

Proyecto Erasmus+ 2022-1-NO01-KA220-HED-000087893

Este proyecto Erasmus+ ha sido financiado con el apoyo de la Comisión Europea. La Comisión Europea y las Agencias Nacionales Erasmus+ no se hacen responsables del uso que pueda hacerse de la información aquí difundida.

ESTUDIO DE CASO

ESTUDIO DE CASO UTCN Modelos BIM de la estructura de un edificio y de un tramo de carretera Realización de una evaluación de la sostenibilidad del ciclo de vida de distintos materiales y residuos

Parte 1

1-Objetivos

La presentación busca formas de mejorar el flujo de trabajo en ingeniería y hacer del Building Information Modelling (BIM) una realidad factible para todos. La tecnología BIM permite construir digitalmente uno o varios modelos precisos de edificios.

Esta sección ofrece soluciones para utilizar BIM para conceptualizar, planificar, detallar, crear y guiar la construcción de estructuras. En el proceso de diseño y coordinación de la ejecución de edificios se busca una colaboración real y efectiva entre arquitectos e ingenieros. En este sentido es necesario utilizar una plataforma o una herramienta de software que permita a cada miembro del equipo tener acceso a la información más reciente y, en base a parámetros de autorización, compartir comentarios y sugerencias y modificar el modelo. Es necesario que cada cambio sea rastreado para que cada miembro del equipo pueda entender la trayectoria del proyecto. BIM aumenta la productividad mediante una colaboración eficaz gracias al intercambio de información transparente y sin fisuras entre arquitectos e ingenieros.

2 - Descripción del estudio de caso

La presentación demostrará la aplicación de la tecnología BIM en el diseño estructural y el detallado. Los estudiantes tendrán la oportunidad de asistir a una sesión exhaustiva que abarcará paquetes de software como SCIA Engineer, Tekla Structures e Idea StatiCa.

<https://www.scia.net/en/scia-engineer>

<https://www.tekla.com/products/tekla-structures>

<https://www.ideastatica.com/ro/support-center-all/all?label=connection>

Los participantes se familiarizarán con las principales funciones y comandos de estos programas y comprenderán cómo facilitan el intercambio de modelos sin fisuras a través de potentes enlaces bidireccionales, IFC, SAF o plug-ins de terceros. La sesión

culminará con un estudio de caso detallado en el que se destacarán las capacidades BIM del software. Software requerido: SCIA Engineer, Tekla Structures e Idea StatiCa.

Al final de la presentación habrá un turno de preguntas y debate.

Los casos prácticos fueron elaborados por nuestros colegas Andreea Onea y Mihai Senila, y en la formación participaron estudiantes de licenciatura y máster.

Además, este estudio de caso servirá de guía a los estudiantes para preparar sus proyectos de licenciatura y tesina.

3 - Uso avanzado de BIM y LCA para evaluar la sostenibilidad de un edificio.

3.1 - BIM en ingeniería estructural: revolucionar el diseño de edificios

El modelado de información para la construcción (BIM) ha surgido como una fuerza transformadora en el campo de la ingeniería estructural, cambiando fundamentalmente la forma en que concebimos, diseñamos y construimos los edificios. Este sofisticado conjunto de herramientas digitales permite a los ingenieros crear modelos completos, precisos y colaborativos de las estructuras, lo que se traduce en una mayor eficiencia, rentabilidad y sostenibilidad a lo largo de todo el ciclo de vida del edificio.

El concepto de Building Information Modeling (BIM) existe desde los años setenta, con la introducción de los primeros sistemas de diseño asistido por ordenador (CAD). Sin embargo, no fue hasta la década de 1990 cuando empezó a tomar forma el concepto de BIM tal y como lo conocemos hoy en día. El desarrollo del BIM se ha visto influido por los avances en tecnología informática, modelado 3D y herramientas de colaboración. Con el paso de los años, el BIM ha pasado de ser una herramienta de modelado 3D a un proceso global que integra datos, información y flujos de trabajo a lo largo del ciclo de vida de un proyecto de construcción. A medida que el BIM fue ganando terreno, se desarrollaron normas y protocolos industriales para garantizar la interoperabilidad y la colaboración entre las distintas partes interesadas. La evolución del BIM también se ha visto impulsada por avances tecnológicos como la computación en la nube, los dispositivos móviles y la inteligencia artificial, que han facilitado la colaboración en tiempo real, la mejora de las capacidades de análisis de datos y una mayor accesibilidad a los modelos BIM.

BIM fomenta un enfoque multidisciplinar al integrar a la perfección los sistemas arquitectónicos, estructurales y MEP (mecánica, electricidad y fontanería) en un modelo unificado. Este entorno de colaboración permite a las partes interesadas trabajar juntas desde las primeras fases del diseño, lo que reduce los conflictos y las discrepancias y, en última instancia, da lugar a diseños de edificios más eficientes e innovadores.



Con BIM, los ingenieros pueden crear representaciones detalladas en 3D de las estructuras. Esta claridad visual permite analizar y evaluar mejor los elementos estructurales, lo que facilita la detección temprana de posibles problemas y permite realizar ajustes precisos antes de

construcción. Esto no sólo garantiza la seguridad y el cumplimiento de la normativa, sino que también da lugar a diseños más robustos y bien optimizados.

El BIM proporciona estimaciones exactas de cantidades y costes basadas en el modelo, lo que permite una presupuestación y planificación financiera más precisas. Además, facilita la ingeniería de valor al identificar oportunidades para optimizar materiales y métodos de construcción, lo que se traduce en un ahorro potencial de costes sin comprometer la integridad estructural.

Gracias al BIM, los ingenieros pueden generar planes detallados de secuencia y fases de construcción. Esto ayuda a agilizar el proceso de construcción, minimizando los retrasos y reduciendo los conflictos in situ. También permite una mejor coordinación entre los distintos oficios, garantizando un flujo de trabajo de construcción más fluido.

BIM es compatible con la integración de herramientas de análisis energético, lo que permite a los ingenieros evaluar el comportamiento medioambiental de un edificio y explorar oportunidades de mejora de la eficiencia energética. De este modo, los diseñadores pueden tomar decisiones con conocimiento de causa sobre materiales, sistemas y diseños, lo que se traduce en estructuras más sostenibles y respetuosas con el medio ambiente.

BIM extiende sus beneficios más allá de la construcción, proporcionando una valiosa herramienta para la gestión y el mantenimiento de instalaciones. El modelo sirve como gemelo digital completo del edificio físico, lo que permite a propietarios y operadores planificar y ejecutar eficazmente las actividades de mantenimiento, gestionar los activos y tomar decisiones informadas para la sostenibilidad a largo plazo de la estructura.

Principios básicos de BIM en ingeniería estructural:

Representación digital común: BIM crea una representación digital unificada de un edificio o estructura a lo largo de su ciclo de vida, que abarca no solo la geometría física, sino también los datos y la información pertinentes asociados a su diseño, construcción y funcionamiento.

Colaboración: BIM fomenta la colaboración mediante el intercambio y la integración de datos e información entre las distintas partes interesadas, lo que permite tomar decisiones eficientes y reducir errores o conflictos.

Modelado paramétrico: Este principio permite crear objetos inteligentes y dinámicos que pueden modificarse y actualizarse a lo largo del ciclo de vida del proyecto, garantizando su coherencia y precisión.

Interoperabilidad de datos: BIM hace hincapié en la importancia de intercambiar y compartir información entre distintas plataformas y sistemas de software, lo que permite integrar diferentes conjuntos de datos y fomentar una colaboración eficaz.

Gestión de la información: BIM hace hincapié en la importancia de los datos



estructurados, lo que permite a las partes interesadas extraer información valiosa y tomar decisiones fundamentadas basadas en información fiable y actualizada.

BIM en ingeniería estructural: Ventajas y aplicaciones BIM ofrece multitud de posibilidades y ventajas cuando se aplica a proyectos de ingeniería estructural:

Diseño integrado y colaboración: BIM integra a la perfección los sistemas arquitectónicos, estructurales y MEP en un modelo unificado, lo que permite a las partes interesadas trabajar juntas desde las primeras etapas de diseño, reduciendo los conflictos y dando lugar a diseños de edificios más eficientes e innovadores.

Visualización y análisis mejorados: BIM permite obtener representaciones detalladas en 3D de las estructuras, lo que posibilita un mejor análisis y evaluación de los elementos estructurales, facilita la detección temprana de posibles problemas y permite realizar ajustes precisos antes de la construcción.

Estimación de costes e ingeniería de valor: BIM proporciona estimaciones exactas de cantidades y costes basadas en el modelo, lo que permite una presupuestación y planificación financiera más precisas. Además, facilita la ingeniería de valor al identificar oportunidades para optimizar materiales y métodos de construcción.

Mejor planificación y secuenciación de la construcción: Gracias a BIM, los ingenieros pueden generar planes detallados de secuenciación y fases de construcción, lo que ayuda a agilizar el proceso de construcción y minimizar los retrasos.

Eficiencia energética y sostenibilidad: BIM admite la integración de herramientas de análisis energético, lo que permite a los ingenieros evaluar el rendimiento medioambiental de un edificio y explorar oportunidades de mejora de la eficiencia energética.

Gestión y mantenimiento de instalaciones: El BIM es una valiosa herramienta para la gestión y el mantenimiento de las instalaciones, ya que proporciona una imagen digital completa de la estructura física, lo que permite a los propietarios y operadores planificar y ejecutar eficazmente las actividades de mantenimiento, gestionar los activos y tomar decisiones informadas para la sostenibilidad a largo plazo de la estructura.

El modelado de información de construcción ha revolucionado la práctica de la ingeniería estructural, dotando a los profesionales de un potente conjunto de herramientas digitales para crear diseños de edificios más eficientes, sostenibles y rentables. A medida que el BIM sigue evolucionando, está a punto de desempeñar un papel aún más importante en la configuración del futuro de la construcción, marcando el comienzo de una era de innovación y eficiencia sin precedentes en la ingeniería estructural.

4 - Reglamentos y normas

[1] <https://www.scia.net/en/innovations/integrated-design-solution>

[2] <https://www.tekla.com/resources>

[3] <https://www.ideastatica.com/support-center>



- [4] <https://oneclicklca.com/#:~:text=Largest%20construction%20LCA%20database%20Utilizado%20en%20170+%20países>

- [5] 1. Petran I., Senila M. - "DESIGN OF PITCHED ROOF STEEL PORTAL FRAME ESTRUCTURA", Editura Mediamira, ISBN: 978-973-713-359-5, Cluj-Napoca, România, 2017.
- [6] EN 1991-1-1:2002. Eurocódigo 1: Acciones sobre las estructuras - Parte 1-1: Acciones generales - Densidades, peso propio, cargas impuestas para los edificios.
- [7] EN 1991-1-3:2003. Eurocódigo 1: Acciones sobre las estructuras - Parte 1-3: Acciones generales - Cargas de nieve y CR 1-1-3-2012: Código de diseño. Evaluación de la acción de la nieve sobre los edificios.
- [8] EN 1991-1-4:2005. Eurocódigo 1: Acciones sobre las estructuras - Parte 1-4. Acciones generales: Acciones generales - Acciones del viento y CR 1-1-4-2012: Código de diseño. Evaluación de la acción del viento sobre los edificios.
- [9] P100-1/2013: Código de diseño sísmico. Parte I: Disposiciones de diseño para edificios.
- [10] EN 1993-1-1:2005. Eurocódigo 3: Diseño de estructuras de acero - Parte 1-1: Reglas generales y reglas para edificios.

5 - Metodología de estudio de casos.

La metodología del estudio de caso se desarrolló utilizando una combinación de herramientas informáticas avanzadas adaptadas tanto al modelado de información para la construcción (BIM) como a la evaluación del ciclo de vida (LCA). Se utilizaron Tekla Structures, SCIA e IDEA StatiCa para modelar y analizar los elementos estructurales del proyecto, lo que permitió una integración BIM detallada. En cuanto al ACV, se utilizó el software One Click LCA para evaluar el impacto ambiental de los materiales y los procesos de construcción. Esta combinación de herramientas permitió una evaluación exhaustiva de la integridad estructural y la sostenibilidad del proyecto.

6 - Desarrollo del estudio de caso.

6.1 - De las herramientas a los modelos de construcción: programas de ingeniería estructural y BIM

6.2.1 - Ingeniero SCIA

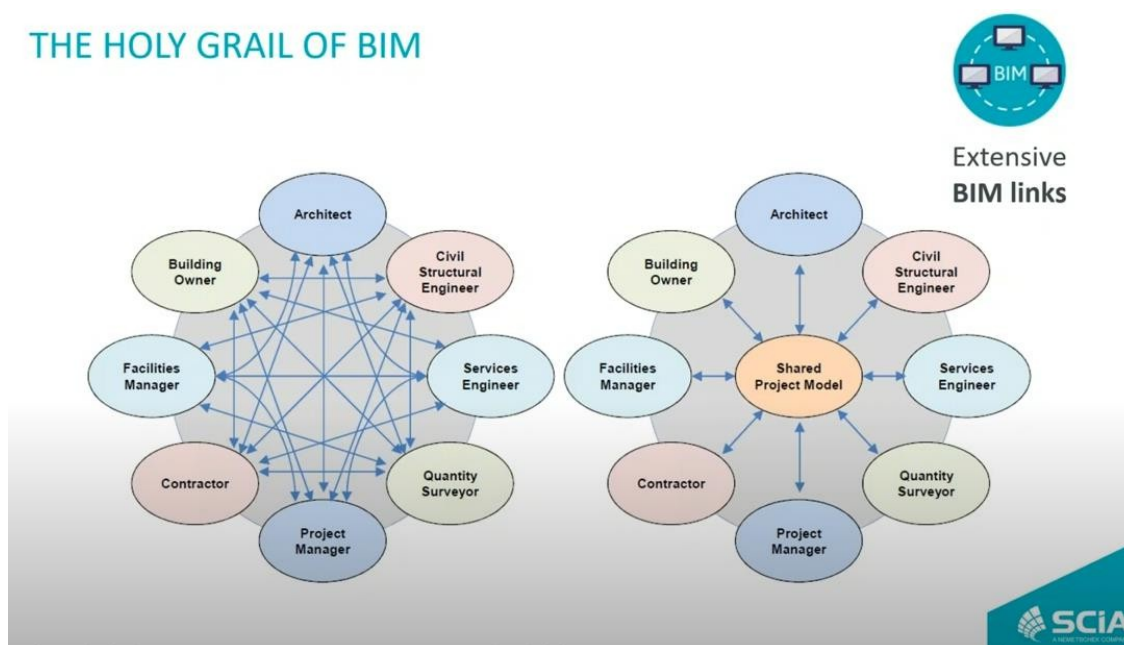
SCIA Engineer es un software integrado de análisis estructural multimaterial y una herramienta de diseño para todo tipo de estructuras. Su amplia gama de funcionalidades lo convierte en el socio ideal para el diseño de edificios de oficinas, plantas industriales, puentes o cualquier otro proyecto, todo dentro de un mismo entorno fácil de usar.



Scia Engineer ofrece una gama de soluciones BIM para mejorar los flujos de trabajo de ingeniería: lo más importante es comprender que la colaboración entre todas las disciplinas, incluidos arquitectos, modeladores, ingenieros estructurales, delineantes y otros, es el núcleo de la ingeniería.

ofrecer un entorno construido seguro y sostenible, que a su vez deje un legado positivo duradero.

THE HOLY GRAIL OF BIM



El objetivo es reducir el tiempo necesario para crear modelos de análisis y garantizar una representación coherente de la realidad entre los modelos estructurales y de análisis en cada fase del proyecto. Además, nuestro objetivo es facilitar una gestión fluida de los cambios entre disciplinas.

6.2.2 - Estructuras Tekla

El software Tekla es un software BIM estructural avanzado para la construcción.

Los ingenieros estructurales, diseñadores, detallistas, fabricantes, contratistas y gerentes de proyectos pueden ir más allá de los límites tradicionales en cada etapa de la construcción. Con Tekla Structures, pueden crear, combinar, gestionar y compartir información con notable eficiencia.

El software de Tekla ofrece todo lo necesario para mejorar la precisión del BIM, utilizar los datos y reducir las costosas sorpresas. Mejorará la rentabilidad con el más alto nivel de desarrollo (LOD) y reducirá la incertidumbre de los documentos de construcción descoordinados.

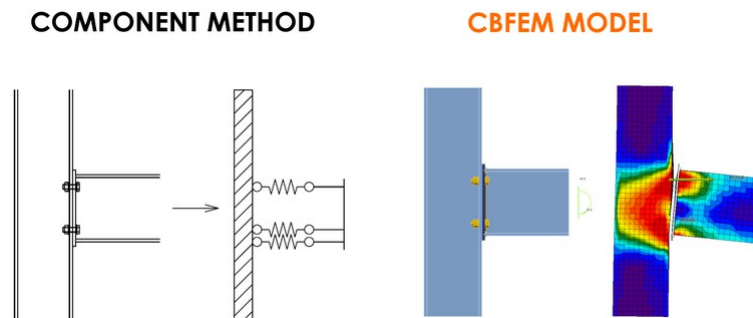
Es fácil importar, exportar y vincular los datos del modelo con otras partes del proyecto, software, herramientas de construcción digital y maquinaria para agilizar los flujos de trabajo.

6.2.3 - Conexiones de acero Idea StatiCa

Idea StatiCa es un software patentado diseñado para el análisis y el diseño estructural de conexiones de acero. Destaca en el manejo de varios tipos de conexiones, incluidas las soldadas.

y uniones atornilladas, placas, zapatas y anclajes. Además, permite evaluar los efectos del pandeo en los componentes de acero.

El método de elementos finitos basado en componentes (CBFEM) es el que se basa, combina eficazmente todas las ecuaciones y condiciones del código con elementos finitos, superando los límites topológicos y de carga de los métodos antiguos.

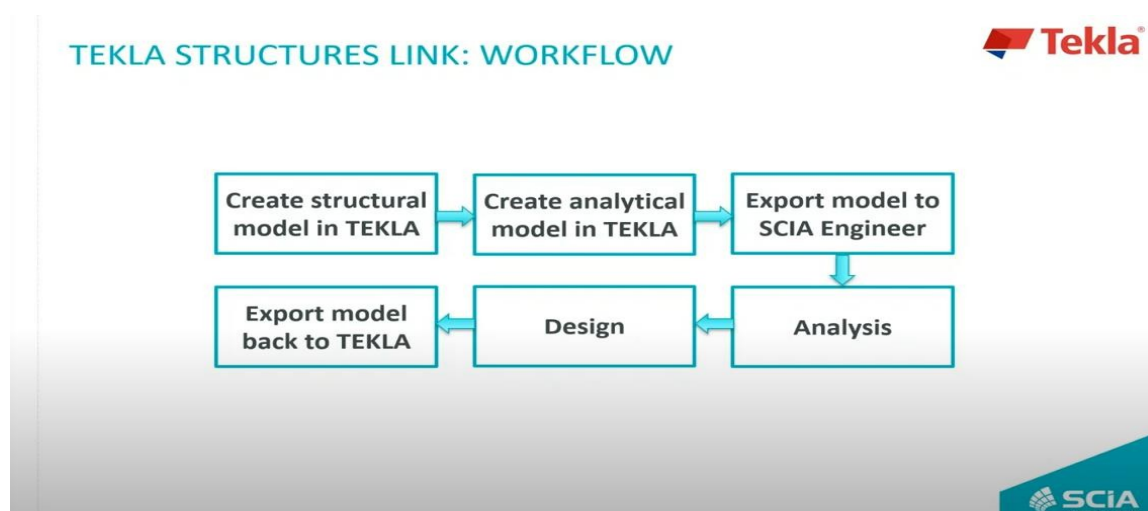


6.2.4 - Interoperabilidad entre SCIA Engineer, Tekla Structures e Idea StatiCa

6.2.4.1 - Integración de SCIA Engineer con Tekla Structures

Tanto SCIA como Tekla forman parte de la iniciativa OpenBIM de la alianza buildingSMART y promueven IFC como formato preferible para el intercambio de datos de modelos estructurales 3D. Además, SCIA Engineer ofrece un enlace bidireccional que facilita el intercambio de modelos de acero.

INGENIERO DE TEKLA A SCIA:



SCIA Engineer ofrece un flujo de trabajo sin fisuras para modelar, analizar y optimizar estructuras y componentes de acero. Permite una fácil integración con Tekla, posibilitando una documentación y detallado final eficientes. El software es compatible



tanto con Open BIM (basado en

IFC) y BIM cerrado (enlaces propietarios). Un ejemplo de ello es el enlace Tekla Structures, que facilita la transferencia fluida de modelos entre Tekla y SCIA Engineer.

Este enlace bidireccional es compatible con las dos últimas versiones de los principales lanzamientos para ambas plataformas, lo que permite actualizaciones simultáneas desde ambos lados. Los usuarios pueden elegir entre la transferencia directa para colaborar en tiempo real o la exportación de archivos para compartirlos con sus colegas. El enlace también ofrece la flexibilidad de transferir todo el modelo o partes específicas, como componentes de acero u hormigón. El progreso puede supervisarse a través de una ventana de diálogo, y puede generarse y guardarse un informe completo de la transferencia.

Además, los usuarios pueden personalizar las normas nacionales para materiales y secciones transversales en SCIA Engineer, conservando la configuración elegida durante el proceso de transferencia. El enlace permite la asignación de materiales y secciones transversales entre proyectos en ambas aplicaciones. También admite perfiles de acero paramétricos, garantizando una representación precisa. Las tablas de asignación creadas son específicas del proyecto y se almacenan para su uso futuro.

Las capacidades de enlace actuales incluyen la transferencia de elementos 1D y 2D, restricciones/soportes, bisagras, enlaces rígidos, así como la exportación e importación de detalles de armadura para vigas y pilares entre SCIA Engineer y Tekla. Esta integración agiliza significativamente el flujo de trabajo de los ingenieros y diseñadores de estructuras.

INGENIERO DE SCIA A TEKLA

El enlace entre SCIA Engineer y Tekla Structures se basa en la API de Tekla Structures, permitiendo la exportación de varios elementos estructurales. Esto incluye la geometría de vigas y pilares rectos (nodos de inicio y fin), materiales a través de una base de datos de mapeado, y secciones transversales utilizando mapeado o perfiles geométricos (excluyendo perfiles gemelos). Además, se admite la excentricidad (e_y , e_z), las líneas del sistema de barras, las secciones transversales soldadas y las bisagras.

Para iniciar el proceso de exportación, los usuarios pueden acceder a la función a través de la ruta Archivo > Exportar

> Archivo Tekla. Este sencillo procedimiento garantiza una transferencia fluida de datos estructurales entre SCIA Engineer y Tekla Structures, mejorando los esfuerzos de colaboración en proyectos de diseño estructural e ingeniería.

6.2.4.2 - Integración de SCIA Engineer con Idea StatiCa

El enlace entre SCIA Engineer e Idea StatiCa permite el diseño y las comprobaciones de código de conexiones de acero, así como comprobaciones de elementos de acero completos dentro de las aplicaciones de Idea StatiCa. SCIA Engineer 21.1 introduce una versión mejorada de este enlace, ofreciendo una funcionalidad ampliada.

Este enlace actualizado utiliza el formato de código abierto SAF para el intercambio de modelos analíticos, lo que simplifica la transferencia de datos. Para iniciar el proceso, los usuarios sólo tienen que ejecutar el programa Idea StatiCa

en SCIA Engineer 21.1. Una aplicación de gestión facilita la conexión entre los dos programas, permitiendo a los usuarios crear un proyecto.

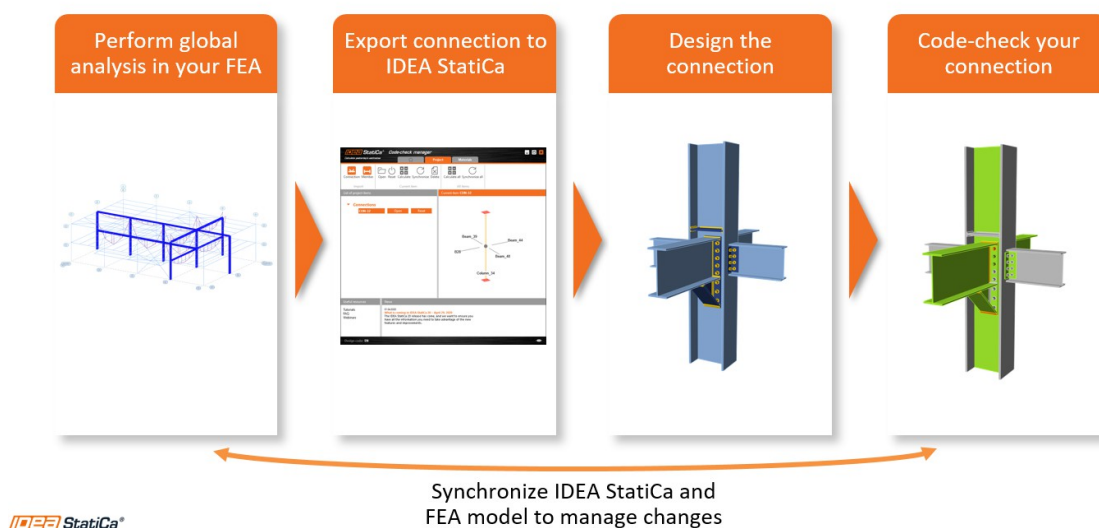
Una vez establecido el proyecto, los usuarios pueden definir conexiones y miembros para Idea StatiCa seleccionando las entidades deseadas en SCIA Engineer y utilizando las funciones respectivas en la aplicación de gestión. SCIA Engineer e Idea StatiCa funcionan simultáneamente. Las cargas que deben considerarse en Idea StatiCa también pueden especificarse en la aplicación de gestión, preparando el modelo para el diseño y las comprobaciones de código.

En caso de cualquier alteración del modelo en SCIA Engineer, los usuarios pueden actualizar fácilmente la conexión o el miembro a través de la función Sincronizar de la aplicación de gestión. El proyecto Idea StatiCa se almacena junto al archivo .ESA del proyecto SCIA Engineer, garantizando su funcionamiento conectado mientras se mantengan juntos en una misma carpeta. Esta integración simplifica el proceso de diseño y comprobación de códigos para estructuras de acero.

6.2.4.3 - Idea StatiCa SCIA Engineer integración con SCIA Engineer y Tekla Structures

Idea StatiCa se integra con SCIA Engineer, permitiéndole exportar y comprobar fácilmente cualquier conexión de acero desde SCIA Engineer. Esto incluye vigas, secciones transversales y esfuerzos internos, que no sólo se exportan sino que también permanecen sincronizados incluso si hay cambios en el modelo de SCIA Engineer.

STRUCTURAL ENGINEER - FEA



Idea StatiCa se integra con Tekla Structures, lo que le permite exportar y comprobar fácilmente cualquier conexión de acero de Tekla Structures. Esto incluye vigas, secciones transversales y esfuerzos internos, que no sólo se exportan sino que también permanecen sincronizados incluso si hay cambios en el modelo de Tekla Structures.

STRUCTURAL ENGINEER - CAD

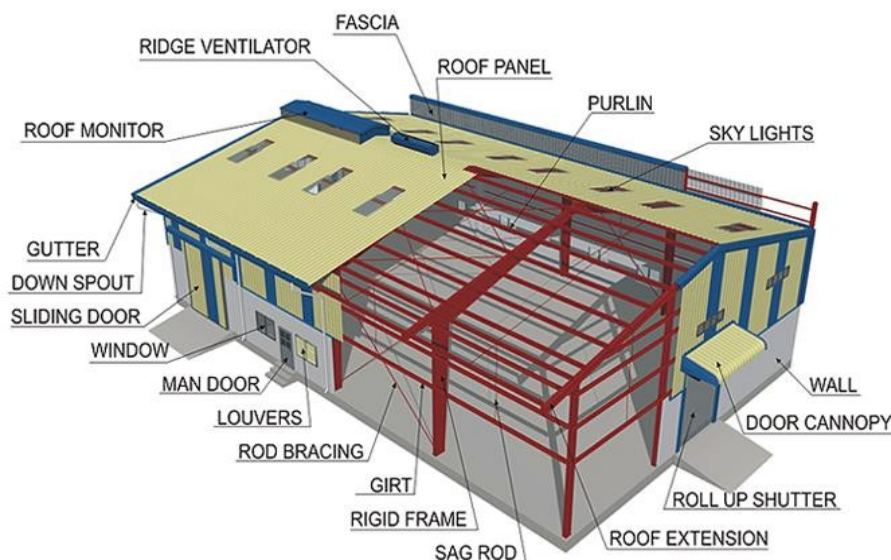


Si dispone de los modelos correspondientes de la estructura en FEA y CAD, puede combinarlos en Idea StatiCa. Esta eficaz asociación entre SCIA Engineer, Tekla Structures e Idea StatiCa optimiza su proceso de diseño de acero, ahorrando en última instancia tiempo y dinero.

6.3 - De la teoría a la práctica: estructuras de pórticos de acero para cubiertas inclinadas

6.3.1 - Generales

El objetivo de este estudio de caso es presentar los principios de diseño de estructuras de pórticos de acero con cubierta inclinada fabricadas a partir de perfiles I y H laminados en caliente con revestimiento de acero de calibre ligero. Por lo general, ésta es la forma de construcción más económica para los edificios con pórticos de acero.



Estos edificios se utilizan en una amplia gama de sectores, como actividades industriales, almacenes, salas de exposiciones, agricultura, instalaciones escolares y pabellones deportivos, entre otros. Las hay de varios tamaños, desde unos pocos cientos de metros cuadrados hasta grandes estructuras de varios miles de metros cuadrados.

En general, los edificios de una sola planta utilizan estructuras de armazón de acero y diversos tipos de sistemas de revestimiento, proporcionando grandes espacios abiertos, eficientes, fáciles de mantener y adaptables a futuros cambios.

El desarrollo de una solución de diseño para un edificio de una sola planta, como un gran recinto o una instalación industrial, depende más de la actividad que se realice y de las necesidades futuras del espacio que otros tipos de edificios, como los comerciales y residenciales. Aunque estos tipos de edificios son principalmente funcionales, suelen diseñarse con una fuerte implicación arquitectónica dictada por los requisitos urbanísticos y la "marca" del cliente.

En la fase de diseño conceptual de edificios industriales y grandes recintos deben tenerse en cuenta los siguientes requisitos generales de diseño, en función de la forma y el uso del edificio:

- Uso del espacio, por ejemplo, requisitos específicos para la manipulación de materiales o componentes en una instalación de producción;
- Flexibilidad del espacio en su uso actual y futuro;
- Velocidad de construcción;
- Rendimiento medioambiental, incluidos los requisitos de los servicios y el rendimiento térmico;
- Estética e impacto visual;
- Aislamiento acústico, sobre todo en instalaciones de producción;
- Acceso y seguridad;
- Consideraciones sobre sostenibilidad;
- Vida útil del diseño y requisitos de mantenimiento, incluidas las cuestiones relativas al final de la vida útil.

Un edificio de pórticos consta de una serie de pórticos transversales no arriostrados, arriostrados longitudinalmente, que transmiten las cargas a los cimientos. La estructura metálica principal consta de pilares y vigas, que forman los pórticos (incluidos los arriostramientos de las alas, los pernos de conexión y los pernos de anclaje) y los arriostramientos longitudinales y de cubierta, como se muestra en la figura 3. El pórtico final (hastial) puede ser un pórtico o una disposición arriostrada transversal y longitudinalmente. El marco final (marco del hastial) puede ser un marco de pórtico o una disposición arriostrada de pilares y cabrios. Por lo general, las bases de los pórticos se fijan con pasadores; sin embargo, determinadas circunstancias pueden aconsejar el uso de construcciones fijas. La estructura de acero secundaria que soporta el revestimiento consiste en rieles laterales para las paredes y correas para el tejado. En general, las correas y las vigas son perfiles Z galvanizados, fabricados

mediante perfilado en frío. La estructura de acero secundaria también desempeña un papel importante a la hora de sujetar los elementos de la estructura de acero primaria para evitar que se salgan del plano.

Cuando se considera el comportamiento estructural, la naturaleza esencial de un pórtico es que en el plano del pórtico, las uniones rígidas entre los miembros primarios en los aleros y

de la cubierta forman el sistema estructural que resiste las cargas en ese plano. Los elementos de la estructura del pórtico están orientados con sus almas en el plano de la estructura para beneficiarse de la resistencia y rigidez del eje mayor de los elementos y formar una estructura continua. Por lo tanto, la estabilidad estructural del pórtico en este plano debe considerarse como un todo. Perpendicularmente al plano del armazón, el arriostramiento longitudinal y la estructura de acero secundaria proporcionan puntos de restricción lateral que definen las longitudes en las que los elementos primarios pueden pandearse. Por lo tanto, la estabilidad fuera del plano de los elementos puede considerarse individualmente.

El revestimiento del techo y las paredes separa el espacio cerrado del entorno exterior y proporciona aislamiento térmico y acústico. El revestimiento transfiere las cargas a la estructura de acero secundaria y sujeta el ala de la correa o el raíl al que está fijado.

El estudio de caso muestra todos los pasos de diseño para el diseño elástico de pórticos y algunos detalles específicos.

Para poder ajustarse al tiempo estimado para la presentación, la estructura propuesta para el estudio de caso se simplificó a nivel de plano (2D).

6.3.2 - Base del

diseño **DISEÑO DE**

ESTADOS LÍMITE

El cálculo de los estados límite se basará en el uso de modelos estructurales y de carga para los estados límite pertinentes. Se verificará que no se supera ningún estado límite cuando se utilicen en estos modelos los valores de cálculo pertinentes para las acciones, las propiedades de los materiales y los datos geométricos. Las verificaciones se llevarán a cabo para todas las situaciones de cálculo y casos de carga pertinentes. Los requisitos relativos a los estados límite deberán alcanzarse utilizando el método del factor parcial.

Un estado límite se define formalmente mediante la descripción de una condición para la cual un miembro estructural concreto o una estructura completa deja de realizar la función que se espera de él. Desde el punto de vista de un diseñador de estructuras, se consideran cuatro tipos de estados límite para las estructuras de acero:

- estado límite último (ULS);
- estado límite de servicio (SLS);
- estado límite de fatiga (FLS);
- estado límite accidental (ELA).

De acuerdo con la norma SR EN 1990, se distinguirá entre estados límite últimos y estados límite de servicio. Se adoptarán factores parciales adecuados para los estados límite últimos y los estados límite de servicio.

El ULS representa típicamente el colapso de la estructura debido a la pérdida de rigidez y resistencia estructural. Dicha pérdida de capacidad puede estar relacionada con:

- fuerza;
- estabilidad contra el vuelco y el balanceo;
- fractura por fatiga;
- fractura frágil.

Cuando se alcanza un estado límite último, toda la estructura o parte de ella se derrumba.

El SLS representa convencionalmente estados de fallo para operaciones normales debido al deterioro de la funcionalidad. Las consideraciones de SLS en el diseño pueden abordar:

- desviación;
- vibración (por ejemplo, oscilación inducida por el viento);
- daños reparables debidos a la fatiga;
- corrosión y durabilidad.

Los estados límite de servicio, cuando se alcanzan, hacen que la estructura o parte de ella no sea apta para un uso normal, pero no indican que se haya producido un colapso.

Deben tenerse en cuenta todos los estados límite pertinentes, pero normalmente será conveniente realizar el cálculo en función de la resistencia y la estabilidad con la carga límite y, a continuación, comprobar que la deformación no es excesiva con la carga de servicio.

Una estructura debe diseñarse para resistir todas las cargas que se espera que actúen sobre ella durante su vida útil. Así pues, el diseño de una estructura requiere un equilibrio entre la fiabilidad necesaria y una economía razonable.

A la hora de diseñar una estructura de pórticos de acero, el diseñador tiene que enfrentarse a varios problemas relacionados con los criterios de diseño del ULS. El diseño manual puede ser útil para el dimensionamiento inicial de los elementos, pero se reconoce fácilmente que el uso de software es un enfoque más realista para un diseño eficiente que proporcione los medios para lograr la mayor eficiencia estructural. Estos problemas específicos son:

- análisis global elástico, considerando los efectos de segundo orden;
- verificación de la resistencia de las secciones transversales;
- verificación de la resistencia al pandeo de los elementos;
- verificación de las conexiones;
- resistencia al fuego.

CARGAS

Las normas europeas aplicadas en Rumanía SR EN 1991: Acciones sobre estructuras proporciona información exhaustiva sobre todas las acciones que deben considerarse normalmente en el diseño de edificios y otras obras de ingeniería civil. Se compone de

cuatro partes principales, la primera dividida en subpartes que cubren las densidades, el peso propio y las cargas impuestas, las acciones debidas al fuego, la nieve, el viento, los terremotos, las acciones térmicas, las cargas durante la ejecución y las acciones accidentales:

- SR EN 1991-1-1:2002. Eurocódigo 1: Acciones sobre las estructuras - Parte 1-1: Acciones generales - Densidades, peso propio, cargas impuestas para los edificios;
- SR EN 1991-1-2:2002. Eurocódigo 1: Acciones sobre estructuras - Parte 1-2. Acciones generales: Acciones generales - Acciones sobre estructuras expuestas al fuego;
- SR EN 1991-1-3:2003. Eurocódigo 1: Acciones sobre las estructuras - Parte 1-3: Acciones generales - Cargas de nieve y CR 1-1-3-2012: Código de diseño. Evaluación de la acción de la nieve sobre los edificios;
- SR EN 1991-1-4:2005. Eurocódigo 1: Acciones sobre las estructuras - Parte 1-4. Acciones generales: Acciones generales - Acciones del viento y CR 1-1-4-2012: Código de diseño. Evaluación de la acción del viento sobre los edificios;
- SR EN 1991-1-5:2003. Eurocódigo 1: Acciones sobre las estructuras - Parte 1-5: Acciones generales - Acciones térmicas;
- SR EN 1991-1-6:2005. Eurocódigo 1: Acciones sobre las estructuras - Parte 1-6: Acciones generales. Acciones durante la ejecución;
- SR EN 1991-1-7:2006. Eurocódigo 1: Acciones sobre las estructuras - Parte 1-7: Acciones generales - Acciones accidentales.
- P100-1/2013: Código de diseño sísmico. Parte I: Disposiciones de diseño para edificios.

Las acciones y combinaciones de acciones descritas en esta sección deben tenerse en cuenta en el diseño de un edificio industrial de una sola planta con estructura de acero. Las cargas impuestas, de nieve y de viento se indican en las normas SR EN 1991-1-1, 1991-1-3 y 1991-1-4. La tabla 1 muestra las acciones y componentes estructurales relevantes.

Acción	Aplicado a
Peso propio	Revestimiento, correas, raíles, marcos, cimientos
Nieve	Revestimiento, correas, marcos, cimientos
Viento	Revestimiento, correas, rieles, marcos, cimientos, fijaciones
Acciones térmicas	Envolvente, estructura global
Cargas de servicio	Tejados, correas, marcos
Cargas de grúa	Vigas de grúa, bastidor
Cargas sísmicas	En todo el mundo estructura, armazones, arriostramiento sistema, anclaje pernos, fundación
Efectos de segundo orden	Arriostramientos de muros, columnas

Acciones permanentes

Las acciones permanentes son el peso propio de la estructura (normalmente considerado automático por el programa informático), la estructura de acero secundaria y el revestimiento. Siempre que sea posible, los pesos unitarios de los materiales deben obtenerse de los datos del fabricante. Cuando no se disponga de información, podrán determinarse a partir de los datos de la norma SR EN 1991-1-1.

Acciones variables

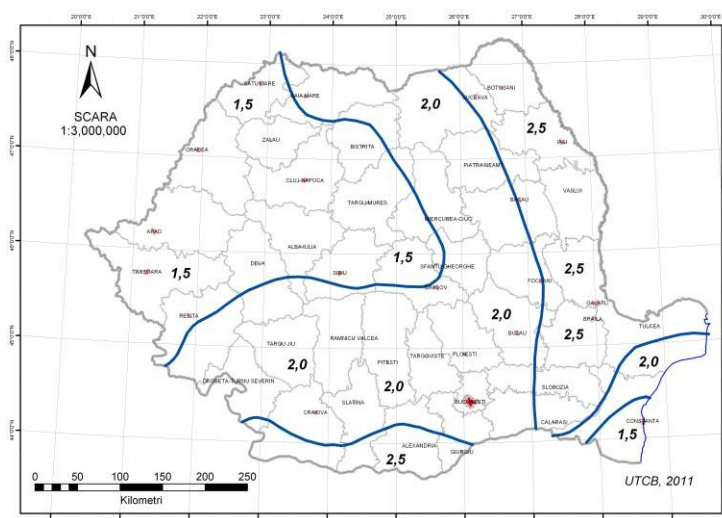
Cargas impuestas sobre el tejado. La carga para cubiertas no accesibles excepto para mantenimiento y reparación normales con una pendiente de cubierta superior a 1:20 es $q_k = 0,5 \text{ kN/m}^2$, mientras que para las más pequeñas $q_k = 0,75 \text{ kN/m}^2$. Cabe señalar que, de acuerdo con la cláusula 3.3.2(1) de la RE

EN 1991-1-1, no se exige combinar las cargas impuestas sobre las cubiertas con las cargas de nieve o las acciones del viento.

Cargas de nieve

Las cargas de nieve en Rumanía deben determinarse de acuerdo con CR 1-1-3-2012: Código de diseño. Evaluación de la acción de la nieve sobre los edificios [ref] y SR EN 1991-1-3:2003, Eurocódigo 1: Acciones sobre estructuras - Parte 1-3: Acciones generales - Cargas de nieve y su Anexo Nacional.

La carga de nieve característica sobre el suelo, s_k , depende de la ubicación del emplazamiento y de la altitud. La figura presenta el mapa de Rumanía y los valores característicos para altitudes $A \leq 1000$ m.



Acciones eólicas.

Las acciones del viento se presentan en CR 1-1-4-2012 (Código de diseño. Evaluación de la acción del viento sobre los edificios) y SR EN 1991-1-4, incluido su anexo nacional.

La carga del viento, como acción variable única, rara vez determina el tamaño de los elementos en pórticos de un solo vano, pero la combinación de la carga del viento y de la nieve es a menudo crítica. Las fuerzas de levantamiento del viento sobre el cerramiento pueden ser relativamente altas en las esquinas del edificio y en los aleros y cumbres. En estas zonas, puede ser necesario reducir la separación entre correas y largueros.

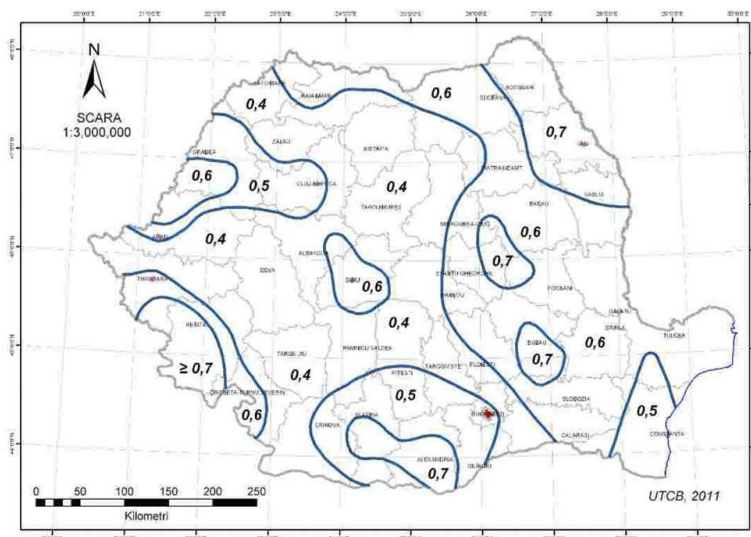
El procedimiento de cálculo de las acciones del viento incluye las siguientes etapas (1) cálculo de la presión de pico de velocidad; (2) determinación de los coeficientes de presión externa; (3) determinación de los coeficientes de presión interna; (4) cálculo del factor estructural;

(5) cálculo de la presión del viento sobre las superficies y de las fuerzas del viento.

Las presiones del viento se calculan como el producto de la presión de la velocidad

punta, el factor estructural y los coeficientes de presión. Los coeficientes de presión externa e interna se indican en la CR 1-1-4-2012 o en el anexo nacional de la SR EN 1991-1-4. Los, coeficientes se dan para elementos con áreas cargadas de hasta 1 m² y áreas cargadas de más de 10

m2, con interpolación logarítmica para las superficies comprendidas entre ambos. El anexo nacional lo simplifica, permitiendo el uso de los coeficientes para 10 m2, conocidos como c_{pe} , para cualquier superficie cargada superior a 1 m2.

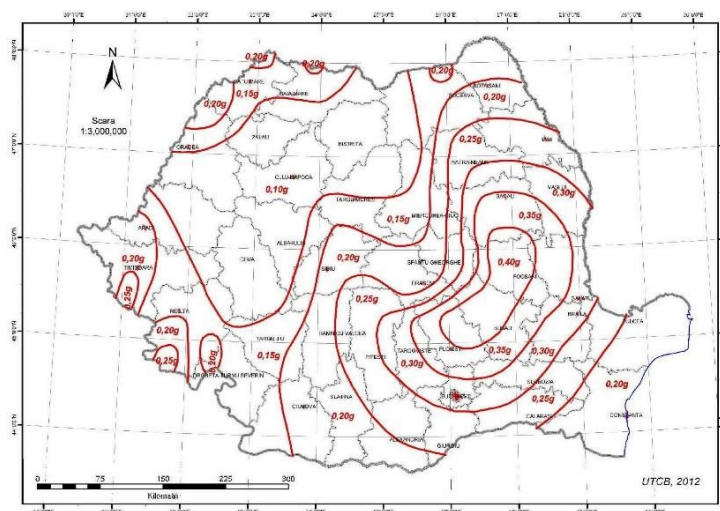


Acción sísmica

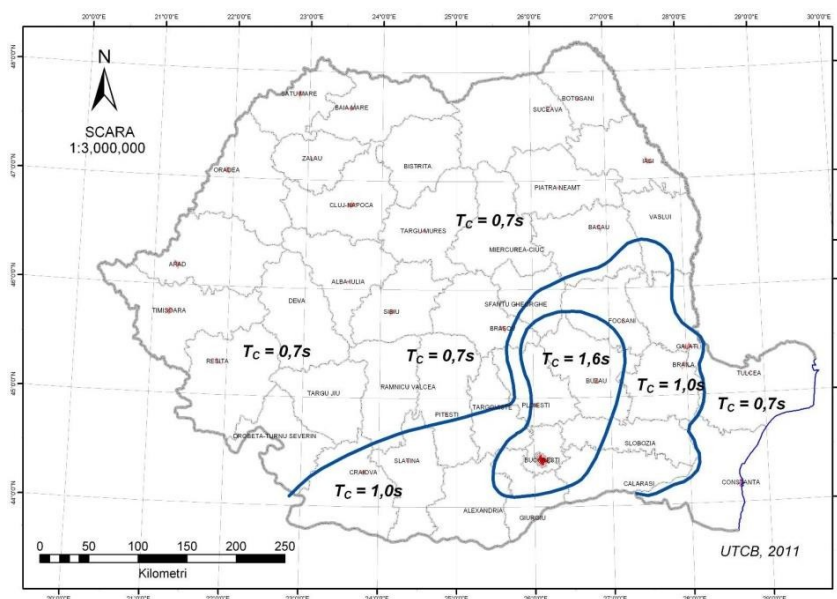
En caso de acción sísmica, el diseño de los edificios debe hacerse de acuerdo con P100- 1/2013 "Código para el diseño de edificios sismorresistentes. Disposiciones de diseño para edificios" [ref], el territorio rumano se divide en zonas de riesgo sísmico.

El nivel de peligrosidad sísmica en cada zona se considera, de forma simplificada, constante. La peligrosidad sísmica de diseño se describe mediante el valor de la aceleración horizontal máxima del terreno a_g , determinada para la recurrencia media (RM) correspondiente al estado límite último, valor que en lo sucesivo se denominará "la aceleración del terreno de diseño".

La aceleración del suelo de diseño, para cada zona de riesgo sísmico, corresponde a un intervalo medio de recurrencia de referencia de 225 años. La zonificación de la aceleración del suelo de diseño en Rumanía, para los eventos sísmicos que tienen el intervalo medio de recurrencia (de la magnitud) MRI = 225 años, se indica en la Figura y se utiliza para el diseño de edificios en el estado límite último.



Teniendo en cuenta tanto las condiciones sísmicas como las del suelo existentes en Rumanía, para los terremotos que tienen MRI = 225 años, la zonificación de diseño del territorio rumano en términos de período de control (período de esquina) T_C del espectro de respuesta, obtenida sobre la base de los datos instrumentales existentes para los componentes horizontales del movimiento sísmico, se presenta en la Figura.



Imperfecciones

Deben considerarse las fuerzas horizontales equivalentes debidas a imperfecciones geométricas y estructurales. De acuerdo con la norma SR EN 1993-1-1 [ref] para pórticos sensibles al pandeo en un modo de balanceo, el efecto de las imperfecciones debe tenerse en cuenta en el análisis del pórtico mediante una imperfección equivalente en forma de (1) deflexiones iniciales de balanceo; y/o (2) imperfecciones individuales del arco de los miembros.

6.3.3 - Estudio de caso: PÓRTICO DE ACERO

En los últimos años, el Modelado de Información para la Edificación (BIM) ha influido profundamente en el sector de la arquitectura, la ingeniería y la construcción, convirtiéndose en una tecnología de la información y la comunicación líder en este campo. Una de las principales ventajas del BIM radica en su capacidad para establecer una única fuente de información para todas las partes implicadas en el proceso de construcción. En lugar de depender de múltiples conjuntos de planos y documentos, todos pueden acceder al mismo modelo digital y utilizarlo para tomar decisiones con conocimiento de causa.

Para nuestra actividad de aprendizaje y para una mejor comprensión del concepto BIM, intentaremos aplicarlo a nivel local simulando un escenario en la oficina de un ingeniero estructural. Se trata del intercambio fluido de información entre Scia Engineer, un software de análisis estructural y herramienta de diseño para una amplia gama de estructuras, Tekla Structures, empleado para construir un modelo 3D completo de un pórtico de acero, e Idea StatiCa, que proporciona evaluaciones precisas, incluidos resultados de resistencia, rigidez y análisis de pandeo de uniones de acero.

El objetivo es realizar el cálculo estructural de una nave industrial. El sistema constructivo consiste en pórticos de acero interconectados longitudinalmente con vigas metálicas y arriostrados tanto en el plano de muros como en el de cubierta. Los cerramientos perimetrales se construirán con paneles verticales de aislamiento térmico de 10 cm. La cimentación se compone de zapatas aisladas elásticas con bloques de hormigón armado, mientras que la superestructura consiste en pórticos metálicos planos con una abertura de 22,00 m, previstos en el vano de 5,0 m.

Se supone que los participantes están familiarizados con las funciones básicas de los programas y han completado los tutoriales para principiantes disponibles en las páginas web de los productores.

6.3.3.1 - INGENIERO SCIA

Para simplificar las cosas, realizaremos un análisis estructural 2D básico de un pórtico central. Los pórticos, al ser estructuras principalmente planas, pueden representarse adecuadamente mediante análisis 2D. Este enfoque hace que el proceso sea más manejable. A continuación se describen los pasos fundamentales.

Los pórticos son estructuras rígidas bidimensionales caracterizadas por una unión fija entre el pilar y la viga. El principal objetivo de esta forma de diseño es reducir el momento flector en la viga, lo que permite al pórtico actuar como una sola unidad estructural.

La teoría elástica es la base predominante para analizar estructuras generales. Bajo la aplicación de una carga, estas estructuras mantienen su elasticidad, lo que garantiza que las trayectorias de carga permanezcan constantes independientemente de la

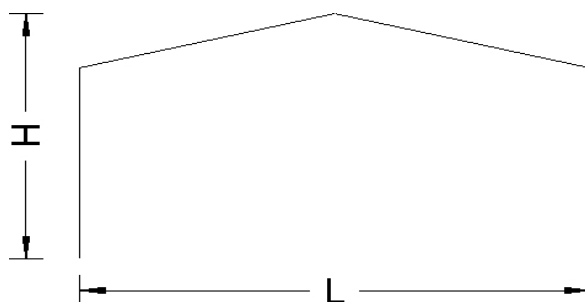
magnitud de la carga, y que las deformaciones sean directamente proporcionales a la carga.

En este modelo, los elementos de viga se representan mediante líneas, que denotan los ejes de los miembros. Es fundamental que estas líneas pasen por el centroide de las secciones transversales de

las vigas y los pilares. Por consiguiente, la longitud efectiva de la luz del pórtico viene determinada por la distancia entre los ejes centrales de los pilares.

En muchos pórticos, para aumentar la resistencia del dintel en los aleros se incorporan cartelas, que son secciones cónicas del dintel. La inclusión de cartelas no sólo aumenta la rigidez global del pórtico, sino que también puede reducir los desplazamientos.

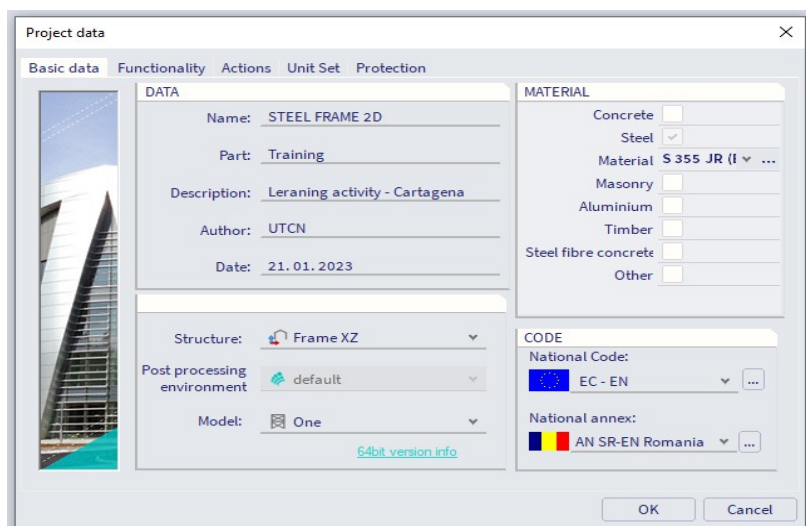
Se han considerado las siguientes dimensiones para el diseño estructural del pórtico:



- Envergadura: $L = 22$ m
- Altura: $H = 7,4$ m
- Bay: $B = 5$ m
- Inclinación del tejado: 6
- Columna: HEA 300
- Viga: IPE 400

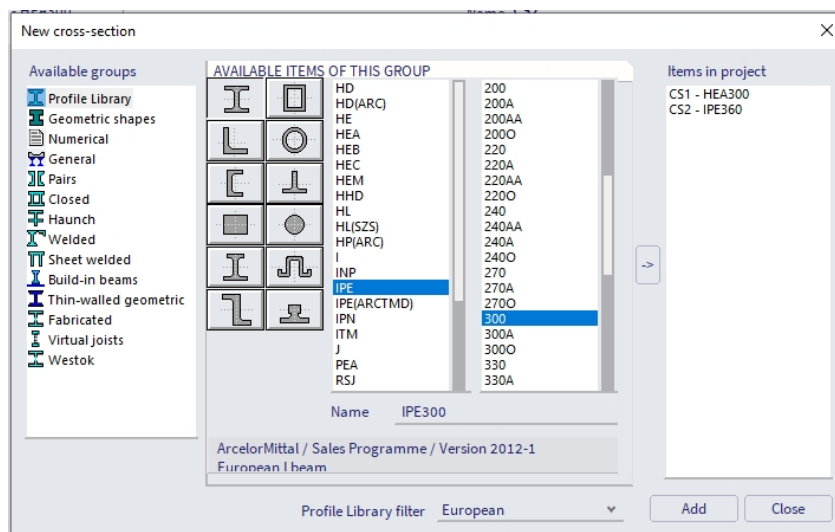
Paso 1. Iniciar un nuevo proyecto:

Tras abrir el programa en los ajustes del proyecto, definirás datos generales como el nombre, el tipo de estructura, seleccionarás el material y especificarás el código nacional y el anexo.

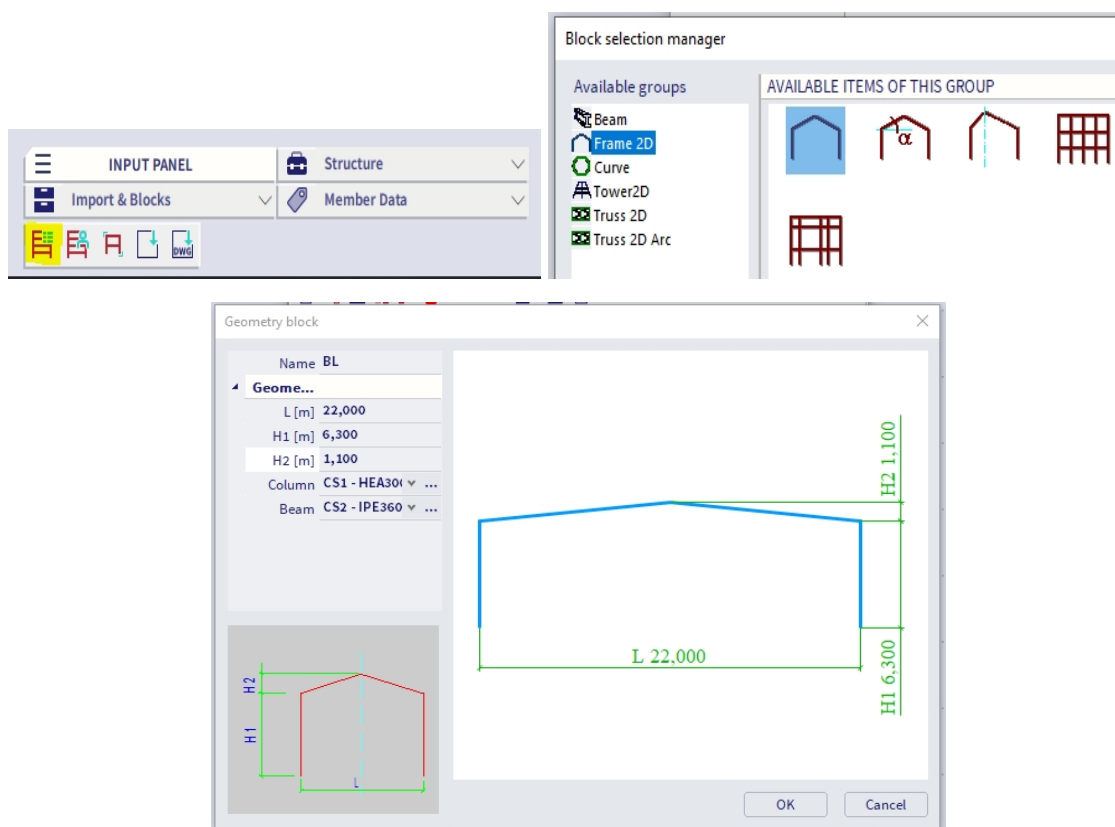


Paso 2. Introducción de la geometría

S.2.1. Secciones transversales: Al introducir uno o más miembros 1D, se asigna inmediatamente una sección transversal a cada miembro. Por defecto, se representa la sección activa. Puede abrir la biblioteca de perfiles para activar otra sección transversal.



S.2.2. Geometría: Puede utilizar pilares y vigas individuales para introducir la estructura, pero SCIA Engineer ofrece también bloques de catálogos múltiples, que permiten una introducción suave y sencilla de la estructura.

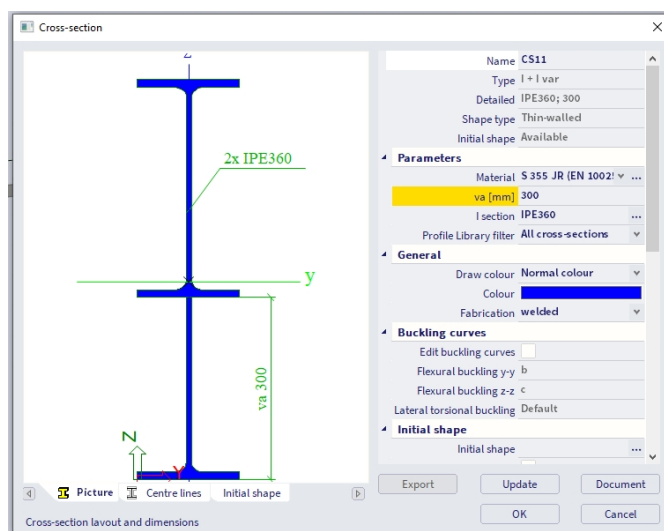


S.2.3. Datos adicionales: La estructura está completamente configurada. Ahora, podemos terminar la entrada de geometría añadiendo las condiciones finales, introducir las cartelas, las bisagras y los apoyos.

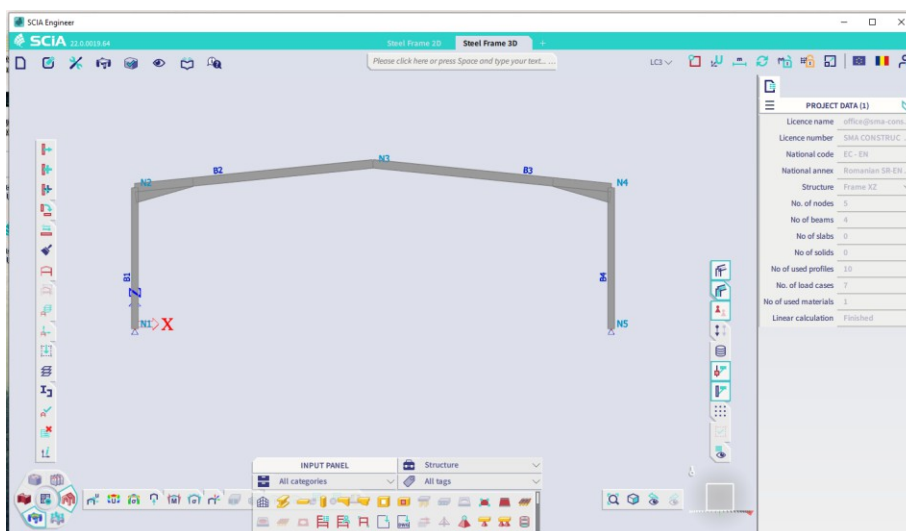
S.2.3.1. Cartelas: En este proyecto SCIA Engineer, cada elemento se modela como prismático con una sección transversal constante, a menos que se especifique una cartela. En el diseño de las vigas de cubierta se han incorporado cartelas. Estas cartelas

se caracterizan por

dos parámetros clave: una sección transversal de altura variable y una longitud determinada, en la que la altura puede variar hasta 0 unidades. La sección transversal seleccionada combina elementos tanto de una sección I como de una sección variable, denotada como I + I var.



S.2.3.2. Bisagras: En SCIA Engineer, cada nodo donde se conectan dos o más barras se considera fijo, hasta que se introduce una bisagra y se liberan algunas traslaciones y/o rotaciones. La entrada de geometría puede completarse con apoyos. Las bases de los pilares se modelan con bisagras articuladas que permiten la rotación sin transmitir momentos.



Paso 3. Comprobar la estructura

Una vez introducida la geometría, la estructura se comprueba para detectar nodos duplicados, vigas cero, barras duplicadas, referencias erróneas de bisagras o apoyos.

Etapa 4. Casos de carga y grupos de carga

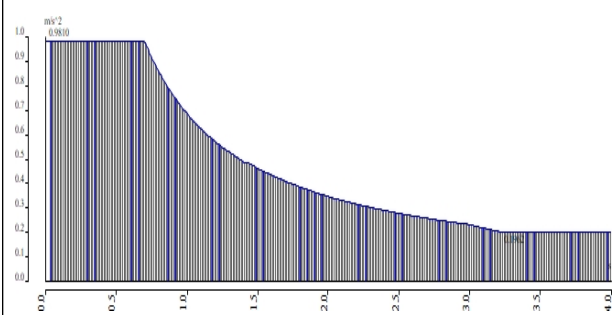
Cada carga se atribuye a un caso de carga con propiedades determinantes para la generación automática de combinaciones. El tipo de acción de un caso de carga puede ser permanente o variable.

Cada caso de carga está asociado a un grupo de carga. El grupo de carga contiene información sobre la categoría de la carga (carga de servicio, viento, nieve) y su apariencia (por defecto, conjunta, exclusiva). En un grupo de carga exclusivo, los diferentes casos de carga atribuidos a este grupo de carga no pueden actuar juntos en una única combinación cuando se utilizan combinaciones de envolventes o combinaciones de códigos.

Casos de carga:

GRUPO	NOMBRE
Grupo muerto	LC1-Autopeso
	LC2-Permanente: 0,8kN/m
Grupo de nieve	LC3-Nieve: 1,2 kN/m
Grupo eólico	LC4-Viento
Grupo sísmico	LC5-Seísmo

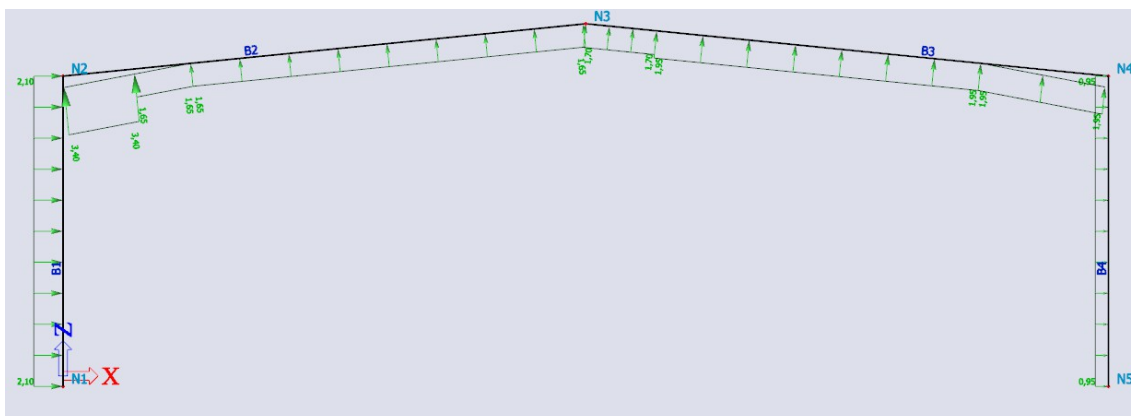
Espectro sísmico:

INFO	DIBUJO
Código de tipo - Norma rumana Tipo de espectro -Horizontal Ciudad - Cluj-Napoca Gamma - factor de importancia - 1 coeff acel. ag - 0.1 ag-aceleración nominal - 0,981 TB - 0,14 / TC - 0,7 / TD - 3 beta0 - 2,5 q factor de comportamiento - 2,5	

Grupos de masas:

NOMBRE	CASO DE CARGA	DESCRIPCIÓN
MG1	LC1 - Peso propio	Masa de peso propio
MG2	LC2 - Muerto	Masa muerta
MG3	LC3 - Nieve	Masa de nieve

Carga de viento: Aunque Scia Engineer ofrece una función de viento 3D integrada, para nuestro análisis estructural 2D derivamos las fuerzas del viento y las aplicamos como fuerzas lineales sobre los elementos respectivos.



Combinaciones: Se crean dos combinaciones automáticas de códigos, una para el Estado Límite Último y otra para el Estado de Servicio Último.

Paso 5. Análisis lineal:

Una vez que el modelo de cálculo esté totalmente preparado, proceda a iniciar el proceso de cálculo. Asegúrese de que todas las entidades están correctamente interconectadas y de que la configuración de la malla está activada. Tras el análisis, una ventana de notificación confirmará la finalización del cálculo, proporcionando los valores máximos de deformación y rotación para el caso de carga normativo.

Etapa 6. Resultados

S.6.1. Reacciones

Cálculo lineal, Extremo: Selección global:

Todos

Clase Clase ULS

APOYO	CASO	Rx[kN]	Rz[kN]	My[kNm]
Sn2/N1	ULS-Set B(auto)/1	81.64	177.98	0.00
Sn2/N1	Conjunto ULS B(auto)/2	-7	22.14	0.00
Sn1/N5	ULS-Set B(auto)/1	-81.64	177.98	0.00

S.6.2. Fuerzas internas sobre el miembro

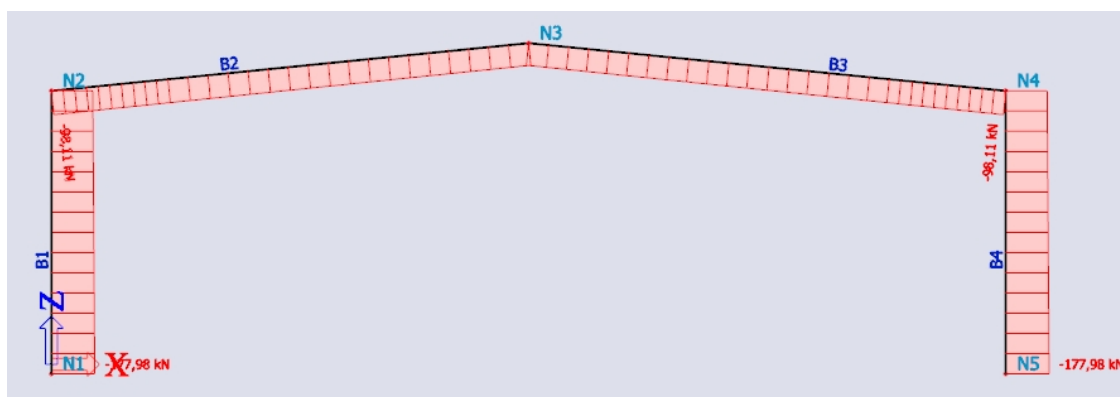
Cálculo lineal, Extremo: Selección global:

Todos

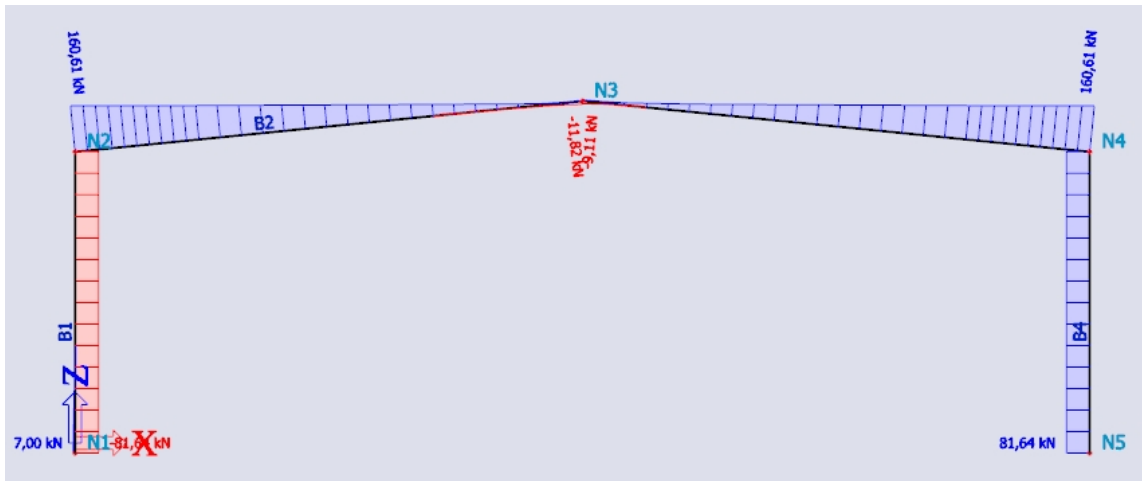
Clase Clase ULS

MIEMBROS	CASO	N [kN]	Vz [kN]	Mi [kNm]
B1	ULS-Set B (auto)/1	-15,91	-13,54	-21,32
B1	ULS-Set B (auto)/2	-177,98	-81,64	0
B1	ULS-Set B (auto)/1	-22,14	7	0
B1	ULS-Set B (auto)/2	-169,57	-81,64	-532,28
B1	ULS-Set B (auto)/1	-19,92	-0,34	7,76
B2	ULS-Set B (auto)/1	-9,85	-6,37	39,55
B2	ULS-Set B (auto)/3	-80,51	-11,82	262,98
B2	ULS-Set B (auto)/2	-98,11	160,61	-516,01
B2	ULS-Set B (auto)/2	-91,37	-2,03	302,86
B3	ULS-Set B (auto)/1	-10,92	4,29	39,55
B3	ULS-Set B (auto)/2	-91,08	-9,11	300,28
B3	ULS-Set B (auto)/2	-98,11	160,61	-516,01
B3	ULS-Set B (auto)/2	-91,37	-2,03	302,86
B4	ULS-Set B (auto)/1	-26,17	13,58	118,86
B4	ULS-Set B (auto)/2	-177,98	81,64	0
B4	ULS-Set B (auto)/2	-169,57	81,64	532,28

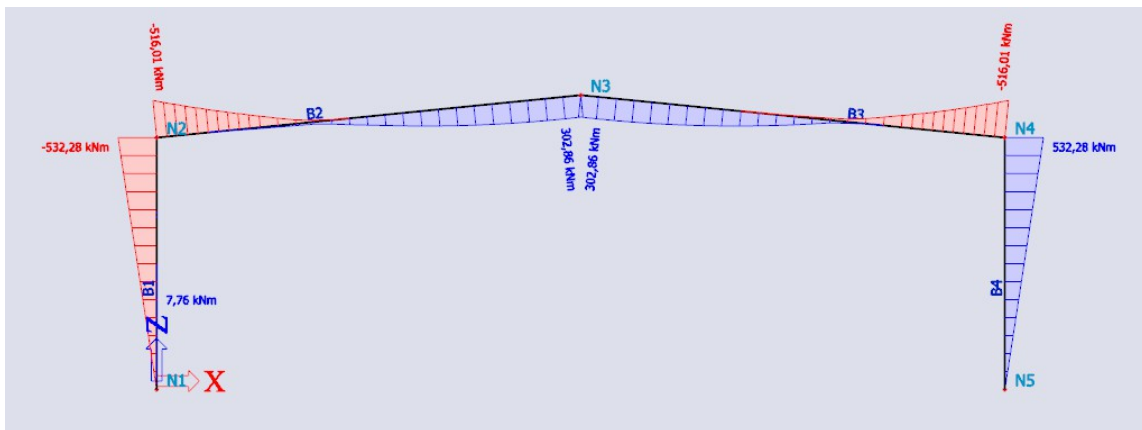
Fuerza axial N:



Fuerzas de cizallamiento Vz:



Momento mío:

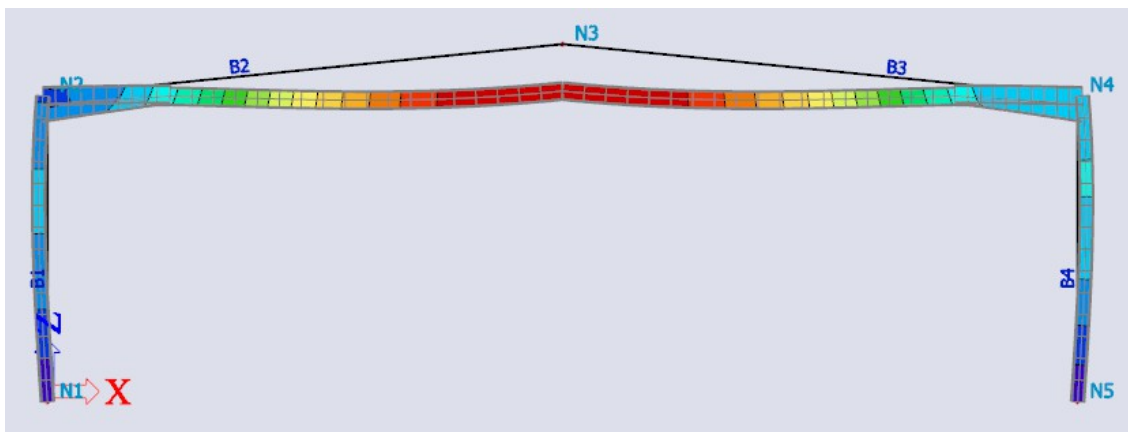


S.6.3. Deformaciones 3D

Cálculo lineal, Extremo: Selección global:

Todos

Clase: Clase SLS



Paso 7. Comprobación del código

Los módulos de acero incluyen una serie de herramientas para realizar cálculos de acero de acuerdo con el código de diseño elegido. Las posibilidades son las siguientes:

- introducción de datos de acero por elemento;
- introducción y manipulación de datos de pandeo;
- entrada de rigidizadores, coacciones de pandeo lateral-torsional, chapas de acero, ...;
- realizar una comprobación de la unidad ULS;
- optimización de la sección transversal;
- realizando una comprobación de unidad SLS;
- realizar una comprobación de la resistencia al fuego;
- introducción, cálculo y creación de planos de conexiones;

Para obtener más información sobre cálculos avanzados de acero, como el análisis de 2º orden y las comprobaciones de resistencia al fuego, puede consultar la formación avanzada sobre acero que ofrece el fabricante del programa.

Después de realizar un análisis elástico en una estructura de una sola planta, es imprescindible verificar los elementos de la estructura, teniendo en cuenta tanto la resistencia de la sección transversal como la resistencia al pandeo de los elementos, lo que comúnmente se conoce como estabilidad de los elementos. El proceso de diseño de los elementos de acero debe seguir estrictamente las directrices descritas en las normas SR EN 1990 [ref] y SR EN 1993-1-1 [ref].

S.7.1 Parámetros de pandeo

Los pilares y las vigas de los pórticos están sometidos a fuerzas axiales y momentos de flexión combinados. En consecuencia, las verificaciones de los elementos incluyen la resistencia al pandeo por flexión dentro/fuera del plano, la resistencia al pandeo lateral-torsional y la resistencia del elemento bajo la combinación de fuerza axial y flexión. Los componentes secundarios (correas y rieles, riostras voladizas, vigas longitudinales) se utilizan para proporcionar coacciones intermedias, reducir la longitud de los segmentos y aumentar la resistencia al pandeo tanto por flexión como por torsión lateral.

Antes de realizar las comprobaciones del código de acero, es esencial asignar los parámetros de pandeo para el cabrio en relación con la posición de las correas.

S.7.2 Comprobación del código del acero

La comprobación de la unidad ULS (Estado Límite Último) incluye tanto una comprobación de la sección como de la estabilidad.

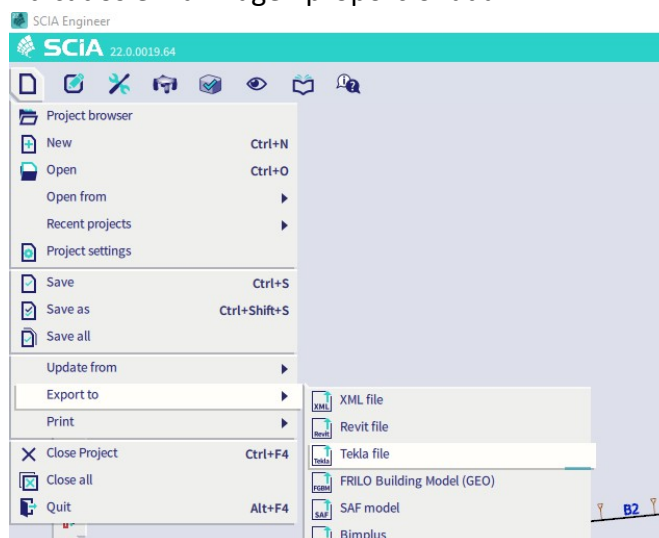
El informe detallado tras las comprobaciones del Estado Límite Último (ELU) reveló que la columna no satisface la comprobación de flexión combinada, fuerza axial y fuerza cortante de acuerdo con la norma EN 1993-1-1. SCIA Engineer permite una optimización sencilla y sin problemas de la sección de acero, tanto si no satisface como

si es demasiado "pesada" y está sobrediseñada. El programa sugiere automáticamente una sección transversal que satisfaga la comprobación de unidad; en nuestro caso, se recomendó una sección HEA320.

Tras realizar las comprobaciones de los Estados Límite Últimos (ELU) y de los Estados Límite de Servicio (ELS), que incluyen la comparación de las deformaciones relativas con los límites de deformación predefinidos en los ajustes de acero o mediante los ajustes de longitudes y pandeo del sistema, se eligió una viga IPE400 con una cartela de 365 mm de altura y 2,7 m de longitud.

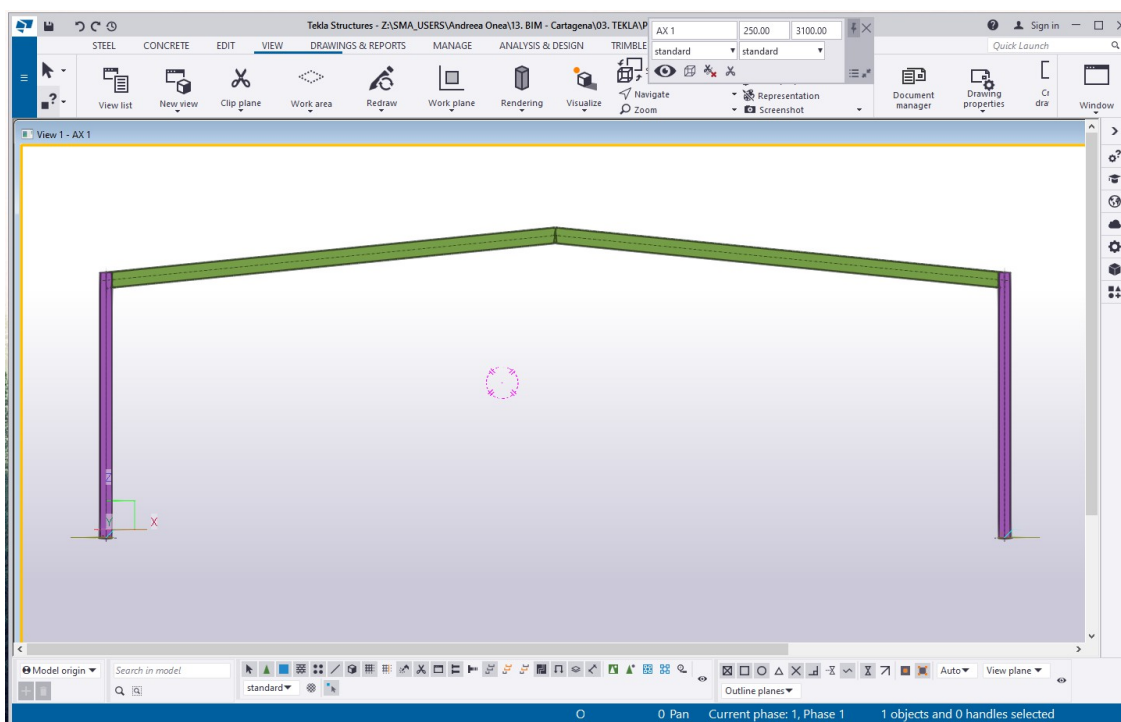
Paso 8. Exportar a Tekla

- Abra el archivo ESA en Scia Engineer.
- Siga los pasos indicados en la imagen proporcionada.



- Guarde el archivo en formato s2t (Scia to Tekla) para exportarlo.
- Importar el S2t en Tekla Structures

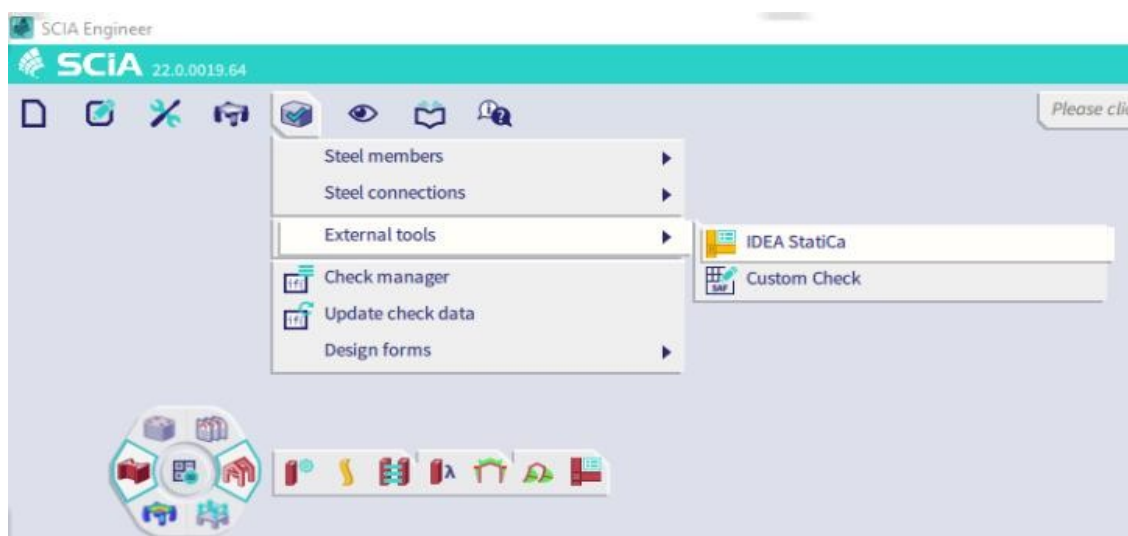
Al exportar archivos de Scia Engineer a Tekla Structures, no se reconocen las cartelas. En Tekla Structures, las cartelas se consideran componentes de las juntas.



Paso 9. Exportar a Idea Statica Exportar a Idea Statica

Para diseñar y comprobar el código de una conexión de acero estructural utilizando el enlace BIM entre SCIA Engineer e Idea StatiCa Connection, es necesario activar los enlaces BIM para el software instalado en el instalador de enlaces BIM.

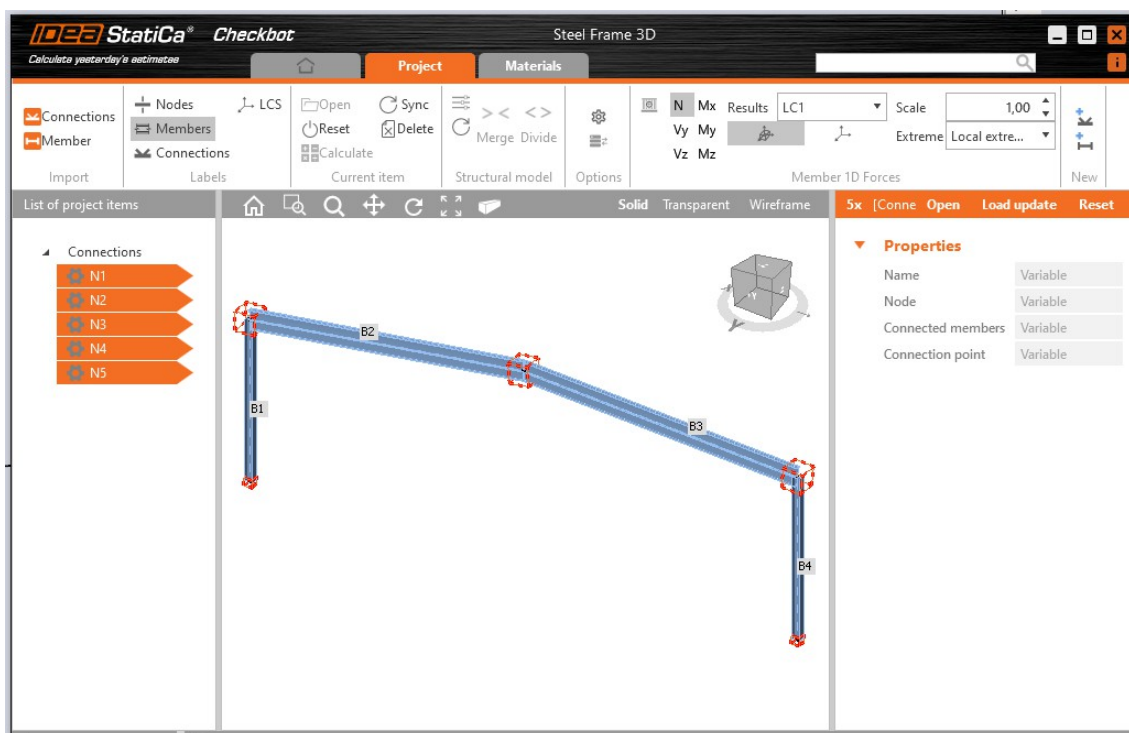
Una vez completado el análisis lineal y obtenidas las secciones transversales de los elementos junto con los esfuerzos internos que actúan sobre la estructura, siga estos pasos:



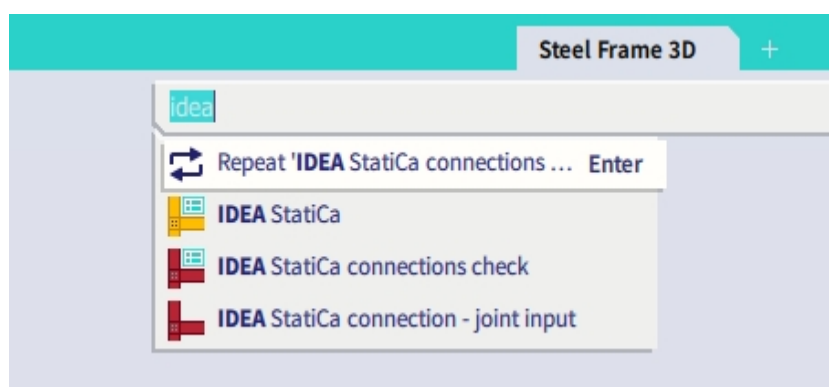
Esta opción iniciará la aplicación Checkbot. Seleccione la opción "Nuevo" con el tipo de proyecto "Acero" y el código de diseño "ES". A continuación, haga clic en "Crear proyecto". El nuevo proyecto Checkbot está ahora preparado para importar



conexiones desde SCIA Engineer.

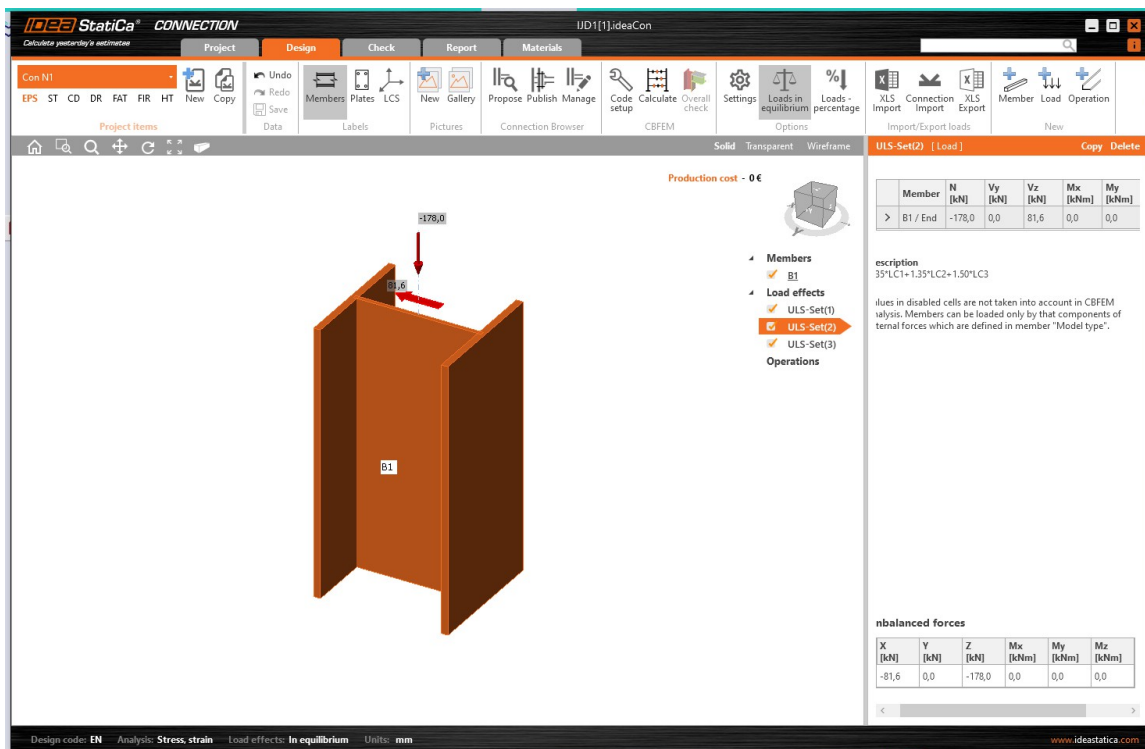


Para varias soluciones FEA/BIM, puede importar varias conexiones a Checkbot seleccionando varios nodos y miembros mediante los métodos de selección de la aplicación. Le recomendamos que no importe todas las conexiones a la vez, sino que las vaya creando poco a poco. Puede utilizar Idea StatiCa Connection - Joint Input para definir una conexión en Scia Engineer, que se exportará con la ayuda de Idea StatiCa Connections Check

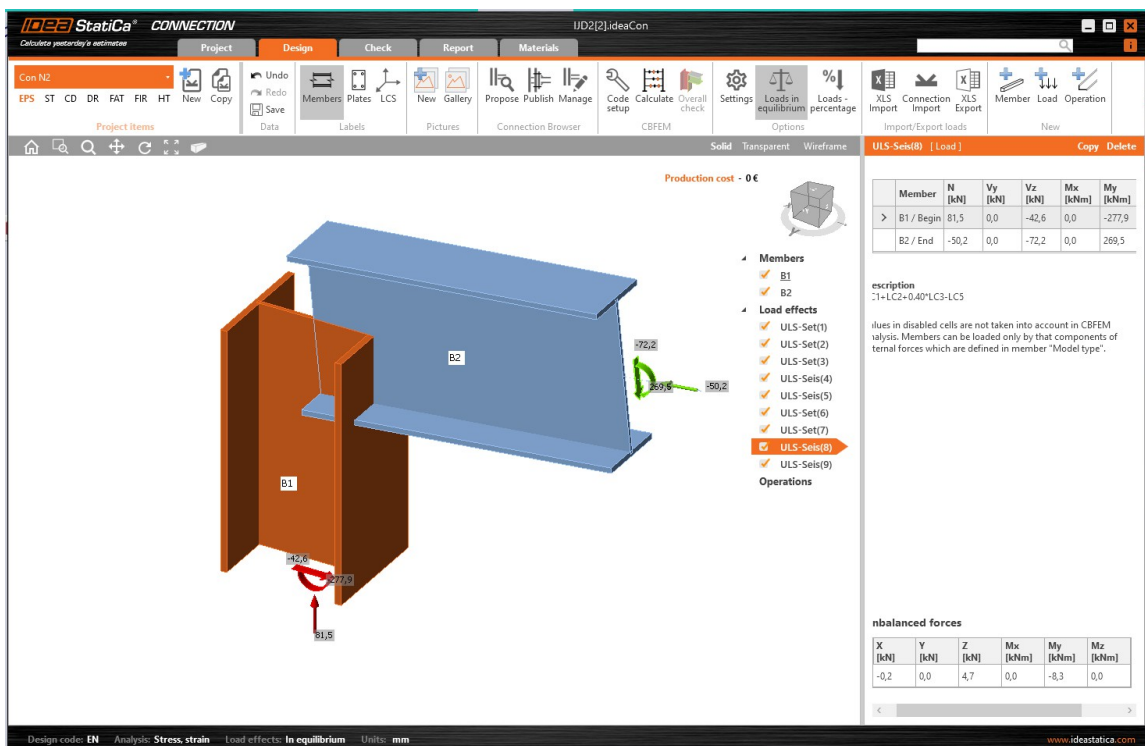


Después de seguir estos pasos, en Idea StatiCa, tendremos los elementos que hay que unir (vigas, pilares) así como las cargas necesarias para el dimensionamiento de la unión.

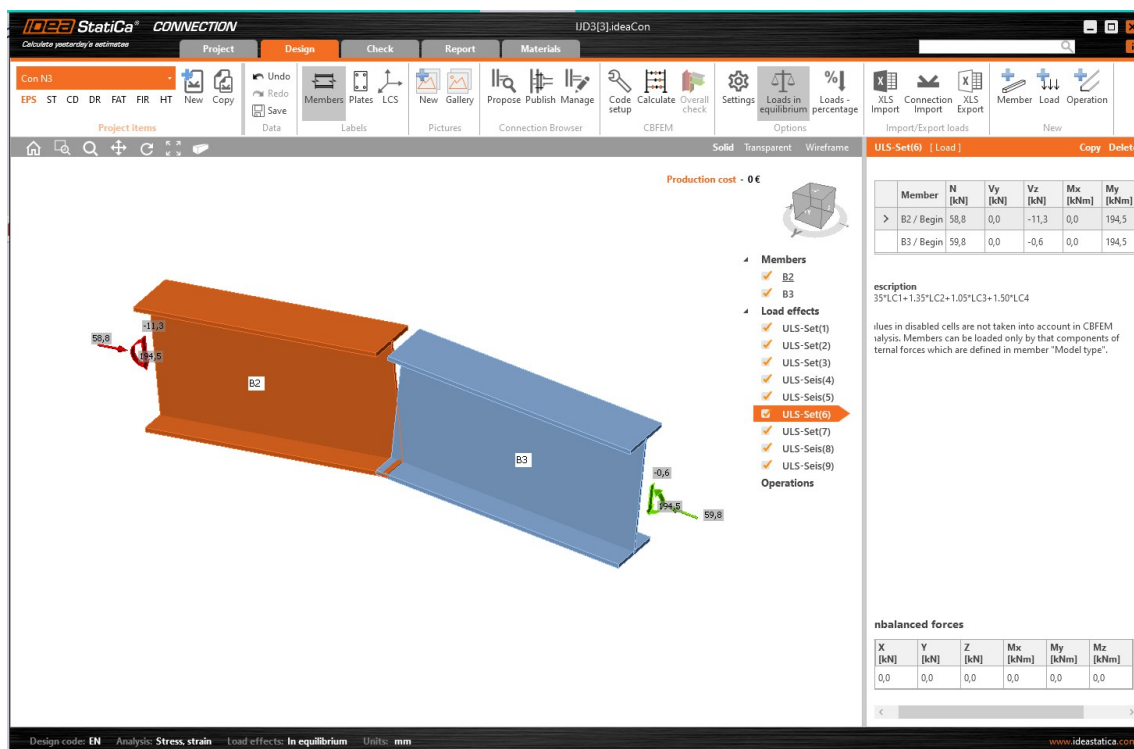
Conexiones columna-base:



Conexiones de aleros:



Conexiones Apex:



6.3.3.2 - ESTRUCTURAS TEKLA:

Las uniones en un pórtico son las del alero y el vértice, que deben ser resistentes al momento, y las uniones pilar-base. La conexión del alero, en particular, suele estar sometida a un momento flector de diseño muy grande. Es probable que tanto la conexión del alero como la del vértice experimenten una inversión de la carga en determinadas situaciones de diseño, lo que puede constituir una consideración de diseño importante para la conexión. En la mayoría de los casos, las uniones pilar-base se realizan con pasadores nominales, debido a la dificultad y el coste de proporcionar una base rígida.

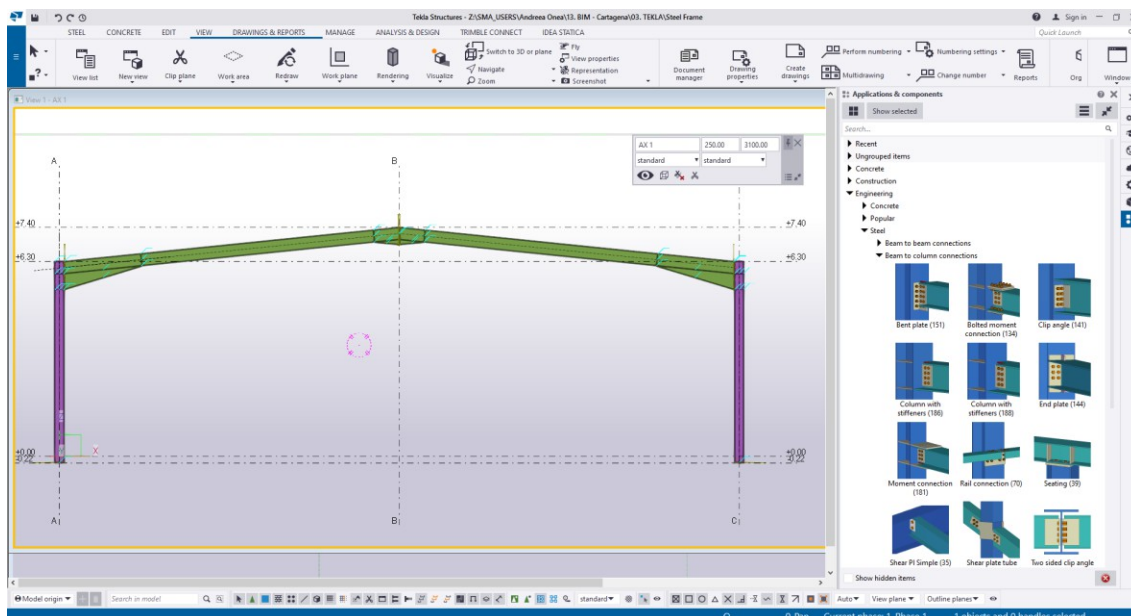
Conexiones columna-base: La solución más habitual son las uniones articuladas, debido a la dificultad y el coste de instalar una base rígida. Una base rígida implicaría una estructura de acero más costosa y, lo que es más importante, los cimientos también tendrían que resistir el momento, lo que aumenta significativamente los costes de cimentación en comparación con una base nominalmente articulada.

Uniones de aleros: Además de aumentar la resistencia a la flexión del dintel, la cartela aumenta los brazos de palanca de los tornillos en la zona de tracción. Por lo general, los tornillos de la zona de tracción (los tornillos superiores sometidos a la carga de gravedad) se destinan nominalmente sólo a soportar la tracción, mientras que los tornillos inferiores (adyacentes al rigidizador de compresión) se destinan nominalmente sólo a soportar el esfuerzo cortante vertical, que suele ser modesto. La fuerza de compresión se transmite a nivel del ala inferior.

Conexiones de vértice: Bajo carga de gravedad, la parte inferior de la conexión está en tensión. La cartela situada debajo del cabrio sirve para aumentar los brazos de palanca de los pernos de tracción,

umentando así la resistencia al momento. La cartela suele ser pequeña y corta, y no se tiene en cuenta en el análisis global del armazón.

En Tekla Structures, abra el proyecto exportado desde SCIA Engineer. A continuación, seleccione una conexión predefinida de "Aplicaciones y Componentes" y ajuste sus parámetros según sea necesario. Nuestra estructura tendrá este aspecto:

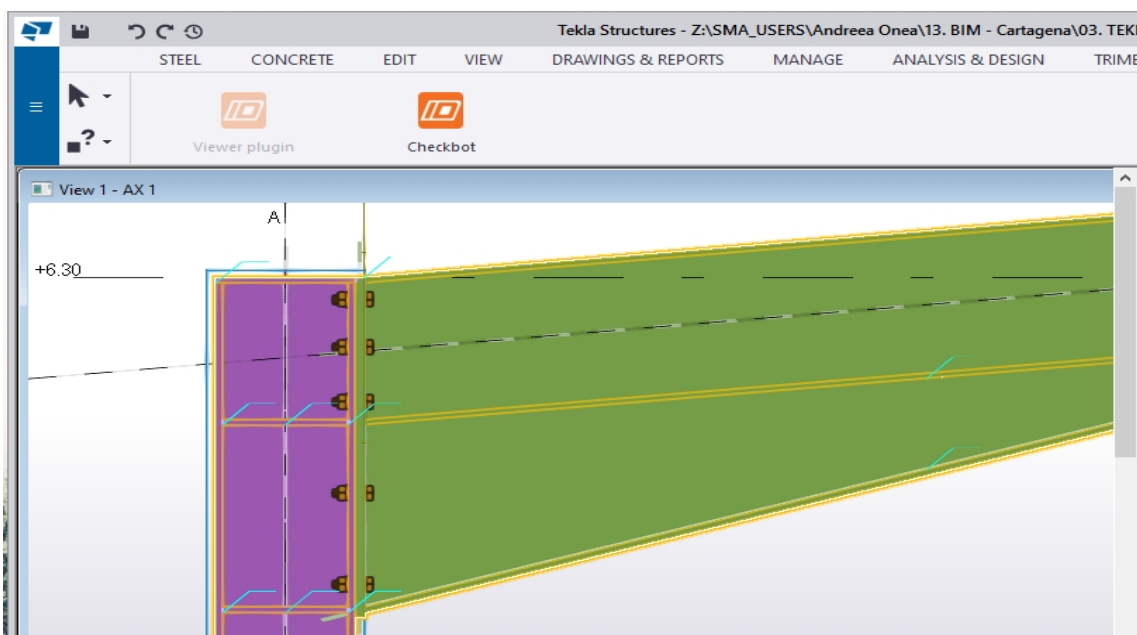


EXPORTAR A IDEA STATICA

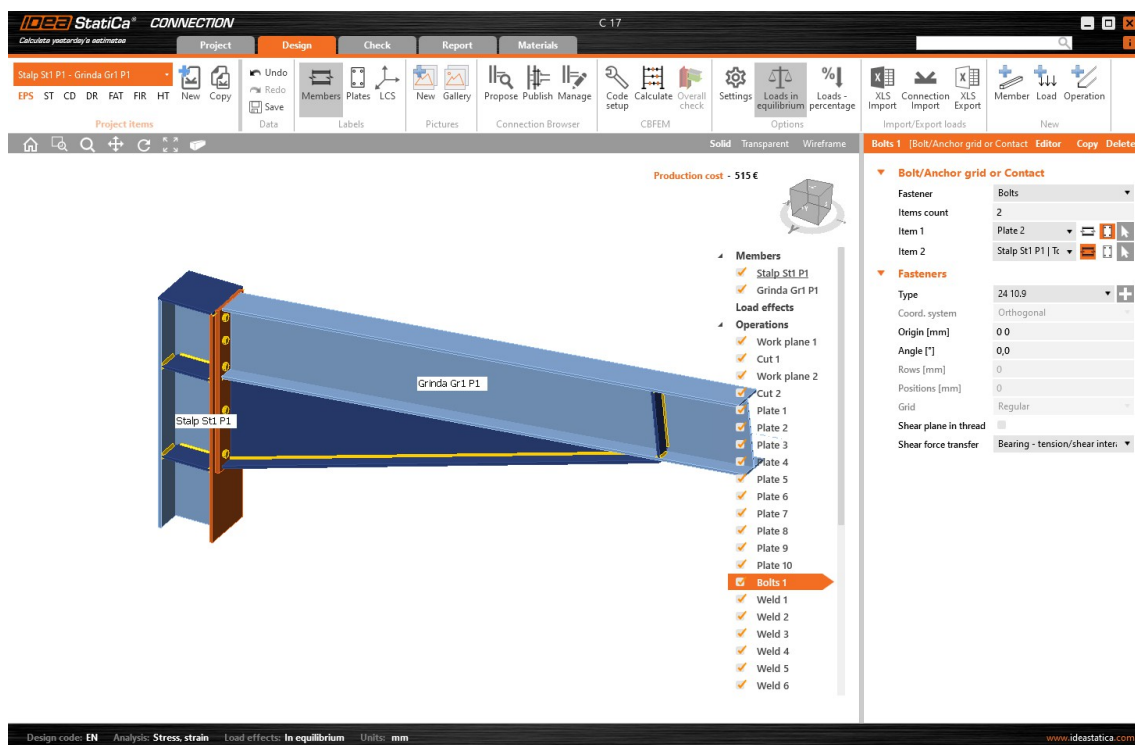
Idea StatiCa se integra perfectamente con Tekla Structures, lo que le permite transferir cómodamente conexiones de acero y datos de miembros para el diseño estructural. Esto incluye vigas, secciones transversales y diversas operaciones como pernos, agujeros, soldaduras y cortes. Además, la sincronización garantiza que cualquier cambio en el modelo de Tekla Structures se refleje en Idea StatiCa.

La instalación de ambas aplicaciones en el mismo PC es todo lo que necesita para empezar. Idea StatiCa detectará automáticamente Tekla Structures y activará el plugin, permitiéndole exportar y calcular uniones de acero sin ninguna dificultad.

Después de diseñar la conexión de acero, vaya a la pestaña Idea StatiCa de la cinta superior y seleccione Checkbot. Esta herramienta le ayudará a exportar su conexión.



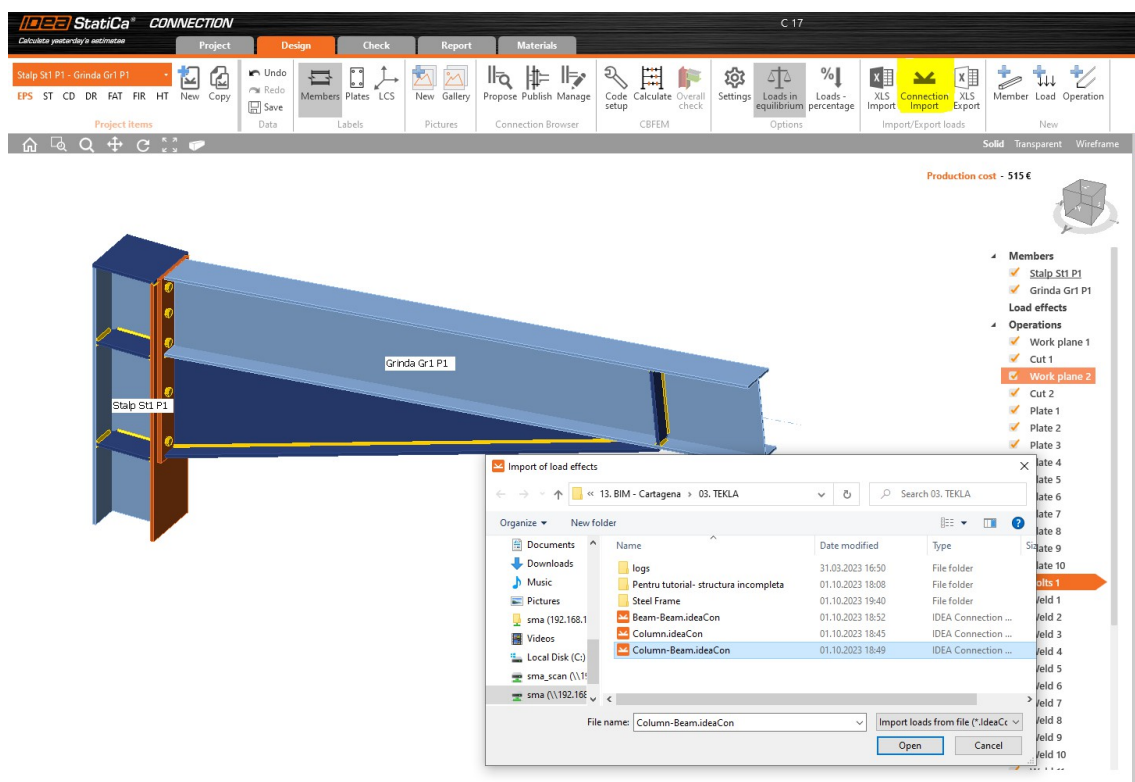
En primer lugar, seleccione el nodo que representará el nodo estructural de la junta. Confirme la selección pulsando la barra espaciadora de su teclado. En el siguiente paso, seleccione las barras. La barra elegida inicialmente se designará como la portante (que puede modificarse posteriormente). Una vez seleccionadas todas las barras, confirme con la barra espaciadora. Por último, seleccione todos los componentes restantes de la conexión, como placas, pernos y soldaduras, y confirme de nuevo con la barra espaciadora. La conexión en Idea StatiCa tiene el siguiente aspecto:



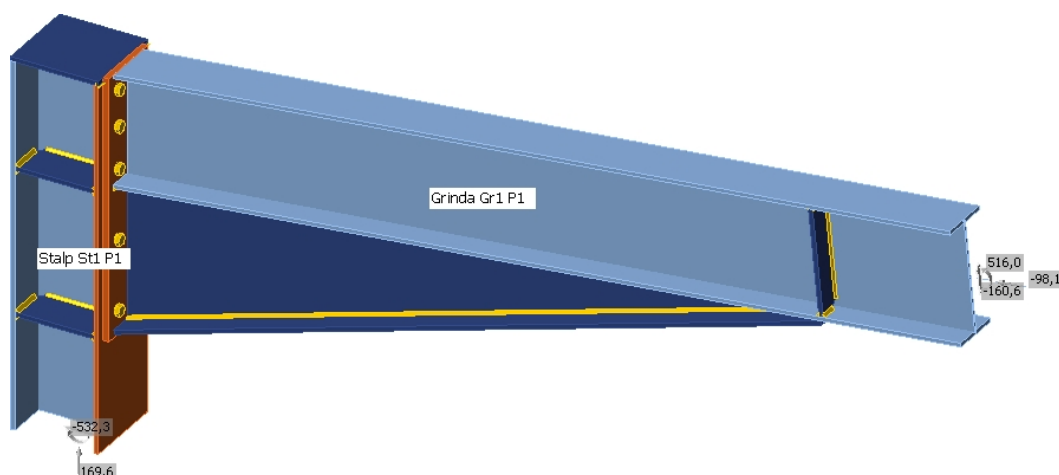
6.3.3.2 - IDEA STATICA:

Mantenga abierto su modelo de conexión importado de Tekla Structures. Puede volver a abrirlo en cualquier momento en el CCM de Tekla Structures.

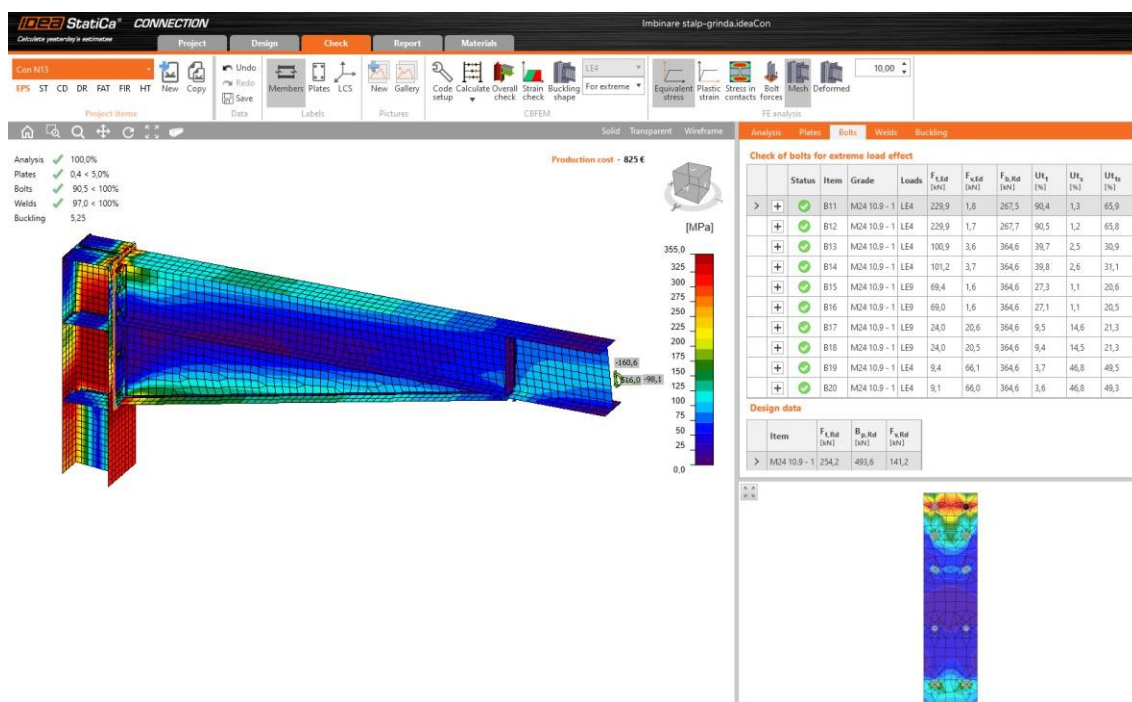
Seleccione el comando "Importar conexión" y localice la ruta del modelo de conexión de Scia Engineer previamente exportado.



Los efectos de carga se han importado correctamente y se han asignado adecuadamente a las barras. Las cargas están equilibradas, lo que garantiza que la articulación se encuentra en estado de equilibrio.



Para iniciar el análisis, inicie el proceso pulsando el botón "Calcular". El modelo de análisis se generará automáticamente y se realizará el cálculo. A continuación, podrá ver la comprobación global, junto con los valores básicos de los resultados de la comprobación. Vaya a la pestaña "Visualización" y active las opciones "Tensión equivalente" y "Vista del modelo de malla" de la cinta. Esto proporcionará una representación visual completa de lo que está ocurriendo en la junta. Para un examen más detallado de los pernos, amplíe los detalles del perno B3 haciendo clic en el icono más asociado al mismo. Este paso le proporcionará una visión más profunda del rendimiento de este tornillo en concreto.

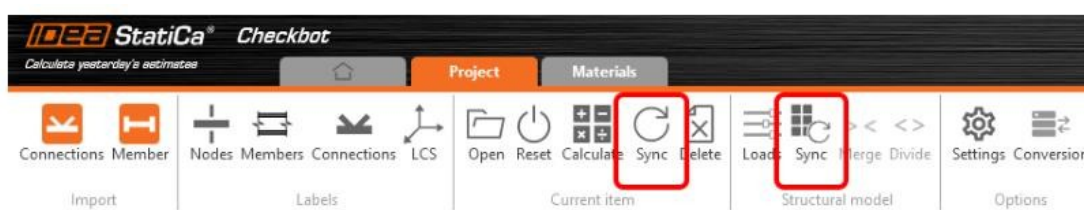


La sincronización de modelos en Idea Statica implica un proceso iterativo para organizar los componentes estructurales y los efectos de carga de forma que satisfagan los requisitos de comprobación de códigos.

A veces, se producen cambios en el modelo FEA/BIM, como diferentes tamaños de sección o cargas. Estos cambios pueden sincronizarse entre Checkbot y el modelo FEA/BIM.

Hay dos alternativas posibles:

- Sincronizar el elemento actual (si se seleccionan una o varias articulaciones)
- Sincronizar todo el modelo estructural importado



6.4 - Análisis ACV

La Evaluación del Ciclo de Vida (ECV) de la estructura de acero se realizó con el programa Open Click. Este software permitió realizar un análisis detallado de los impactos ambientales asociados a la estructura. Al utilizar Open Click, la evaluación pudo capturar datos de varias etapas del ciclo de vida de la estructura de acero, proporcionando información valiosa sobre su sostenibilidad.

7 - Análisis de las distintas alternativas estudiadas

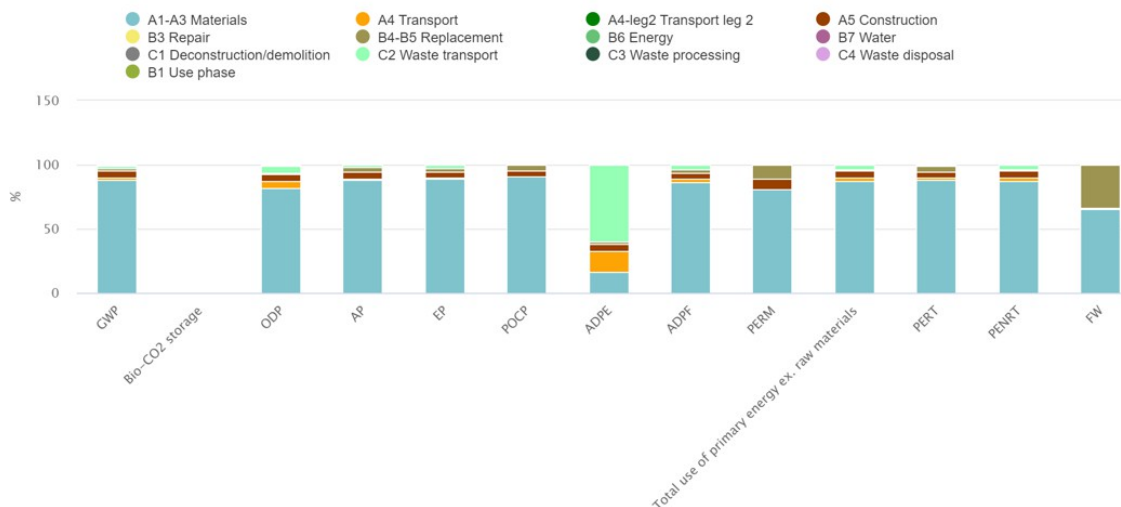
El objetivo principal es comparar tres análisis diferentes de una estructura de acero. El análisis inicial examina la estructura construida con materiales no reciclados (cimientos, vigas y pilares), mientras que el segundo y el tercer análisis incorporan cantidades variables de materiales reciclados. A continuación se describen los materiales reciclados utilizados y se comparan las fases segunda y tercera. Los materiales reciclados evaluados incluyen tanto la infraestructura como los componentes de la superestructura del edificio industrial.

Los objetivos de este estudio de casos son:

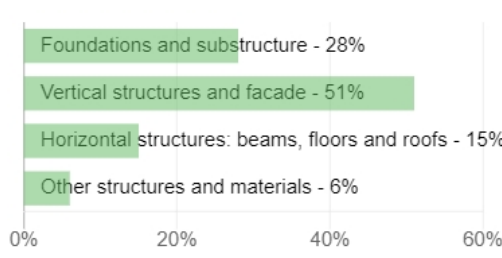
1. Realización de una evaluación del ciclo de vida (ECV) de la estructura de acero en tres etapas distintas.
 - **Etapá 1:** Analizar la estructura de acero original tal y como se diseñó con materiales no reciclados.
 - **Fase 2:**
 - Hormigón preparado: 50% GGBS
 - Acero de refuerzo (barras de refuerzo): 60% reciclado
 - Chapas de acero: 60% reciclado
 - Paneles de aislamiento XPS: 20% reciclado
 - Perfiles estructurales de acero: 60% reciclado
 - **Etapá 3:**
 - Hormigón preparado: 30% de cenizas volantes
 - Varilla: 90% reciclada
 - Chapas de acero: 90% reciclado
 - Aislamiento XPS: 40% reciclado
 - Acero estructural: 90% reciclado

La siguiente figura ilustra los impactos del ciclo de vida en cada fase, presentados en forma de columnas apiladas. Esta representación visual ofrece una visión clara y detallada de los impactos ambientales asociados a cada fase del ciclo de vida del producto o proyecto. Al desglosar las etapas -como la extracción de materias primas, la fabricación, el transporte, el uso y el final de la vida útil- permite realizar un análisis exhaustivo, destacando la contribución relativa de cada fase al impacto ambiental global.

Life-cycle impacts by stage as stacked columns



A continuación se presenta un cuadro comparativo de los elementos de infraestructura y superestructura. Este cuadro ofrece un análisis visual en el que se destacan las principales diferencias y similitudes entre estos dos componentes esenciales de un proyecto de construcción.

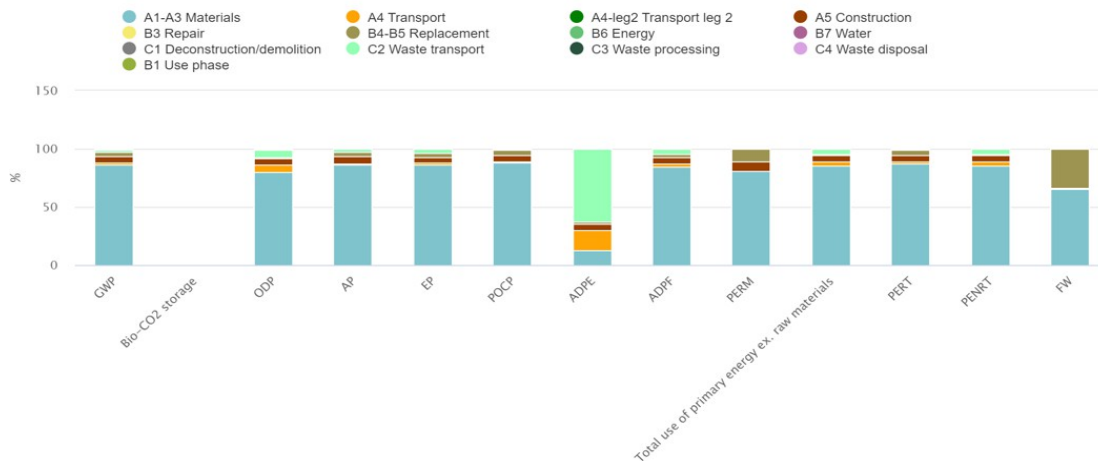


Resultados por fase del ciclo de vida

El cuadro comparativo ofrece un análisis detallado de los aspectos clave relacionados con los componentes de infraestructura y superestructura en los proyectos de construcción.

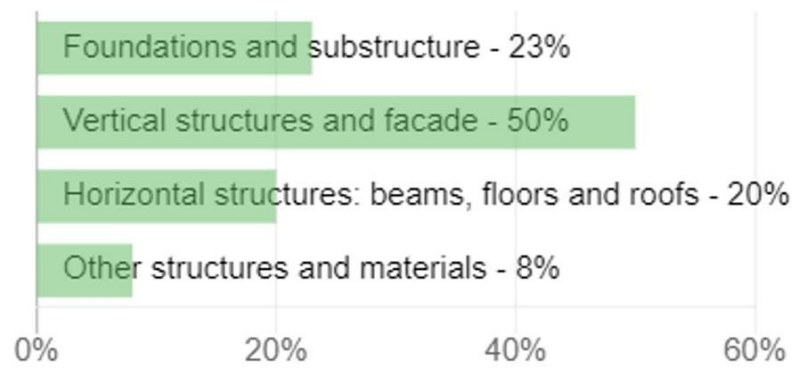
A continuación se presenta el análisis de ACV de la segunda fase.

Life-cycle impacts by stage as stacked columns



Uso de materiales por fuente

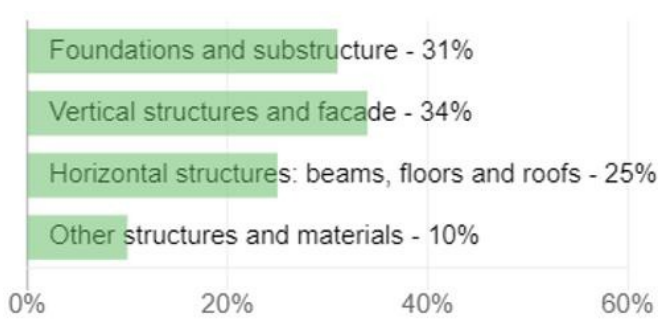
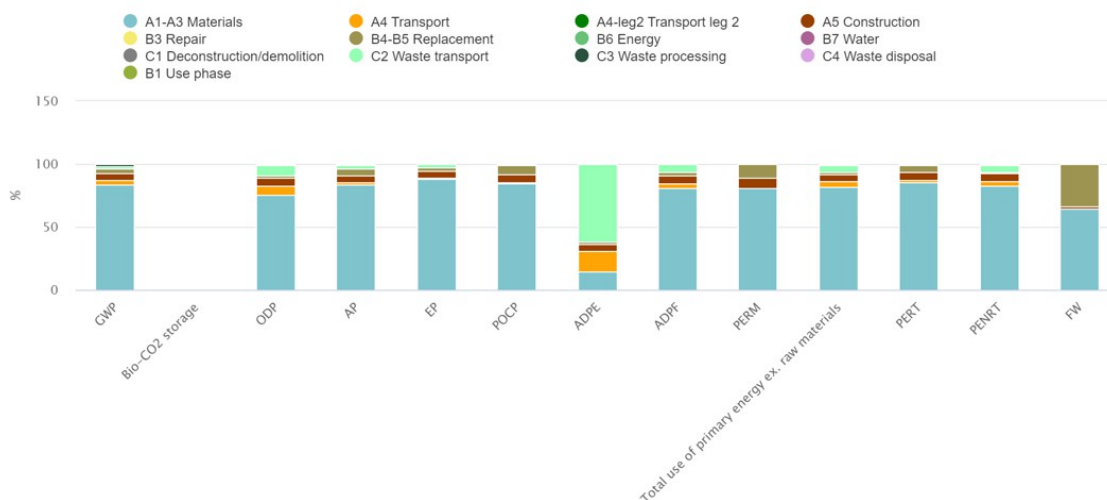
masa



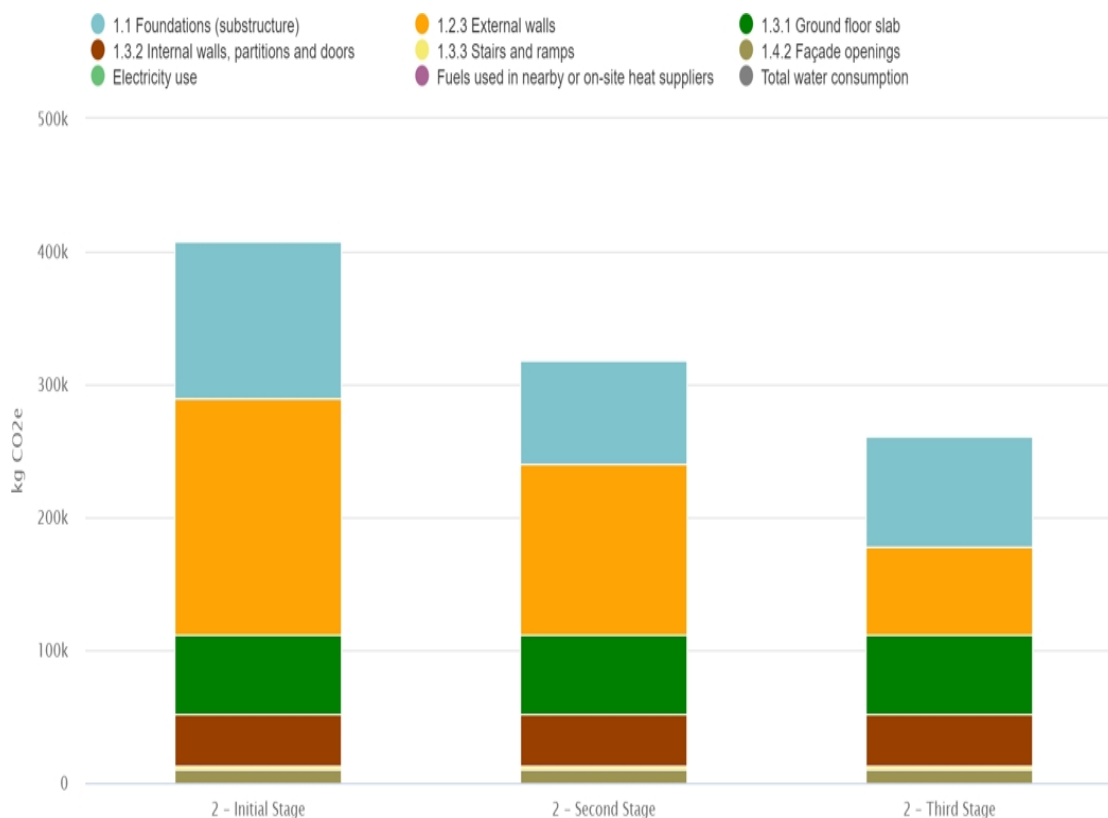
Resultados por fase del ciclo de vida

A continuación se muestra el análisis de ACV de la tercera fase.

Life-cycle impacts by stage as stacked columns



La comparación de las tres etapas se centra en evaluar y contrastar factores clave, como las prácticas de gestión de residuos y las emisiones de gases de efecto invernadero (PCA), en cada una de ellas. Este análisis pretende poner de relieve las diferencias, similitudes y tendencias en la gestión de residuos y su impacto ambiental en términos de GWP. Al explorar estos aspectos, obtenemos información valiosa sobre la progresión, evolución y eficacia de las estrategias de gestión de residuos a lo largo del tiempo, así como en distintas condiciones, todo ello en el contexto más amplio de la sostenibilidad medioambiental.



El siguiente gráfico incluye los siguientes resultados obtenidos: PCA - Potencial de calentamiento global: Medida del impacto total que una sustancia tiene sobre el clima de la Tierra en un horizonte temporal específico, expresado normalmente en términos de equivalentes de dióxido de carbono (CO₂).

DDP - Delivered Duty Paid (Entrega derechos pagados): Término del comercio internacional que indica que el vendedor es responsable de todos los costes asociados a la entrega de la mercancía en un lugar determinado, incluidos los derechos de aduana y los impuestos.

AP - Potencial de acidificación: Capacidad de una sustancia para aumentar la acidez del medio ambiente, a menudo asociada a las emisiones de dióxido de azufre (SO₂) y óxidos de nitrógeno (NO_x).

PE - Potencial de eutrofización: Capacidad de una sustancia para promover el



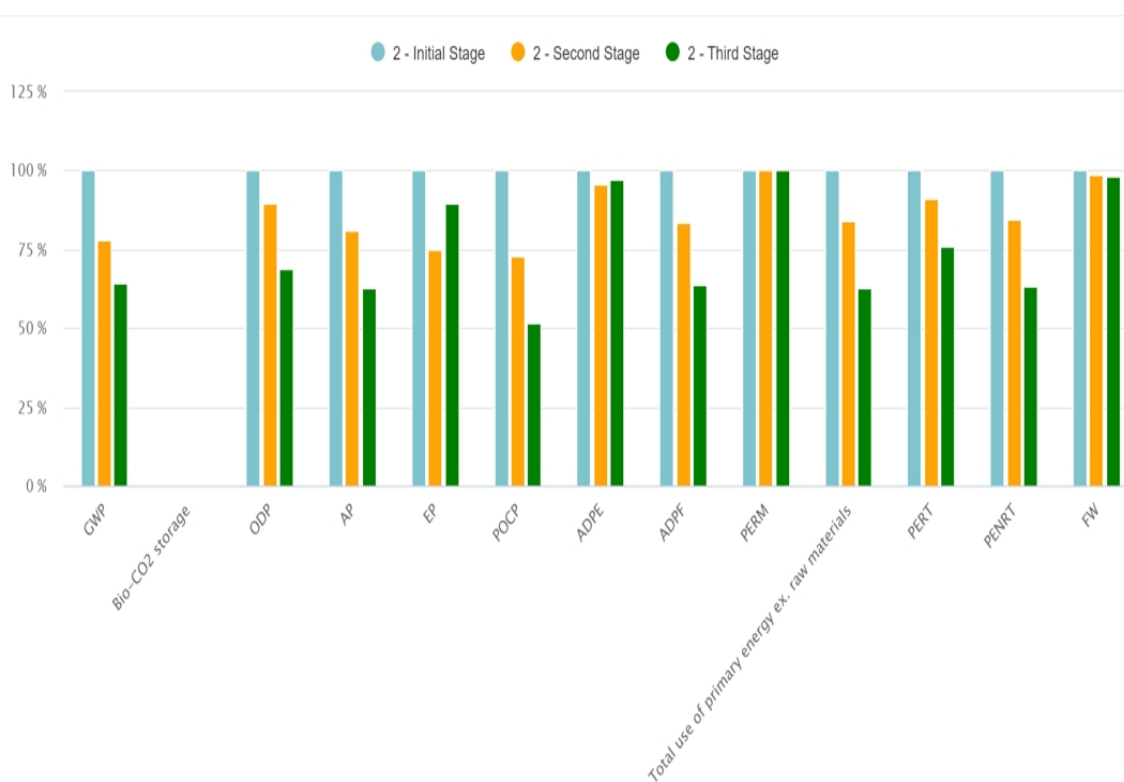
crecimiento excesivo de algas y plantas acuáticas en masas de agua, lo que provoca el agotamiento del oxígeno y desequilibrios ecológicos.

POCP - Potencial fotoquímico de creación de ozono: Potencial de una sustancia para contribuir a la formación de ozono troposférico (smog) mediante reacciones químicas en la atmósfera.

PERM - Combinación de recursos de energía primaria: La composición de las fuentes de energía primaria (por ejemplo, combustibles fósiles, renovables) utilizadas para producir energía en una región o contexto determinado.

PER - Necesidad de energía primaria: La cantidad total de energía primaria (incluida la energía directa e indirecta) necesaria para producir, procesar y utilizar un producto o servicio.

PENRT - Energía primaria no renovable Total



Es esencial considerar el uso de elementos y estructuras reciclados para mitigar el calentamiento global, ya que este enfoque puede tener un impacto significativo a largo plazo en la reducción del daño medioambiental y la promoción de la sostenibilidad. La incorporación de materiales reciclados a las prácticas de construcción puede contribuir positivamente a los esfuerzos encaminados a combatir el cambio climático y minimizar el agotamiento de los recursos a lo largo del tiempo.

8 - Conclusiones y recomendaciones

Un estudio de caso es una potente herramienta educativa que ofrece un análisis en profundidad de un caso o escenario concreto. Sirve de contexto práctico para



conceptos teóricos, fomentando el pensamiento crítico, la resolución de problemas y la aplicación de conocimientos.

Los estudiantes están expuestos directamente a situaciones del mundo real, que les obligan a analizar, evaluar y sintetizar la información, lo que conduce a una comprensión más profunda de la materia. Esta participación activa en el proceso de aprendizaje tiene un valor incalculable.

La integración de los conocimientos teóricos con la aplicación práctica a través de casos prácticos tiende un puente entre el aprendizaje académico y los escenarios del mundo real, preparando a los estudiantes para los entornos profesionales.

Además, los estudios de casos fomentan el desarrollo de la capacidad de análisis. Los estudiantes deben identificar los problemas clave, considerar diversas perspectivas y proponer soluciones viables. Este proceso perfecciona el pensamiento crítico, la capacidad de resolución de problemas y la capacidad de tomar decisiones con conocimiento de causa.

Además, los estudios de casos fomentan el aprendizaje colaborativo. Animar a los estudiantes a colaborar, compartir ideas y participar en debates significativos. Este enfoque colaborativo no sólo mejora la comprensión, sino que también facilita el intercambio de diversos puntos de vista y experiencias.

En conclusión, la incorporación de estudios de casos a las actividades de aprendizaje es un enfoque educativo dinámico y eficaz. Estimula el aprendizaje activo, fomenta el pensamiento crítico, favorece la colaboración y tiende puentes entre la teoría y la práctica. Adoptando esta metodología, los educadores pueden crear experiencias de aprendizaje enriquecedoras y atractivas que capaciten a los estudiantes para sobresalir en sus actividades académicas y más allá.

Contribuimos juntos a mejorar el conocimiento sobre BIM, sobre cómo se puede utilizar con éxito en el diseño estructural y no sólo, al mismo tiempo con la orientación en hacer un ejemplo sobre la interoperabilidad entre diferentes software que tienen implementada la tecnología BIM.

Todos sabemos que el BIM es un proceso que permite a los equipos de proyecto colaborar con la tecnología para obtener mejores resultados. BIM permite a los usuarios crear modelos inteligentes y estructurados que almacenan información.

Los archivos entregables son el informe detallado extraído de Scia Engineer para el cálculo de vigas y pilares, los dibujos técnicos de pilares, vigas y uniones de Tekla Structures, y el informe detallado de la unión base, pilar-viga y unión viga-viga de Idea StatiCa.

En conclusión, utilizar materiales reciclados en la construcción es realmente importante para reducir el calentamiento global y apoyar la sostenibilidad medioambiental a largo plazo. Al incluir elementos reciclados, podemos reducir el impacto negativo sobre el medio ambiente, ayudar a combatir el cambio climático y ahorrar recursos para el futuro. Se trata de un paso clave para que las prácticas de construcción sean más respetuosas con el medio ambiente.