

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE CONCEPCIÓN – REY BALDUINO DE BÉLGICA

**ANÁLISIS Y APLICACIÓN DEL PROGRAMA BIM ORIENTADO AL
DISEÑO Y CÁLCULO ESTRUCTURAL “SDS/2”, DE LA EMPRESA
NEMETSCHEK**

Trabajo de Titulación para optar al Título
de Técnico Universitario Dibujante Proyectista

Alumno:

Arantxa Estefanía Bilbao Salazar

Profesor guía:

Sr. Sergio Hernández Aravena

2019

DEDICATORIA

Quisiera agradecer principalmente a Dios, por darme la oportunidad de entrar y terminar esta hermosa carrera, por acompañarme en cada momento y darme las fuerzas cuando lo necesite.

A mis padres por apoyarme en todo lo que me he propuesto, por ser un pilar fundamental en mi vida, por el esfuerzo que han hecho para poder darme la educación. A mi padre, por contagiarme con su amor por el dibujo y a mi madre, por entregarme su amor y dedicación. A mi hermana Montserrat, por ayudarme a estudiar, por enseñarme y tenerme paciencia. Son lo más importante en mi vida.

A mi familia en general, por entregarme cariño, tiempo y por tenderme la mano cuando tuve dudas a lo largo de la carrera.

Al Profesor Sergio Hernández, por guiarme con este proyecto, por corregirme e instruirme. Lo admiro mucho.

Finalmente, a todas las personas y empresas que están detrás de este trabajo, por aportar con su granito de arena y poder llegar al fin de este largo camino.

¡MUCHAS GRACIAS!

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo analizar el software de cálculo y diseño estructural SDS/2, el cual no es conocido en Chile, a pesar de sus grandes ventajas por sobre los programas de estructura existentes, específicamente Tekla Structures.

Se consultó a especialistas que trabajan dentro del software en estudio, las principales herramientas que éste posee. Como también se realizó una serie de preguntas a una empresa de ingeniería que utiliza Tekla, con respecto a su metodología de trabajo, para así llevar a cabo la comparación entre ambos. Para ello, se plantea el diseño de una torre, para modelarla en ambos softwares.

ÍNDICE

- INTRODUCCIÓN..... 1
 - OBJETIVOS 2
- CAPITULO I: MARCO TEÓRICO..... 3**
 - 1. MARCO TEÓRICO..... 4
 - 1.1. CAD..... 4
 - 1.1.1. Historia 4
 - 1.2. BIM..... 5
 - 1.2.1. Historia 6
 - 1.2.2. Dimensiones de la metodología BIM 6
 - 1.2.3. Ventajas 7
 - 1.3. DIFERENCIA ENTRE CAD Y BIM 7
 - 1.4. NORMAS DE CÁLCULO 8
 - 1.4.1. Métodos de diseño según el AISC y AISI..... 8
 - 1.5. EL ACERO EN CHILE 10
 - 1.5.1. Principales usos del acero en Chile 10
 - 1.6. SOFTWARES DE CÁLCULO Y DISEÑO ESTRUCTURAL 10
 - CAPITULO II: DESARROLLO..... 11**
 - 2. DESARROLLO 12
 - 2.1. SDS/2 13
 - 2.2. HERRAMIENTAS DE SDS/2 14
 - 2.2.1. BIM..... 14
 - 2.2.2. ERECTOR (MONTAJE)..... 16
 - 2.2.3. APROBACIÓN 18
 - 2.2.4. HORMIGÓN 20
 - 2.2.5. FABRICACIÓN 21
 - 2.2.6. DETALLAMIENTO 23
 - 2.2.7. CONEXIONES E INTEROPERABILIDAD..... 24
 - 2.3. MÉTODO DE CÁLCULO 27
 - CAPITULO III: COMPARACIÓN DE PROGRAMAS 28**
 - 3. DESARROLLO DEL PROYECTO TORRE 29
 - CONCLUSIONES..... 41
 - BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES DE INFORMACIÓN 42
 - ANEXOS 43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Metodología de trabajo BIM.....	5
Figura 2: Interoperabilidad BIM.....	7
Figura 3: Evolución del consumo de acero en Chile.....	10
Figura 4: Empresas dentro de Nemetschek Group.....	12
Figura 5: SDS/2.....	13
Figura 6: BIM dentro de SDS/2.....	15
Figura 7: SDS/2 Erector.....	16
Figura 8: Ubicación de gruas.....	17
Figura 9: SDS/2 aprobación.....	19
Figura 10: Hormigón en SDS/2.....	20
Figura 11: Detalle de fabricación.....	21
Figura 12: Proceso de fabricación en SDS/2.....	22
Figura 13: Detallamiento en SDS/2.....	23
Figura 14: Interoperabilidad con Revit.....	25
Figura 15: Interoperabilidad con Intergraph Smart 3D.....	26
Figura 16: Métodos de cálculo dentro de SDS/2.....	27
Figura 17: Detalle de conexiones en SDS/2.....	29
Figura 18: Detalla de torre sin conexiones en Tekla.....	29
Figura 19: Creación de conexiones en Tekla Structures.....	30
Figura 20: Ventana para generar reporte de cálculo.....	30
Figura 21: Memoria de cálculo parte I.....	31
Figura 22: Memoria de cálculo parte II.....	31
Figura 23: Memoria de cálculo parte III.....	31
Figura 24: Memoria de cálculo parte IV.....	32
Figura 25: Memoria de cálculo parte V.....	32
Figura 26: Memoria de cálculo parte VI.....	32
Figura 27: Generador de planos en SDS/2.....	33
Figura 28: Lista de componentes de la torre.....	33
Figura 29: Lista de planos de montaje.....	34
Figura 30: Plano de viga B_48.....	34
Figura 31: plano viga B_48 modificado.....	35
Figura 32: Generador de planos en Tekla Structures.....	35
Figura 33: Lista de planos de componentes en tekla.....	36
Figura 34: Lista de planos de fabricación en tekla.....	36
Figura 35: Plano de componente en Tekla Structure.....	36
Figura 36: Menú para detallar planos.....	37
Figura 37: Lista de materiales, SDS/2.....	37
Figura 38: Generador de informes, Tekla.....	37
Figura 39: Selección para crear listado de materiales.....	38
Figura 40: Lista de materiales en Tekla, parte I.....	38
Figura 41: Lista de materiales en Tekla, parte II.....	39
Figura 42: Generador de reporte informativo, SDS/2.....	39
Figura 43: Torre SDS/2.....	40
Figura 44: Torre Tekla Structure.....	40
Figura 45: Empresa encuestada.....	43
Figura 46: Reporte de cálculo empresa Macrosteel, parte I.....	44
Figura 47: Reporte de cálculo empresa Macrosteel, parte II.....	45
Figura 48: Viga B_48.....	46

SIGLA Y SIMBOLOGÍA

BIM: Building Information Modeling (Modelado de información de construcción).

CAD: Computer Aided Design (Diseño asistido por computador).

SAGE: Semi Automatic Ground Environment.

CAM: Computer Aided Manufacturing (Fabricación asistida por computador).

BDS: Building Description System (Sistema de descripción de construcción).

AISI: American Iron and Steel Institute (Instituto Americano del hierro y el acero).

AISC: American Institute of Steel Construction (Instituto Americano de Construcción en acero).

DWF: Design Web Format (Diseño de Formato Web).

ASD: Diseño por esfuerzos permisibles.

LRFD: Diseño por factores de Carga y Resistencia o estados límites.

ICHA: Instituto Chileno del Acero.

INTRODUCCIÓN

La metodología de trabajo BIM cada vez está cobrando mayor importancia a nivel mundial, ya que, al permitir la construcción y análisis de un edificio virtual, con todos sus componentes constructivos y de instalaciones, permite prever muchas incidencias que antiguamente se resolvían directamente durante el proceso constructivo, ahorrando con ello tiempo y costos. Este método permite disminuir considerablemente las interferencias entre las distintas especialidades que componen el proyecto, ya que pueden ser analizadas en forma conjunta en un mismo modelo virtual.

Para la implementación de la metodología BIM, existe un nutrido abanico de programas computacionales, que abarcan las distintas etapas del desarrollo de un proyecto de construcción, diseño de arquitectura, modelación y cálculo estructural, diseño de instalaciones sanitarias, eléctricas y de acondicionamiento ambiental, detección de interferencias, cuantificación de materiales y costos, programación de ejecución, etc., programas que tienen la característica de interoperar entre sí mediante el uso de formatos de intercambio, como IFC u otros.

En el área de la modelación y cálculo estructural, existen variados programas disponibles en el mercado, sin embargo, en nuestro país uno de los que se ha posicionado con mayor presencia, es el software Tekla Structures de la empresa Construsoft. Sin embargo, y como ocurre en muchos casos, existen alternativas que, no habiendo alcanzado la misma masificación, cuentan con más y mejores prestaciones. Uno de estos casos es el software SDS/2 de la empresa Nemetschek.

Este software resulta particularmente interesante por su compatibilidad con programas de la misma empresa, que sí tienen una importante presencia en nuestro país en el área del diseño de arquitectura y construcción, como Archicad y VectorWorks.

El objetivo del presente trabajo, es dar a conocer esta alternativa de software de diseño estructural, que tiene mayor costo, pero a su vez mayores prestaciones.

A través de esta investigación se busca realizar una comparación entre el software a estudiar y su competencia directa, mediante el desarrollo de un proyecto en ambos programas.

OBJETIVOS

Objetivo General

- Analizar las potencialidades de uso y aplicación del programa BIM orientado al diseño y cálculo estructural "SDS/2".

Objetivos Específicos

- Describir el funcionamiento y herramientas del programa SDS/2 para el diseño y cálculo estructural.
- Determinar la interoperabilidad del programa SDS/2 con otros programas BIM.
- Aplicar el programa SDS/2 a un caso específico de diseño y cálculo estructural.
- Aplicar el programa Tekla Structures al mismo caso específico de diseño y cálculo estructural.
- Realizar una comparación entre los tiempos de desarrollo y la información obtenida en ambos programas en estudio.

CAPITULO I: MARCO TEÓRICO

1. MARCO TEÓRICO

1.1.CAD

El diseño asistido por computador, CAD, es una tecnología para el diseño y la documentación técnica, que sustituye el dibujo manual por un proceso de creación de representaciones gráficas empleando herramientas informáticas específicas que permiten la realización de dibujos y planos. El CAD se puede trabajar en dos dimensiones (2D) y también con los objetos representados en tres dimensiones (3D).

1.1.1. Historia

- En 1955, E. Lincoln, laboratorio del instituto de tecnología desarrolló el primer sistema gráfico SAGE. Este programa procesaba datos de radar y otras informaciones de localizaciones de objetos mostrándoles a través de una pantalla de tubos de rayos catódicos.
- En 1957 el Dr, Patrick Hanratty creó el primer software CAM llamado “pronto”.
- En 1958, la empresa Calcomp desarrolló un trazador de tambor, que fue uno de los primeros dispositivos de salida de gráficos de computadora.
- En 1962, en el laboratorio Lincoln MIT (Instituto de Tecnología de Massachusetts) Ivan Sutherland inventó el primer sistema gráfico CAD llamado “Sketchpad”, el cual era conocido como un gráfico interactivo. Fue una de las primeras aplicaciones informáticas que quisieron utilizar el computador como ayuda al ser humano, no solo como herramienta técnica, sino también artística.
- En 1965, se comercializa el primer CAD en 500.000 dólares.
- En 1970, llega el primer CAD a Estados Unidos.
- En 1973, Hillman Trust desarrolló los primeros hardware y software de dibujo y compró la industria de CAD.
- En 1975, Tektronix creó la primera pantalla de 19” para el desarrollo de CAD.
- En 1980, John Walker funda AUTODESK.
- En 1983 Microstation desarrolla CAD para PC.
- En 1984, Microstation desarrolló un ploter para el uso de trabajo CAD.
- En 1995, se crea la primera versión de CAD para microsoft windows.
- En 1997, AUTODESK desarrolla AutoCAD R14 con capacidad de imagen 3D.

1.2. BIM

BIM es una metodología que permite crear simulaciones digitales de diseño, manejando toda la información que conlleva un proyecto, como indica la Figura 1.

Mientras que CAD permite el diseño en 2D o 3D, BIM incorpora hasta el 7D, permitiendo desarrollar la información de manera inteligente durante todo el transcurso del proyecto, automatizando procesos de programación, diseño conceptual, fabricación, logística de construcción, operación y mantenimiento, renovación y/o demolición, etc.

Los proyectos modelados en BIM, incluyen los productos y materiales reales para construir, incorporando todas las características de ellos, geometría, costo, entre otros.

Para poder utilizar esta metodología se necesitan programas especializados para computadores, los cuales desarrollan el proceso con exactitud y capacidad para el almacenamiento de toda la base de datos del proyecto.

Esta tecnología es ofrecida por diferentes proveedores como: Bocad, Tekla, Nemetschek, Sigma Design, Autodesk, StruCAD, Bentley Systems, AVEVA Solutions, ACCA Software, Graphisoft, CAD Details, Dlubal Software, entre otros.

La metodología BIM surge a través de la necesidad de aumentar la precisión, la eficiencia, la rentabilidad, la eficacia, entre otros, como también se necesita disminuir los costos, el tiempo, las interferencias, los errores, etc.

El poder de BIM, marca una nueva era para los profesionales de la arquitectura, Ingeniería y Construcción, ya que no sólo se ahorra tiempo al crear y modificar los proyectos, sino que también facilita la interacción con sus colaboradores al compartir el contenido de cada especialidad en el mismo modelo.

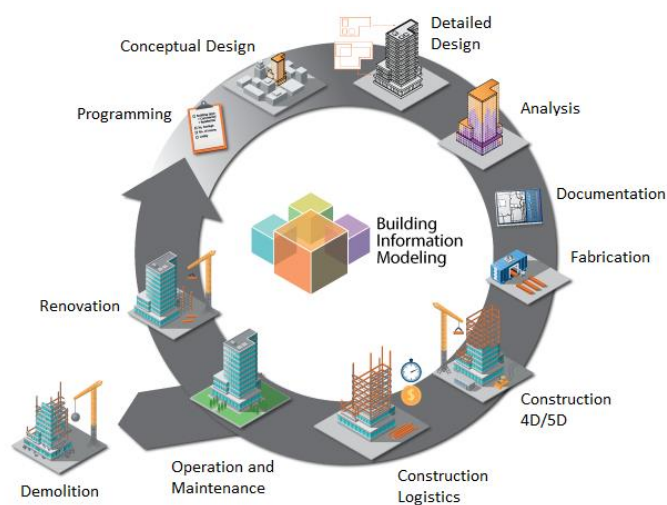


Figura 1: Metodología de trabajo BIM.

1.2.1. Historia

- En 1974, Charles Eastman desarrolló el sistema BDS (Building Description System). En este software se aborda el problema del proyecto desde una base de datos en la que se han separado los componentes del edificio en distintas piezas. Eastman criticaba la coherencia en la información, ya que no venía toda en un solo modelo.
- En 1984, la empresa Graphisoft de Hungría lo implementó con el nombre de “virtual Building” en el programa ArchiCAD, que es el conocido como el primer software BIM.
- Este mismo año George Nemetschek crea “Allplan”, que es considerado el segundo software BIM de la historia.
- En 1985, Aparece en el mercado “Mini CAD” desarrollado por Richard Diehl. Éste se considera el tercer software BIM de la historia de los ordenadores personales.
- En 1993, Graphisoft hace la primera versión de ArchiCAD para Windows y se convierte en el primer software CAD-BIM multiplataforma.
- En 1996, Mini CAD evoluciona y se comercializa con el nombre de VectorWorks, convirtiéndose en el segundo software CAD-BIM multiplataforma,
- En 2002 Autodesk compró la compañía Revit Technology Corporation, donde comenzó a utilizar el concepto BIM.

1.2.2. Dimensiones de la metodología BIM

- **BIM 3D:** Modelación paramétrica unificada en tres dimensiones de todos los diseños de un proyecto.
- **BIM 4D:** Esta cuarta dimensión permite visualizar el modelo del proyecto en el tiempo, con el fin de programar la totalidad de la construcción virtualmente, y así corregir errores en el modelo antes de llegar a la etapa de construcción.
- **BIM 5D:** Aquí se suma el control de costos y la estimación de gastos del proyecto, está relacionado con mejorar la rentabilidad. Se definen cantidad de materiales y costos, organización de gastos y estimación de costos operativos para la fase de uso y mantenimiento.
- **BIM 6D:** Modelación bioclimática y de sustentabilidad, esto nos permite conocer el comportamiento del proyecto antes de que se tomen decisiones importantes y antes de que se comience la construcción.
- **BIM 7D:** Incluyen la operación y Mantenimiento y gestión de instalaciones. Le da el control logístico, operacional del proyecto durante el uso y mantención de la vida útil, logrando la optimización de los procesos como inspecciones, reparaciones, mantenimientos, etc.

1.2.3. Ventajas

En BIM, desde el principio el proyecto se crea en 3D, es decir, se crea con volúmenes, por lo que se puede asociar de manera inmediata los materiales, y a partir de esto si se les añade un costo a estos materiales, se crea de manera automática el presupuesto del proyecto. Mientras se diseña el proyecto y se configuran sus componentes, el dibujo técnico se va creando en paralelo.

Los materiales que componen los elementos, tiene propiedades gráficas que se muestran automáticamente en diversas formas y vistas.

Hay una reducción considerable de los errores del diseño, ya que las diferentes vistas se crean a partir de un modelo único.

1.3.DIFERENCIA ENTRE CAD Y BIM

Los dibujos de CAD, de forma similar a los dibujos en papel, son creados de forma independiente por lo que cada cambio en el diseño debe revisarse y modificarse manualmente en cada uno de ellos. Las aplicaciones BIM imitan el proceso real de construcción. En lugar de crear dibujos con líneas 2D se construyen los edificios de forma virtual modelándolos con elementos reales de construcción, como muros, ventanas, losas, cubiertas, etc. Esto permite a los arquitectos y constructores diseñar edificios de la misma forma en que son construidos. Como todos los datos están guardados en el modelo virtual central, los cambios en el diseño son automáticamente detectados y realizados en todos los dibujos individuales generados desde el modelo. Con esta aproximación integrada del modelo, BIM no solo ofrece un significativo incremento en la productividad, sino que sirve como base para unos diseños mejor coordinados y para un proceso de construcción basado en el modelo. Mientras que el cambio desde CAD a BIM está ya justificado con los beneficios obtenidos durante la fase de diseño, BIM todavía ofrece más beneficios durante la construcción y operativa de los edificios. Esta interoperabilidad se muestra en la Figura 2.

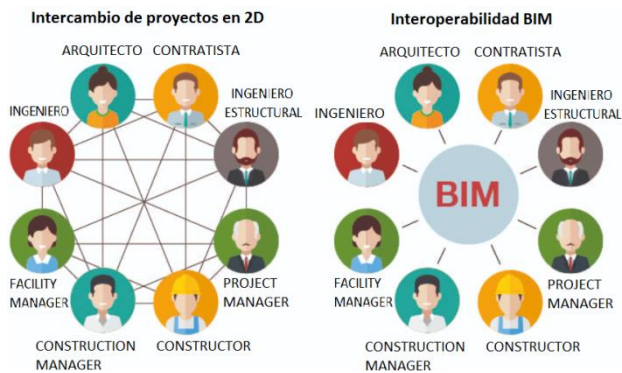


Figura 2: Interoperabilidad BIM.

1.4.NORMAS DE CÁLCULO

La norma básica empleada es la Especificación Norteamericana de Diseño de Miembros Estructurales de Acero conformado en Frío del AISI 2007, que está vigente actualmente. La calificación de “norteamericana” corresponde al hecho que ha sido consensuada y adoptada por EE.UU., México y Canadá, con algunas diferencias menores entre estos países, diferencias que figuran en la misma norma.

Actualmente tanto el AISI como el AISC han adoptado dos formas de cálculo, la de tensiones admisibles (ASD) y la de los Factores de Carga y Resistencia (LRFD) que los ingenieros pueden adoptar a su conveniencia.

1.4.1. Métodos de diseño según el AISC y AISI

- **“Diseño por esfuerzos permisibles” (ASD):** Trabaja con un diseño elástico y de acuerdo al gráfico de esfuerzo-deformación se limita a una sección de la resistencia total del elemento. En este método las cargas que se utilizan son las llamadas “de trabajo o de servicio” y los elementos se diseñan haciendo uso de los esfuerzos permisibles, mayormente son una sección del esfuerzo de fluencia.
- **“Diseño por factores de Carga y Resistencia o estados límites” (LRFD):** Las combinaciones de carga es la forma de interrelacionar una o más cargas que tengan probabilidad de ocurrir simultáneamente. Existen diferentes tipos de combinaciones, las relacionadas con las cargas permanentes con cargas variables o cargas permanentes con cargas variables y accidentales, etc.

NORMA AISC: El Instituto Americano de Construcción de Acero, es un instituto técnico sin fines de lucro y asociación sin fines de lucro establecida en 1921 para servir a la comunidad de diseño de acero estructural y la industria de la construcción en los Estados Unidos. La misión de AISC es hacer del acero estructural el material de elección al ser el líder en actividades técnicas y de creación de mercado relacionadas con el acero estructural. AISC tiene una larga tradición de servicio a la industria de la construcción de acero que proporciona información oportuna y confiable.

Como parte de la misión de AISC, se enfatiza:

- Aumentar la participación de la industria del acero estructural en el mercado de la construcción.
- Unificar la industria con un propósito común.
- Aumentar la participación de la industria del acero estructural en el mercado de la construcción.
- Apoyar y mejorar la capacidad de la industria del acero estructural para ser innovadora y competitiva en un mercado mundial de la construcción.

ICHA: El Instituto Chileno del Acero es una institución creada hace ya más de 50 años en un momento en que las autoridades del país y los impulsores de la producción del material consideraron crear una entidad de alta calidad técnica que fuera un referente del marco de acción de su actividad. Así nació esta institución y su primera tarea fue editar un manual de diseño de estructuras de acero, publicación que se transformó en una referencia imprescindible y la cual todos los diseñadores estructurales usan de manera recurrente hasta transformarlo en un término del léxico nacional y en un concepto que no ha perdido aún su actualidad.

1.5.EL ACERO EN CHILE

1.5.1. Principales usos del acero en Chile

Casi el 80% el consumo del acero es para la minería y la construcción. Sin embargo, la edificación en acero aún está enfocada en obras industrial, y no se considera para infraestructuras como edificios habitacionales, oficinas, etc. Pero en el transcurso de los años el uso del acero para construcciones habitacionales ha incrementado considerablemente, así como se muestra en la Figura 3.



Figura 3: Evolución del consumo de acero en Chile.

1.6.SOFTWARES DE CÁLCULO Y DISEÑO ESTRUCTURAL

- Revit Structure
- CYPECAD
- Tekla Structures
- SDS/2
- SAP2000
- MIDAS
- AUTODESK ROBOT
- TRICALC
- AxisVM
- ETABS
- FEM-DESIGN

CAPITULO II: DESARROLLO

2. DESARROLLO

Nemetschek es un grupo alemán, fundado por el profesor Georg Nemetschek en 1963, y alberga 16 marcas, que se muestran en la Figura 4. La empresa promueve la digitalización en el área de la construcción. Éste grupo permite que los arquitectos, ingenieros, contratistas y gerentes de instalaciones, puedan compartir información y trabajar juntos de forma segura y eficiente.

Las marcas dentro del grupo Nemetschek son:

- Allplan
- Bluebeam
- Cream Solutions
- Data Design System
- dRofus
- Frilo
- Graphisoft
- Maxon
- Nevaris
- Precats
- Risa
- Scia
- **SDS/2**
- Solibri
- Spacewell
- Vectorworks

Uno de los Softwares dentro del grupo alemán Nemetschek es “SDS/2”, el cual está orientado al diseño y cálculo estructural.



Figura 4: Empresas dentro de Nemetschek Group.

2.1.SDS/2

SDS/2 (anteriormente Data Design) es un líder en innovación en el software BIM, en los campos de la producción, que detalla la construcción y la ingeniería. SDS/2 proporcionan la optimización automática de conexión, que detalla la información de ingeniería, los datos de producción, entre otras características, esto permite que se reduzca el tiempo de diseño.

El software BIM de SDS/2 proporciona soluciones completas para todo el proceso en la construcción de acero, que van desde cálculos estáticos, detalle de fabricación hasta la instalación. El producto principal de la empresa, SDS/2 Detallando, representa el más alto nivel de automatización inteligente en el diseño detallado en 3D de estructuras de acero.

SDS/2 fue fundado en 1981 y con sede en Lincoln, Nebraska, EE. UU. La suscripción anual a este software actualmente (agosto 2019) tiene el valor de 7,000 dólares y la licencia de éste 22,000 dólares, se sugiere actualizar continuamente el software, ya que entrega cada vez más soluciones nuevas y creativas, SDS/2 se mantiene a la vanguardia de la innovación en la industria de la construcción de acero.

Su logo se muestra en la siguiente Figura 5.



Figura 5: SDS/2.

2.2.HERRAMIENTAS DE SDS/2

2.2.1. BIM

SDS/2 BIM es el centro de información de modelos para los coordinadores de BIM.

Diseñado para permitir que éstos vean toda la información de acero sobre un proyecto, SDS/2 BIM proporciona acceso al modelo 3D en su entorno nativo, como lo muestra la Figura 6.

Los coordinadores BIM pueden tener capacidades de exportación para cualquier modelo SDS/2. Los usuarios podrán elegir entre varios formatos diferentes para usar con sus productos de coordinación y pueden importar modelos de referencia DWF.

El software sirve como un conducto para la información almacenada dentro del modelo 3D. Todas las importaciones y exportaciones de modelos hacia y desde SDS/2 forman parte de SDS/2 BIM.

La funcionalidad de importación y exportación de modelos incluida con la estación SDS/2 BIM permitirá la misma funcionalidad con todas las demás soluciones del software.

SDS/2 BIM ahorra a los gerentes de proyecto, coordinadores de BIM, detallistas y fabricantes un tiempo valioso al permitirles generar la información vital para el proceso de trabajo de coordinación de BIM.

Quién utiliza SDS/2 BIM

- Detallistas de acero
- Fabricantes de acero
- Erectores de acero
- Contratistas generales
- Coordinadores BIM
- Detallistas de barras de refuerzo
- Fabricantes de barras de refuerzos

Características:

- **Informe y estado de herramientas:** Recopila y realiza un seguimiento de la información sobre el proyecto utilizando herramientas de informes y estado.
- **Capacidades de importación y exportación:** Los usuarios tienen diferentes formatos de exportación para usar con sus productos de coordinación, y pueden importar modelos de referencia DWF.
- **Accesible información del modelo 3D:** SDS/2 BIM es un conducto para la información almacenada en el modelo 3D, incluidas todas las importaciones y exportaciones de modelos de SDS/2.
- **Reunir y rastrear información del proyecto:** SDS/2 BIM proporciona a los coordinadores el poder de reunir y seguir la información sobre el acero en el proyecto utilizando informes y herramientas de estado. Con toda la información relevante disponible y de fácil acceso, SDS/2 BIM puede ayudar a los gerentes de proyectos y los coordinadores obtienen respuestas inmediatas a preguntas vitales del proyecto.

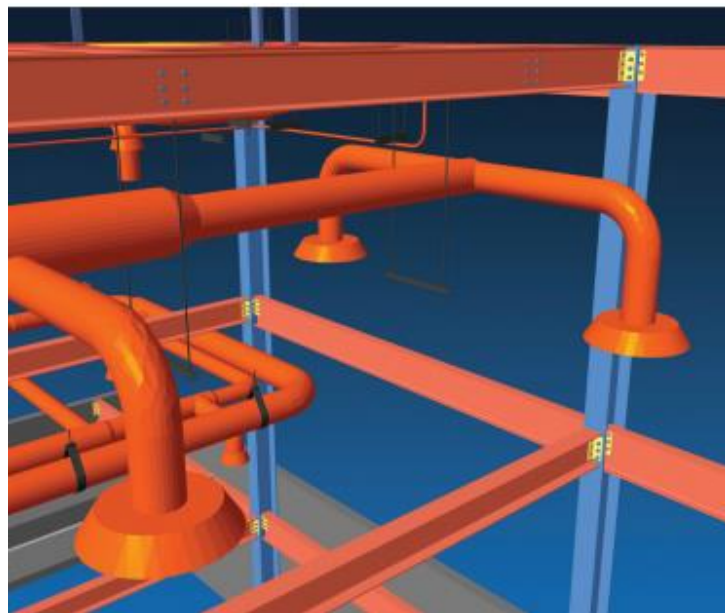


Figura 6: BIM dentro de SDS/2.

2.2.2. ERECTOR (MONTAJE)

SDS/2 Erector brinda a los constructores herramientas poderosas para ayudar en su proceso de trabajo.

El modelo 3D y los dibujos 2D son accesibles y visibles, proporcionando la información del acero en su forma nativa.

Las herramientas de montaje pueden generar cálculos de centro de masa y peso para miembros simples o ensamblajes.

Las herramientas de medición brindan la capacidad de verificar la información necesaria y verificar los espacios libres para el montaje.

En SDS/2 Erector, los erectores tienen aún más poder para rastrear y registrar el progreso para mantener el trabajo a tiempo.

A través de las herramientas de informes y seguimiento de estado, el progreso diario se puede registrar fácilmente y se puede planificar la construcción futura, lo que permite que el modelo se codifique por colores a medida que la estructura aumenta, lo cual se puede observar en la Figura 7. Con esta retroalimentación medible, los usuarios pueden aprovechar el modelo para ayudar a mantener el trabajo a tiempo.

El estado real del sitio de trabajo se puede enviar electrónicamente a los contratistas generales para permitirles ajustar los cronogramas del proyecto.

Quién utiliza SDS/2 erector

- Constructores de acero
- Contratista general

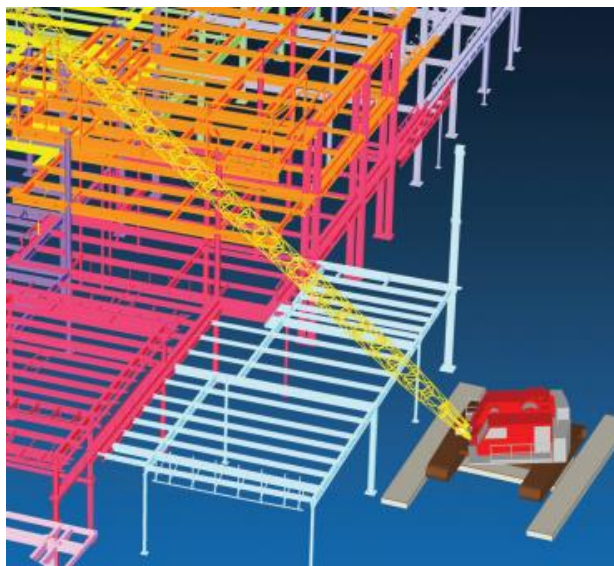


Figura 7: SDS/2 Erector.

Características:

- **Colocación y alcance de la grúa:** La ubicación y el alcance de la grúa también se tratan con SDS/2 Erector. Esta herramienta permite ubicar sus grúas alrededor del modelo de acero y elegir exactamente dónde se estará la mejor ubicación, así como lo muestra la Figura 8. Fácil de importar y mover, la herramienta de colocación de grúas es un componente valioso para cualquier construcción.
- **Seguimiento y registro de los progresos:** SDS/2 Erector, permite registrar el progreso diario y planificar la construcción futura, codifica por colores el modelo a medida que aumenta la estructura.
- **Mantener el sitio en calendario:** SDS / 2 Erector, envía el estado del sitio de trabajo a los contratistas generales, permitiéndoles ajustar los cronogramas del proyecto.

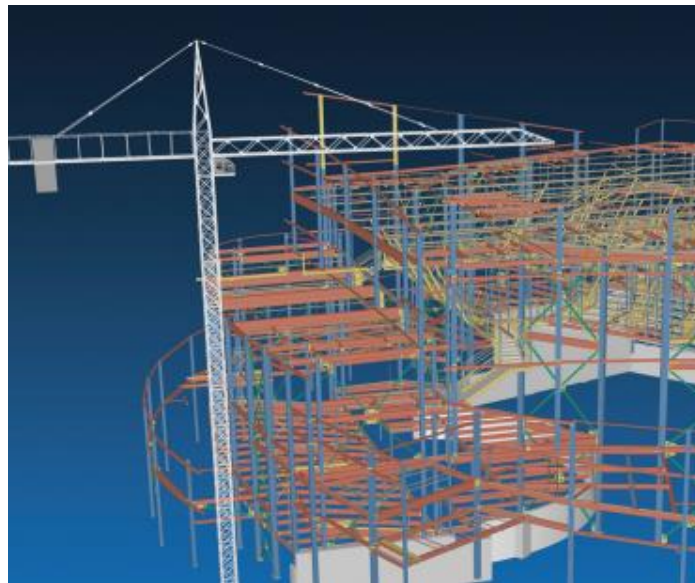


Figura 8: Ubicación de gruas.

2.2.3. APROBACIÓN

La aprobación SDS/2 tiene dos aplicaciones diferentes: *verifique el modelo* y *verifique los dibujos* antes de enviarlos para su aprobación; o facilitar el proceso de aprobación directamente a través del modelo.

Los ingenieros que utilizan la aprobación SDS/2 pueden ejecutar informes diseñados para ayudar en el proceso de aprobación, y asignar el estado a los miembros para denotar el nivel de aprobación, como "aprobado" o "rechazado". Estos estados, junto con una serie de otros elementos, muy parecidos a una lista de verificación de aprobación, se puede usar para codificar por colores el modelo para brindar retroalimentación visual desde el principio hasta el final del proceso de aprobación. En cualquier momento, los ingenieros pueden enviar el estado de aprobación al detallador para actualizar el modelo del detallista en cuanto a qué miembros son aprobados o deben ser revisados.

Los inspectores que utilizan la aprobación SDS/2 pueden aprovechar características similares, que se personalizan para el propósito específico de verificar modelos o dibujos. Esta información se puede comunicar al detallista mediante el mismo proceso de asignación de estado y generación de un archivo que puede actualizar el modelo en progreso. Esta forma sencilla de comunicarse a través de las actualizaciones de estado codificará por colores el modelo para alertar al detallista de las áreas donde los cambios son necesarios.

La verificación desde el modelo se está convirtiendo rápidamente en un método preferido en la industria, y la aprobación SDS/2 proporciona a los usuarios el conjunto de herramientas adecuado para que también sea su método preferido. El aumento de la eficiencia de la comunicación de los cambios reducirá el error y aumentará las ganancias.

Quién utiliza aprobación SDS/2

- Fabricantes de acero
- Contratista general
- Fabricantes de barras de refuerzos
- Ingenieros

Características:

- **Comprobación del modelo y dibujos:** Tanto para los inspectores como para los ingenieros, la aprobación SDS / 2 permite a los usuarios ver el modelo y los dibujos detallados, junto con todos los cálculos de diseño. Con varias herramientas de medición y campos de estado, la precisión del modelo se puede confirmar y comunicar entre ingenieros y detallistas, y viceversa.
- **Aprobación de los miembros del modelo:** Los usuarios pueden asignar un estado a los miembros dentro del modelo 3D para indicar el nivel de aprobación, como aprobado o rechazado.
- **Retroalimentación visual del proyecto:** Los estados asignados se pueden usar para codificar por colores el modelo y dar una respuesta visual del proceso de aprobación, de principio a fin. Así como lo muestra la Figura 9.
- **Control personalizado:** Las verificadoras utilizan la aprobación SDS / 2 para verificar el modelo y los dibujos, y comunican las actualizaciones de estado del modelo en progreso.

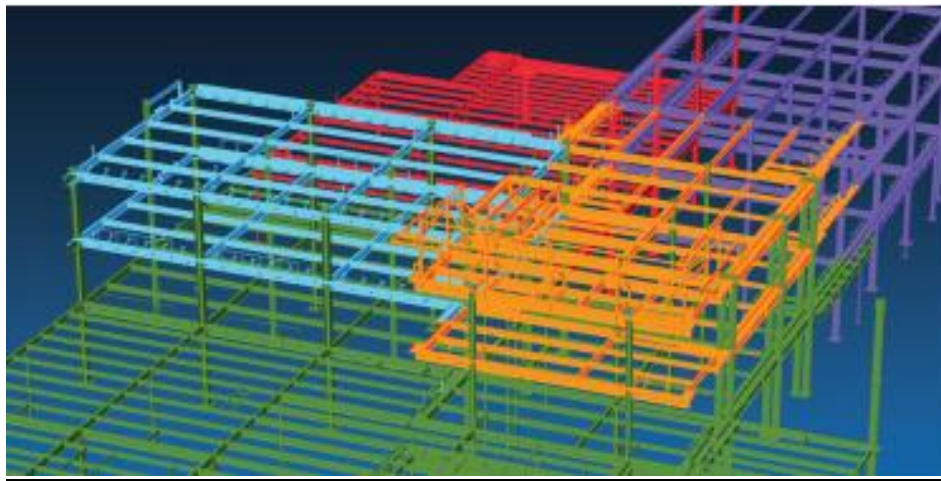


Figura 9: SDS/2 aprobación.

2.2.4. HORMIGÓN

SDS/2 Concreto proporciona las herramientas necesarias para automatizar el detalle y la fabricación de acero de refuerzo de concreto. Los detalladores de barras de refuerzo pueden generar automáticamente horarios detallados de doblado y colocación, así como dibujos de ubicación, a partir de la información del modelo 3D, ahorrando tiempo en los flujos de trabajo 2D tradicionales y colocándolo a la vanguardia del mercado BIM.

Todas las características de SDS/2 Concreto funcionan a la perfección con cualquiera de las soluciones del software, lo que permite una comunicación fácil y sin problemas durante la vida del proyecto. La Figura 10 muestra un detalle de modelado con hormigón.

Quién utiliza SDS/2 Concreto

- Fabricantes de barras de refuerzos
- Detallistas de barras de refuerzos

Características:

- **Diseño de conexión automático:** SDS/2 Concreto incluye diseño de conexión automática para incrustaciones, incluidos cálculos de diseño completo.
- **Detalle de barras de refuerzo:** El software proporciona la colocación automatizada de barras de refuerzo en el modelo 3D, incluidas las formas de barras de refuerzo estándar listas para usar y la flexibilidad para crear cualquier forma de barras personalizadas.
- **Datos de fabricación automática:** SDS/2 Concreto ofrece la creación automatizada de datos de fabricación a partir del modelo 3D, incluidos planos de ubicación, programas de ubicación y programas de doblado de barras.
- **Interoperabilidad de software:** SDS/2 Concreto es totalmente compatible con el software de barras de refuerzo aSa para la estimación, producción y etiquetado, para que las barras de refuerzo no tengan detalles en todo el proceso de fabricación.

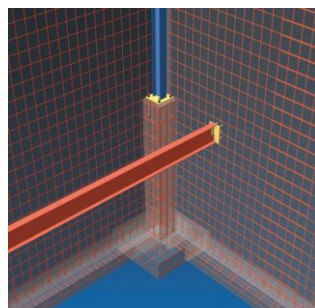


Figura 10: Hormigón en SDS/2.

2.2.5. FABRICACIÓN

Fabricación SDS/2 es una solución diseñada específicamente para satisfacer las necesidades de los fabricantes.

Los fabricantes simplemente solicitan el modelo al detallista, luego pueden ver el modelo 3D y los dibujos en 2D, mientras tienen el control total sobre la creación de la información de CNC y MRP necesaria para la tienda. Los usuarios también pueden usar las herramientas de creación de informes y estado de Fabricación SDS/2 para hacer un seguimiento del proyecto hasta su finalización.

Los detallistas, generalmente envían archivos CNC al fabricante, también se benefician de la salida CNC incluida en la fabricación SDS/2.

La funcionalidad CNC incluida con Fabricación SDS/2 habilitará la funcionalidad CNC en todas las demás soluciones del software. Tanto los detallistas como los fabricantes pueden beneficiarse de la automatización de la estimación y la información de datos generada por SDS/2. La Figura 11 muestra el detalle de fabricación en el modelo.

Quién utiliza Fabricación SDS/2

- Fabricantes de barras de refuerzos
- Detallistas de barras de refuerzos
- Detallistas de acero
- Fabricantes de acero

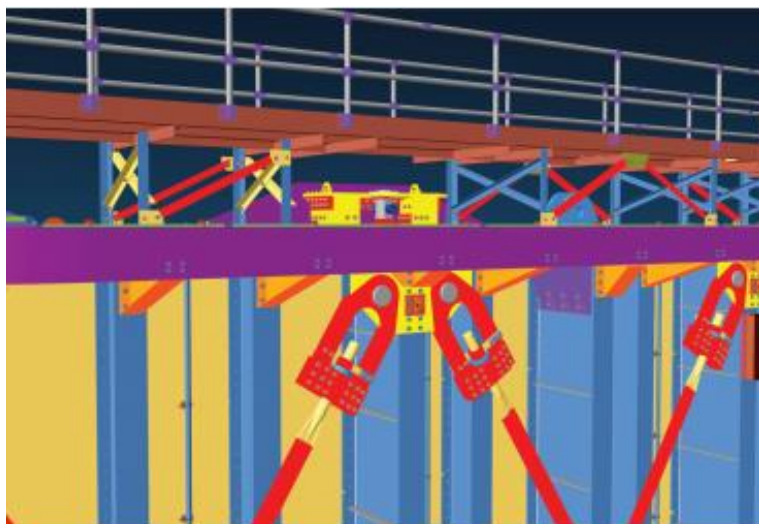


Figura 11: Detalle de fabricación.

Características:

- **Informes y herramientas de estado:** La fabricación de informes y las herramientas de estado permiten a los usuarios realizar un seguimiento del inicio hasta el final del proyecto, como lo muestra la Figura 12.
- **Interfaz de tablero:** El tablero de instrumentos ayuda a organizar e implementar la fabricación, desde los cuadros de progreso de un vistazo hasta las herramientas CNC simplificadas.
- **Automatización de la información:** Fabricación SDS/2 automatiza la estimación y la información de planos de taller generada por el software.

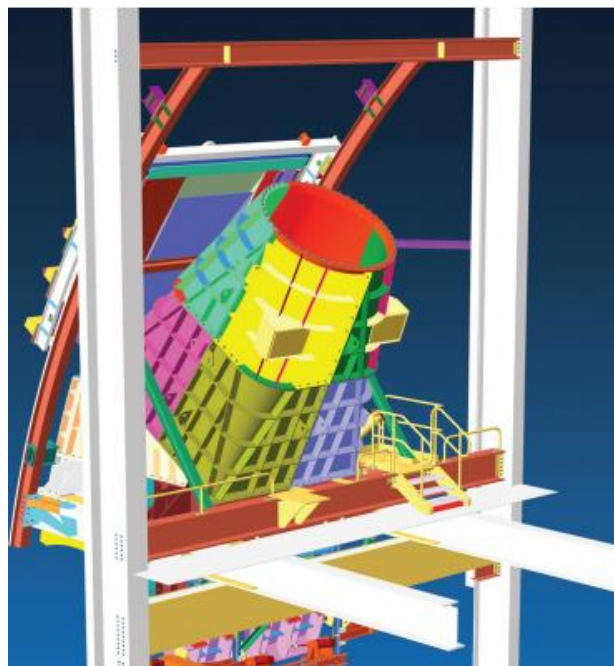


Figura 12: Proceso de fabricación en SDS/2.

2.2.6. DETALLAMIENTO

Detallamiento SDS/2 ofrece el nivel más alto de automatización e inteligencia disponible en detalles de acero 3D. Con una inteligencia de diseño de conexión sin paralelo y una producción de dibujo de alta calidad.

Los detalles y los dibujos de materiales secundarios y de montaje son generados automáticamente por Detallamiento SDS/2, cuya calidad de dibujo única ahorra más tiempo en los dibujos de taller. Pero los dibujos ya no son el único requisito de los detallistas. Detallamiento SDS / 2 también proporciona datos de CNC, información de MRP y modelos 3D, brindando a los detallistas todas las herramientas necesarias para comenzar a obtener ganancias de su inversión.

Quién utiliza Detallamiento SDS/2

- Fabricantes de acero
- Detallistas de acero

Características:

- **Diseño de conexión:** El enfoque único e inteligente para el diseño de la conexión considera las condiciones de estructura y la facilidad de montaje, y realiza automáticamente la prevención de choques.
A medida que el detallista introduce miembros, como columnas y vigas, las conexiones se diseñan automáticamente con sus materiales, pernos, agujeros y soldaduras necesarios.
- **Ahorro de costos:** Detallamiento SDS/2, ingenia las conexiones en un proyecto, como lo muestra la Figura 13, diseñando las conexiones más económicas para fabricar y construir.
- **Inigualable calidad de dibujo:** Genera automáticamente detalles, dibujos sub-materiales y dibujos de montaje con una calidad de dibujo inigualable.



Figura 13: Detallamiento en SDS/2.

2.2.7. CONEXIONES E INTEROPERABILIDAD

La herramienta de conexiones SDS/2 ofrece funcionalidad de diseño de conexión tanto en Autodesk Revit como en Intergraph Smart 3D.

Conexiones SDS/2 tiene un alto nivel de automatización e inteligencia disponible en el diseño de conexiones en 3D. A medida que el usuario ingresa columnas, vigas y tirantes, las conexiones se diseñan automáticamente con sus materiales, pernos, orificios y soldaduras necesarios, considerando las condiciones de almacén y la capacidad de montaje, realizando automáticamente la prevención de choques como parte de su diseño de conexión.

Además, se puede valorar la ingeniería de las conexiones en un proyecto, ayudando a los usuarios a diseñar las conexiones más económicas para fabricar y construir.

Una vez que se diseñan las conexiones, se pueden enviar hacia el nivel de fabricación. La información de los miembros y de la conexión se conserva y se transfiere para detallar con la precisión necesaria para la fabricación.

Los modelos SDS/2 y Revit se sincronizan para que los cambios se reflejen en los paquetes de software y las actualizaciones se realicen fácilmente.

Esta herramienta no la tiene ningún otro programa.

Quién utiliza Fabricación SDS/2

- Ingenieros

2.2.7.1. REVIT

SDS/2 y Autodesk han colaborado para optimizar el flujo de trabajo BIM, incorporando nueva tecnología entre las soluciones de software SDS/2 y Autodesk Revit Structure, como lo muestra la Figura 14.

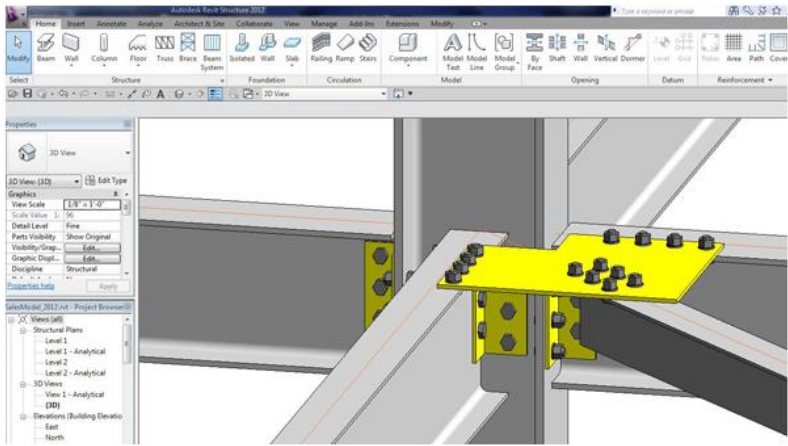


Figura 14: Interoperabilidad con Revit.

Características:

- **Conexiones automáticas en Revit:** El software diseña automáticamente conexiones dentro del entorno de Revit, lo que permite a los ingenieros estructurales y fabricantes diseñar, realizar análisis de verificación de códigos y extender los diseños de estructuras de acero a la fabricación dentro de un flujo de trabajo BIM.
- **Datos de redondeo entre plataformas:** Conexiones SDS/2 facilita una transferencia de información bidireccional a través de la interfaz de programación de aplicaciones (API) directa entre Revit y SDS/2, y transfiere la información del ingeniero al fabricante / detallista de acero y viceversa.
- **Breve tiempo de Diseño:** Conexiones SDS/2 acorta considerablemente el tiempo necesario para el diseño de la conexión y la creación de bocetos, al tiempo que permite la visualización de la conexión dentro del modelo de diseño de Revit.
- **Personalizar las conexiones dentro de Revit:** SDS/2, más robusto que un simple intercambio de modelos IFC o CIS / 2, diseña conexiones y brinda a los usuarios la capacidad de personalizar estas conexiones dentro de Autodesk Revit Structure y transferir datos de modelado de información de construcción (BIM) para mejorar el proceso de construcción.

2.2.7.2. INTERGRAPH SMART 3D 2018

Intergraph Smart 3D 2018 y Conexiones SDS/2 tienen la capacidad de crear conexiones atornilladas estructurales completamente diseñadas de acuerdo con los códigos de país, como lo muestra la Figura 15. Esta funcionalidad proporciona una reducción sustancial en el cronograma del proyecto y los costos de diseño, comprimir el tiempo con detallistas, permitir que otras disciplinas modelen sin chocar, examinar las preocupaciones de instalación, reducir las transferencias de modelos y estimar las conexiones de ensamblaje.

Características:

- **Conexiones SDS/2 dentro de Smart 3D:** SDS/2 para Smart 3D permite que las conexiones se diseñen completamente, con todas las placas, materiales y pernos necesarios, directamente en el software, sin exportar el modelo 3D a productos de detalles de acero de terceros.
- **Conexiones SDS/2 para Smart 3D elimina la necesidad de un sistema de diseño separado:** El software permite a los usuarios realizar su diseño estructural completamente dentro de una única solución. Los fabricantes también podrán usar el detallamiento SDS/2 para generar todos los dibujos automáticamente.
- **Tiempos de diseño más cortos y con mayor precisión:** Con SDS/2 para Smart 3D, las conexiones estructurales pueden diseñarse antes en el proyecto, con cálculos completos de acuerdo con los códigos de país. Esto conduce a una mayor consistencia de diseño y plazos más cortos.

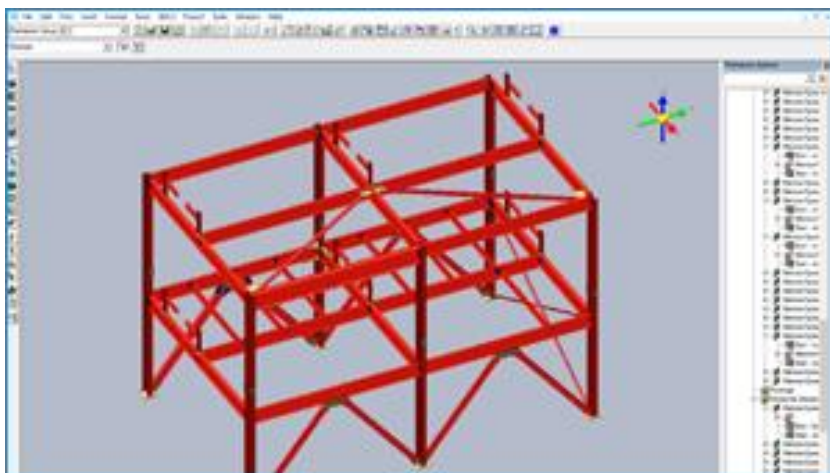


Figura 15: Interoperabilidad con Intergraph Smart 3D.

2.3.MÉTODO DE CÁLCULO

El software se rige por la norma AISC con los métodos de cálculo ASD y LRFD, pudiendo elegir el modo según los requerimientos del cliente, la Figura 16 muestra la selección de éstos.

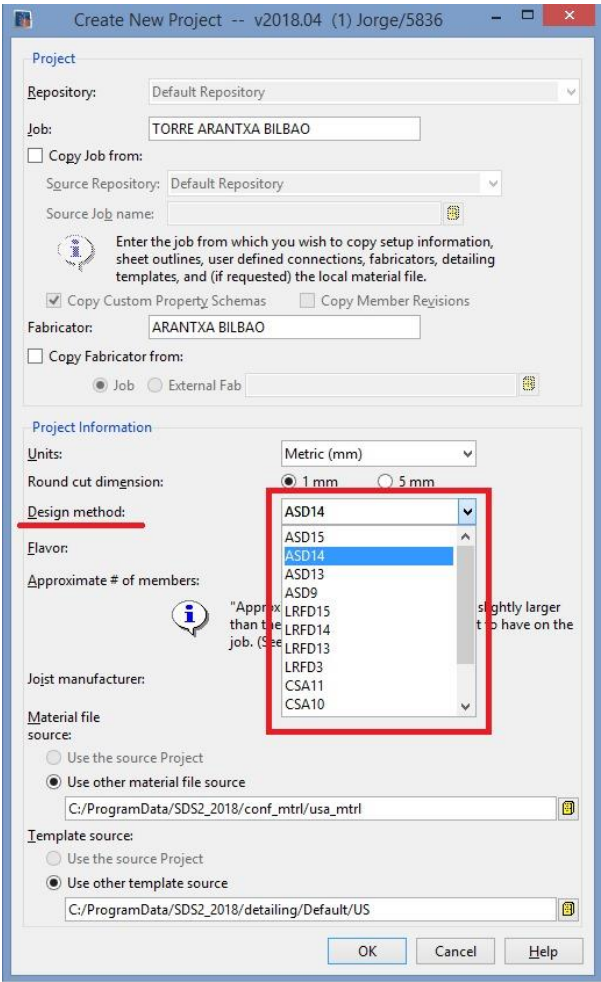


Figura 16: Métodos de cálculo dentro de SDS/2.

El software tiene a su disposición sólo perfiles laminados, ya que en Norteamérica sólo utilizan de este tipo. En cambio, en Chile es más usada la perfilería soldada por el menor costo de fabricación.

En el caso que la empresa mandante no sea norteamericana, se debe hacer la conversión de unidades de medida para poder elegir la perfilería disponible dentro del programa.

CAPITULO III: COMPARACIÓN DE PROGRAMAS

3. DESARROLLO DEL PROYECTO TORRE

- En SDS/2 al comenzar el proyecto, y al insertar una columna y una viga, automáticamente se crea la conexión entre ambas, así como lo muestra la Figura 17.

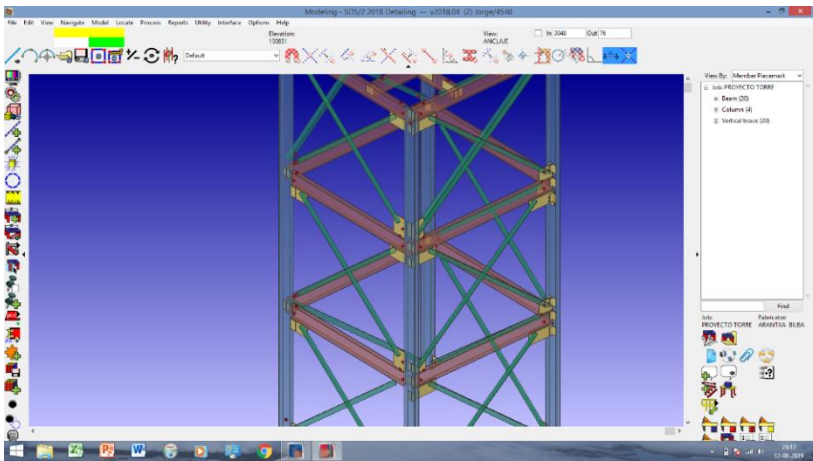


Figura 17: Detalle de conexiones en SDS/2.

- En Tekla Structure se realiza la misma operación (agregar viga y columna), con la desventaja que no se crean las conexiones automáticamente. La Figura 18 muestra la torre sin conexiones.

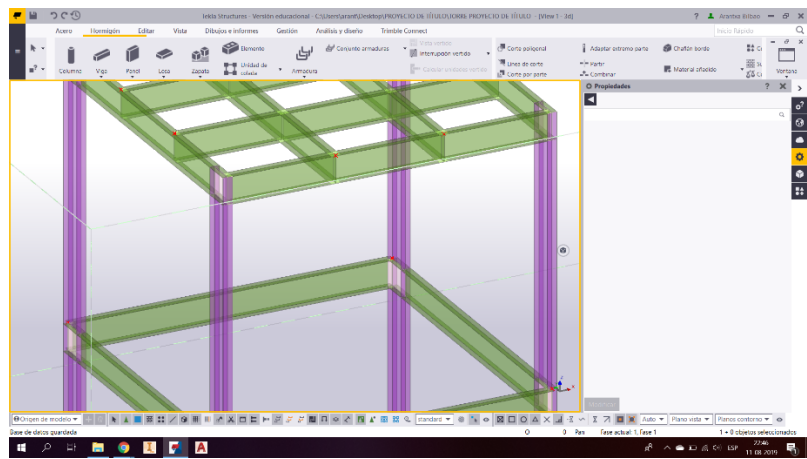


Figura 18: Detalla de torre sin conexiones en Tekla.

- En Tekla, para poder crear las conexiones correspondientes, se deben insertar desde el menú que muestra la Figura 19, de “Aplicaciones y Componentes”.



Figura 19: Creación de conexiones en Tekla Structures.

- En el caso del programa SDS/2, genera un reporte de cálculo de cada una de las conexiones. En el ejemplo se solicitó el detalle de la VIGA B_48. La Figura 20 muestra la ventana para solicitar el cálculo y las Figura 21, Figura 22, Figura 23, Figura 24, Figura 25 y Figura 26, detallan la memoria de cálculo de la viga.

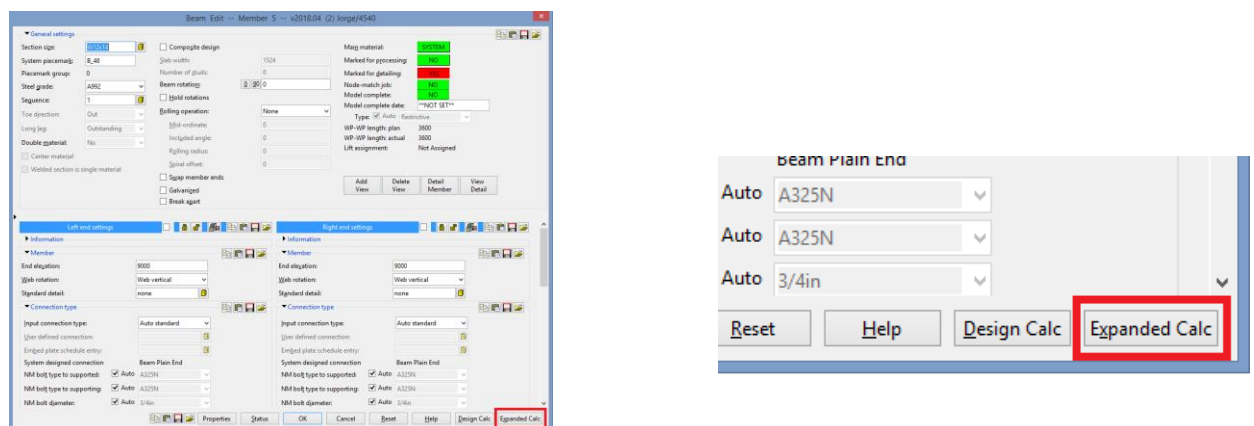


Figura 20: Ventana para generar reporte de cálculo.

SDS/2

A NEMETSCHEK COMPANY

Cálculos ampliados

Trabajo:

TORRE PROYECTO

Fabuloso:

ARANTXA BILBAO

Haz B_48 [5]

Ambos extremos

Haz B_48 [5]

Visión general

Tamaño de la sección	W12x14
Secuencia	1
ABM	N / Asignar
Longitud del plan	3600
Comba	0 0
Longitud de tramo	3600
Cuesta abajo	0.00 grados
Longitud del material	3256
Plan de rotación	0.00 grados

Figura 21: Memoria de cálculo parte I.

SDS/2

A NEMETSCHEK COMPANY

Cálculos ampliados

Trabajo:

TORRE PROYECTO

Fabuloso:

ARANTXA BILBAO

Haz B_48 [5]

Ambos extremos

Propiedades de la sección

Grado del material	A992
Esfuerzo de fluencia , F_y	345,0 MPa
Resistencia a la tracción , F_u	450,0 MPa
Profundidad , d	302,3 mm
Grosor de la banda , t_w	5.1 mm
Ancho de brida , b_f	100,8 mm
Espesor de la brida , t_f	5.7 mm
Diseño k distancia , k_{des}	13,3 mm
Detalle k distancia , k_{det}	19,0 mm
Distancia entre los dedos de los filetes , T	264,2 mm
Momento de inercia sobre el eje mayor , I_x	$36,9 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$

Misceláneos cálculos

I_x / L	0,63
D / L	0,08
$F_y / 800$	0,063
$I_x / L > F_y / 800$ (AISC C-L3)	

Figura 22: Memoria de cálculo parte II.

SDS/2

A NEMETSCHEK COMPANY

Cálculos ampliados

Trabajo:

TORRE PROYECTO

Fabuloso:

ARANTXA BILBAO

Haz B_48 [5]

Ambos extremos

Resumen de entrada

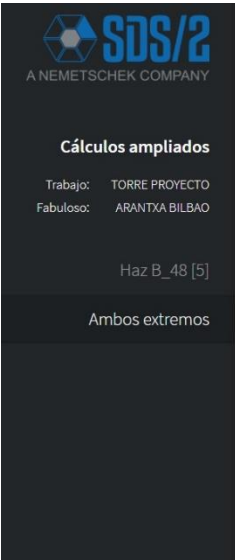
Extremo izquierdo

Conexión	Estándar automático
Elevación	9000
Minus Dim	172 (AUTO)
Mtrl Backback	172 (AUTO)
Detalle estándar	Ninguna
Web	Web vertical
Final de la rotación	0.00 grados
Corte (kN)	65.4 (AUTO)
Momento (kN.m)	0 (AUTO)
Tensión (kN)	0 0
Comprimir (kN)	0 0
Atar (kN)	0 0

Extremo derecho

Conexión	Estándar automático
Elevación	9000
Minus Dim	172 (AUTO)
Mtrl Backback	172 (AUTO)
Detalle estándar	Ninguna
Web	Web vertical
Final de la rotación	0.00 grados
Corte (kN)	65.4 (AUTO)
Momento (kN.m)	0 (AUTO)
Tensión (kN)	0 0
Comprimir (kN)	0 0
Atar (kN)	0 0

Figura 23: Memoria de cálculo parte III.



B_48 [5] Verificación de la resistencia de la conexión:
AMBOS EXTREMOS (datos para el extremo izquierdo)

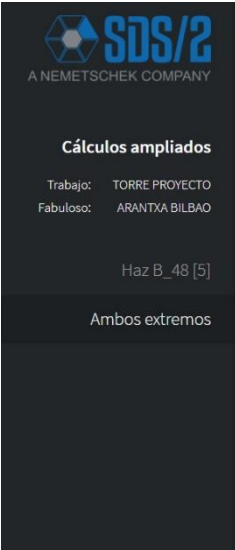
Método de diseño: especificación AISC 2010 (ASD) (métrica)

Nodos de conexión

Nodo 1

Columna	C_6 [1]
Tamaño de la sección	W12x14
Final de elevación 0	0 0
Final 1 elevación	9000
Condición de encuadre	Brida de columna
Grado del material	A992
Detalle k distancia , k_{det}	19,0 mm
Diseño k distancia , k_{des}	13,3 mm
Grosor del miembro de soporte , t_{sup}	5,7 mm

Figura 24: Memoria de cálculo parte IV.



Cargas de diseño

Cortar	65,4 kN
Momento	0.0 kN.m

Diseñar notas de carga

- Diseño no compuesto
- Reacción automática
- La reacción de diseño es el 50.0% de la carga de viga de acero uniforme permitida.

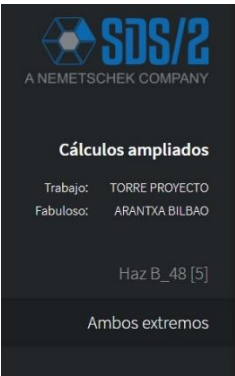
Resumen de conexión

- FIN LISO (SIN CONEXION)

Resumen de bloqueo de
diseño de conexión

No hay bloqueos establecidos

Figura 25: Memoria de cálculo parte V.



Advertencias

- CALCULOS DE FUERZA DE CONEXION NO GENERADOS

Notas y conclusiones

- FALLA DE DISENO DE CONEXION
 - ⚠ Se requieren tornillos SC para ranuras u orificios de gran tamaño
- FALLA DE DISENO DE CONEXION (FINAL DERECHO)
 - ⚠ Se requieren tornillos SC para ranuras u orificios de gran tamaño

Figura 26: Memoria de cálculo parte VI.

- Al terminar la torre e insertar sus componentes, se puede generar los plano de cada uno de sus miembros, planos de fabricación, montaje, etc. En la Figura 27 se observa la ventana para generar los planos del proyecto en SDS/2. A demás en la Figura 28 y Figura 29 se muestra la lista de cada tipo de planimetría.



Figura 27: Generador de planos en SDS/2.

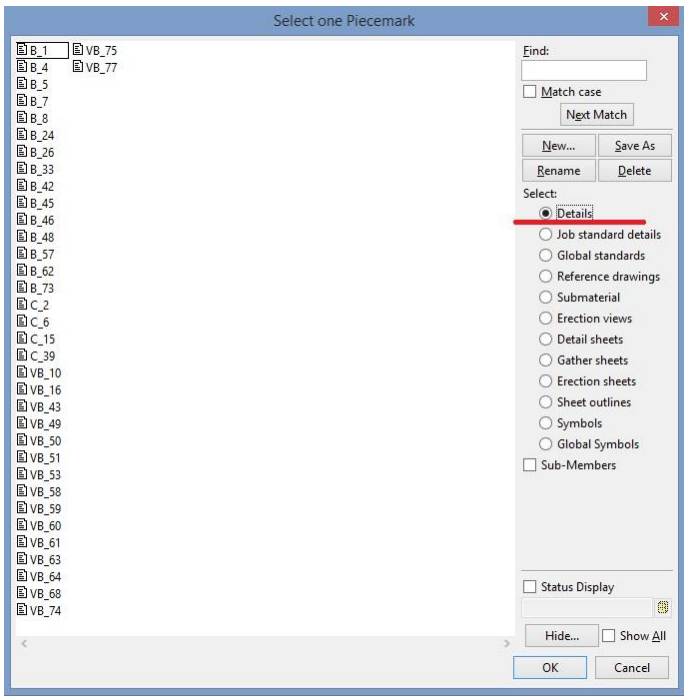


Figura 28: Lista de componentes de la torre.

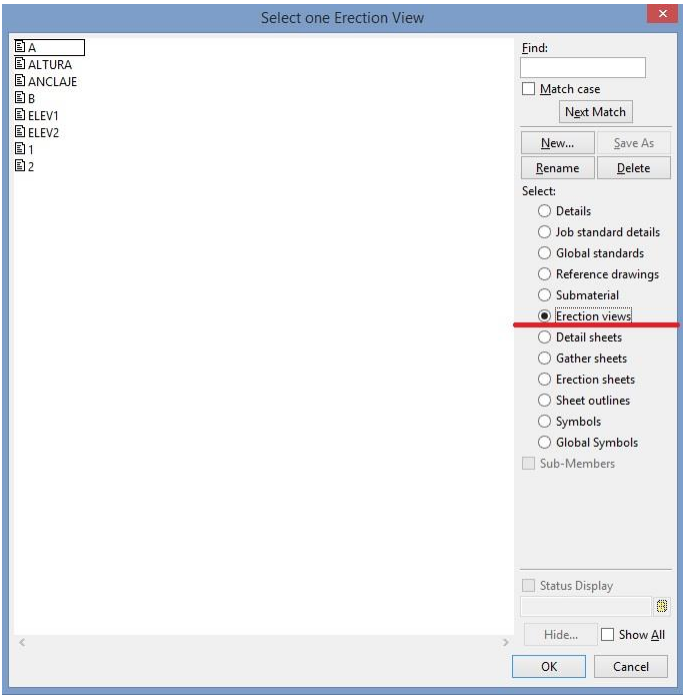


Figura 29: Lista de planos de montaje.

- La Figura 30 muestra la planimetría de la VIGA B_48.

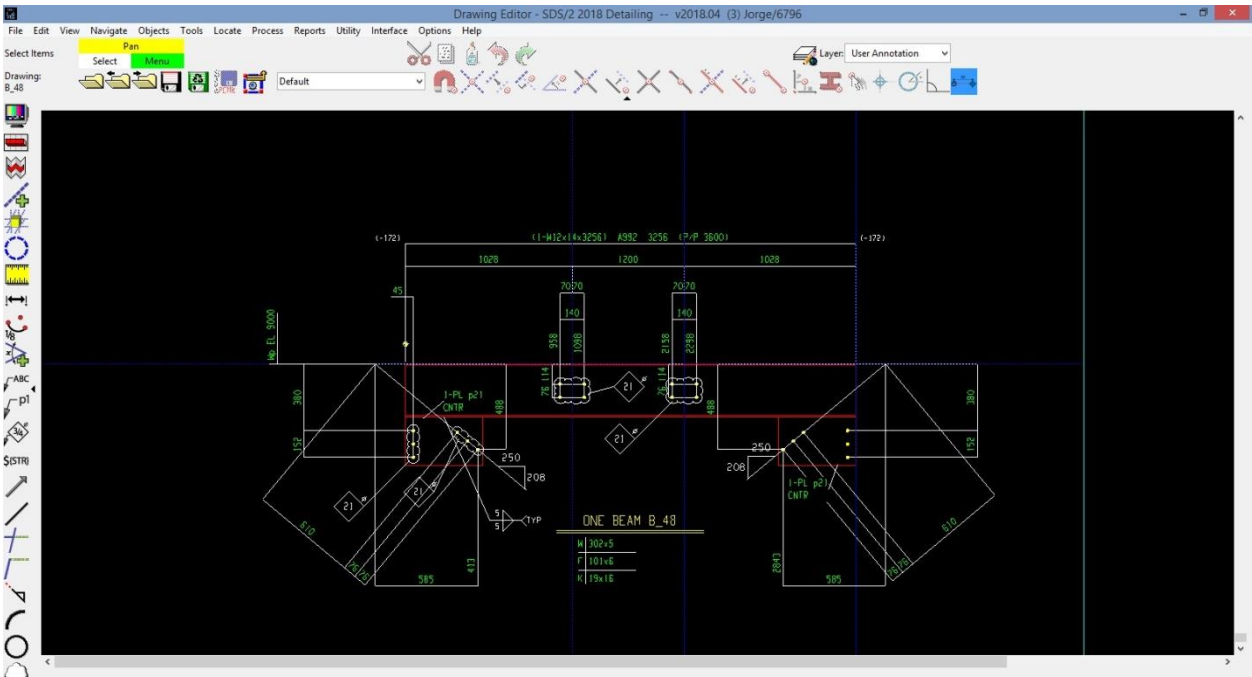


Figura 30: Plano de viga B_48.

- En SDS/2 para que el plano tenga la información precisa para su fabricación, existe la herramienta de borrar cotas e información innecesaria, como lo muestra la Figura 31.

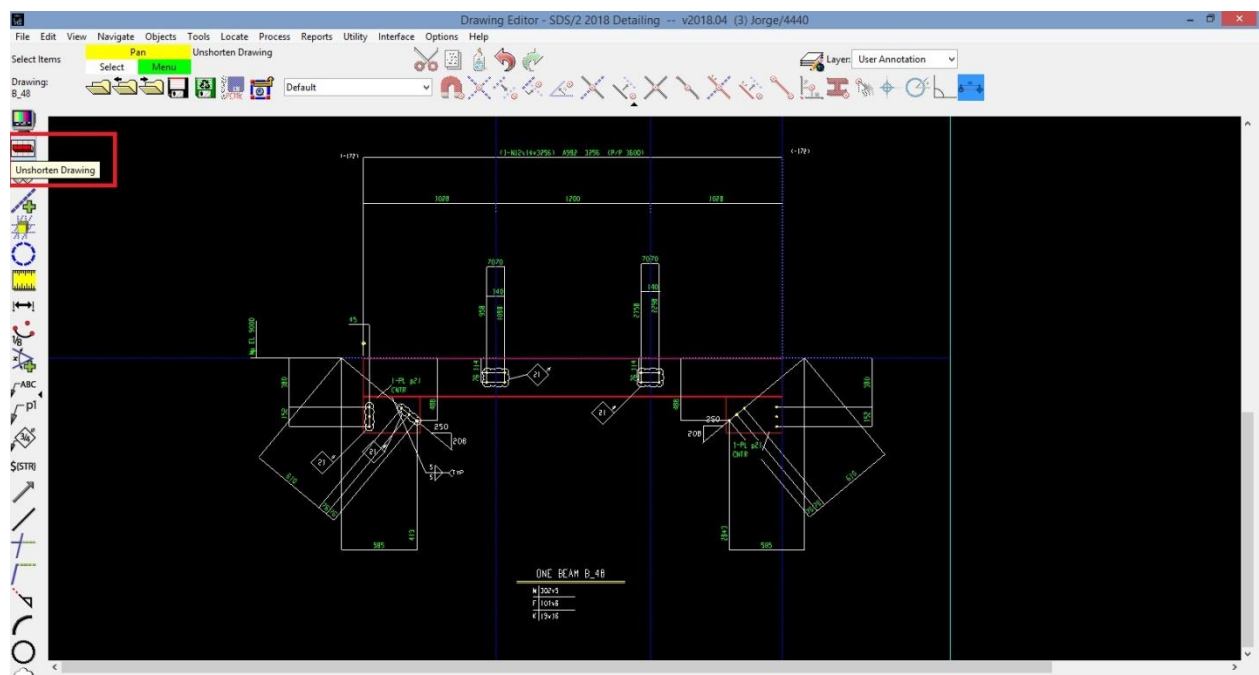


Figura 31: plano viga B_48 modificado.

- Al igual que SDS/2, el software Tekla Structure también tiene la herramienta para generar planos de miembros, fabricación y montaje, como lo muestra la Figura 32. A demás se observa en las Figura 33 y Figura 34 el listado de planos.

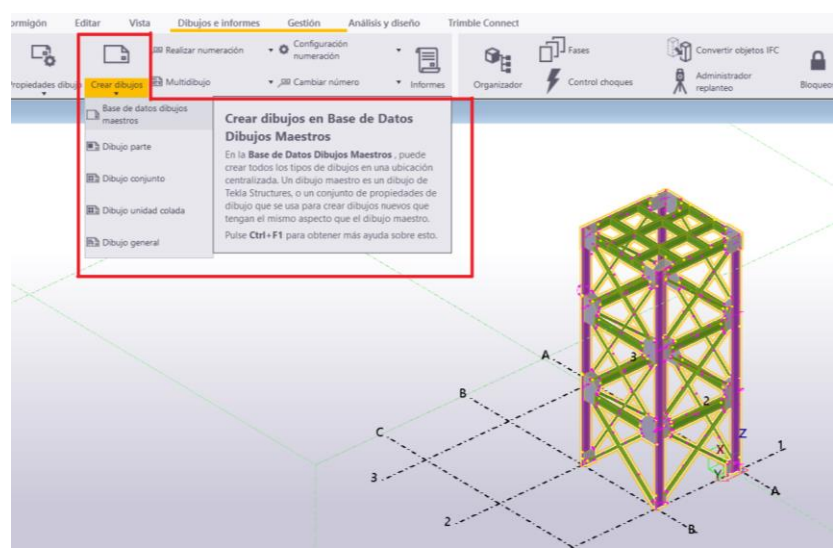


Figura 32: Generador de planos en Tekla Structures.

- Tekla tiene la desventaja con SDS/2 de tener que generar los detalles del plano manualmente. La Figura 36 muestra el menú para detallar y acotar los planos.



Figura 36: Menú para detallar planos.

- SDS/2 entrega el listado de materiales adjunto en la Figura 37, seleccionando BB dentro del plano.

Bill of Material -- v2018.04 (3) Jorge/4440												
LINE #	QTY TOTAL	PC MARK	DESCRIPTION	LENGTH	REMARKS	WEIGHT TOTAL	ADVANCE MILL #	QTY UNIT	WEIGHT UNIT	MINOR MARK	STEEL GRADE	
1		1B_48	BEAM			87			87			1
2	1		W12x14	3256		68		1	68w52		A992	2
3	2		PL10x278	440		19		2	10p21		A36	3
4												4
5			FIELD BOLTS									5
6	6		3/4 Dia A325		51+2HD WASH							6

Delete Line(s)

Move Up

Move Down

Add Line

Insert Paste

Overwrite Paste

Copy Line(s)

Unhide Line

Click on a row number to select it Click and drag to select multiple rows

OKCancelResetHelp

Figura 37: Lista de materiales, SDS/2.

- La Figura 38 muestra el menú para generar informes en Tekla Structures.

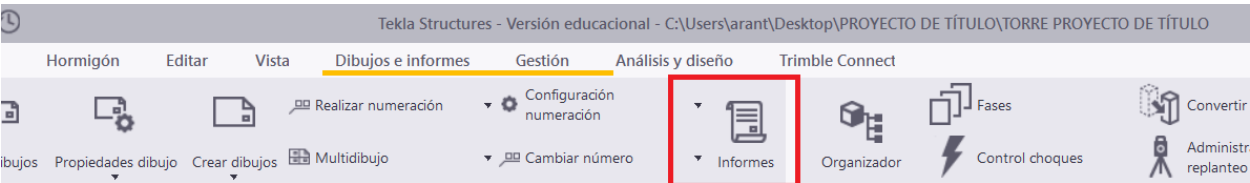


Figura 38: Generador de informes, Tekla.

- La Figura 39 muestra el generador de listado de materiales.

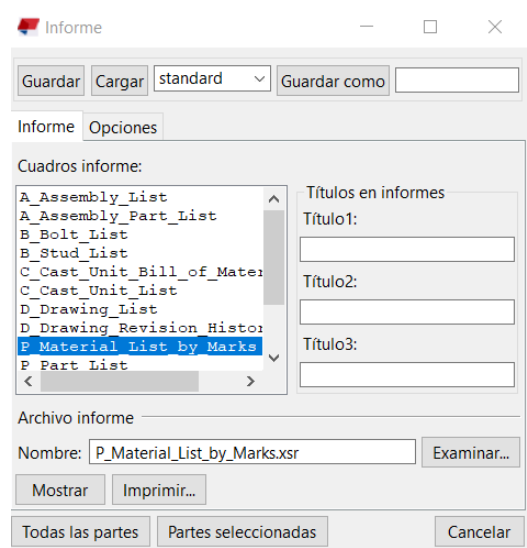


Figura 39: Selección para crear listado de materiales.

- En las Figura 40 y Figura 41 se puede observar el listado de materiales del proyecto en Tekla Structure.

Informe												
C/1	1012	1	PL20*520	S235JR	737	0.8	0.0	-0.0	-0.0	0.0	0.0	0.0
C/2	1015	1	PL20*520	S235JR	790	0.9	0.0	-0.0	-0.0	0.0	0.0	0.0
C/2	1002	1	PL20*520	S235JR	661	0.7	0.0	-0.0	-0.0	0.0	0.0	0.0
C/4	1013	1	PL20*520	S235JR	739	0.8	0.0	-0.0	-0.0	0.0	0.0	0.0
Total 1 Partes PL20*520 : 2.93 m, 3.16 m², 0.00 T												
C/1	1001	1	PL20*582	S235JR	582	0.7	0.0	-0.0	-0.0	-0.0	0.0	0.0
Total 1 Partes PL20*582 : 0.58 m, 0.68 m², 0.00 T												
C/1	1005	1	PL20*737	S235JR	961	1.3	0.0	-0.0	-0.0	0.0	0.0	0.0
C/2	1005	1	PL20*737	S235JR	962	1.3	0.0	-0.0	-0.0	0.0	0.0	0.0
C/2	1005	1	PL20*737	S235JR	961	1.3	0.0	-0.0	-0.0	0.0	0.0	0.0
C/3	1011	1	PL20*737	S235JR	737	1.0	0.0	-0.0	-0.0	0.0	0.0	0.0
C/3	1005	2	PL20*737	S235JR	961	1.3	0.0	-0.0	-0.0	0.0	0.0	0.0
C/4	1005	1	PL20*737	S235JR	961	1.3	0.0	-0.0	-0.0	0.0	0.0	0.0
Total 6 Partes PL20*737 : 6.51 m, 8.81 m², 0.00 T												
C/1	1006	1	PL20*739	S235JR	994	1.4	0.0	-0.0	-0.0	-0.0	0.0	0.0
C/2	1006	1	PL20*739	S235JR	994	1.4	0.0	-0.0	-0.0	0.0	0.0	0.0
C/3	1014	1	PL20*739	S235JR	739	1.0	0.0	-0.0	-0.0	-0.0	0.0	0.0
C/3	1006	2	PL20*739	S235JR	994	1.4	0.0	-0.0	-0.0	-0.0	0.0	0.0
C/4	1006	2	PL20*739	S235JR	994	1.4	0.0	-0.0	-0.0	0.0	0.0	0.0
Total 6 Partes PL20*739 : 6.70 m, 9.21 m², 0.00 T												
C/1	1007	1	PL20*790	S235JR	961	1.4	0.0	-0.0	-0.0	0.0	0.0	0.0
C/4	1016	1	PL20*790	S235JR	790	1.2	0.0	-0.0	-0.0	0.0	0.0	0.0
C/4	1007	1	PL20*790	S235JR	961	1.4	0.0	-0.0	-0.0	0.0	0.0	0.0
Total 2 Partes PL20*790 : 2.71 m, 3.97 m², 0.00 T												
B/1	b/1	1	W12*14	S235JR	2638	4.6	0.0	-0.0	-0.0	0.0	0.0	0.0
B/2	b/2	1	W12*14	S235JR	2401	4.2	0.0	-0.0	-0.0	0.0	0.0	0.0
B/2	b/2	1	W12*14	S235JR	2401	4.2	0.0	-0.0	-0.0	0.0	0.0	0.0
B/3	b/3	5	W12*14	S235JR	2401	4.2	0.0	-0.0	-0.0	0.0	0.0	0.0
B/3	b/3	3	W12*14	S235JR	2401	4.2	0.0	0.0	-0.0	0.0	0.0	0.0
B/3	b/3	1	W12*14	S235JR	2401	4.2	0.0	0.0	-0.0	0.0	0.0	0.0
B/4	b/4	4	W12*14	S235JR	3600	6.3	0.0	-0.0	-0.0	0.0	0.0	0.0
C/1	c/1	1	W12*14	S235JR	9000	15.8	0.0	-0.0	-0.0	0.0	0.0	0.0
C/2	c/1	1	W12*14	S235JR	9000	15.8	0.0	-0.0	-0.0	0.0	0.0	0.0
C/3	c/1	1	W12*14	S235JR	9000	15.8	0.0	-0.0	-0.0	0.0	0.0	0.0
C/4	c/1	1	W12*14	S235JR	9000	15.8	0.0	-0.0	-0.0	0.0	0.0	0.0
Total 4 Partes W12*14 : 79.45 m, 139.51 m², 0.00 T												

Figura 40: Lista de materiales en Tekla, parte I.

Lista

Informe

C/1	1012	1	PL20*520	S235JR	737	0.8	0.0	-0.0	-0.0	0.0	0.0
C/2	1015	1	PL20*520	S235JR	790	0.9	0.0	-0.0	-0.0	0.0	0.0
C/2	1002	1	PL20*520	S235JR	661	0.7	0.0	-0.0	-0.0	0.0	0.0
C/4	1013	1	PL20*520	S235JR	739	0.8	0.0	-0.0	-0.0	0.0	0.0
Total 1 Partes PL20*520 : 2.93 m, 3.16 m², 0.00 T											
C/1	1001	1	PL20*582	S235JR	582	0.7	0.0	-0.0	-0.0	-0.0	0.0
Total 1 Partes PL20*582 : 0.58 m, 0.68 m², 0.00 T											
C/1	1005	1	PL20*737	S235JR	961	1.3	0.0	-0.0	-0.0	0.0	0.0
C/2	1005	1	PL20*737	S235JR	962	1.3	0.0	-0.0	-0.0	0.0	0.0
C/2	1005	1	PL20*737	S235JR	961	1.3	0.0	-0.0	-0.0	0.0	0.0
C/3	1011	1	PL20*737	S235JR	737	1.0	0.0	-0.0	-0.0	0.0	0.0
C/3	1005	2	PL20*737	S235JR	961	1.3	0.0	-0.0	-0.0	0.0	0.0
C/4	1005	1	PL20*737	S235JR	961	1.3	0.0	-0.0	-0.0	0.0	0.0
Total 6 Partes PL20*737 : 6.51 m, 8.81 m², 0.00 T											
C/1	1006	1	PL20*739	S235JR	994	1.4	0.0	-0.0	-0.0	-0.0	0.0
C/2	1006	1	PL20*739	S235JR	994	1.4	0.0	-0.0	-0.0	0.0	0.0
C/3	1014	1	PL20*739	S235JR	739	1.0	0.0	-0.0	-0.0	-0.0	0.0
C/3	1006	2	PL20*739	S235JR	994	1.4	0.0	-0.0	-0.0	-0.0	0.0
C/4	1006	2	PL20*739	S235JR	994	1.4	0.0	-0.0	-0.0	0.0	0.0
Total 6 Partes PL20*739 : 6.70 m, 9.21 m², 0.00 T											
C/1	1007	1	PL20*790	S235JR	961	1.4	0.0	-0.0	-0.0	0.0	0.0
C/4	1016	1	PL20*790	S235JR	790	1.2	0.0	-0.0	-0.0	0.0	0.0
C/4	1007	1	PL20*790	S235JR	961	1.4	0.0	-0.0	-0.0	0.0	0.0
Total 2 Partes PL20*790 : 2.71 m, 3.97 m², 0.00 T											
B/1	b/1	1	W12*14	S235JR	2638	4.6	0.0	-0.0	-0.0	0.0	0.0
B/2	b/2	1	W12*14	S235JR	2401	4.2	0.0	-0.0	-0.0	0.0	0.0
B/2	b/2	1	W12*14	S235JR	2401	4.2	0.0	-0.0	-0.0	0.0	0.0
B/3	b/3	5	W12*14	S235JR	2401	4.2	0.0	-0.0	-0.0	0.0	0.0
B/3	b/3	3	W12*14	S235JR	2401	4.2	0.0	0.0	-0.0	0.0	0.0
B/3	b/3	1	W12*14	S235JR	2401	4.2	0.0	0.0	-0.0	0.0	0.0
B/4	b/4	4	W12*14	S235JR	3600	6.3	0.0	-0.0	-0.0	0.0	0.0
C/1	c/1	1	W12*14	S235JR	9000	15.8	0.0	-0.0	-0.0	0.0	0.0
C/2	c/1	1	W12*14	S235JR	9000	15.8	0.0	-0.0	-0.0	0.0	0.0
C/3	c/1	1	W12*14	S235JR	9000	15.8	0.0	-0.0	-0.0	0.0	0.0
C/4	c/1	1	W12*14	S235JR	9000	15.8	0.0	-0.0	-0.0	0.0	0.0
Total 4 Partes W12*14 : 79.45 m, 139.51 m², 0.00 T											

Figura 41: Lista de materiales en Tekla, parte II.

- En SDS/2 se puede crear un reporte del proyecto, el cual se muestra en la Figura 42, en formato PDF para quien no tenga la licencia del programa. Además éste entrega la vista 3D del proyecto.

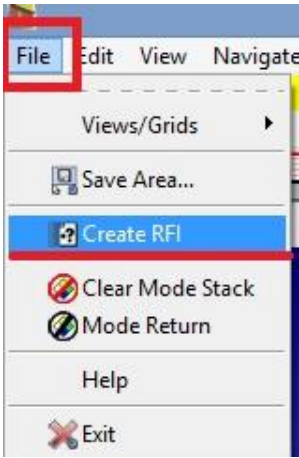


Figura 42: Generador de reporte informativo, SDS/2.

- La Figura 43 muestra la torre modelada en el software SDS/2.

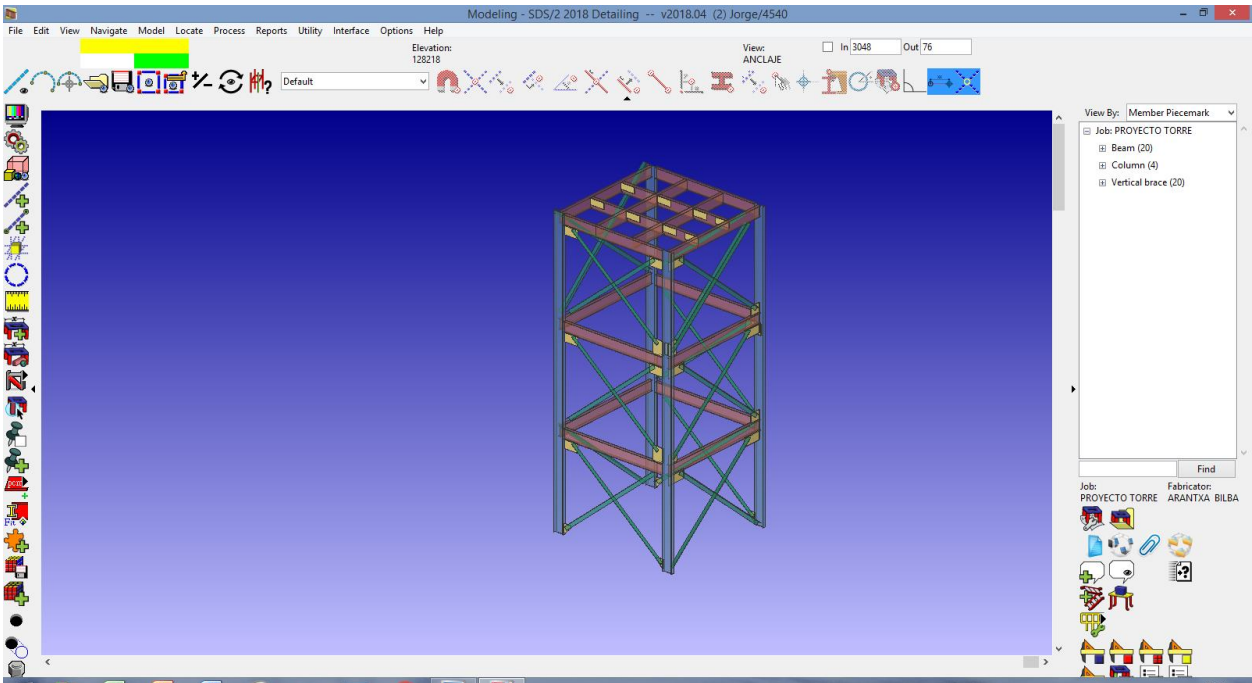


Figura 43: Torre SDS/2.

- La siguiente Figura 44, muestra la torre final realizada en Tekla Structure.

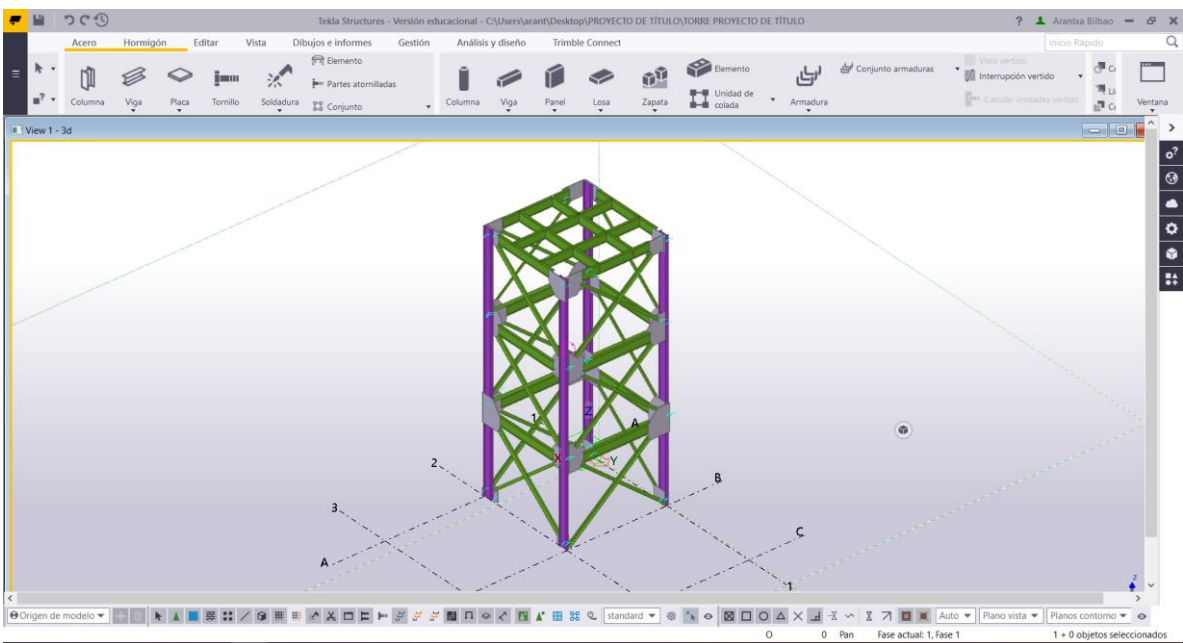


Figura 44: Torre Tekla Structure.

CONCLUSIONES

La metodología de trabajo BIM, se considera la más completa a nivel mundial, por los diversos ámbitos que puede abarcar, la cual en el futuro desplazará al 2D y 3D, y será la dominante en el área de la construcción.

SDS/2 posee esta herramienta de trabajo, lo que lo lleva a ser un software completo y con mucho futuro. El crecimiento de la empresa (desarrollo del software) se ha centrado en Estados Unidos y Canadá, ya que el grupo Nemetschek compró a Design Data, que era la empresa creadora del software, esto con el objetivo de masificar su uso en el mercado europeo, no siendo Sudamérica un mercado atractivo, a pesar de que el primer programa de detallamiento de estructuras de acero en Chile fue SDS/2, el cual fue desplazado posteriormente por su competencia directa a nivel mundial Tekla Structure. Principalmente por el menor costo de éste último, es actualmente el software más usado en la industria metalmecánica en el país.

Por lo mencionado anteriormente, el objetivo de la empresa es dar a conocer el software a través de donaciones a instituciones. A demás durante el año 2018, SDS/2 estuvo realizando gestiones con ICHA, para incorporar la perfilería chilena al software, pero esto no se concretó por las razones ya mencionadas. En el caso de Tekla Structures, tiene la capacidad de crear los perfiles con los estándares de cada país.

A través de la investigación realizada, es importante destacar la alta superioridad que tiene SDS/2 con respecto a Tekla, ya que el primero al poseer una gran cantidad de herramientas, tiene un menor tiempo de modelado por la capacidad de generar un reporte automático del cálculo que el mismo software realiza. En cambio, Tekla Structures, necesita un departamento de ingeniería para poder realizar los cálculos necesarios para la creación de los proyectos.

Al realizar el análisis, ambos programas entregaron como resultado del modelado de la torre, cada uno de los planos de miembros, fabricación y montaje, con la única diferencia que en Tekla, el detallamiento de estos es manual, y en SDS/2 es automático. Cada software entrega la lista de materiales completa del proyecto.

Con respecto a las herramientas que estos tienen, ambos son similares, pero SDS/2 sobresale por su capacidad de crear las conexiones automáticamente entre los componentes. En la creación del proyecto en Tekla, se consideran 81 HH para el desarrollo del cálculo de las conexiones, 1 HH para el modelado y 0.5 HH en el detallamiento de cada plano.

En SDS/2 se deben considerar aprox. 2 HH en el modelado y creación de planimetría, ya que las conexiones se generan automáticamente y los planos se crean en 2 pasos, incluyendo su detallamiento.

BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES DE INFORMACIÓN

NEMETSCHEK, SDS/2, [en línea], <<https://sds2.com/>>

NEMETSCHEK, Nemetschek Group, [en línea], <<https://www.nemetschek.com/>>

ALACERO, Asociación Latinoamericana del Acero, [en línea],
<https://www.alacero.org/sites/default/files/publicacion/america_latina_en_cifras_2018_es-en.pdf>

ICHA, Instituto Chileno del Acero, [en línea], <<https://icha.cl/el-acero/>>

SDS/2, Cálculos ampliados, [en línea],
<file:///C:/ProgramData/SDS2_2018/output/tmp/c6baca77-87bf-459e-8cb5-047dc8d69360.html>

Especificación ANSI/AISC 360-10 para construcciones de acero, [en línea]. Santiago, Chile. Carlos Ahumada, 2010. <https://www.u-cursos.cl/usuario/0aa8cf970f34da4081605da3f277ecbf/mi_blog/r/mmodificada.pdf>. ISBN N°: 978-956-8181-12-3

MACROSTEEL, Soluciones integrales de Ingeniería, [en línea],
<<http://www.macrosteel.cl/>>

TRIMBLE, Tekla Structures, [en línea], <<https://www.tekla.com/la/productos/tekla-structures>>

ANEXOS

Como se ha indicado, una de las ventajas más grandes que tiene SDS/2 sobre Tekla Structure, es la capacidad de crear conexiones automáticas entre sus miembros.

En la investigación, se comprobó esto al realizar varias preguntas a profesionales (Ingenieros calculistas) de una prestigiosa empresa de la octava región (Macrosteel), dedicada al detallamiento de estructuras de acero la cual utiliza el software tekla, la cual cuenta con un departamento de diseño para crear las conexiones. Los datos se muestran en la Figura 45.

Al plantearle las preguntas, respondieron de la siguiente manera:

- **¿Cómo se desarrollan las conexiones en el departamento de Ingeniería?**

Resp: Las conexiones se calculan principalmente a través de planillas de cálculo, en las cuales se ingresan todas las verificaciones indicadas por normas, ya sean nacionales o extranjeras, y en algunos casos, requerimientos especiales que se puedan generar en algún proyecto en particular. Los diseños de las conexiones son realizados por ingenieros y se entrega un resumen con los parámetros y geometría necesaria para que sean detalladas.

- **¿Cuánto tiempo requiere el calculista para desarrollar las conexiones y qué método de cálculo utilizan?**

Resp: Depende del tipo de conexión, existen conexiones con mayor cantidad de verificaciones las cuales necesitan más tiempo, ejemplo, los nudos en elevación (aprox. 1 a 2 HH por nudo) y conexiones simples, ejemplo, verificación de soldaduras (0.5HH por conexión).

El método utilizado depende del proyecto y los requerimientos de cliente. En general, se trabaja mayoritariamente con el método ASD.



Christian Gäbler Solís

Gerente de Ingeniería

Santiago: La Concepción 322, Piso 8, Providencia.

Concepción: Chacabuco 485, Piso 5

Teléfonos: (2) - 2220 89 74 / (41) - 2213000

Móvil: +56 9 983 024 12

cgabler@macrosteel.cl

www.macrosteel.cl

Figura 45: Empresa encuestada.

- Adjunto reporte de las verificaciones realizadas a una diagonal cajón apernada en la Figura 46.

	DEPARTAMENTO DE INGENIERIA	Página
	PROYECTO QUEBRADA BLANCA II	19 de 40

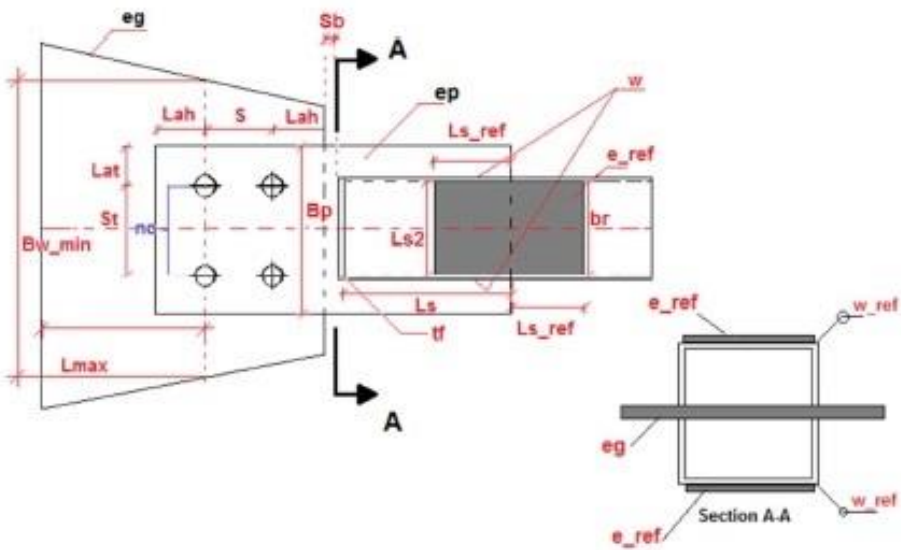
Q01D- CJ-11
REV A

DATA

ELEMENT	SHAPE	STEEL GRADE
BRACE	CJ20x20x35.8 (200 x 200 x 6)	A36

DESIGN LOADS

FORCE	LOADS (kN)	CAPACITY (%)	REFERENCE
TENSION, T	691,73	100%	



GUSSET CONNECTION

eg min (mm)	Bw min (mm)	Lmax1 (mm)	Lmax2 (mm)
20	260	320	590
A36			

PLATE BRACE-CONNECTION

ep min (mm)	Bp min (mm)	Ls/D1 min (mm)	sb max (mm)	Stf (mm)	tf (mm)
20	260	360 / 5	20	—	—
		E70			

PLATE-GUSSET CONNECTION

Ø Bolt	Nº Column Nc	Nº Total Pernos	St min (mm)	S max (mm)	Lat min (mm)	Lah min (mm)
3/4	3	15	80	80	50	50
A325						

MCC-03101.H113-01

REV 1

27/06/2019

Figura 46: Reporte de cálculo empresa Macrosteel, parte I.

- La Figura 47 muestra parte de un reporte de cálculo realizado por la empresa Macrosteel.

	DEPARTAMENTO DE INGENIERIA	Página
	PROYECTO QUEBRADA BLANCA II	20 de 40

BRACE REINFORCEMENT			
a_ref min (mm)	br min (mm)	Ls_ref/Dr.1 min (mm)	Ls2/Dr.2 min (mm)
-	-	-	-
-	-	-	-

REPORT OF CONNECTION		
LIMIT STATE VERIFICATIONS	RELATION	PCC REFERENCE
INTERFACE BRACING TO PLATE		
[Plate-Brace] Strength of welding	94%	3.3
Strength of Bracing - Shear yield (V)	81%	2.2
Strength of Bracing - Shear Rupture (V)	67%	2.2
Strength of Plate - Shear yield (V)	48%	2.2
Strength of Plate - Shear Rupture (V)	40%	2.2
BRACING		
Tensile Rupture	99%	5.1.D.1
[Refuerzo] Weld Strength	0%	3.3
INTERFACE PLATE TO GUSSET		
Bolt Shear	87%	2.1
PLATE		
Bolt Bearing - Plate	87%	2.4
Tensile Yielding - Plate	90%	2.2
Tensile Rupture - Plate	89%	2.2
Block Shear Strength [C-Shaped failure path]	44%	AISC-360-10 (J4-5)
Block Shear Strength [1-L-Shaped failure path]	59%	AISC-360-10 (J4-5)
Block Shear Strength [2-L-Shaped failure path]	37%	AISC-360-10 (J4-5)
Compression Buckling [1 Side]	91%	AISC-360-10 (E3-1)
GUSSET		
Bolt Bearing - Gusset	87%	5.1.C.1
Block Shear Strength [C-Shaped failure path]	44%	AISC-360-10 (J4-5)
Whitmore Tensile Yielding-Gusset	83%	5.1.C.3.1
Whitmore Tensile Rupture-Gusset	81%	5.1.C.3.2
Compression Buckling [1 Side]	100%	5.1.C.4
Compression Buckling [2 Side]	100%	5.1.C.4
CRITICAL STRENGTH RELATION	100%	OK

Figura 47: Reporte de cálculo empresa Macrosteel, parte II.

- La muestra la VIGA B_48, detallada anteriormente.

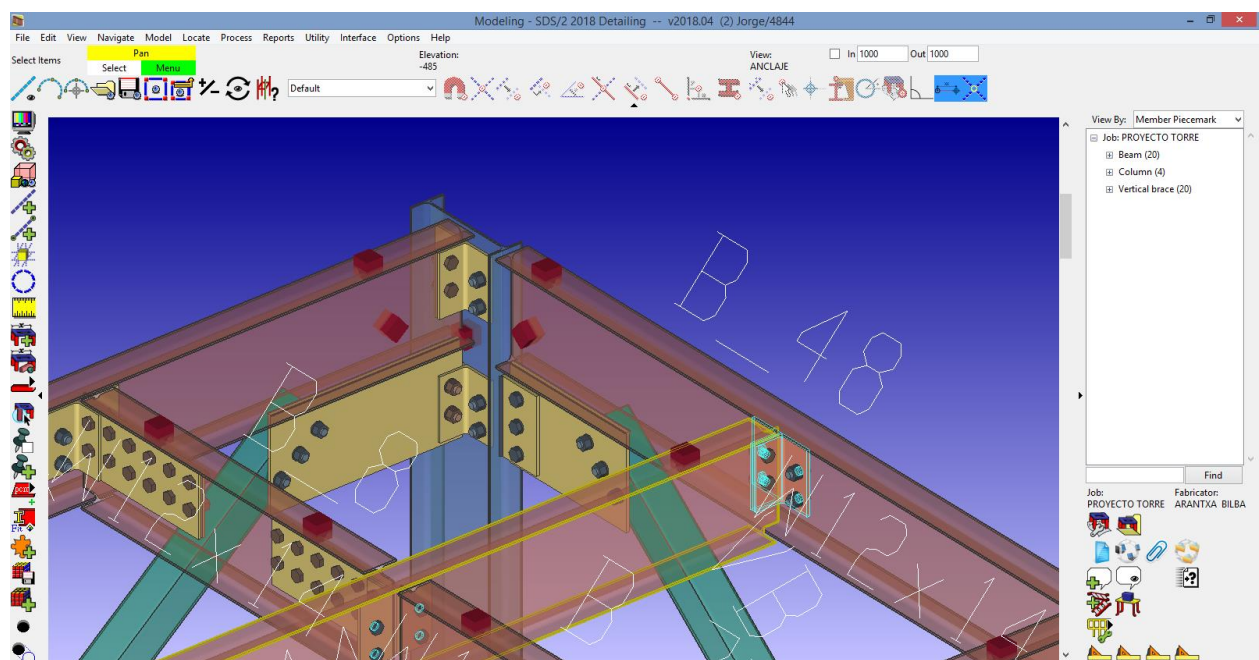


Figura 48: Viga B_48