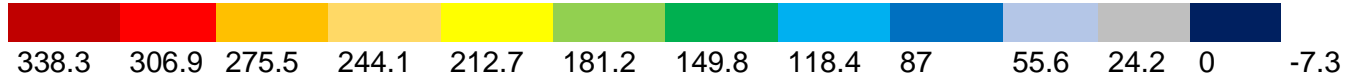
Cada combinatoria de carga es comprable en cada normativa, se presentan tensiones más altas con la normativa actual, pero dentro de un rango que atiende al cumplimiento de la estructura.

DEFORMACIONES GLOBALES	DB SE-AE	Normas MV 101-1962
U_x		
U_y		
U_z		

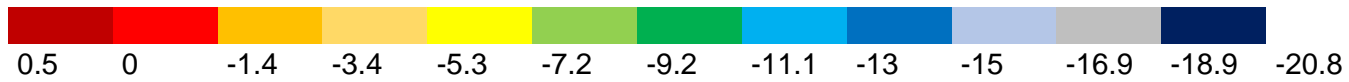
U_x DB SE-AE:



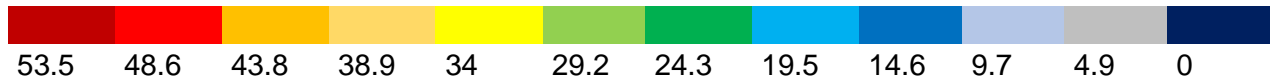
U_y DB SE-AE:



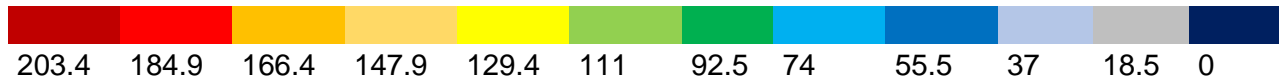
U_z DB SE-AE:



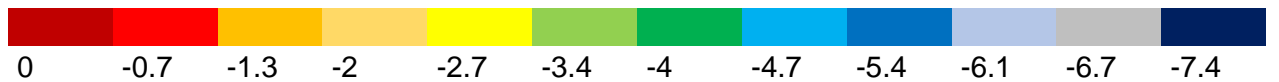
U_x MV 101-1962



U_y MV 101-1962



U_z MV 101-1962



iii. Modelo 1 vs modelo 2.

El modelo de elementos finitos es una simplificación de las funciones que definen las variables representativas del comportamiento de la estructura; en función del número de estas ecuaciones se obtiene mayor exactitud en el modelo.

Inicialmente se ha modelado la estructura de manera ideal, considerando los forjados únicamente como superficies de transmisión de cargas, en este caso se han obtenido muchas deformaciones y tensiones altas que daban como resultado el incumplimiento de la estructura en un enfoque de seguridad estructural. Con estos resultados, se plantea de nuevo el modelo dando propiedades de rigidez a los forjados, ahora no solo tienen función de transmisión de cargas, sino que también estructural.

Con este cambio en el modelo se ve que las losas de hormigón contribuyen a la transmisión de cargas y absorben parte de las deformaciones, haciendo que el conjunto de la estructura se vuelva más seguro y logre cumplir las exigencias técnicas de las normativas. Al mismo tiempo, se consigue un efecto beneficioso por compatibilidad de deformaciones en las plazas, en el que las vigas principales (más rígidas, con mucho más canto) quedan más cargadas proporcionalmente que las vigas secundarias. Estos efectos, que no tenía en cuenta el modelo con transmisión de cargas, son imprescindibles para una correcta evaluación de la aptitud estructural.

iv. *Documento Básico de Seguridad Estructural-Acciones en la Edificación vs Norma MV 101-1962.*

Se pueden definir varios cambios tomando como ejemplo y base el modelo estudiado. Como principales similitudes entre las normativas, ambas tienen el mismo ámbito de aplicación y atienden a las mismas consideraciones de clasificaciones de cargas, acciones y simultaneidad de éstas, facilitando así la comparación de los resultados.

Sobre los materiales y su aplicación, en la normativa actual hay métodos más precisos para su análisis estructural, haciendo que los materiales hayan evolucionado también a cumplir estándares más estrictos de seguridad.

Atendiendo a las acciones, según el DB SE-AE, los criterios de evaluación en el cálculo de la estructura son mucho más detalladas, considerando diferentes cargas, condiciones de uso y simultaneidad.

En 1962 y según la Norma MV, no se consideraban los riesgos asociados a la estructura, como, por ejemplo, acciones accidentales de incendio o impacto. En la normativa actual se consideran aspectos de seguridad en caso de incendio, seguridad de utilización y accesibilidad o salubridad (entre otros).

En comparación global, las normas actuales son mucho más restrictivas, se ha avanzado en cuanto a conocimientos técnicos y normas de diseño, haciendo que la comprensión sobre la seguridad estructural sea mayor y se haga más hincapié en ella, de manera más rigurosa y detallada.

En general, la normativa actual es más clara y específica a la hora de establecer los requisitos mínimos que se han de cumplir, además de la facilidad de cálculo ya que en la normativa se establecen las exigencias mínimas. Las características del cálculo de la estructura están más definidas; pudiendo facilitar el estudio de las estructuras ya existentes, tanto en el término nacional como en el resto de Europa, ya que se han adaptado los estándares.

5. CONCLUSIONES

Atendiendo a los objetivos iniciales del trabajo, se logra concluir que:

- El modelo de elementos finitos acompañado del software de RFEM 6 es una herramienta capaz de facilitar los datos necesarios para realizar una evaluación de la estructura. Desde el inicio del modelado, se han podido establecer todas las consideraciones de los materiales, secciones, cargas y combinaciones de acciones, tanto manualmente como con normativas actuales. Una vez hecho el modelo se pueden ver los problemas de la estructura, acompañados de los resultados que, acompañados con los conocimientos estructurales adecuados, nos da información práctica sobre el modelo.

Los resultados obtenidos no son una solución precisa sobre el modelo real, ya que la forma de trabajar ha sido transformar el modelo físico real a uno que facilite el análisis estructural. La información obtenida es válida para la evaluación de la estructura, ya que se ha intentado llegar al mayor grado de exactitud simulando el sistema físico real.

- Gracias a los resultados obtenidos se ha reconsiderado el modelo y se ha añadido a la misma estructura, un elemento que hace que la estructura tenga distinto comportamiento. Las losas han contribuido de manera positiva globalmente, haciendo que aumente la seguridad de ésta y se logren cumplir las exigencias mínimas de seguridad de las normativas.

Con la ayuda de los gráficos dados por el software es posible comprar ambas de una manera muy intuitiva y ver cuáles son los puntos más singulares de la estructura, y acompañándolo de los resultados matemáticos se puede evaluar toda la estructura.

- Si se compara la estructura teniendo como base las normativas actuales y originales del proyecto, se encuentra que tiene el mismo ámbito de aplicación y clasificación de cargas y acciones, haciendo posible y fiable su comparación. Actualmente los métodos son más detallados y precisos, y los criterios se pueden asimilar a otros proyectos. La normativa original es mucho más general y no refleja normas de diseño específicas, esto se concluye debido a las dificultades que se han encontrado a la hora de consultar e interpretar la documentación del proyecto, tanto en planos y detalles constructivos como en los anejos de cálculo originales, en los cuáles es confuso cómo se llega a concluir el dimensionado de la estructura, es posible que la experiencia del arquitecto y técnico, hicieran que se consideraran ciertas situaciones no reflejadas ni exigidas en el cálculo según la Norma, haciendo que el conjunto global esté del lado de la seguridad.

6. BIBLIOGRAFÍA.

- Verdasco, Ángel. *El Archivo de Curro Inza*, 2018
- El adelantado de Segovia. *Transcose adquiere el edificio de la Choricera por 2,7 millones*, 2014
- M^a del Sagrario Gómez Lera, Enrique Alarcón Álvarez. *Introducción a la fiabilidad estructural y algunas aplicaciones*, 1992
- Martín Ros Martín. *Análisis mediante elementos finitos de estructuras de acero con uniones semirrígidas*, 2019
- Dlubal software. *Software de Análisis de Estructuras RFEM por método de los elementos finitos*, 2023.
- Ayuntamiento de Segovia. Archivo Municipal, 2023: [A-83]
- Dlubal software. *Tensiones*, 2023.
- Ministerio de la Vivienda. *Norma MV 101-1962. Acciones en la edificación*, 1963.
- Código Técnico de la Edificación. *Documento Básico SE*, 2019
- Adrián Martín Rodríguez, *Simulación mediante el método de los elementos finitos de una estructura metálica*, 2010.

INFOGRAFÍAS.

- Figura 1. *Elaboración propia a partir de la documentación original del proyecto.*
- Figura 2. *Elaboración propia a partir de la documentación original del proyecto.*
- Figura 3. *Elaboración propia a partir de la documentación original del proyecto.*

7.2. ANEJO B

Tabla 3.1 Sobrecargas de uso	
Uso del elemento	Sobrecarga kg/m ²
A. Azoteas	
Accesibles sólo para conservación	100
Accesibles sólo privadamente	150
Accesibles al público	Según su uso
B. Viviendas	
Habitaciones de viviendas	200
Escaleras y accesos públicos	300
Balcones volados	Según art. 3.5
C. Hoteles, hospitales, cárceles, etc.	
Zonas de dormitorio	200
Zonas públicas, escaleras, accesos	300
Locales de reunión y de espectáculo	500
Balcones volados	Según art. 3.5
D. Oficinas y comercios	
Locales privados	200
Oficinas públicas, tiendas	300
Galerías comerciales, escaleras y accesos	400
Locales de almacén	Según su uso
Balcones volados	Según art. 3.5
E. Edificios docentes	
Aulas, despachos y comedores	300
Escaleras y accesos	400
Balcones volados	Según art. 3.5
F. Iglesias, edificios de reunión y de espectáculos	
Locales con asientos fijos	300
Locales sin asientos, tribunas, escaleras	500
Balcones volados	Según art. 3.5
G. Calzadas y garajes	
Sólo automóviles de turismo	400
Camiones	1.000

Tabla 3.2 Reducción de sobrecargas	
Número de pisos que actúan sobre el elemento	Reducción en la suma de sobrecargas %
1, 2, 3	0
4	10
5	20
6 o más	30

La cubierta se considera como un piso.

Tabla 3.1. Valores característicos de las sobrecargas de uso					
Categoría de uso	Subcategorías de uso		Carga	Carga	
			uniforme [kN/m ²]	concentrada [kN]	
A	Zonas residenciales	A1	Viviendas y zonas de habitaciones en, hospitales y hoteles	2	2
		A2	Trasteros	3	2
B	Zonas administrativas	C1	Zonas con mesas y sillas	2	2
		C2	Zonas con asientos fijos	3	4
C	Zonas de acceso al público (con la excepción de las superficies pertenecientes a las categorías A, B, y D)	C3	Zonas sin obstáculos que impidan el libre movimiento de las personas como vestíbulos de edificios públicos, administrativos, hoteles; salas de exposición en museos; etc.	5	4
		C4	Zonas destinadas a gimnasio u actividades físicas	5	7
		C5	Zonas de aglomeración (salas de conciertos, estadios, etc)	5	4
		D1	Locales comerciales	5	4
D	Zonas comerciales	D2	Supermercados, hipermercados o grandes superficies	5	7
		E	Zonas de tráfico y de aparcamiento para vehículos ligeros (peso total < 30 kN)	2	20 ⁽¹⁾
F	Cubiertas transitables accesibles sólo privadamente ⁽²⁾		1	2	
G	Cubiertas accesibles únicamente para conservación ⁽³⁾	G1 ⁽⁷⁾	Cubiertas con inclinación inferior a 20°	1 ⁽⁴⁾⁽⁶⁾	2
			Cubiertas ligeras sobre correas (sin forjado) ⁽⁵⁾	0,4 ⁽⁴⁾	1
		G2	Cubiertas con inclinación superior a 40°	0	2

Tabla 3.2. Coeficiente de reducción de sobrecargas						
Elementos verticales			Elementos horizontales			
Número de plantas del mismo uso			Superficie tributaria (m ²)			
1 ó 2	3 ó 4	5 ó más	16	25	50	100
1,0	0,9	0,8	1,0	0,9	0,8	0,7

7.3. ANEJO C

Capitales	Altitud m
Albacete	690
Alicante	M
Almería	M
Avila	1.130
Badajoz	180
Barcelona	M
Bilbao	M
Burgos	860
Cáceres	440
Cádiz	M
Castellón	M
Ciudad Real	640
Córdoba	100
Coruña	M
Cuenca	1.010
Gerona	70
Granada	690
Guadalajara	680
Huelva	M
Huesca	470
Jaén	570
León	820
Lérida	150
Logroño	380
Lugo	470
Madrid	660
Málaga	M
Murcia	40
Orense	130
Oviedo	230
Palencia	740
Pamplona	450
Palma de Mallorca	M
Palmas (Las)	M
Pontevedra	M
Salamanca	780
San Sebastián	M
Santa Cruz de Tenerife	M
Santander	M
Segovia	1.000
Sevilla	10
Soria	1.090
Tarragona	M
Teruel	950
Toledo	550
Valencia	M
Valladolid	690
Vitoria	520
Zamora	650
Zaragoza	210

La altitud topográfica de una población es variable. En la Tabla se da la que corresponde a un punto importante de la capital, que se tomará como base para la sobrecarga de nieve.
Las capitales marítimas se marcan con M.

Altitud topográfica <i>h</i> m	Sobrecarga de nieve kg/m ²
0 a 200	40
201 a 400	50
401 a 600	60
601 a 800	80
800 a 1.000	100
1.001 a 1.200	120
> 1.200	<i>h</i> : 10

Capital	Altitud m	s _k kN/m ²	Capital	Altitud m	s _k kN/m ²	Capital	Altitud m	s _k kN/m ²
Albacete	690	0,6	Guadalajara	680	0,6	Pontevedra	0	0,3
Alicante / Alacant	0	0,2	Huelva	0	0,2	Salamanca	780	0,5
Almería	0	0,2	Huesca	470	0,7	SanSebas- tián/Donostia	0	0,3
Ávila	1.130	1,0	Jaén	570	0,4	Santander	1.000	0,7
Badajoz	180	0,2	León	820	1,2	Segovia	10	0,2
Barcelona	0	0,4	Lérida / Lleida	150	0,5	Sevilla	1.090	0,9
Badajoz	0	0,4	Logroño	380	0,6	Soria	0	0,4
Bilbao / Bilbo	0	0,3	Lugo	470	0,7	Tarragona	0	0,2
Burgos	860	0,6	Madrid	660	0,6	Tenerife	950	0,9
Cáceres	440	0,4	Málaga	0	0,2	Teruel	550	0,5
Cádiz	0	0,2	Murcia	40	0,2	Toledo	0	0,2
Castellón	0	0,2	Orense / Ourense	130	0,4	Valencia/València	690	0,4
Ciudad Real	640	0,6	Oviedo	230	0,5	Valladolid	520	0,4
Córdoba	100	0,2	Palencia	740	0,5	Vitoria / Gasteiz	650	0,7
Coruña / A Coruña	1.010	0,3	Palma de Mallorca	0	0,2	Zamora	210	0,4
Cuenca	70	1,0	Palmas, Las	0	0,2	Zaragoza	0	0,5
Gerona / Girona	690	0,4	Pamplona/Iruña	450	0,7	Ceuta y Melilla	0	0,2
Granada	690	0,5						

Altitud (m)	Zona de clima invernal, (según figura E.2)						
	1	2	3	4	5	6	7
0	0,3	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
200	0,5	0,5	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2
400	0,6	0,6	0,2	0,3	0,4	0,2	0,2
500	0,7	0,7	0,3	0,4	0,4	0,3	0,2
600	0,9	0,9	0,3	0,5	0,5	0,4	0,2
700	1,0	1,0	0,4	0,6	0,6	0,5	0,2
800	1,2	1,1	0,5	0,8	0,7	0,7	0,2
900	1,4	1,3	0,6	1,0	0,8	0,9	0,2
1.000	1,7	1,5	0,7	1,2	0,9	1,2	0,2
1.200	2,3	2,0	1,1	1,9	1,3	2,0	0,2
1.400	3,2	2,6	1,7	3,0	1,8	3,3	0,2
1.600	4,3	3,5	2,6	4,6	2,5	5,5	0,2
1.800	-	4,6	4,0	-	-	9,3	0,2
2.200	-	8,0	-	-	-	-	-

7.4. ANEJO D

Tabla 5.2
Coeficiente eólico de sobrecarga en una construcción cerrada

Situación	Coeficiente eólico en:					
	Superficies planas		Superficies curvas rugosas		Superficies curvas muy lisas	
	A barlovento e1	A sotavento e2	A barlovento e3	A sotavento e4	A barlovento e5	A sotavento e6
En remanente 90° - 0°	+0,8	-0,4	+0,8	-0,4	+0,8	-0,4
En cornisas						
90°	+0,8	-0,4	+0,8	-0,4	+0,8	-0,4
80°	+0,8	-0,4	+0,8	-0,4	+0,8	-0,4
70°	+0,8	-0,4	+0,8	-0,4	+0,4	-0,4
60°	+0,8	-0,4	+0,4	-0,4	0	-0,4
50°	+0,8	-0,4	0	-0,4	-0,4	-0,4
40°	+0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,8	-0,4
30°	+0,2	-0,4	-0,8	-0,4	-1,2	-0,4
20°	0	-0,4	-0,8	-0,4	-1,6	-2,0
10°	-0,2	-0,4	-0,8	-0,4	-2,0	-2,0
0°	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-2,0	-2,0

Valores intermedios pueden interpolarse linealmente.



Figura D.1 Valor básico de la velocidad del viento, v_b

Tabla 5.1
Presión dinámica del viento

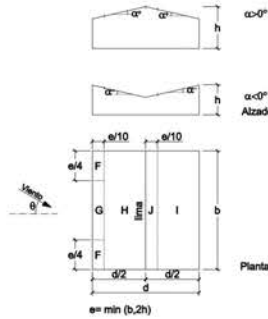
Normal	Expona	m/s	l/s/h	kg/m ²
De 0 a 10	—	28	102	50
De 11 a 30	—	34	125	75
De 31 a 100	De 0 a 30	40	144	100
Mayor de 100	De 31 a 100	46	161	125
—	Mayor de 100	49	176	150

Tabla 5.3
Coeficiente eólico de sobrecarga total en una construcción

Clase de construcción	Coeficiente eólico c
Construcciones prismáticas	
De planta rectangular o combinación de rectángulos	1,2
De planta octogonal o análoga	1,0
Construcciones cilíndricas	
De superficie rugosa o nervada	0,8
De superficie muy lisa	0,6
Construcciones esféricas	
Esferas o semiesferas	0,4
Casquetes esféricos de relación altura: diámetro $\leq 1/4$	0,2

Tabla D.6 Cubiertas a dos aguas

a) Dirección del viento $-45^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$



b) Dirección del viento $45^\circ \leq \theta \leq 135^\circ$

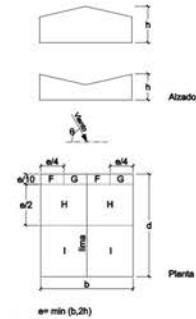


Tabla 5.4
Coeficiente eólico en planos y diedros exentos

Ángulo de incidencia del viento α	Coeficiente eólico en:					
	Planos exentos		Diedros exentos			
	En el borde a barlovento e1	En el borde a sotavento e2	Caso I		Caso II	
			En el plano a barlovento e3	En el plano a sotavento e4	En el plano a barlovento e5	En el plano a sotavento e6
90° a 80°	1,2	1,2	1,2	0	0,8	0,4
50°	1,4	1,0	1,2	0	0,6	0,6
40°	1,6	0,8	1,2	0	0,4	0,8
30°	1,6	0,8	1,2	0	0,4	0,8
20°	1,2	0,4	1,0	0	0,2	0,8
10°	0,8	0	0,8	0	0	0,8
0°	0	0	0	0	0	0

Valores intermedios pueden interpolarse linealmente.

Tabla 5.5
Factor eólico de esbeltez

Esbeltez: $\frac{h}{b}$ si $h > b$	1 a 5	10	60 o mayor
Factor eólico de esbeltez k	1	1,25	1,50

Valores intermedios pueden interpolarse linealmente.

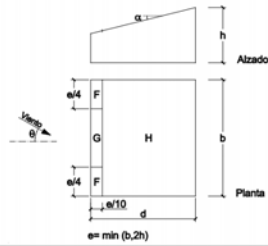
Pendiente de la cubierta α	A (m ²)	Zona (según figura)				
		F	G	H	I	J
-45°	≥ 10	-0,6	-0,6	-0,6	-0,7	-1
	≤ 1	-0,6	-0,6	-0,9	-0,7	-1,5
-30°	≥ 10	-1,1	-0,8	-0,8	-0,6	-0,8
	≤ 1	-2	-1,5	-0,8	-0,6	-1,4
-15°	≥ 10	-2,5	-1,3	-0,9	-0,5	-0,7
	≤ 1	-2,8	-2	-1,2	-0,5	-1,2
-5°	≥ 10	-2,3	-1,2	-0,6	0,2	0,2
	≤ 1	-2,5	-2	-1,2	0,2	0,2
5°	≥ 10	-1,7	-1,2	-0,6	-0,6	0,2
	≤ 1	+0,0	+0,0	+0,0	-0,6	-0,6
15°	≥ 10	-2,5	-2	-1,2	-0,6	0,2
	≤ 1	+0,0	+0,0	+0,0	-0,6	-0,6
30°	≥ 10	-0,9	-0,8	-0,3	-0,4	-1
	≤ 1	0,2	0,2	0,2	+0,0	+0,0
45°	≥ 10	-0,5	-0,5	-0,2	-0,4	-0,5
	≤ 1	0,7	0,7	0,4	0	0
60°	≥ 10	-1,5	-1,5	-0,2	-0,4	-0,5
	≤ 1	0,7	0,7	0,4	0	0
75°	≥ 10	-0,0	-0,0	-0,0	-0,2	-0,3
	≤ 1	0,7	0,7	0,6	+0,0	+0,0
90°	≥ 10	-0,0	-0,0	-0,0	-0,2	-0,3
	≤ 1	0,7	0,7	0,6	+0,0	+0,0

Pendiente de la cubierta α	A (m ²)	Zona (según figura), $-45^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$			
		F	G	H	I
-45°	≥ 10	-1,4	-1,2	-1,0	-0,9
	≤ 1	-2,0	-2,0	-1,3	-1,2
-30°	≥ 10	-1,5	-1,2	-1,0	-0,9
	≤ 1	-2,1	-2,0	-1,3	-1,2
-15°	≥ 10	-1,9	-1,2	-0,8	-0,8
	≤ 1	-2,5	-2,0	-1,2	-1,2
-5°	≥ 10	-1,8	-1,2	-0,7	-0,6
	≤ 1	-2,5	-2,0	-1,2	-1,2
5°	≥ 10	-1,6	-1,3	-0,7	-0,6
	≤ 1	-2,2	-2,0	-1,2	-0,6
15°	≥ 10	-1,3	-1,3	-0,6	-0,5
	≤ 1	-2,0	-2,0	-1,2	-0,5
30°	≥ 10	-1,1	-1,4	-0,8	-0,5
	≤ 1	-1,5	-2,0	-1,2	-0,5
45°	≥ 10	-1,1	-1,4	-0,9	-0,5
	≤ 1	-1,5	-2,0	-1,2	-0,5
60°	≥ 10	-1,1	-1,2	-0,8	-0,5
	≤ 1	-1,5	-2,0	-1,0	-0,5
75°	≥ 10	-1,1	-1,2	-0,8	-0,5
	≤ 1	-1,5	-2,0	-1,0	-0,5

Nota: No se deben mezclar valores positivos y negativos en una sola cara.

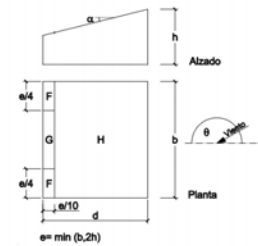
Tabla D.5 Cubiertas a un agua.

a) Dirección del viento $-45^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$



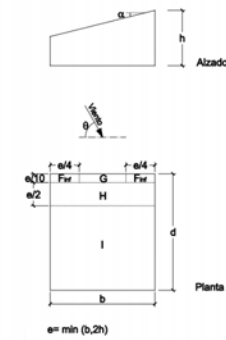
Pendiente de la cubierta α	A (m ²)	Zona (según figura), $-45^\circ < \theta < 45^\circ$		
		F	G	H
5°	≥ 10	-1.7 +0.0	-1.2 +0.0	-0.6 +0.0
	≤ 1	-2.5 +0.0	-2.0 +0.0	-1.2 +0.0
15°	≥ 10	-0.9 0.2	-0.8 0.2	-0.3 0.2
	≤ 1	-2.0 0.2	-1.5 0.2	-0.3 0.2
30°	≥ 10	-0.5 0.7	-0.5 0.7	-0.2 0.4
	≤ 1	-1.5 0.7	-1.5 0.7	-0.2 0.4
45°	≥ 10	-0.0 0.7	-0.0 0.7	-0.0 0.6
	≤ 1	-0.0 0.7	-0.0 0.7	-0.0 0.6
60°	≥ 10	0.7 0.7	0.7 0.7	0.6 0.7
	≤ 1	0.7 0.7	0.7 0.7	0.6 0.7
75°	≥ 10	0.8 0.8	0.8 0.8	0.8 0.8
	≤ 1	0.8 0.8	0.8 0.8	0.8 0.8

b) Dirección del viento $135^\circ \leq \theta \leq 225^\circ$



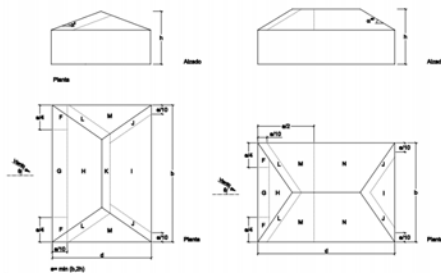
Pendiente de la cubierta α	A (m ²)	Zona (según figura), $135^\circ \leq \theta \leq 225^\circ$		
		F	G	H
5°	≥ 10	-2.3 -2.5	-1.3 -2.0	-0.8 -1.2
	≤ 1	-2.5 -2.5	-1.3 -1.3	-0.9 -0.9
15°	≥ 10	-0.8 -2.8	-0.5 -2.0	-0.2 -1.2
	≤ 1	-2.8 -1.1	-2.0 -0.8	-1.2 -0.8
30°	≥ 10	-1.1 -2.3	-0.8 -1.5	-0.8 -0.8
	≤ 1	-2.3 -0.6	-1.5 -0.5	-0.8 -0.7
45°	≥ 10	-0.6 -1.3	-0.5 -0.5	-0.7 -0.7
	≤ 1	-1.3 -0.5	-0.5 -0.5	-0.7 -0.5
60°	≥ 10	-1.0 -0.5	-0.5 -0.5	-0.5 -0.5
	≤ 1	-1.0 -0.5	-0.5 -0.5	-0.5 -0.5
75°	≥ 10	-1.0 -1.0	-0.5 -0.5	-0.5 -0.5
	≤ 1	-1.0 -1.0	-0.5 -0.5	-0.5 -0.5

c) Dirección del viento $45^\circ \leq \theta \leq 135^\circ$



Pendiente de la cubierta α	A (m ²)	Zona (según figura), $45^\circ \leq \theta \leq 135^\circ$			
		Fwr	Fwr	G	H
5°	≥ 10	-2.1 -2.4	-2.1 -2.0	-1.8 -2.0	-0.6 -0.5
	≤ 1	-2.4 -1.6	-2.0 -2.4	-2.0 -1.9	-1.2 -0.8
15°	≥ 10	-1.3 -2.4	-2.1 2.0	-1.5 -2.5	-1.0 -1.2
	≤ 1	-2.4 -1.3	2.0 -2.1	-2.5 -1.5	-1.2 -0.8
30°	≥ 10	-0.5 -2.0	-0.2 -0.9	-0.2 -1.3	-0.2 -1.2
	≤ 1	-2.0 -1.3	-0.9 -1.5	-1.3 -1.4	-1.2 -0.9
45°	≥ 10	-1.3 -1.2	-1.5 -1.2	-1.4 -1.2	-1.0 -1.0
	≤ 1	-1.2 -2.0	-1.2 -2.0	-1.2 -2.0	-1.0 -1.3
60°	≥ 10	-1.2 -2.0	-1.2 -2.0	-1.2 -2.0	-1.0 -1.2
	≤ 1	-2.0 -1.2	-2.0 -1.2	-2.0 -1.2	-1.3 -0.5
75°	≥ 10	-1.2 -2.0	-1.2 -2.0	-1.2 -2.0	-1.0 -0.5
	≤ 1	-2.0 -2.0	-2.0 -2.0	-2.0 -1.3	-0.5 -0.5

Tabla D.7 Cubiertas a cuatro aguas



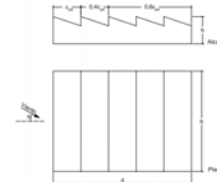
Pendiente de la cubierta α	A (m ²)	Zona (según figura)								
		F	G	H	I	J	K	L	M	N
5°	≥ 10	-1.7 +0.0	-1.2 +0.0	-0.6 +0.0	-0.3 -0.6	-0.6 -0.6	-1.2 -0.6	-0.6 -0.4		
	≤ 1	-2.5 +0.0	-2.0 +0.0	-1.2 +0.0	-0.3 -0.6	-0.6 -0.6	-2.0 -1.2	-0.4 -0.4		
15°	≥ 10	-0.9 +0.2	-0.8 +0.2	-0.3 +0.2	-0.5 -1.0	-1.0 -1.2	-1.4 -2.0	-0.6 -1.2		
	≤ 1	-2.0 +0.2	-1.5 +0.2	-0.3 +0.2	-0.5 -1.5	-2.0 -2.0	-1.2 -2.0	-0.3 -0.3		
30°	≥ 10	-0.5 +0.5	-0.5 +0.7	-0.2 +0.4	-0.4 -1.5	-0.7 -1.5	-1.4 -2.0	-0.8 -0.2		
	≤ 1	-1.5 +0.5	-1.5 +0.7	-0.2 +0.4	-0.4 -1.2	-1.2 -0.5	-2.0 -2.0	-0.2 -0.2		
45°	≥ 10	-0.0 +0.7	-0.0 +0.7	-0.0 +0.6	-0.3 -0.6	-0.3 -0.3	-1.3 -0.8	-0.2 -0.2		
	≤ 1	-0.0 +0.7	-0.0 +0.7	-0.0 +0.6	-0.3 -0.6	-0.3 -0.3	-2.0 -1.2	-0.2 -0.2		
60°	≥ 10	+0.7 +0.7	+0.7 +0.7	+0.6 +0.6	-0.3 -0.6	-0.3 -0.3	-2.0 -0.4	-0.2 -0.2		
	≤ 1	+0.7 +0.7	+0.7 +0.7	+0.6 +0.6	-0.3 -0.6	-0.3 -0.3	-2.0 -0.4	-0.2 -0.2		
75°	≥ 10	+0.8 +0.8	+0.8 +0.8	+0.8 +0.8	-0.3 -0.6	-0.3 -0.3	-2.0 -0.4	-0.2 -0.2		
	≤ 1	+0.8 +0.8	+0.8 +0.8	+0.8 +0.8	-0.3 -0.6	-0.3 -0.3	-2.0 -0.4	-0.2 -0.2		

Nota:

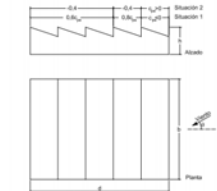
- La pendiente de la cubierta a barlovento resulta dominante para los coeficientes de presión.

Tabla D.8 Cubiertas en diente de sierra

a) Dirección del viento $-45^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$



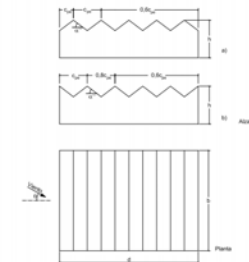
b) Dirección del viento $-45^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$



Notas:

- Los coeficientes de presión para cada faldón se podrán tomar de la tabla relativa a cubierta a un agua, modificándolos de acuerdo con las indicaciones de las figuras a) y b) anteriores.
- En el caso de la figura b) se deberán considerar dos situaciones. En la primera el viento ejerce una presión sobre la cubierta del primer faldón a barlovento, y en la segunda la misma cubierta está sometida a una succión del viento.

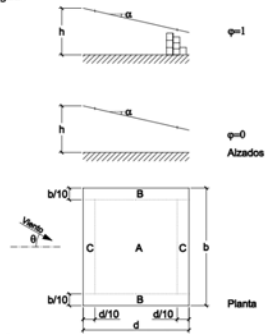
Tabla D.9 Cubiertas múltiples
Dirección del viento $-45^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$



Notas:

- Los coeficientes de presión para cada par de faldones se podrán tomar de la tabla relativa a cubiertas a dos aguas, modificándolos de acuerdo con las indicaciones de las figuras a) y b) anteriores.
- En el caso de la figura a) los coeficientes de presión c_{pe} correspondientes a los módulos extremos se podrán tomar de la tabla relativa a cubiertas a un agua.

Tabla D.10 Marquesinas a un agua



Coeficientes de presión exterior					
Pendiente de la cubierta α	Efecto del viento hacia	Factor de obstrucción φ	$C_{p,10}$		
			Zona (según figura)		
			A	B	C
0°	Abajo	$0 \leq \varphi \leq 1$	0,5	1,8	1,1
	Arriba	0	-0,6	-1,3	-1,4
	Arriba	1	-1,5	-1,8	-2,2
5°	Abajo	$0 \leq \varphi \leq 1$	0,8	2,1	1,3
	Arriba	0	-1,1	-1,7	-1,8
	Arriba	1	-1,6	-2,2	-2,5
10°	Abajo	$0 \leq \varphi \leq 1$	1,2	2,4	1,6
	Arriba	0	-1,5	-2,0	-2,1
	Arriba	1	-2,1	-2,6	-2,7
15°	Abajo	$0 \leq \varphi \leq 1$	1,4	2,7	1,8
	Arriba	0	-1,8	-2,4	-2,5
	Arriba	1	-1,6	-2,9	-3,0
20°	Abajo	$0 \leq \varphi \leq 1$	1,7	2,9	2,1
	Arriba	0	-2,2	-2,8	-2,9
	Arriba	1	-1,6	-2,9	-3,0
25°	Abajo	$0 \leq \varphi \leq 1$	2,0	3,1	2,3
	Arriba	0	-2,6	-3,2	-3,2
	Arriba	1	-1,5	-2,5	-2,8
30°	Abajo	$0 \leq \varphi \leq 1$	2,2	3,2	2,4
	Arriba	0	-3,0	-3,8	-3,6
	Arriba	1	-1,5	-2,2	-2,7

Notas:

- El grado de obstrucción del flujo del viento por debajo de una marquesina se caracteriza mediante el factor de obstrucción, φ , definido como la relación entre el área obstruida y el área de la sección total bajo la marquesina. Ambas áreas se consideran en un plano perpendicular a la dirección del viento.

Tabla 3.5. Coeficiente eólico en edificios de pisos

	Esbeltez en el plano paralelo al viento					
	< 0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	$\geq 5,00$
Coeficiente eólico de presión, c_p	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8
Coeficiente eólico de succión, c_s	-0,3	-0,4	-0,4	-0,5	-0,6	-0,7

Tabla 3.6 Coeficientes de presión interior

Esbeltez en el plano paralelo al viento	Área de huecos en zonas de succión respecto al área total de huecos del edificio										
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
≤ 1	0,7	0,7	0,6	0,4	0,3	0,1	0,0	-0,1	-0,3	-0,4	-0,5
≥ 4	0,5	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0,0	-0,1	-0,2	-0,3	-0,3

7.5. ANEJO E

6.2. Variación de temperatura

Los valores de variación de temperatura que deben adoptarse en el cálculo, a menos de haber realizado determinaciones directas en la localidad, son los siguientes:

Estructuras metálicas a la intemperie y expuestas a la radiación solar directa $\pm 30^\circ$.

Estructuras a la intemperie en los demás casos $\pm 20^\circ$.

En las estructuras con revestimientos que aseguren una variación de temperatura no superior a $\pm 10^\circ$ puede prescindirse, en general, de considerar las acciones térmicas.

Tabla 3.7 Incremento de temperatura debido a la radiación solar

Orientación de la superficie	Color de la superficie		
	Muy claro	Claro	Oscuro
Norte y Este	0 °C	2 °C	4 °C
Sur y Oeste	18 °C	30 °C	42 °C

- 4 Como temperatura de los elementos protegidos en el interior del edificio puede tomarse, durante todo el año, una temperatura de 20°C.
- 5 Como temperatura de los elementos de la envolvente no directamente expuestos a la intemperie se puede adoptar la media entre las de los dos casos anteriores.

7.6. ANEJO F

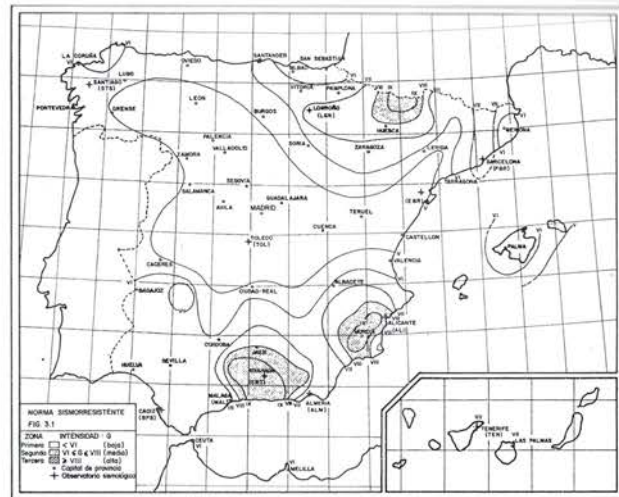


Tabla 3.1
Grado de intensidad correspondiente al casco urbano de las capitales de provincia y de algunas otras poblaciones

Albacete	VI	Ciudad Real	V	León	V	Salamanca	V
Alicante	VIII	Córdoba	VI	Ponferrada	V	San Sebastián	V
Alcoy	VII	Baena	VIII	Lérida	V	Sta. C. Tenerife	VII
Elche	IX	Lucena	VII-VIII	Seo de Urgel	VI-VII	La Laguna	VII
Almería	VI-VII	Priego	IX	Solsona	VI	Pto. de la Cruz	VII
Melilla	VI	La Coruña	VIII	Vielta	VIII	Santander	VI
Ávila	V	Ferrol del C.	VI	Logroño	VII	Torrelavega	V
Badajoz	VII	Cuenca	V	Lugo	V	Segovia	V
Don Benito	VII	Gerona	V-VI	Madrid	V	Sevilla	VI-VII
Mérida	VI	Figuerras	VI	Málaga	VII	Utrera	VI-VII
Barcelona	VII	Ripoll	VII	Antequera	VII	Soria	VI
Arenys	VII	Granada	IX	Marbella	VI	Tarragona	VI
Badalona	VIII	Baza	VIII	Ronda	VI	Reus	V
Hospitalet	VIII	Loja	VIII	Cartagena	VIII	Villanueva	VI
Mataró	VII	Motril	IX	Lorca	VIII	Teruel	V
Tarrasa	VIII	Guadalajara	V	Oranse	V	Toledo	V
Sabadell	VIII	Huelva	VII	Oviedo	V	Valencia	V-VI
Vich	VIII	Huesca	VII	Gijón	VIII	Játiva	V-VI
Bilbao	V	Jaca	IX	Palencia	V	Valladolid	V
Burgos	V	Monzón	VII	Palma	VI	Vitoria	V
Cáceres	VI	Jalón	VIII	Ibiza	V-VI	Zamora	V
Cádiz	VI	Baza	VII	Mahón	V	Zaragoza	VI-VII
Algeciras	VI	La Carolina	VII	Pamplona	VI-VII	Calatayud	VI
Ceuta	VI	Ubeda	VII	Pontevedra	V		
Jerez	VI	Las Palmas	VII	Vigo	V		
Castellón	V						

Tabla 4.4
Valores del coeficiente X para cada grado de intensidad:

Intensidad grados MSK	Coeficiente X
VI	2,00
VII	1,50
VIII	1,20
IX	1,00

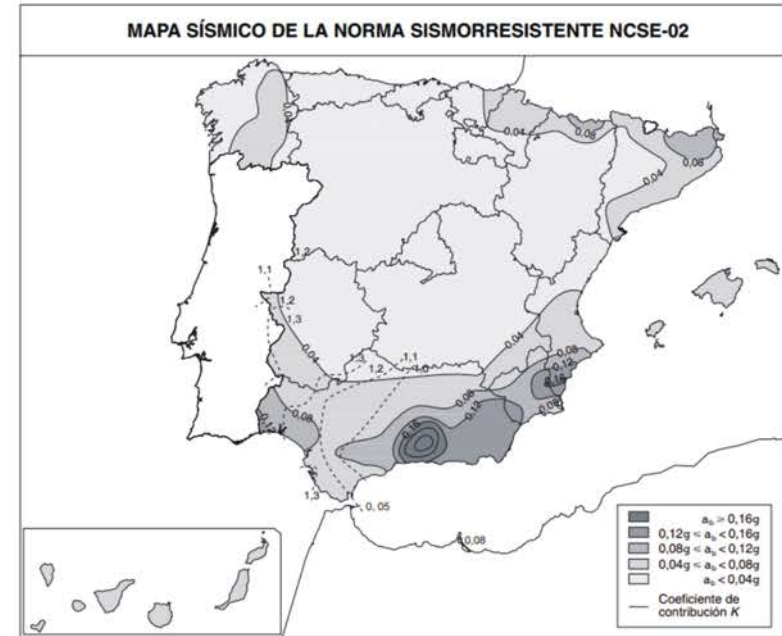


Figura 2.1 Mapa de Peligrosidad Sísmica

TABLA 2.1.
Coeficientes del terreno

Tipo de terreno	Coeficiente C
I	1,0
II	1,3
III	1,6
IV	2,0

7.7. ANEJO G

Tabla 8.1
Presiones admisibles en el terreno de cimentación

Naturaleza del terreno	Presión admisible en kg/cm ² , para profundidad de cimentación en m. de:				
	0	0,5	1	2	≥ 3
1 Rocas (1) No estratificadas Estratificadas	30 10	40 12	50 16	60 20	60 20
2 Terrenos sin cohesión (2) Graveras Arenosos gruesos Arenosos finos	—	4 2,5	5 3,2	6,3 4	8 5
3 Terrenos coherentes Arcillosos duros Arcillosos semiduros Arcillosos blandos Arcillosos fluidos	—	—	4 2	4 2	4 2
4 Terrenos deficientes Fangos Terrenos orgánicos Rellenos sin consolidar	En general resistencia nula, salvo que se determine experimentalmente el valor admisible.				

Observaciones:

(1) a) Los valores que se indican corresponden a rocas sanas, pudiendo tener alguna grieta.
b) Para rocas meteorizadas o muy agrietadas las tensiones se reducirán prudencialmente.

(2) a) Los valores indicados se refieren a terrenos consolidados que requieren el uso del pico para removerlos.
Para terrenos de consolidación media en que la pala penetra con dificultad, los valores anteriores se multiplicarán por 0,8.
Para terrenos sueltos, que se remuevan fácilmente con la pala, los valores indicados se multiplicarán por 0,5.
b) Los valores indicados corresponden a una anchura de cimiento igual o superior a 1 m. En caso de anchuras inferiores, la presión se multiplicará por la anchura del cimiento expresada en metros.
c) Cuando el nivel freático diste de la superficie de apoyo menos de su anchura, los valores de la Tabla se multiplicarán por 0,8.

Tabla 8.2
Asientos generales admisibles

Características del edificio	Asiento general, máximo admisible en terrenos:	
	Sin cohesión mm	Coherentes mm
Obras de carácter monumental	12	25
Edificios con estructura de hormigón armado de gran rigidez	35	50
Edificios con estructura de hormigón armado de pequeña rigidez. Estructuras metálicas hiperestáticas.	50	75
Edificios con muros de fábrica.		
Estructuras metálicas isostáticas. Estructuras de madera. Estructuras provisionales	50	75

Comprobando que no se produce desorganización en la estructura ni en los cerramientos.

Tabla D.25. Presiones admisibles a efectos orientativos

Terreno	Tipos y condiciones	Presión admisible [Mpa]	Observaciones
Rocas	Rocas ígneas y metamórficas sanas ⁽¹⁾ (Granito, diorita, basalto, gneis)	10	Para los valores apuntados se supone que la cimentación se sitúa sobre roca no meteorizada
	Rocas metamórficas foliadas sanas ^{(1), (2)} (Esquistos, pizarras)	3	
	Rocas sedimentarias sanas ^{(1), (2)} Pizarras cementadas, limolitas, areniscas, calizas sin karstificar, conglomerados cementados	1 a 4	
	Rocas arcillosas sanas ^{(2), (4)}	0,5 a 1	
	Rocas diaclasadas de cualquier tipo con espaciamiento de discontinuidades superior a 0,30m, excepto rocas arcillosas	1	
	Calizas, areniscas y rocas pizarrosas con pequeño espaciamiento de los planos de estratificación ⁽³⁾	-	
	Rocas muy diaclasadas o meteorizadas ⁽³⁾	-	
Suelos granulares (% finos inferior al 35% en peso)	Gravas y mezclas de arena y grava, muy densas	>0,6	Para anchos de cimentación (B) mayor o igual a 1 m y nivel freático situado a una profundidad mayor al ancho de la cimentación (B) por debajo de ésta
	Gravas y mezclas de grava y arena, medianamente densas a densas	0,2 a 0,6	
	Gravas y mezclas de arena y grava, sueltas	<0,2	
	Arena muy densa	>0,3	
	Arena medianamente densa	0,1 a 0,3	
	Arena suelta	<0,1	
Suelos finos (% de finos superior al 35% en peso)	Arcillas duras	0,3 a 0,6	Los suelos finos normalmente consolidados y ligeramente sobreconsolidados en los que sean de esperar asientos de consolidación serán objeto de un estudio especial. Los suelos arcillosos potencialmente expansivos serán objeto de un estudio especial
	Arcillas muy firmes	0,15 a 0,3	
	Arcillas firmes	0,075 a 0,15	
	Arcillas y limos blandos	<0,075	
	Arcillas y limos muy blandos		
Suelos orgánicos		Estudio especial	
Rellenos		Estudio especial	

⁽¹⁾ Los valores indicados serán aplicables para estratificación o foliación subhorizontal. Los macizos rocosos con discontinuidades inclinadas, especialmente en las cercanías de taludes, deben ser objeto de análisis especial.
⁽²⁾ Se admiten pequeñas discontinuidades con espaciamiento superior a 1 m.
⁽³⁾ Estos casos deben ser investigados "in situ"
⁽⁴⁾ Estas rocas son susceptibles de hinchar por efecto de la relajación de tensiones asociada a las excavaciones. También son susceptibles de reblandecerse por efecto de su exposición al agua.

Tabla 9.2
Coeficientes de empuje activo

Ángulo de rozamiento interno del terreno φ	Ángulo de rozamiento del terreno β	Ángulo del talud del terreno α	Coeficiente K ₁ de empuje activo horizontal siendo la inclinación del muro: β: α = cot α =										Coeficiente K ₂ de empuje activo vertical siendo la inclinación del muro: β: α = cot α =																																																	
			0,8					0,6					0,4					0,2					0					-0,2																																		
			0,8	0,6	0,4	0,2	0	-0,2	0,8	0,6	0,4	0,2	0	-0,2	0,8	0,6	0,4	0,2	0	-0,2	0,8	0,6	0,4	0,2	0	-0,2																																				
0°	0°	0°	0,71	0,87	0,52	0,56	0,49	0,42	0,57	0,40	0,25	0,11	0,00	-0,08	0,78	0,73	0,67	0,60	0,52	0,44	0,62	0,44	0,27	0,12	0,00	-0,09	1,04	0,88	0,74	0,55	0,37	0,48	0,70	0,49	0,29	0,13	0,00	-0,10	1,04	0,88	0,74	0,55	0,37	0,48	0,70	0,49	0,29	0,13	0,00	-0,11	1,04	0,88	0,74	0,55	0,37	0,48	0,70	0,49	0,29	0,13	0,00	-0,11
	5°	0°	0,71	0,87	0,52	0,56	0,49	0,42	0,57	0,40	0,25	0,11	0,00	-0,08	0,78	0,73	0,67	0,60	0,52	0,44	0,62	0,44	0,27	0,12	0,00	-0,09	1,04	0,88	0,74	0,55	0,37	0,48	0,70	0,49	0,29	0,13	0,00	-0,10	1,04	0,88	0,74	0,55	0,37	0,48	0,70	0,49	0,29	0,13	0,00	-0,11												
	10°	0°	0,71	0,87	0,52	0,56	0,49	0,42	0,57	0,40	0,25	0,11	0,00	-0,08	0,78	0,73	0,67	0,60	0,52	0,44	0,62	0,44	0,27	0,12	0,00	-0,09	1,04	0,88	0,74	0,55	0,37	0,48	0,70	0,49	0,29	0,13	0,00	-0,10	1,04	0,88	0,74	0,55	0,37	0,48	0,70	0,49	0,29	0,13	0,00	-0,11												
	15°	0°	0,71	0,87	0,52	0,56	0,49	0,42	0,57	0,40	0,25	0,11	0,00	-0,08	0,78	0,73	0,67	0,60	0,52	0,44	0,62	0,44	0,27	0,12	0,00	-0,09	1,04	0,88	0,74	0,55	0,37	0,48	0,70	0,49	0,29	0,13	0,00	-0,10	1,04	0,88	0,74	0,55	0,37	0,48	0,70	0,49	0,29	0,13	0,00	-0,11												
	20°	0°	0,71	0,87	0,52	0,56	0,49	0,42	0,57	0,40	0,25	0,11	0,00	-0,08	0,78	0,73	0,67	0,60	0,52	0,44	0,62	0,44	0,27	0,12	0,00	-0,09	1,04	0,88	0,74	0,55	0,37	0,48	0,70	0,49	0,29	0,13	0,00	-0,10	1,04	0,88	0,74	0,55	0,37	0,48	0,70	0,49	0,29	0,13	0,00	-0,11												

Tabla 9.2 (Continuación)
Coeficientes de empuje activo

Ángulo de rozamiento interno del terreno φ	Ángulo de rozamiento del terreno β	Ángulo del talud del terreno α	Coeficiente K ₁ de empuje activo horizontal siendo la inclinación del muro: β: α = cot α =										Coeficiente K ₂ de empuje activo vertical siendo la inclinación del muro: β: α = cot α =																																					
			0,8					0,6					0,4					0,2					0					-0,2																						
			0,8	0,6	0,4	0,2	0	-0,2	0,8	0,6	0,4	0,2	0	-0,2	0,8	0,6	0,4	0,2	0	-0,2	0,8	0,6	0,4	0,2	0	-0,2																								
0°	0°	0°	0,54	0,49	0,42	0,35	0,27	0,20	0,43	0,29	0,17	0,07	0,00	-0,04	0,70	0,61	0,51	0,42	0,32	0,23	0,56	0,37	0,20	0,08	0,00	-0,05	0,88	0,75	0,62	0,50	0,38	0,27	0,70	0,45	0,25	0,10	0,00	-0,05	0,88	0,75	0,62	0,50	0,38	0,27	0,70	0,45	0,25	0,10	0,00	-0,06
	5°	0°	0,54	0,49	0,42	0,35	0,27	0,20	0,43	0,29	0,17	0,07	0,00	-0,04	0,70	0,61	0,51	0,42	0,32	0,23	0,56	0,37	0,20	0,08	0,00	-0,05	0,88	0,75	0,62	0,50	0,38	0,27	0,70	0,45	0,25	0,10	0,00	-0,05	0,88	0,75	0,62	0,50	0,38	0,27	0,70	0,45	0,25	0,10	0,00	-0,06
	10°	0°	0,54	0,49	0,42	0,35	0,27	0,20	0,43	0,29	0,17	0,07	0,00	-0,04	0,70	0,61	0,51	0,42	0,32	0,23	0,56	0,37	0,20	0,08	0,00	-0,05	0,88	0,75	0,62	0,50	0,38	0,27	0,70	0,45	0,25	0,10	0,00	-0,05	0,88	0,75	0,62	0,50	0,38	0,27	0,70	0,45	0,25	0,10	0,00	-0,06
	15°	0°	0,54	0,49	0,42	0,35	0,27	0,20	0,43	0,29	0,17	0,07	0,00	-0,04	0,70	0,61	0,51	0,42	0,32	0,23	0,56	0,37	0,20	0,08	0,00	-0,05	0,88	0,75	0,62	0,50	0,38	0,27	0,70	0,45	0,25	0,10	0,00	-0,05	0,88	0,75	0,62	0,50	0,38	0,27	0,70	0,45	0,25	0,10	0,00	-0,06
	20°	0°	0,54	0,49	0,42	0,35	0,27	0,20	0,43	0,29	0,17	0,07	0,00	-0,04	0,70	0,61	0,51	0,42	0,32	0,23	0,56	0,37	0,20	0,08	0,00	-0,05	0,88	0,75	0,62	0,50	0,38	0,27	0,70	0,45	0,25	0,10	0,00	-0,05	0,88	0,75	0,62	0,50	0,38	0,27	0,70	0,45	0,25	0,10	0,00	-0,06

Tabla D.26. Valores orientativos de densidades de suelos

Tipo de suelo	γ _{sat} (kN/m ³)	γ _e (kN/m ³)
Grava	20 - 22	15 - 17
Arena	18 - 20	13 - 16
Limo	18 - 20	14 - 18
Arcilla	16 - 22	14 - 21

Tabla D.27. Propiedades básicas de los suelos

Terreno natural	Clase de suelo	Peso específico aparente (kN/m ³)		Ángulo de rozamiento interno
		19 - 22	34° - 45°	
	Grava	19 - 22	34° - 45°	
	Arena	17 - 20	30° - 36°	
	Limo	17 - 20	25 - 32°	
	Arcilla	15 - 22	16° - 28°	
Rellenos	Tierra vegetal	17	25°	
	Terraplén	17	30°	
	Pedraplén	18	40°	

Tabla D.28. Valores orientativos del coeficiente de Permeabilidad

Tipo de suelo	k _f (m/s)
Grava limpia	> 10 ⁻²
Arena limpia y mezcla de grava y arena limpia	10 ⁻² - 10 ⁻⁵
Arena fina, limo, mezclas de arenas, limos y arcillas	10 ⁻⁵ - 10 ⁻⁹
Arcilla	< 10 ⁻⁹

Tabla 9.1
Características empíricas de los terrenos

Clase de terreno	Peso específico aparente γ / t/m ³	Ángulo de rozamiento interno φ / Grados	Índice de huecos e / %
Terrenos naturales			
Grava y arena compacta	2,0	30°	30
Grava y arena suelta	1,7	30°	40
Arcilla	2,1	20°	—
Rellenos			
Tierra vegetal	1,7	25°	40
Terraplén	1,7	30°	40
Pedraplén	1,8	40°	35

7.8. ANEJO H

1 HIPÓTESIS DE CARGA

A. CUBIERTA (EDIFICIO EN UNA PLANTA)

Sobrecargas	kg/m ²
0,3 espesor de grava y tierra vegetal	450
0,3 de nieve	300
personas	50
total	800
Peso propio del forjado armado en dos direcciones para esta sobrecarga	450
carga total	1250

En normas MV: LOSA ALIGERADA DE HORMIGÓN ARMADO
e= 30,6818 cm

B. SECADEROS ARTIFICIALES (luz 8m)

1. Sobrecargas	kg/m ²
viviente	200
pavimento con solado	120
tabiquería	30
chORIZOS	100
total	450
Peso propio del forjado	225
carga total	675

En normas MV: VIGUETAS METÁLICAS Y MORTERO LIGERO
e= 14,0625 cm

C. CUBIERTA SECADEROS ARTIFICIALES (luz 8m)

2. Sobrecargas	kg/m ²
0,3 espesor de grava y tierra vegetal	450
0,3 de nieve	300
personas	50
total	800
Peso propio del forjado	300
carga total	1100

En normas MV: LOSA ALIGERADA DE HORMIGÓN ARMADO
e= 20,4545 cm

D. Secaderos naturales (luz 5m)

Sobrecargas	kg/m ²
viviente	200
pavimento con solado	120
tabiquería	30
chORIZOS	100
total	450
Peso propio del forjado	375
carga total	825

En normas MV: LOSAS DE HORMIGÓN ARMADO
e= 15,625 cm

E. Oficinas, vestuarios y comedores

Sobrecargas	kg/m ²
viviente	250
pavimento con solado	150
total	400
peso propio del forjado	375
carga total	775

En normas MV: LOSAS DE HORMIGÓN ARMADO
e= 15,625 cm

F. Cubierta de edificios de más de una planta

Sobrecargas	kg/m ²
nieve	300
viviente	100
total	400
peso propio del forjado	375
carga total	775

En normas MV: LOSAS DE HORMIGÓN ARMADO
e= 15,625 cm

2. HIPÓTESIS DE CÁLCULO

1. Los pilares inferiores se calculan a compresión simple.
2. Los pilares de fachada a compresión compuesta son con un momento de 1/50 * PI
3. El acero trabaja a 1400/cm²
4. En el cuerpo de siete pantas se considera un viento de 80kg/m² y para ello se disponen arriostramiento.
5. El forjado en dos direcciones se calcula como seta aligerada
6. En la zona modulada a 5x5m, se proyecta placa armada en dos direcciones sin vigas
7. En la zona modulada a 8x5m (secaderos artificiales) se proyecta, forjado nervado con vigas de hierro de 8m de luz.
8. Los pilares son de tubo de acero, excepto en la torre de secaderos naturales que serán de PN []

FORJADO DOS DIRECCIONES COMO SETA ALIGERADA = FORJADO RETICULAR

En normas MV: LOSA ALIGERADA DE HORMIGÓN ARMADO

Bloque	Canto d' (cm)	kg/m ²
Cerámico: r = 3 cm	15	200
	20	230
	25	260
Cerámico: r = 5 cm	15	240
	20	270
	25	300
De mortero: r = 3 cm	15	220
	20	250
	25	280
De mortero: r = 5 cm	15	260
	20	290
	25	320

PLACA ARMADA EN DOS DIRECCIONES SIN VIGAS=LOSA

En normas MV: LOSAS DE HORMIGÓN ARMADO

Losa de hormigón armado	Canto d' (cm)	kg/m ²
	8	190
	10	240
	12	290
	15	360
	20	480

FORJADO NERVADO CON VIGAS DE HIERRO = UNIDIRECCIONAL VIGUETAS IPN + HA

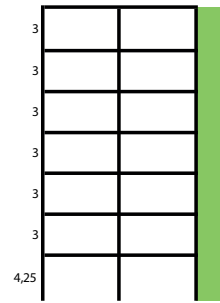
En normas MV: VIGUETAS METÁLICAS Y MORTERO LIGERO

Viguetas metálicas y mortero ligero	Mortero	PN (cm)	kg/m ²
	Densidad 1.500 kg/m ³	10	160
		16	260
		20	330
	Densidad 1.800 kg/m ³	10	190
		16	310
		20	390

Un tablero de rasilla tendido de yeso, como cielorraso, aumenta el peso en 50 kg/m²

3. FORJADOS

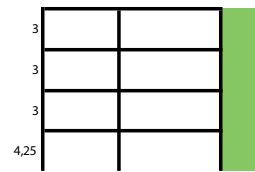
SECADEROS NATURALES



plantas	superficie m2	sobrecarga	peso propio	total/m2
1	350	400	375	775
2	350	450	375	825
3	350	450	375	825
4	350	450	375	825
5	350	450	375	825
6	350	450	375	825
7	350	450	375	825

350 350m2 de cubierta de 400 kgs/m2 de sobrecarga placa armada
 2100 2100m2 de cubierta de 450 kgs/m2 de sobrecarga placa armada

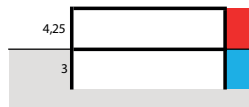
OFICINAS



plantas	superficie m2	sobrecarga	peso propio	total/m2
3	165	400	375	775
2	165	400	375	775
1	165	400	375	775
B	165	400	375	775

660 total: 660 para 400 kgs/m2

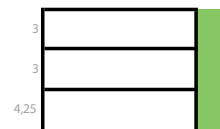
SECADEROS ARTIFICIALES



plantas	superficie m2	sobrecarga	peso propio	total/m2
2	1610	800	300	1100
1	1610	450	225	675

total 1610 forjado para 800kgs/m2 S.C
 1610 forjado para 450kgs/m2 S.C

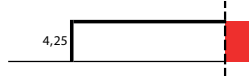
VESTUARIOS



plantas	superficie m2	sobrecarga	peso propio	total/m2
3	1250	400	375	775
2	1250	400	375	775
1	1250	400	375	775

3750 Total 3750m2 de forjado para 400 kg/m2 S.carga

ZONA DE UNA PLANTA



plantas	superficie m2	sobrecarga	peso propio	total/m2
1	3250	800	450	1250

Total 3250 m2 de forjado para 800kgs/m2 s.carga

4. RESUMEN DE FORJADOS

A	para	800	kgs/m2 de sobrecarga	3250	m2	una planta
B	para	450	kgs/m2 de sobrecarga	1610	m2	en planta secaderos artificiales
C	para	800	kgs/m2 de sobrecarga	1610	m2	en cubierta secaderos artificiales
D	para	450	kgs/m2 de sobrecarga	2100	m2	en piso secaderos naturales
E	para	400	kgs/m2 de sobrecarga	350	m2	en cubierta secaderos naturales
F	para	400	kgs/m2 de sobrecarga	660	m2	en oficinas
				3750	m2	en vestuarios

a. Forjado nervado

	450	kgs/m2	sobrecarga	1610	m2
	800	kgs/m2	sobrecarga	1610	m2

b. Placa armada en dos direcciones

	400	kgs	sobrecarga	4760	m2
	450	kgs	sobrecarga	2100	m2
	800	kg s	sobrecarga	3250	m2

5. PILARES

6. MEDICIÓN DE PILARES

7. NÚMERO DE PILARES

TIPO	Nº	Peso de pilares	Total kgs	
1	32	641	20512	Ø
2	41	578	23698	Ø
3	81	250	20250	Ø
4	95	225	21375	Ø
5	14	810	11340	Ø
6	18	1642	29556	[]
7	6	1832	10992	[]
8	18	244	4392	Ø
9	32	566	18112	Ø

pilares Ø 119679 kgs

pilares [] 40548 kgs

9. RESUMEN DE HIERRO

a. perfiles		kgs	
pilares []	40548		
vigas IPN	63680		
total	104228	kgs	
arriostrami	10000		
total	114228	kgs	
cartelas 10	11422		
total	125650	kgs	
b. tubo		kgs	
pilares Ø	119679		
10% nudos	11967		
total	131646	kgs	

8. CÁLCULO DE VIGAS EN SECADEROS ARTIFICIALES

VIGAS EN CUBIERTA

$$M = \frac{PI^2}{12} = \frac{44000 \cdot 8}{12} = 29333,3 \quad 30 \text{ mT} \quad l=8m \quad PI = 1100 \cdot 8 \cdot 5 = 44000$$

$$Rx = \frac{3.000.000}{1500} = 2000 \text{ cm}^3 \quad \text{IPN 45}$$

VIGAS EN CUBIERTA

$$M = \frac{PI^2}{12} = \frac{27000 \cdot 8}{12} = 18000 \quad 18 \text{ mT} \quad l=8m \quad PI = 675 \cdot 8 \cdot 5 = 27000$$

$$Rx = \frac{1.800.000}{1500} = 1200 \text{ cm}^3 \quad \text{IPN 38}$$

10. FORJADOS

La placa armada en dos direcciones es un forjado tipo

Cerca el que ha servido como base de cálculo.

En los forjados nervados de los secaderos artificiales se ha tomado como base de cálculo el tipo sobre 12+8-1,14m de doble vigueta.

7.9. ANEJO I

VIGA SECCIÓN LONGITUD	CARGA NUM.	RELACIÓN DE CONTROL DE CÁLCULO η	VERIFICACIÓN POR BARRA
Viga 27 - IPN 200 L : 5.000 m	CO2	3,348	
Viga 27 - IPN 200 L : 5.000 m	CO4	3,035	
Viga 1 - IPN 180 L : 5.000 m	CO4	3,020	
Viga 1 - IPN 180 L : 5.000 m	CO4	3,018	
Viga 1 - IPN 180 L : 5.000 m	CO4	2,996	
Viga 1 - IPN 180 L : 5.000 m	CO4	2,994	
Viga 22 - IPN 200 L : 5.000 m	CO2	2,803	
Viga 27 - IPN 200 L : 5.000 m	CO2	2,698	
Viga 27 - IPN 200 L : 5.000 m	CO4	2,502	
Viga 17 - IPN 200 L : 5.000 m	CO2	2,416	
Viga 22 - IPN 200 L : 5.000 m	CO2	2,322	
Viga 17 - IPN 200 L : 5.000 m	CO2	2,085	
Viga 10 - 2UI UPN 260 /0/1 L : 3.750 m	CO3	1,966	
Viga 7 - IPN 200 L : 5.000 m	CO2	1,939	
Viga 10 - 2UI UPN 260 /0/1 L : 3.750 m	CO4	1,926	
Viga 10 - 2UI UPN 260 /0/1 L : 3.750 m	CO4	1,886	
Viga 27 - IPN 200 L : 5.000 m	CO4	1,874	
Viga 10 - 2UI UPN 260 /0/1 L : 3.750 m	CO4	1,853	
Viga 28 - IPN 240 L : 5.000 m	CO2	1,823	
Viga 27 - IPN 200 L : 2.500 m	CO2	1,786	
Viga 7 - IPN 200 L : 5.000 m	CO2	1,760	
Viga 10 - 2UI UPN 260 /0/1 L : 3.750 m	CO4	1,755	
Viga 7 - IPN 200 L : 5.000 m	CO4	1,755	
Viga 22 - IPN 200 L : 5.000 m	CO4	1,742	
Viga 27 - IPN 200 L : 5.000 m	CO4	1,727	
Viga 7 - IPN 200 L : 5.000 m	CO4	1,714	
Viga 7 - IPN 200 L : 5.000 m	CO4	1,712	
Viga 20 - 2UI UPN 200 /0/1 L : 3.750 m	CO4	1,703	
Viga 7 - IPN 200 L : 5.000 m	CO4	1,696	
Viga 7 - IPN 200 L : 5.000 m	CO4	1,694	
Viga 27 - IPN 200 L : 2.500 m	CO2	1,677	
Viga 25 - 2UI UPN 180 /0/1 L : 3.750 m	CO4	1,671	
Viga 22 - IPN 200 L : 5.000 m	CO4	1,664	
Viga 17 - IPN 200 L : 5.000 m	CO4	1,659	
Viga 28 - IPN 240 L : 5.000 m	CO4	1,659	
Viga 17 - IPN 200 L : 5.000 m	CO4	1,658	
Viga 27 - IPN 200 L : 5.000 m	CO4	1,654	
Viga 10 - 2UI UPN 260 /0/1 L : 3.750 m	CO3	1,633	
Viga 10 - 2UI UPN 260 /0/1 L : 3.750 m	CO3	1,633	
Viga 10 - 2UI UPN 260 /0/1 L : 3.750 m	CO3	1,633	
Viga 28 - IPN 240 L : 5.000 m	CO2	1,607	
Viga 10 - 2UI UPN 260 /0/1 L : 3.750 m	CO3	1,596	

Viga 32 - 2UI UPN 140 /0/1 L : 3.750 m	CO4	1,592
Viga 20 - 2UI UPN 200 /0/1 L : 3.750 m	CO4	1,591
Viga 27 - IPN 200 L : 5.000 m	CO7	1,583
Viga 10 - 2UI UPN 260 /0/1 L : 3.750 m	CO3	1,562
Viga 6 - 2UI UPN 400 /0/1 L : 7.670 m	CO3	1,561
Viga 6 - 2UI UPN 400 /0/1 L : 7.670 m	CO3	1,560
Viga 6 - 2UI UPN 400 /0/1 L : 7.670 m	CO3	1,559
Viga 28 - IPN 240 L : 5.000 m	CO4	1,532
Viga 10 - 2UI UPN 260 /0/1 L : 3.750 m	CO3	1,521
Viga 32 - 2UI UPN 140 /0/1 L : 3.750 m	CO5	1,515
Viga 32 - 2UI UPN 140 /0/1 L : 3.750 m	CO5	1,514
Viga 20 - 2UI UPN 200 /0/1 L : 3.750 m	CO4	1,511
Viga 23 - IPN 240 L : 5.000 m	CO4	1,509
Viga 10 - 2UI UPN 260 /0/1 L : 3.750 m	CO4	1,488
Viga 6 - 2UI UPN 400 /0/1 L : 7.670 m	CO3	1,458
Viga 10 - 2UI UPN 260 /0/1 L : 3.750 m	CO3	1,440
Viga 10 - 2UI UPN 260 /0/1 L : 3.750 m	CO3	1,436
Viga 10 - 2UI UPN 260 /0/1 L : 3.750 m	CO3	1,426
Viga 32 - 2UI UPN 140 /0/1 L : 3.750 m	CO5	1,422
Viga 22 - IPN 200 L : 2.500 m	CO2	1,419
Viga 25 - 2UI UPN 180 /0/1 L : 3.750 m	CO4	1,417
Viga 20 - 2UI UPN 200 /0/1 L : 3.750 m	CO3	1,406
Viga 10 - 2UI UPN 260 /0/1 L : 3.750 m	CO3	1,363
Viga 10 - 2UI UPN 260 /0/1 L : 3.750 m	CO3	1,363
Viga 10 - 2UI UPN 260 /0/1 L : 3.750 m	CO3	1,363
Viga 6 - 2UI UPN 400 /0/1 L : 7.670 m	CO3	1,354
Viga 23 - IPN 240 L : 5.000 m	CO4	1,345
Viga 18 - IPN 240 L : 5.000 m	CO4	1,313
Viga 10 - 2UI UPN 260 /0/1 L : 3.750 m	CO3	1,291
Viga 10 - 2UI UPN 260 /0/1 L : 3.750 m	CO3	1,286
Viga 6 - 2UI UPN 400 /0/1 L : 7.670 m	CO3	1,271
Viga 6 - 2UI UPN 400 /0/1 L : 7.670 m	CO3	1,268
Viga 6 - 2UI UPN 400 /0/1 L : 7.670 m	CO3	1,267
Viga 20 - 2UI UPN 200 /0/1 L : 3.750 m	CO3	1,266
Viga 10 - 2UI UPN 260 /0/1 L : 3.750 m	CO3	1,243
Viga 32 - 2UI UPN 140 /0/1 L : 3.750 m	CO5	1,238
Viga 6 - 2UI UPN 400 /0/1 L : 7.670 m	CO3	1,223
Viga 6 - 2UI UPN 400 /0/1 L : 7.670 m	CO3	1,196
Viga 28 - IPN 240 L : 5.000 m	CO2	1,194
Viga 6 - 2UI UPN 400 /0/1 L : 8.450 m	CO3	1,163
Viga 20 - 2UI UPN 200 /0/1 L : 3.750 m	CO3	1,163
Viga 6 - 2UI UPN 400 /0/1 L : 8.450 m	CO3	1,163
Viga 6 - 2UI UPN 400 /0/1 L : 8.450 m	CO3	1,163
Viga 20 - 2UI UPN 200 /0/1 L : 3.750 m	CO3	1,163
Viga 20 - 2UI UPN 200 /0/1 L : 3.750 m	CO3	1,163
Viga 5 - IPN 360 L : 5.000 m	CO2	1,162

Viga 10 - 2UI UPN 260 /0/1 L : 3.750 m	CO3	1,161
Viga 17 - IPN 200 L : 2.500 m	CO2	1,161
Viga 20 - 2UI UPN 200 /0/1 L : 3.750 m	CO3	1,159
Viga 20 - 2UI UPN 200 /0/1 L : 3.750 m	CO3	1,159
Viga 20 - 2UI UPN 200 /0/1 L : 3.750 m	CO3	1,157
Viga 6 - 2UI UPN 400 /0/1 L : 7.670 m	CO3	1,152
Viga 18 - IPN 240 L : 5.000 m	CO4	1,147
Viga 32 - 2UI UPN 140 /0/1 L : 3.750 m	CO5	1,135
Viga 28 - IPN 240 L : 2.500 m	CO2	1,126
Viga 6 - 2UI UPN 400 /0/1 L : 8.450 m	CO3	1,118
Viga 6 - 2UI UPN 400 /0/1 L : 7.670 m	CO3	1,115
Viga 9 - IPN 360 L : 5.000 m	CO2	1,101
Viga 5 - IPN 360 L : 5.000 m	CO2	1,101
Viga 25 - 2UI UPN 180 /0/1 L : 3.750 m	CO3	1,101
Viga 28 - IPN 240 L : 2.500 m	CO2	1,100
Viga 10 - 2UI UPN 260 /0/1 L : 3.750 m	CO3	1,089
Viga 10 - 2UI UPN 260 /0/1 L : 3.750 m	CO3	1,089
Viga 10 - 2UI UPN 260 /0/1 L : 3.750 m	CO3	1,089
Viga 10 - 2UI UPN 260 /0/1 L : 3.750 m	CO3	1,089
Viga 10 - 2UI UPN 260 /0/1 L : 3.750 m	CO3	1,081
Viga 8 - IPN 240 L : 5.000 m	CO4	1,073
Viga 9 - IPN 360 L : 5.000 m	CO2	1,070
Viga 10 - 2UI UPN 260 /0/1 L : 3.750 m	CO3	1,068
Viga 20 - 2UI UPN 200 /0/1 L : 3.750 m	CO3	1,068
Viga 10 - 2UI UPN 260 /0/1 L : 3.750 m	CO3	1,068
Viga 10 - 2UI UPN 260 /0/1 L : 3.750 m	CO3	1,068
Viga 20 - 2UI UPN 200 /0/1 L : 3.750 m	CO3	1,068
Viga 5 - IPN 360 L : 5.000 m	CO2	1,066
Viga 20 - 2UI UPN 200 /0/1 L : 3.750 m	CO3	1,050
Viga 6 - 2UI UPN 400 /0/1 L : 8.450 m	CO3	1,043
Viga 28 - IPN 240 L : 5.000 m	CO2	1,041
Viga 9 - IPN 360 L : 5.000 m	CO2	1,039
Viga 10 - 2UI UPN 260 /0/1 L : 3.750 m	CO3	1,026
Viga 25 - 2UI UPN 180 /0/1 L : 3.750 m	CO3	1,007
Viga 10 - 2UI UPN 260 /0/1 L : 3.750 m	CO3	1,007
Viga 28 - IPN 240 L : 5.000 m	CO2	1,006
Viga 23 - IPN 240 L : 5.000 m	CO2	0,998
Viga 10 - 2UI UPN 260 /0/1 L : 3.750 m	CO3	0,991
Viga 20 - 2UI UPN 200 /0/1 L : 3.750 m	CO3	0,970
Viga 6 - 2UI UPN 400 /0/1 L : 8.450 m	CO3	0,952
Viga 28 - IPN 240 L : 5.000 m	CO2	0,951
Viga 20 - 2UI UPN 200 /0/1 L : 3.750 m	CO3	0,948
Viga 18 - IPN 240 L : 5.000 m	CO2	0,944
Viga 10 - 2UI UPN 260 /0/1 L : 3.750 m	CO3	0,920
Viga 20 - 2UI UPN 200 /0/1 L : 3.750 m	CO3	0,908
Viga 20 - 2UI UPN 200 /0/1 L : 3.750 m	CO3	0,906

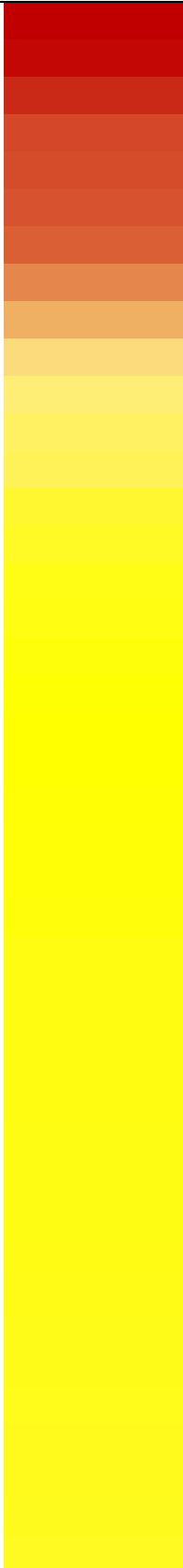
Viga 30 - IPN 360 L : 5.000 m	CO3	0,898
Viga 30 - IPN 360 L : 5.000 m	CO3	0,898
Viga 10 - 2UI UPN 260 /0/1 L : 3.750 m	CO3	0,898
Viga 30 - IPN 360 L : 5.000 m	CO3	0,895
Viga 7 - IPN 200 L : 2.500 m	CO2	0,891
Viga 23 - IPN 240 L : 5.000 m	CO2	0,889
Viga 28 - IPN 240 L : 5.000 m	CO4	0,889
Viga 9 - IPN 360 L : 5.000 m	CO2	0,885
Viga 9 - IPN 360 L : 5.000 m	CO2	0,885
Viga 25 - 2UI UPN 180 /0/1 L : 3.750 m	CO3	0,867
Viga 9 - IPN 360 L : 5.000 m	CO2	0,866
Viga 23 - IPN 240 L : 2.500 m	CO2	0,862
Viga 8 - IPN 240 L : 5.000 m	CO2	0,861
Viga 29 - IPN 320 L : 5.000 m	CO4	0,850
Viga 29 - IPN 320 L : 5.000 m	CO4	0,847
Viga 23 - IPN 240 L : 5.000 m	CO2	0,843
Viga 18 - IPN 240 L : 2.500 m	CO4	0,842
Viga 23 - IPN 240 L : 2.500 m	CO2	0,839
Viga 10 - 2UI UPN 260 /0/1 L : 3.750 m	CO3	0,837
Viga 24 - IPN 360 L : 5.000 m	CO3	0,836
Viga 24 - IPN 360 L : 5.000 m	CO3	0,835
Viga 24 - IPN 360 L : 5.000 m	CO3	0,832
Viga 28 - IPN 240 L : 5.000 m	CO4	0,828
Viga 23 - IPN 240 L : 5.000 m	CO2	0,812
Viga 4 - IPN 220 L : 5.000 m	CO4	0,806
Viga 28 - IPN 240 L : 5.000 m	CO4	0,803
Viga 4 - IPN 220 L : 5.000 m	CO4	0,795
Viga 24 - IPN 360 L : 5.000 m	CO4	0,785
Viga 4 - IPN 220 L : 5.000 m	CO4	0,784
Viga 8 - IPN 240 L : 5.000 m	CO2	0,780
Viga 18 - IPN 240 L : 5.000 m	CO2	0,780
Viga 8 - IPN 240 L : 5.000 m	CO2	0,777
Viga 8 - IPN 240 L : 5.000 m	CO2	0,772
Viga 8 - IPN 240 L : 5.000 m	CO2	0,769
Viga 23 - IPN 240 L : 5.000 m	CO4	0,767
Viga 28 - IPN 240 L : 2.500 m	CO4	0,765
Viga 28 - IPN 240 L : 2.500 m	CO4	0,765
Viga 8 - IPN 240 L : 5.000 m	CO4	0,765
Viga 31 - 2UI UPN 120 /0/1 L : 3.750 m	CO4	0,763
Viga 8 - IPN 240 L : 5.000 m	CO4	0,763
Viga 18 - IPN 240 L : 5.000 m	CO4	0,762
Viga 8 - IPN 240 L : 5.000 m	CO4	0,762
Viga 29 - IPN 320 L : 5.000 m	CO4	0,754
Viga 24 - IPN 360 L : 5.000 m	CO3	0,754
Viga 24 - IPN 360 L : 5.000 m	CO3	0,754
Viga 29 - IPN 320 L : 5.000 m	CO3	0,753

Viga 29 - IPN 320 L : 5.000 m	CO3	0,752
Viga 18 - IPN 240 L : 5.000 m	CO4	0,747
Viga 24 - IPN 360 L : 5.000 m	CO3	0,744
Viga 28 - IPN 240 L : 5.000 m	CO4	0,743
Viga 4 - IPN 220 L : 5.000 m	CO4	0,737
Viga 4 - IPN 220 L : 5.000 m	CO4	0,734
Viga 29 - IPN 320 L : 5.000 m	CO4	0,734
Viga 4 - IPN 220 L : 5.000 m	CO2	0,730
Viga 28 - IPN 240 L : 5.000 m	CO2	0,724
Viga 23 - IPN 240 L : 5.000 m	CO4	0,719
Viga 28 - IPN 240 L : 5.000 m	CO4	0,715
Viga 4 - IPN 220 L : 5.000 m	CO4	0,712
Viga 29 - IPN 320 L : 5.000 m	CO3	0,708
Viga 31 - 2UI UPN 120 /0/1 L : 3.750 m	CO4	0,707
Viga 29 - IPN 320 L : 5.000 m	CO3	0,707
Viga 9 - IPN 360 L : 5.000 m	CO2	0,702
Viga 24 - IPN 360 L : 5.000 m	CO3	0,697
Viga 8 - IPN 240 L : 5.000 m	CO2	0,695
Viga 8 - IPN 240 L : 2.500 m	CO4	0,693
Viga 9 - IPN 360 L : 5.000 m	CO4	0,693
Viga 5 - IPN 360 L : 5.000 m	CO4	0,689
Viga 30 - IPN 360 L : 5.000 m	CO3	0,685
Viga 8 - IPN 240 L : 5.000 m	CO4	0,684
Viga 24 - IPN 360 L : 5.000 m	CO3	0,682
Viga 18 - IPN 240 L : 2.500 m	CO4	0,681
Viga 8 - IPN 240 L : 5.000 m	CO4	0,681
Viga 30 - IPN 360 L : 5.000 m	CO4	0,681
Viga 24 - IPN 360 L : 5.000 m	CO3	0,680
Viga 24 - IPN 360 L : 5.000 m	CO3	0,675
Viga 24 - IPN 360 L : 5.000 m	CO3	0,674
Viga 8 - IPN 240 L : 5.000 m	CO4	0,674
Viga 8 - IPN 240 L : 2.500 m	CO4	0,674
Viga 8 - IPN 240 L : 5.000 m	CO2	0,661
Viga 8 - IPN 240 L : 5.000 m	CO4	0,661
Viga 24 - IPN 360 L : 5.000 m	CO3	0,659
Viga 5 - IPN 360 L : 5.000 m	CO2	0,658
Viga 28 - IPN 240 L : 5.000 m	CO4	0,656
Viga 18 - IPN 240 L : 5.000 m	CO2	0,653
Viga 24 - IPN 360 L : 5.000 m	CO4	0,648
Viga 5 - IPN 360 L : 5.000 m	CO3	0,632
Viga 9 - IPN 360 L : 5.000 m	CO4	0,630
Viga 31 - 2UI UPN 120 /0/1 L : 3.750 m	CO5	0,628
Viga 24 - IPN 360 L : 5.000 m	CO3	0,627
Viga 5 - IPN 360 L : 5.000 m	CO3	0,626
Viga 18 - IPN 240 L : 5.000 m	CO2	0,622
Viga 9 - IPN 360 L : 5.000 m	CO2	0,620

Viga 24 - IPN 360 L : 5.000 m	CO3	0,618
Viga 9 - IPN 360 L : 5.000 m	CO4	0,618
Viga 28 - IPN 240 L : 5.000 m	CO4	0,611
Viga 31 - 2UI UPN 120 /0/1 L : 3.750 m	CO5	0,610
Viga 31 - 2UI UPN 120 /0/1 L : 3.750 m	CO5	0,610
Viga 31 - 2UI UPN 120 /0/1 L : 3.750 m	CO5	0,609
Viga 31 - 2UI UPN 120 /0/1 L : 3.750 m	CO5	0,596
Viga 31 - 2UI UPN 120 /0/1 L : 3.750 m	CO5	0,596
Viga 31 - 2UI UPN 120 /0/1 L : 3.750 m	CO5	0,595
Viga 5 - IPN 360 L : 5.000 m	CO2	0,585
Viga 31 - 2UI UPN 120 /0/1 L : 3.750 m	CO5	0,580
Viga 29 - IPN 320 L : 5.000 m	CO4	0,579
Viga 30 - IPN 360 L : 5.000 m	CO4	0,576
Viga 29 - IPN 320 L : 5.000 m	CO4	0,574
Viga 9 - IPN 360 L : 5.000 m	CO4	0,570
Viga 31 - 2UI UPN 120 /0/1 L : 3.750 m	CO5	0,554
Viga 9 - IPN 360 L : 5.000 m	CO3	0,553
Viga 9 - IPN 360 L : 5.000 m	CO4	0,550
Viga 9 - IPN 360 L : 5.000 m	CO3	0,538
Viga 1 - IPN 180 L : 2.500 m	CO2	0,538
Viga 31 - 2UI UPN 120 /0/1 L : 3.750 m	CO5	0,529
Viga 24 - IPN 360 L : 5.000 m	CO5	0,520
Viga 30 - IPN 360 L : 5.000 m	CO4	0,519
Viga 24 - IPN 360 L : 5.000 m	CO3	0,517
Viga 30 - IPN 360 L : 5.000 m	CO3	0,517
Viga 5 - IPN 360 L : 5.000 m	CO3	0,516
Viga 24 - IPN 360 L : 5.000 m	CO5	0,514
Viga 9 - IPN 360 L : 5.000 m	CO3	0,509
Viga 31 - 2UI UPN 120 /0/1 L : 3.750 m	CO5	0,498
Viga 31 - 2UI UPN 120 /0/1 L : 3.750 m	CO5	0,493
Viga 24 - IPN 360 L : 5.000 m	CO4	0,478
Viga 7 - IPN 200 L : 2.500 m	CO4	0,468
Viga 9 - IPN 360 L : 5.000 m	CO3	0,466
Viga 24 - IPN 360 L : 5.000 m	CO3	0,450
Viga 24 - IPN 360 L : 5.000 m	CO3	0,441
Viga 30 - IPN 360 L : 5.000 m	CO2	0,440
Viga 31 - 2UI UPN 120 /0/1 L : 3.750 m	CO5	0,425
Viga 5 - IPN 360 L : 5.000 m	CO2	0,425
Viga 30 - IPN 360 L : 5.000 m	CO3	0,414
Viga 31 - 2UI UPN 120 /0/1 L : 3.750 m	CO5	0,411
Viga 31 - 2UI UPN 120 /0/1 L : 3.750 m	CO5	0,410
Viga 9 - IPN 360 L : 5.000 m	CO4	0,408
Viga 5 - IPN 360 L : 5.000 m	CO4	0,403
Viga 9 - IPN 360 L : 5.000 m	CO3	0,396
Viga 31 - 2UI UPN 120 /0/1 L : 3.750 m	CO5	0,389
Viga 31 - 2UI UPN 120 /0/1 L : 3.750 m	CO5	0,389

Viga 31 - 2UI UPN 120 /0/1 L : 3.750 m	CO5	0,389
Viga 29 - IPN 320 L : 5.000 m	CO4	0,383
Viga 31 - 2UI UPN 120 /0/1 L : 3.750 m	CO5	0,379
Viga 31 - 2UI UPN 120 /0/1 L : 3.750 m	CO5	0,378
Viga 31 - 2UI UPN 120 /0/1 L : 3.750 m	CO5	0,378
Viga 9 - IPN 360 L : 5.000 m	CO2	0,377
Viga 29 - IPN 320 L : 5.000 m	CO4	0,367
Viga 31 - 2UI UPN 120 /0/1 L : 3.750 m	CO5	0,354
Viga 31 - 2UI UPN 120 /0/1 L : 3.750 m	CO5	0,353
Viga 30 - IPN 360 L : 5.000 m	CO4	0,343
Viga 31 - 2UI UPN 120 /0/1 L : 3.750 m	CO5	0,343
Viga 24 - IPN 360 L : 5.000 m	CO5	0,297
Viga 24 - IPN 360 L : 5.000 m	CO5	0,293
Viga 5 - IPN 360 L : 5.000 m	CO4	0,292
Viga 31 - 2UI UPN 120 /0/1 L : 3.750 m	CO5	0,276
Viga 31 - 2UI UPN 120 /0/1 L : 3.750 m	CO5	0,272
Viga 4 - IPN 220 L : 2.500 m	CO2	0,255
Viga 31 - 2UI UPN 120 /0/1 L : 3.750 m	CO5	0,252
Viga 30 - IPN 360 L : 5.000 m	CO2	0,248
Viga 4 - IPN 220 L : 2.500 m	CO2	0,241
Viga 31 - 2UI UPN 120 /0/1 L : 3.750 m	CO5	0,237
Viga 9 - IPN 360 L : 5.000 m	CO3	0,225
Viga 8 - IPN 240 L : 2.500 m	CO4	0,220
Viga 8 - IPN 240 L : 2.500 m	CO4	0,199
Viga 9 - IPN 360 L : 5.000 m	CO5	0,181
Viga 9 - IPN 360 L : 5.000 m	CO5	0,177
Viga 9 - IPN 360 L : 5.000 m	CO5	0,149

7.10. ANEJO J

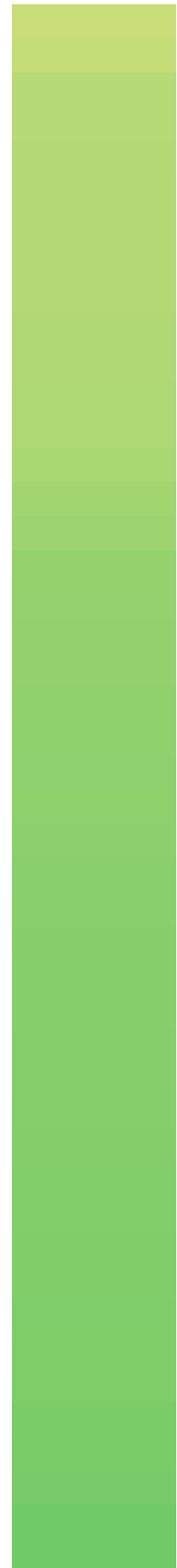
VIGA SECCIÓN LONGITUD	CARGA NUM.	RELACIÓN DE CONTROL DE CÁLCULO η	VERIFICACIÓN POR BARRA
Viga 25 - 2UI UPN 180 /0/1 L : 3.750 m	CO3	1,361	
Viga 25 - 2UI UPN 180 /0/1 L : 3.750 m	CO3	1,355	
Viga 25 - 2UI UPN 180 /0/1 L : 3.750 m	CO3	1,324	
Viga 25 - 2UI UPN 180 /0/1 L : 3.750 m	CO3	1,296	
Viga 10 - 2UI UPN 260 /0/1 L : 3.750 m	CO3	1,293	
Viga 10 - 2UI UPN 260 /0/1 L : 3.750 m	CO3	1,286	
Viga 10 - 2UI UPN 260 /0/1 L : 3.750 m	CO3	1,275	
Viga 6 - 2UI UPN 400 /0/1 L : 7.670 m	CO3	1,239	
Viga 6 - 2UI UPN 400 /0/1 L : 7.670 m	CO3	1,202	
Viga 6 - 2UI UPN 400 /0/1 L : 7.670 m	CO3	1,164	
Viga 10 - 2UI UPN 260 /0/1 L : 3.750 m	CO3	1,133	
Viga 20 - 2UI UPN 200 /0/1 L : 3.750 m	CO3	1,113	
Viga 20 - 2UI UPN 200 /0/1 L : 3.750 m	CO3	1,105	
Viga 25 - 2UI UPN 180 /0/1 L : 3.750 m	CO3	1,063	
Viga 20 - 2UI UPN 200 /0/1 L : 3.750 m	CO3	1,051	
Viga 10 - 2UI UPN 260 /0/1 L : 3.750 m	CO3	1,034	
Viga 20 - 2UI UPN 200 /0/1 L : 3.750 m	CO3	1,030	
Viga 10 - 2UI UPN 260 /0/1 L : 3.750 m	CO3	1,023	
Viga 10 - 2UI UPN 260 /0/1 L : 3.750 m	CO3	1,016	
Viga 6 - 2UI UPN 400 /0/1 L : 7.670 m	CO3	1,012	
Viga 6 - 2UI UPN 400 /0/1 L : 7.670 m	CO3	0,975	
Viga 20 - 2UI UPN 200 /0/1 L : 3.750 m	CO3	0,952	
Viga 20 - 2UI UPN 200 /0/1 L : 3.750 m	CO3	0,947	
Viga 20 - 2UI UPN 200 /0/1 L : 3.750 m	CO3	0,944	
Viga 10 - 2UI UPN 260 /0/1 L : 3.750 m	CO3	0,934	
Viga 20 - 2UI UPN 200 /0/1 L : 3.750 m	CO3	0,890	
Viga 32 - 2UI UPN 140 /0/1 L : 3.750 m	CO3	0,890	
Viga 32 - 2UI UPN 140 /0/1 L : 3.750 m	CO3	0,889	
Viga 31 - 2UI UPN 120 /0/1 L : 3.750 m	CO3	0,887	
Viga 31 - 2UI UPN 120 /0/1 L : 3.750 m	CO3	0,886	
Viga 31 - 2UI UPN 120 /0/1 L : 3.750 m	CO3	0,879	
Viga 10 - 2UI UPN 260 /0/1 L : 3.750 m	CO3	0,878	
Viga 6 - 2UI UPN 400 /0/1 L : 8.450 m	CO3	0,878	
Viga 6 - 2UI UPN 400 /0/1 L : 7.670 m	CO3	0,870	
Viga 32 - 2UI UPN 140 /0/1 L : 3.750 m	CO3	0,868	
Viga 10 - 2UI UPN 260 /0/1 L : 3.750 m	CO3	0,853	
Viga 10 - 2UI UPN 260 /0/1 L : 3.750 m	CO3	0,851	
Viga 6 - 2UI UPN 400 /0/1 L : 7.670 m	CO3	0,845	
Viga 6 - 2UI UPN 400 /0/1 L : 7.670 m	CO3	0,840	
Viga 6 - 2UI UPN 400 /0/1 L : 8.450 m	CO3	0,836	
Viga 32 - 2UI UPN 140 /0/1 L : 3.750 m	CO3	0,825	
Viga 6 - 2UI UPN 400 /0/1 L : 7.670 m	CO3	0,812	

Viga 6 - 2UI UPN 400 /0/1 L : 8.450 m	CO3	0,812
Viga 31 - 2UI UPN 120 /0/1 L : 3.750 m	CO3	0,809
Viga 10 - 2UI UPN 260 /0/1 L : 3.750 m	CO3	0,798
Viga 31 - 2UI UPN 120 /0/1 L : 3.750 m	CO3	0,789
Viga 25 - 2UI UPN 180 /0/1 L : 3.750 m	CO3	0,789
Viga 10 - 2UI UPN 260 /0/1 L : 3.750 m	CO3	0,779
Viga 31 - 2UI UPN 120 /0/1 L : 3.750 m	CO3	0,775
Viga 10 - 2UI UPN 260 /0/1 L : 3.750 m	CO3	0,765
Viga 5 - IPN 360 L : 5.000 m	CO3	0,761
Viga 6 - 2UI UPN 400 /0/1 L : 8.450 m	CO3	0,758
Viga 20 - 2UI UPN 200 /0/1 L : 3.750 m	CO3	0,756
Viga 5 - IPN 360 L : 5.000 m	CO3	0,752
Viga 31 - 2UI UPN 120 /0/1 L : 3.750 m	CO3	0,751
Viga 10 - 2UI UPN 260 /0/1 L : 3.750 m	CO3	0,739
Viga 6 - 2UI UPN 400 /0/1 L : 8.450 m	CO3	0,731
Viga 5 - IPN 360 L : 5.000 m	CO2	0,730
Viga 10 - 2UI UPN 260 /0/1 L : 3.750 m	CO3	0,729
Viga 6 - 2UI UPN 400 /0/1 L : 7.670 m	CO3	0,727
Viga 5 - IPN 360 L : 5.000 m	CO3	0,725
Viga 4 - IPN 220 L : 2.500 m	CO3	0,723
Viga 5 - IPN 360 L : 5.000 m	CO3	0,722
Viga 20 - 2UI UPN 200 /0/1 L : 3.750 m	CO3	0,706
Viga 10 - 2UI UPN 260 /0/1 L : 3.750 m	CO3	0,706
Viga 20 - 2UI UPN 200 /0/1 L : 3.750 m	CO3	0,700
Viga 4 - IPN 220 L : 2.500 m	CO3	0,696
Viga 31 - 2UI UPN 120 /0/1 L : 3.750 m	CO3	0,696
Viga 5 - IPN 360 L : 5.000 m	CO3	0,689
Viga 6 - 2UI UPN 400 /0/1 L : 7.670 m	CO2	0,688
Viga 20 - 2UI UPN 200 /0/1 L : 3.750 m	CO3	0,684
Viga 5 - IPN 360 L : 5.000 m	CO2	0,683
Viga 6 - 2UI UPN 400 /0/1 L : 8.450 m	CO3	0,675
Viga 10 - 2UI UPN 260 /0/1 L : 3.750 m	CO3	0,664
Viga 5 - IPN 360 L : 5.000 m	CO2	0,663
Viga 20 - 2UI UPN 200 /0/1 L : 3.750 m	CO3	0,650
Viga 5 - IPN 360 L : 5.000 m	CO3	0,649
Viga 10 - 2UI UPN 260 /0/1 L : 3.750 m	CO3	0,647
Viga 32 - 2UI UPN 140 /0/1 L : 3.750 m	CO3	0,646
Viga 20 - 2UI UPN 200 /0/1 L : 3.750 m	CO3	0,629
Viga 5 - IPN 360 L : 5.000 m	CO3	0,616
Viga 10 - 2UI UPN 260 /0/1 L : 3.750 m	CO3	0,598
Viga 10 - 2UI UPN 260 /0/1 L : 3.750 m	CO3	0,595
Viga 6 - 2UI UPN 400 /0/1 L : 7.670 m	CO3	0,593
Viga 10 - 2UI UPN 260 /0/1 L : 3.750 m	CO3	0,591
Viga 4 - IPN 220 L : 5.000 m	CO3	0,591
Viga 10 - 2UI UPN 260 /0/1 L : 3.750 m	CO3	0,591
Viga 31 - 2UI UPN 120 /0/1 L : 3.750 m	CO3	0,588

Viga 4 - IPN 220 L : 5.000 m	CO3	0,576
Viga 4 - IPN 220 L : 5.000 m	CO3	0,575
Viga 10 - 2UI UPN 260 /0/1 L : 3.750 m	CO3	0,568
Viga 5 - IPN 360 L : 5.000 m	CO3	0,566
Viga 4 - IPN 220 L : 5.000 m	CO3	0,561
Viga 5 - IPN 360 L : 5.000 m	CO3	0,561
Viga 4 - IPN 220 L : 5.000 m	CO3	0,556
Viga 4 - IPN 220 L : 5.000 m	CO3	0,550
Viga 31 - 2UI UPN 120 /0/1 L : 3.750 m	CO3	0,547
Viga 31 - 2UI UPN 120 /0/1 L : 3.750 m	CO3	0,544
Viga 10 - 2UI UPN 260 /0/1 L : 3.750 m	CO3	0,544
Viga 4 - IPN 220 L : 5.000 m	CO3	0,542
Viga 31 - 2UI UPN 120 /0/1 L : 3.750 m	CO3	0,535
Viga 31 - 2UI UPN 120 /0/1 L : 3.750 m	CO3	0,529
Viga 20 - 2UI UPN 200 /0/1 L : 3.750 m	CO3	0,527
Viga 20 - 2UI UPN 200 /0/1 L : 3.750 m	CO3	0,518
Viga 10 - 2UI UPN 260 /0/1 L : 3.750 m	CO3	0,509
Viga 1 - IPN 180 L : 2.500 m	CO3	0,499
Viga 31 - 2UI UPN 120 /0/1 L : 3.750 m	CO3	0,491
Viga 31 - 2UI UPN 120 /0/1 L : 3.750 m	CO3	0,483
Viga 31 - 2UI UPN 120 /0/1 L : 3.750 m	CO3	0,483
Viga 31 - 2UI UPN 120 /0/1 L : 3.750 m	CO3	0,478
Viga 10 - 2UI UPN 260 /0/1 L : 3.750 m	CO5	0,476
Viga 10 - 2UI UPN 260 /0/1 L : 3.750 m	CO5	0,475
Viga 10 - 2UI UPN 260 /0/1 L : 3.750 m	CO5	0,462
Viga 31 - 2UI UPN 120 /0/1 L : 3.750 m	CO3	0,461
Viga 10 - 2UI UPN 260 /0/1 L : 3.750 m	CO3	0,457
Viga 8 - IPN 240 L : 2.500 m	CO3	0,456
Viga 10 - 2UI UPN 260 /0/1 L : 3.750 m	CO3	0,453
Viga 31 - 2UI UPN 120 /0/1 L : 3.750 m	CO3	0,449
Viga 20 - 2UI UPN 200 /0/1 L : 3.750 m	CO3	0,442
Viga 31 - 2UI UPN 120 /0/1 L : 3.750 m	CO3	0,435
Viga 8 - IPN 240 L : 5.000 m	CO2	0,432
Viga 31 - 2UI UPN 120 /0/1 L : 3.750 m	CO3	0,427
Viga 31 - 2UI UPN 120 /0/1 L : 3.750 m	CO3	0,425
Viga 32 - 2UI UPN 140 /0/1 L : 3.750 m	CO4	0,422
Viga 8 - IPN 240 L : 5.000 m	CO3	0,412
Viga 8 - IPN 240 L : 5.000 m	CO3	0,412
Viga 8 - IPN 240 L : 5.000 m	CO3	0,410
Viga 10 - 2UI UPN 260 /0/1 L : 3.750 m	CO3	0,409
Viga 9 - IPN 360 L : 5.000 m	CO3	0,408
Viga 9 - IPN 360 L : 5.000 m	CO3	0,408
Viga 9 - IPN 360 L : 5.000 m	CO3	0,400
Viga 1 - IPN 180 L : 5.000 m	CO2	0,386
Viga 1 - IPN 180 L : 5.000 m	CO3	0,376
Viga 9 - IPN 360 L : 5.000 m	CO3	0,375

Viga 31 - 2UI UPN 120 /0/1 L : 3.750 m	CO4	0,374
Viga 1 - IPN 180 L : 5.000 m	CO3	0,372
Viga 31 - 2UI UPN 120 /0/1 L : 3.750 m	CO3	0,371
Viga 31 - 2UI UPN 120 /0/1 L : 3.750 m	CO3	0,371
Viga 8 - IPN 240 L : 2.500 m	CO3	0,369
Viga 8 - IPN 240 L : 2.500 m	CO3	0,368
Viga 31 - 2UI UPN 120 /0/1 L : 3.750 m	CO4	0,365
Viga 1 - IPN 180 L : 5.000 m	CO3	0,361
Viga 9 - IPN 360 L : 5.000 m	CO2	0,360
Viga 20 - 2UI UPN 200 /0/1 L : 3.750 m	CO4	0,360
Viga 8 - IPN 240 L : 5.000 m	CO2	0,356
Viga 9 - IPN 360 L : 5.000 m	CO2	0,352
Viga 31 - 2UI UPN 120 /0/1 L : 3.750 m	CO4	0,350
Viga 9 - IPN 360 L : 5.000 m	CO2	0,350
Viga 8 - IPN 240 L : 5.000 m	CO3	0,343
Viga 8 - IPN 240 L : 5.000 m	CO3	0,340
Viga 9 - IPN 360 L : 5.000 m	CO2	0,337
Viga 8 - IPN 240 L : 5.000 m	CO3	0,336
Viga 9 - IPN 360 L : 5.000 m	CO3	0,335
Viga 9 - IPN 360 L : 5.000 m	CO3	0,331
Viga 8 - IPN 240 L : 2.500 m	CO3	0,329
Viga 9 - IPN 360 L : 5.000 m	CO3	0,326
Viga 9 - IPN 360 L : 5.000 m	CO3	0,324
Viga 9 - IPN 360 L : 5.000 m	CO3	0,318
Viga 31 - 2UI UPN 120 /0/1 L : 3.750 m	CO4	0,316
Viga 10 - 2UI UPN 260 /0/1 L : 3.750 m	CO3	0,309
Viga 8 - IPN 240 L : 5.000 m	CO3	0,307
Viga 8 - IPN 240 L : 5.000 m	CO3	0,306
Viga 9 - IPN 360 L : 5.000 m	CO3	0,302
Viga 8 - IPN 240 L : 5.000 m	CO3	0,301
Viga 8 - IPN 240 L : 5.000 m	CO2	0,298
Viga 31 - 2UI UPN 120 /0/1 L : 3.750 m	CO3	0,297
Viga 9 - IPN 360 L : 5.000 m	CO2	0,293
Viga 7 - IPN 200 L : 2.500 m	CO3	0,283
Viga 9 - IPN 360 L : 5.000 m	CO3	0,280
Viga 31 - 2UI UPN 120 /0/1 L : 3.750 m	CO3	0,279
Viga 10 - 2UI UPN 260 /0/1 L : 3.750 m	CO4	0,269
Viga 8 - IPN 240 L : 5.000 m	CO3	0,266
Viga 9 - IPN 360 L : 5.000 m	CO3	0,264
Viga 8 - IPN 240 L : 5.000 m	CO3	0,264
Viga 10 - 2UI UPN 260 /0/1 L : 3.750 m	CO4	0,263
Viga 9 - IPN 360 L : 5.000 m	CO2	0,256
Viga 9 - IPN 360 L : 5.000 m	CO2	0,255
Viga 9 - IPN 360 L : 5.000 m	CO2	0,254
Viga 8 - IPN 240 L : 5.000 m	CO3	0,253
Viga 17 - IPN 200 L : 2.500 m	CO3	0,252

Viga 8 - IPN 240 L : 5.000 m	CO2	0,248
Viga 10 - 2UI UPN 260 /0/1 L : 3.750 m	CO3	0,244
Viga 7 - IPN 200 L : 2.500 m	CO3	0,227
Viga 9 - IPN 360 L : 5.000 m	CO3	0,227
Viga 18 - IPN 240 L : 5.000 m	CO3	0,225
Viga 7 - IPN 200 L : 5.000 m	CO2	0,224
Viga 9 - IPN 360 L : 5.000 m	CO2	0,223
Viga 7 - IPN 200 L : 5.000 m	CO2	0,223
Viga 7 - IPN 200 L : 5.000 m	CO3	0,223
Viga 18 - IPN 240 L : 5.000 m	CO3	0,221
Viga 18 - IPN 240 L : 2.500 m	CO3	0,221
Viga 7 - IPN 200 L : 5.000 m	CO2	0,218
Viga 9 - IPN 360 L : 5.000 m	CO2	0,218
Viga 22 - IPN 200 L : 2.500 m	CO3	0,213
Viga 18 - IPN 240 L : 5.000 m	CO3	0,204
Viga 18 - IPN 240 L : 2.500 m	CO3	0,201
Viga 24 - IPN 360 L : 5.000 m	CO3	0,190
Viga 18 - IPN 240 L : 5.000 m	CO3	0,189
Viga 17 - IPN 200 L : 5.000 m	CO3	0,188
Viga 24 - IPN 360 L : 5.000 m	CO3	0,187
Viga 18 - IPN 240 L : 5.000 m	CO3	0,186
Viga 9 - IPN 360 L : 5.000 m	CO2	0,184
Viga 17 - IPN 200 L : 5.000 m	CO2	0,183
Viga 18 - IPN 240 L : 5.000 m	CO2	0,182
Viga 7 - IPN 200 L : 5.000 m	CO2	0,181
Viga 7 - IPN 200 L : 5.000 m	CO2	0,178
Viga 24 - IPN 360 L : 5.000 m	CO2	0,177
Viga 24 - IPN 360 L : 5.000 m	CO2	0,177
Viga 7 - IPN 200 L : 5.000 m	CO3	0,176
Viga 24 - IPN 360 L : 5.000 m	CO3	0,176
Viga 17 - IPN 200 L : 5.000 m	CO2	0,173
Viga 24 - IPN 360 L : 5.000 m	CO2	0,173
Viga 18 - IPN 240 L : 5.000 m	CO2	0,172
Viga 24 - IPN 360 L : 5.000 m	CO2	0,172
Viga 24 - IPN 360 L : 5.000 m	CO3	0,171
Viga 17 - IPN 200 L : 5.000 m	CO3	0,170
Viga 23 - IPN 240 L : 5.000 m	CO3	0,169
Viga 7 - IPN 200 L : 5.000 m	CO2	0,168
Viga 24 - IPN 360 L : 5.000 m	CO3	0,167
Viga 22 - IPN 200 L : 5.000 m	CO3	0,167
Viga 24 - IPN 360 L : 5.000 m	CO5	0,166
Viga 23 - IPN 240 L : 5.000 m	CO3	0,161
Viga 22 - IPN 200 L : 5.000 m	CO2	0,160
Viga 24 - IPN 360 L : 5.000 m	CO5	0,160
Viga 24 - IPN 360 L : 5.000 m	CO2	0,150
Viga 18 - IPN 240 L : 5.000 m	CO3	0,150



Viga 24 - IPN 360 L : 5.000 m	CO3	0,150
Viga 22 - IPN 200 L : 5.000 m	CO2	0,148
Viga 24 - IPN 360 L : 5.000 m	CO2	0,144
Viga 24 - IPN 360 L : 5.000 m	CO2	0,143
Viga 24 - IPN 360 L : 5.000 m	CO2	0,143
Viga 22 - IPN 200 L : 5.000 m	CO2	0,141
Viga 23 - IPN 240 L : 5.000 m	CO2	0,139
Viga 29 - IPN 320 L : 5.000 m	CO5	0,136
Viga 29 - IPN 320 L : 5.000 m	CO4	0,136
Viga 30 - IPN 360 L : 5.000 m	CO5	0,135
Viga 23 - IPN 240 L : 5.000 m	CO3	0,134
Viga 29 - IPN 320 L : 5.000 m	CO4	0,134
Viga 30 - IPN 360 L : 5.000 m	CO4	0,134
Viga 29 - IPN 320 L : 5.000 m	CO4	0,133
Viga 28 - IPN 240 L : 5.000 m	CO3	0,132
Viga 23 - IPN 240 L : 5.000 m	CO2	0,131
Viga 28 - IPN 240 L : 5.000 m	CO3	0,130
Viga 29 - IPN 320 L : 5.000 m	CO4	0,130
Viga 30 - IPN 360 L : 5.000 m	CO4	0,129
Viga 30 - IPN 360 L : 5.000 m	CO4	0,129
Viga 23 - IPN 240 L : 5.000 m	CO3	0,129
Viga 28 - IPN 240 L : 5.000 m	CO2	0,126
Viga 24 - IPN 360 L : 5.000 m	CO4	0,125
Viga 29 - IPN 320 L : 5.000 m	CO5	0,125
Viga 30 - IPN 360 L : 5.000 m	CO3	0,124
Viga 28 - IPN 240 L : 5.000 m	CO3	0,123
Viga 29 - IPN 320 L : 5.000 m	CO4	0,123
Viga 30 - IPN 360 L : 5.000 m	CO3	0,122
Viga 28 - IPN 240 L : 5.000 m	CO3	0,122
Viga 24 - IPN 360 L : 5.000 m	CO4	0,122
Viga 24 - IPN 360 L : 5.000 m	CO2	0,119
Viga 24 - IPN 360 L : 5.000 m	CO3	0,119
Viga 28 - IPN 240 L : 5.000 m	CO9	0,116
Viga 23 - IPN 240 L : 5.000 m	CO2	0,115
Viga 23 - IPN 240 L : 2.500 m	CO3	0,111
Viga 30 - IPN 360 L : 5.000 m	CO5	0,104
Viga 28 - IPN 240 L : 5.000 m	CO2	0,103
Viga 24 - IPN 360 L : 5.000 m	CO2	0,102
Viga 28 - IPN 240 L : 5.000 m	CO5	0,102
Viga 28 - IPN 240 L : 5.000 m	CO5	0,101
Viga 28 - IPN 240 L : 5.000 m	CO5	0,100
Viga 30 - IPN 360 L : 5.000 m	CO1	0,099
Viga 28 - IPN 240 L : 5.000 m	CO4	0,098
Viga 23 - IPN 240 L : 2.500 m	CO3	0,098
Viga 28 - IPN 240 L : 2.500 m	CO3	0,097
Viga 27 - IPN 200 L : 5.000 m	CO2	0,096

Viga 28 - IPN 240 L : 5.000 m	CO4	0,095
Viga 28 - IPN 240 L : 5.000 m	CO4	0,094
Viga 29 - IPN 320 L : 5.000 m	CO5	0,094
Viga 28 - IPN 240 L : 5.000 m	CO4	0,094
Viga 28 - IPN 240 L : 5.000 m	CO4	0,094
Viga 30 - IPN 360 L : 5.000 m	CO3	0,094
Viga 29 - IPN 320 L : 5.000 m	CO5	0,090
Viga 24 - IPN 360 L : 5.000 m	CO3	0,090
Viga 30 - IPN 360 L : 5.000 m	CO3	0,090
Viga 28 - IPN 240 L : 5.000 m	CO4	0,090
Viga 24 - IPN 360 L : 5.000 m	CO3	0,088
Viga 27 - IPN 200 L : 5.000 m	CO2	0,086
Viga 23 - IPN 240 L : 5.000 m	CO4	0,086
Viga 29 - IPN 320 L : 5.000 m	CO4	0,081
Viga 29 - IPN 320 L : 5.000 m	CO4	0,081
Viga 24 - IPN 360 L : 5.000 m	CO3	0,081
Viga 28 - IPN 240 L : 2.500 m	CO3	0,076
Viga 27 - IPN 200 L : 5.000 m	CO4	0,075
Viga 27 - IPN 200 L : 5.000 m	CO5	0,074
Viga 27 - IPN 200 L : 5.000 m	CO5	0,073
Viga 27 - IPN 200 L : 5.000 m	CO4	0,071
Viga 27 - IPN 200 L : 2.500 m	CO3	0,069
Viga 27 - IPN 200 L : 5.000 m	CO4	0,069
Viga 27 - IPN 200 L : 5.000 m	CO2	0,067
Viga 30 - IPN 360 L : 5.000 m	CO5	0,060
Viga 30 - IPN 360 L : 5.000 m	CO4	0,058
Viga 29 - IPN 320 L : 5.000 m	CO4	0,055
Viga 28 - IPN 240 L : 2.500 m	CO5	0,044
Viga 27 - IPN 200 L : 2.500 m	CO4	0,031
Viga 28 - IPN 240 L : 2.500 m	CO4	0,027

