



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

**Comportamiento en las conexiones y
apareamientos, de perfiles metálicos
estructurales**

Daniel Alejandro Castaño Castañeda

Universidad de Antioquia
Facultad de Ingeniería, Escuela Ambiental
Medellín, Colombia
2019



Comportamiento en las conexiones y apareamientos, de perfiles metálicos
estructurales

Daniel Alejandro Castaño Castañeda

Informe de práctica
como requisito para optar al título de:
Ingeniero Civil

Asesores:

Juan Carlos Obando Fuertes, Ingeniero Civil

Juan Carlos Martínez Roldan, Ingeniero Civil

Universidad de Antioquia
Facultad de Ingeniería, Departamento, Escuela Ambiental
Medellín, Colombia
2019

Contenido

1	Identificación del estudiante.....	6
2	Identificación del asesor interno (U. de A.)	6
3	Identificación del asesor externo (empresa).....	6
4	Identificación de la empresa.....	6
5	Título.....	7
6	Resumen.....	7
7	Introducción.....	7
8	Objetivo general.....	9
8.1	Objetivos específicos.....	9
9	Marco Teórico.....	10
10	Metodología.....	11
11	Resultados y análisis.....	12
12	Conclusiones.....	13
13	Referencias Bibliográficas.....	13
14	Anexos.....	14
14.1	Manual de labores realizadas durante la práctica académica.....	14
14.1.1	Despiece de proyectos de ingeniería.....	15
14.1.2	Digitación de cartillas de figurado.....	15
14.1.3	Pre-diseño de estructura metálica.....	16
14.1.4	Asesoría técnica a clientes.....	25
14.1.5	Atención y seguimiento comercial de clientes.....	25
14.1.6	Ejecutar las actividades que se derivan del área de Ingeniería, teniendo en cuenta las correspondientes orientaciones del líder.....	26
14.2	Manual para el proceso de digitado de acero figurado.....	26
14.3	Manual de uso de Cype 3D.....	34
14.4	Viabilidad de uso de perfiles apareados como pilares.....	46
14.5	Conexiones.....	54
14.5.1	Tipo de conector:.....	54
14.5.2	Rigidez de la conexión:.....	54
14.5.3	Tipo de elemento o de solicitación:.....	54
14.5.4	Conexiones soldadas:.....	55
14.5.5	Conexión empernada:.....	55
14.5.6	Conexiones simples:.....	56
14.5.7	Conexiones semi rígidas:.....	57
14.5.8	Conexión rígida:.....	57
14.5.9	Conexiones diagonales:.....	58
14.5.10	Conexiones usuales.....	58
14.5.11	Conexión viga-columna.....	59
14.5.12	Conexiones a momento atornilladas sin rigidizar y rigidizadas tipo End-Plate.....	63
14.6	Perfiles individuales y en cajón usados como columnas.....	64
14.6.1	Perfiles individuales:.....	64
14.6.2	Perfiles en cajón.....	65

Tabla de ilustraciones

Ilustración 1. Plano de estructura diseñada en perfiles metálicos.	15
Ilustración 2. Plano estructural de estructura de hormigón.	16
Ilustración 3. Mezzanine.	17
Ilustración 4. Rampa.	17
Ilustración 5. Cubierta.	18
Ilustración 6. Mezzanine.	18
Ilustración 7. Mezzanine.	19
Ilustración 8. Losa en metaldeck.	19
Ilustración 9. Edificación de apartamentos.	20
Ilustración 10. Bodega.	20
Ilustración 11. Supermercado.	21
Ilustración 12. Casa.	21
Ilustración 13. Bodega.	22
Ilustración 14. Repotenciación edificación.	22
Ilustración 15. Apartamentos.	23
Ilustración 16. Puente vehicular.	23
Ilustración 17. Locales Comerciales	24
Ilustración 18. Foso ascensor.	24
Ilustración 19. Restaurante bar.	25
Ilustración 20. Ventana de inicio software de digitación de figurado.	27
Ilustración 21. Listado de clientes software de digitación de figurado.	27
Ilustración 22. Listado de obras software de digitación de figurado.	28
Ilustración 23. Figura producida con el código 5225L.	29
Ilustración 24. Figura producida con el código 3132E.	29
Ilustración 25. Figuras que ofrece el software de digitación de figurado.	30
Ilustración 26. Figuras que ofrece el software de digitación de figurado.	30
Ilustración 27. Figura especial.	31
Ilustración 28. Condiciones mínimas de producción.	32
Ilustración 29. Informes.	33
Ilustración 30. Cartilla de producción acero figurado.	33
Ilustración 31. Icono Cype.	34
Ilustración 32. Opciones de diseño Cype.	35
Ilustración 33. Plataforma de diseño Cype 3d.	35
Ilustración 34. Menú de dirección de destino del diseño.	36
Ilustración 35. Identificación del proyecto.	36
Ilustración 36. Ventana de nueva obra.	37
Ilustración 37. Menú condiciones de diseño.	37
Ilustración 38. Normas.	38
Ilustración 39. Estados límite.	38
Ilustración 40. Estados límite.	39
Ilustración 41. Acero.	39
Ilustración 42. Madera.	40
Ilustración 43. Aluminio extruido.	40
Ilustración 44. Hormigón.	41
Ilustración 45. Cementación.	41
Ilustración 46. Plataforma de trabajo de diseño.	42

Ilustración 47. Mercados la playa.	43
Ilustración 48. Restaurante bar Quibdó.....	43
Ilustración 49. Foso ascensor.....	44
Ilustración 50. Cubierta.....	44
Ilustración 51. Techo en arco.	45
Ilustración 52. Edificación de 4 pisos.....	45
Ilustración 53. Estructura edificación para vivienda.	48
Ilustración 54. Estructura edificación para vivienda.	49
Ilustración 55. Chequeo de resistencia y flecha límite en la estructura.....	50
Ilustración 56. Chequeo de derivas eje X.....	50
Ilustración 57. Chequeo de derivas eje Y.....	51
Ilustración 58. Cotización estructura metálica y estructura de losa del proyecto.....	51
Ilustración 59. Chequeo de resistencia y flecha límite en la estructura.....	52
Ilustración 60. Chequeo de derivas eje X.....	52
Ilustración 61. Chequeo de derivas eje Y.....	53
Ilustración 62. Cotización estructura metálica y estructura de losa del proyecto.....	53
Ilustración 63. Comparación de perfiles.	53
Ilustración 64. Resumen de mediciones Cype 3D.....	54
Ilustración 65. Transferencia de momento según el tipo de conexión.	56
Ilustración 66. Conexión simple pernada.	57
Ilustración 67. Falla de ángulo sometido carga de flexión en conexión simple.	57
Ilustración 68. Tipos de arriostramientos.....	58
Ilustración 69. Conexión simple viga con columna.....	59
Ilustración 70. Conexión viga con viga de igual altura.....	60
Ilustración 71. Conexión viga con viga de alturas diferentes.	60
Ilustración 72. Conexión usando pernos y soldadura.....	60
Ilustración 73. Conexión a momento.....	61
Ilustración 74. Conexión simple.....	61
Ilustración 75. Conexión con ángulo de asiento.....	62
Ilustración 76. Conexión de momento.	62
Ilustración 77. Conexión diagonal de contraventeo (riostros).....	62
Ilustración 78. Empalme atornillado de columnas.....	63
Ilustración 79. Placa base de columnas.	63
Ilustración 80. Cuatro pernos son rigidizar.	64
Ilustración 81. Cuatro pernos rigidizado.....	64
Ilustración 82. Ocho pernos rigidizado.	64
Ilustración 83. Secciones de perfiles apareados.....	65



1 Identificación del estudiante

Nombres y apellidos.	Daniel Alejandro Castaño Castañeda
Semestre académico.	X

2 Identificación del asesor interno (U. de A.)

Nombres y apellidos.	Juan Carlos Obando Fuertes
----------------------	----------------------------

3 Identificación del asesor externo (empresa)

Nombres y apellidos.	Juan Carlos Martínez Roldán
----------------------	-----------------------------

4 Identificación de la empresa

Nombre de la empresa.	Cyrgo SAS
Dirección.	Carrera 55A # 62 ^a – 80
Ciudad.	Medellín
Teléfono.	2635932
Actividad económica.	Comercial

5 Título

Comportamiento en las conexiones y apareamientos, de perfiles metálicos estructurales.

6 Resumen

Con el fin de dar a conocer las labores que como practicante de ingeniería se realizan en la empresa Cyrgo SAS, se redactaron dos manuales de uso de software utilizado allí, y un manual de labores realizadas durante las prácticas académicas. Debido a que la labor de ingeniería de la empresa está relacionada con el pre-diseño de estructuras metálicas, se pretendió desarrollar algunos temas relacionados con las mismas. En relación con lo anterior, en este trabajo se da a conocer aspectos básicos de conexiones, y metodologías típicas y seguras que se utilizan en el medio de las estructuras en acero, en donde se encontró que las conexiones se clasifican básicamente de acuerdo a la capacidad de rotación de la viga, en donde, la conexión es simple si permite rotación, rígida si no permite rotación, y semi rígida si la rotación está ubicada entre los grados de rotación de las dos clasificaciones anteriores. La fabricación de conexiones se da mediante soldadura o pernos, en donde con el uso de placas, rigidizadores o ángulos, estas se adaptan a las condiciones que se le deseen dar según el diseño.

Por último, se quiso analizar la viabilidad de uso de perfiles apareados, en diferentes modelos estructurales que generan cargas muy grandes y para las cuales los perfiles estructurales simples existentes en el mercado local no presentan las propiedades adecuadas. De este análisis se encontró que con la gama de los perfiles Wf existentes siempre se puede garantizar un reemplazo, en donde muchas veces la homologación representa economía, pero se encuentra una desventaja de pérdida de área, donde para el caso analizado fue de $0,02356 m^2$.

7 Introducción

Desde los inicios de las estructuras de acero, se hizo necesario su estudio para garantizar su estabilidad y buen funcionamiento, y en los casos que las personas, animales o algún objeto tengan una directa interacción con ellas, su estudio va encaminado principalmente en salvaguardar la integridad de estos. Dado que uno de los principales requisitos para dar forma a una estructura metálica es la unión de varios elementos, se hace necesario conocer tanto el comportamiento de los elementos, como el de las

conexiones que los une, y es donde se da inicio a las metodologías de diseño de estructuras metálicas, cuyo contenido implica chequeos en los elementos individuales y las conexiones, de manera que garanticen la estabilidad de la estructura que forman, dando pie al comercio del metal y las diferentes metodologías de diseño para la construcción en acero.

El tema de las conexiones ha sido estudiado y se ha logrado controlar en la práctica, así como el cálculo de perfiles que se van a usar en cada estructura, sin embargo, con la expansión del mercado, se presentan problemas como las solicitudes de perfiles con los que no se cuenta en el medio, y es entonces cuando se debe recurrir a los perfiles apareados.

La empresa *Cyrgo SAS*, por ejemplo, dentro del stock de ventas incluye gran variedad de perfiles metálicos, entre los cuales están los perfiles americanos *Wf tipo I*, y los *tipo H* de los cuales no hay mayor variedad y disponibilidad localmente. Generalmente la variedad de perfiles *Wf* con los que la empresa cuenta han cumplido con las necesidades que el mercado de la construcción de estructuras metálicas ha presentado.

Es claro que el mercado de estructuras metálicas en Colombia aún no es muy demandado, y más en estructuras grandes que requieren muchos pisos, sin embargo, actualmente la solicitud de este tipo de estructuras ha crecido, y consigo ha requerido algunos elementos estructurales con los que no se cuenta, al menos en la gama de los *Wf*. Tal solicitud se ha dado principalmente en las columnas, pues es sabido que estos elementos son los que están sometidos a cargas más altas y su geometría debe de asemejarse a la de un perfil *tipo H*, perfil que no cuenta con mucha variedad y disponibilidad en la gama *Wf* en el medio.

Entre los perfiles más usados localmente existen los perfiles *IPE*, *HEA* y *HEB*, para los cuales en la mayoría de sus casos existe un reemplazo equivalente en cuanto a las solicitudes estructurales en los tipos de perfiles *Wf*, sin embargo, en aquellos casos en que la sección de dichos perfiles se asemeja a la de un perfil *tipo H*, y en especial aquellos que son muy voluminosos, los *Wf* que hay localmente no pueden ser catalogados como reemplazos equivalentes.

Muchas veces surgen proyectos que implican el uso de perfiles diferentes a los *Wf*, para los cuales se puede ofrecer equivalencias, aunque no en todos los casos, o surgen proyectos que requieren perfiles para los cuales no hay oferta en el medio, ¿entonces que se hace? Como se mencionó anteriormente, los perfiles laminados *Wf* que hay localmente se encuentran muy adecuados para aplicaciones estructurales en una amplia variedad de proyectos, sin embargo, para los casos en que las exigencias estructurales de algunos proyectos no se encuentren disponibles perfiles en dimensiones adecuadas de acuerdo a los cálculos, se recurre a la fabricación de perfiles

especiales, como lo puede ser la fabricación de perfiles en base a uniones soldadas, en donde una soldadura calificada garantiza la continuidad o formación de un nuevo elemento, que supla los requerimientos del proyecto.

Es frecuente que, en proyectos de gran envergadura, como se presenta en puentes, grandes edificios o proyectos industriales, recurran a este tipo de soluciones. Hoy en la mayoría de las regiones el proceso de transformación del acero ha mostrado grandes progresos.

Dicho lo anterior, el objetivo del presente documento es hacer un breve repaso de las conexiones existentes y de los términos generales que implican el estudio de las mismas. Además, se ampliará un poco el término de perfiles apareados y la incidencia que este tipo de perfil puede tener en una estructura. Para ello se tendrá en cuenta el mercado local y los perfiles más comercializados en la empresa *Cyrgo SAS*, donde mediante el estudio de las propiedades de los perfiles con que se cuenta, y pre diseños de estructuras haciendo uso del software *Cype 3D*, *Excel* o *projecad*, se tratará de encontrar las ventajas y desventajas de la metodología de encajonar perfiles.

El objetivo de centrarnos en los aspectos mencionados es la expansión del mercado de estructuras metálicas, el desarrollo de proyectos más pretenciosos que las involucran y la solicitud de elementos que exigen suplir características estructurales que superan las características de los elementos que hay localmente.

8 Objetivo general

Implementar un manual de procedimientos desarrollados en la empresa para el diseño y producción de estructuras de acero, y simultáneamente estudiar el comportamiento estructural de un tipo de perfil apareado y su conveniencia de uso.

8.1 Objetivos específicos

- Redactar un manual corto, que dé a conocer las labores realizadas durante la práctica. Las actividades están relacionadas con el diseño y producción de estructuras de acero.
- Estudiar el comportamiento de perfiles *tipo I* apareados frente a diferentes cargas y modelos estructurales, y comparar tal comportamiento con el de los perfiles *tipo H*, para analizar la viabilidad

del uso de estos en cuanto a respuesta estructural, versatilidad constructiva y costos.

- Aprender sobre el diseño y construcción de conexiones de perfiles metálicos.

9 Marco Teórico

Las barras que conforman las estructuras metálicas se fabrican de diferentes formas de acuerdo con el tipo de perfil que se desee producir, cuyas principales características son la geometría de la cara perpendicular al eje longitudinal, la forma de tratamiento que se le da al material y la calidad de este, todo ello con el fin de crear variedad en este tipo de material que supla las solicitaciones que presentan las estructuras metálicas actualmente.

Dentro de los procesos más comunes para la obtención de los perfiles están los que se dan mediante uso de moldes, laminación y extrusión, de donde se obtienen perfiles en *L*, angulares, doble *T*, de ala ancha, redondo, triangular o cuadrado. [1]

Dado que el principal fin de la producción de perfiles metálicos es la construcción de estructuras, se hace necesario la generación de conexiones que consisten en la unión de los elementos anteriormente mencionados para dar formas a las estructuras, las cuales se clasifican principalmente en grado de su rigidez, las que siguiendo a AISC2010 son básicamente tres: conexiones simples o de corte, conexiones rígidas y conexiones semi rígidas. [2]

Según Miguel, P [3] el diseño y la fabricación de las conexiones es una de las actividades más difíciles de llevar a cabo en las construcciones de acero, a diferencia de las construcciones en hormigón, donde el vaciado garantiza su continuidad. Actualmente las conexiones tienden a ser estandarizadas en tablas o confiadas al cálculo de un software, y pues esto se da por el poco conocimiento, y por la complejidad que conlleva el análisis de las mismas.

Este mismo autor habla respecto a los requisitos de diseño y los tipos de conexiones que menciona la NSR10, en donde de forma general se clasifican en función de su relación momento rotación. Relacionando lo anterior y los tres tipos de conexiones ya mencionadas, entonces se puede entender como conexión simple a aquella que transmite momentos de magnitud despreciable, en donde en el análisis de la estructura se puede suponer que las conexiones permiten la rotación relativa de los miembros que la conectan, con el fin de que se tenga una capacidad de rotación tal que se

puedan acomodar las rotaciones determinadas. En el caso de una conexión de momento completamente restringida se transmite momento mediante una rotación despreciable entre los elementos conectados y si se trata de una conexión de momento parcialmente restringida, se transmite momento, pero la rotación no es despreciable.

Existen diferentes metodologías de diseño para dar solución a todos aquellos percances o impases que ocasionen que no haya cumplimiento de la norma, y es en donde surgen metodologías como sistemas de arriostamiento, uso de rigidizadores, uso de cartelas, rotación de los perfiles o apareamiento de perfiles. Este último es de gran ayuda debido a que la unión de perfiles mediante un cordón de soldadura calificado que garantice su continuidad genera un nuevo elemento con unas mejores inercias, que puede satisfacer condiciones de carga mucho mayores [4].

10 Metodología

Durante el proceso de prácticas académicas fue fundamental el cumplimiento de una serie de instrucciones que la empresa tiene establecidas para contribuir con la labor comercial en que se desempeña la misma. Dado lo anterior una de las principales pretensiones del informe fue exponer un poco referente a las labores realizadas en la empresa, por lo que, como primer paso se redactó dos manuales de trabajo de dos de los softwares usados en la empresa (Cype 3D y software de digitación de figurado) y manual de labores realizadas, las cuales fueron: Despiece de proyectos de ingeniería, digitación de cartilla de figurado, pre-diseño de estructura metálica, asesoría técnica a clientes, atención y seguimiento comercial de clientes y ejecutar actividades que se derivan del área de ingeniería, teniendo en cuenta las correspondientes orientaciones del líder.

Aunque solo se redactó el manual para el uso de Cype 3D y software de programa de digitación de figurado, cabe señalar que eventualmente fue oportuno el apoyo de varias hojas de Excel para cálculos rápidos en cuanto el análisis de elementos metálicos y despieces de losas o estructuras, y también el de *projecad* para hacer gráficos o visualizar planos. Cabe señalar además que eventualmente se apoyo a la empresa en labores administrativas, cotizaciones y acompañamiento en ventas.

Para la redacción de los manuales de uso de software se describió el paso a paso de cada uno de los procesos a seguir para la iniciación y el manejo del software de manera general, en donde se ilustra con imágenes y se hizo uso un ejemplo breve para explicar de una mejor manera todo el proceso.

Uno de los objetivos del proceso de prácticas fue también conocer un poco acerca de las conexiones en estructuras metálicas debido a la importancia de estas en cuanto a la estabilidad de una estructura, por lo que se realizó una revisión general de bibliografía de conexiones y posteriormente se hizo anotación en cuanto a las conexiones más comunes, chequeos y detalles importantes para su puesta en funcionamiento.

Como aspecto final, se estudio el comportamiento de perfiles apareados usados como columnas, para lo que inicialmente se realizó una hoja de cálculo que provee las propiedades de todos los perfiles *Wf* existentes apareados, y en la cual nos apoyamos en los análisis posteriores. Se tomo como muestra uno de los proyectos realizados en las asesorías técnicas, modelado mediante perfiles apareados y perfiles simples haciendo uso de *Cype 3D*, con el fin de hacer la comparación entre peso, costos, respuesta ante las solicitudes de carga y área utilizada, y de igual forma se tomaron elementos individuales al azar para hacer el mismo análisis.

11 Resultados y análisis

- En el primer y segundo análisis realizado para establecer que tan factible es realizar la homologación de perfiles individuales por perfiles apareados, se encuentra que en todos los casos es posible.
- En muchos de los casos se encuentra que los perfiles apareados implican menos peso que un perfil individual, incluso por experiencias constructivas respecto a las cuales se ha indagado, también se puede decir que a pesar de que aparear perfiles implica un cordón de soldadura discontinuo para unir los perfiles, en el caso de los perfiles individuales es mayor el gasto de soldadura y el tiempo de mano de obra debido a que las aletas y el alma del perfil tienen un espesor mucho mayor, lo que en lo proceso de soldadura implica mayor gasto de tiempo y materia prima.
- La desventaja que tiene el uso de perfiles apareados es la mayor utilización de área en el suelo donde se van a apoyar las columnas, aspecto que no es tan significativo ya que por ejemplo en el segundo caso analizado, se tiene que la diferencia de área ocupada por columna apenas son $0,02356 m^2$.
- El uso de perfiles apareados se puede volver muy conveniente ya que en la mayoría de los casos resulta más económico, y en los casos que no sea así, al menos se va a encontrar una combinación de perfiles *tipo I* que suplan la solicitud estructural. Hay que tener en cuenta que

en el mercado local los perfiles *Wf tipo H* son muy escasos, mientras que los perfiles *tipo I* son más variados, por lo que se vuelve aún más beneficiosa la técnica de aparear perfiles.

- Para realizar homologaciones de perfiles simples en perfiles apareados, en función del concepto de que las inercias de los dos ejes deben ser superadas por la homologación ofrecida, en algunos casos resulta más conveniente trabajar los ejes girados.

12 Conclusiones

- Las conexiones en estructuras metálicas son de los aspectos más complejos e importantes en una estructura. Su diseño debe estar encaminado a resistir mucho más allá que las cargas de servicio.
- El buen funcionamiento de una empresa de ingeniería depende de la buena labor de la sucesión de actividades que conlleva a la culminación de una tarea.
- Existe una serie de conexiones en estructuras metálicas que son típicamente usadas en el medio, su uso está estandarizado básicamente en tablas y su clasificación se da según el grado de libertad en la rotación del elemento que llega a la conexión.
- El uso de perfiles apareados son una buena alternativa para reemplazos de perfiles estructurales con los que no se cuente en un momento dado.
- *Cype 3D* es un software de alta fiabilidad y garantizado para el diseño de estructuras metálicas.

13 Referencias Bibliográficas

- [1] Centro informático de Andalucía (2013). *Perfiles*. Recuperado de https://thales.cica.es/rd/Recursos/rd99/ed99-0053-02/contenido/7_perfiles.htm
- [2] Alacero. (2013). *Conexiones típicas en estructuras de acero*. Recuperado de <http://www.arquitecturaenacero.org/uso-y-aplicaciones-del-acero/soluciones-constructivas/conexiones-tipicas-en-estructuras-de-acero>
- [3] Carolina, G. (2014). *Clasificación de conexiones de perfiles I de acero*. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional.
- [4] Crisafulli, J. (Ed). (2014). *Diseño Sismorresistente de Construcciones de Acero*. Santiago de Chile, Chile: Editorial Las Condes.
- [5] Lecca, N. (2014). *SlideShare*. Ucayali, Perú. Recuperado de <https://es.slideshare.net/ztaz/estructuras-metalica>

- [6] Ernest, G. y Jacques, D. (1980). *Estructuras Metálicas*. Recuperado de https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=OA7tqM0PWOkC&oi=fnd&pg=PR13&dq=estructuras+metalicas&ots=6gDs0hwftU&sig=W4xDi41hXIO_FINAL1as3ZZse5c#v=onepage&q=estructuras%20metalicas&f=false
- [7] Caori, T. (2007). *Conexiones en Estructuras Metálicas*. Recuperado de <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=oollpZDyXzEC&oi=fnd&pg=PA7&dq=conexiones+%2B+estructuras+en+acero&ots=RjkyJF0eMv&sig=-rIKDzOdFHxtICk9rlyAYcrvjDk#v=onepage&q=conexiones%20%2B%20estructuras%20en%20acero&f=false>
- [8] Peralta, M. (2015). *DISEÑO DE CONEXIONES DE ESTRUCTURAS DE ACERO ACTUALIZADO AL REGLAMENTO DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE NSR-10* (tesis de maestría). Universidad industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.
- [9] N.S. Trahair and M.A. Bradford (1998). *The Behaviour and Design of Steel Structures to AS 4100*. Melbourne, Australia: Taylor & Francis Group.

14 Anexos

A continuación, se anexan todos los análisis y procedimientos realizados para cumplir todos los objetivos planteados. Se muestra entonces la redacción de los manuales de uso de software y manual explicativo de labores realizadas durante la práctica académica, y desarrollo del repaso de conexiones en estructuras metálicas y conveniencia de uso de perfiles apareados.

14.1 Manual de labores realizadas durante la práctica académica.

La empresa Cyrgo SAS es una empresa dedicada a la comercialización y distribución de acero, actividad que la hace proveedora principal de almacenes dedicados a la venta de acero, constructoras y obras civiles. Esta labor comercial tiene como valor agregado a sus actividades, prestar servicio de asesoría técnica de ingeniería civil a sus clientes. Para la ejecución de tales asesorías están implicados varios ingenieros civiles en sus diversas sedes y practicantes de ingeniería civil que son escogidos para realizar actividades de apoyo en el área de ingeniería.

Para desempeñarme como practicante de ingeniería civil de la empresa Cyrgo SAS debo cumplir con el requisito fundamental de brindar apoyo en las tareas de ingeniería que me sean asignadas, y estar disponible para

apoyar en labores administrativas o comerciales. A continuación, se hará una breve descripción de cada una de las actividades que me fueron asignadas durante el período de tiempo que me desempeñe como practicante de ingeniería.

14.1.1 Despiece de proyectos de ingeniería

Como consecuencia de la actividad comercial de la empresa, venta de acero, usualmente se requiere cotización y provisión de perfiles metálicos, lámina, acero de refuerzo corrugado, teja o cualquier otro tipo de material que comercializa la empresa.

En diversos casos el cliente cuenta con los planos de la estructura metálica, o planos estructurales de estructura de concreto, sin tener idea de las cantidades de material que implica la materialización de la estructura. En este caso juega el rol ingenieril, la interpretación de planos para realizar el despiece del proyecto y poder realizar todo el conteo de las cantidades de materiales que se necesita, y como producto poder ofrecer cotización o venta de material al cliente.

En la ilustración 1 se puede apreciar uno de los planos de estructura metálica que envían a la empresa para servicio de despiece y cotización, para lo cual se utiliza el software *projeCAD*.

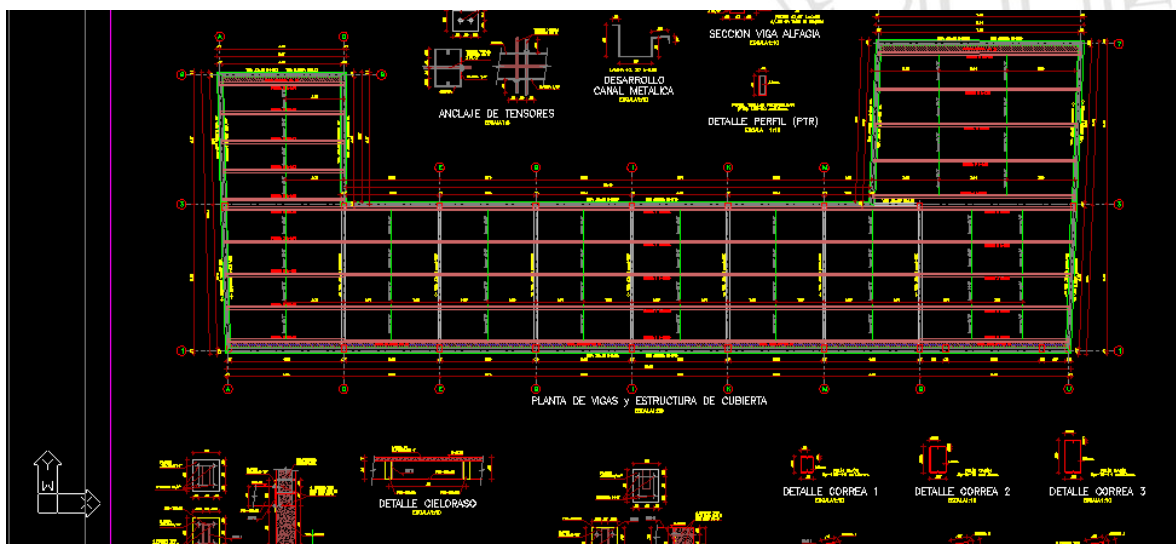


Ilustración 1. Plano de estructura diseñada en perfilería metálica.

14.1.2 Digitación de cartillas de figurado

Debido a que la empresa *Cyrgo SAS* pertenece a la multinacional *GERDAU DIACO*, dentro de los servicios que ofrece, está la venta de acero figurado.

El proceso de digitación de cartillas de figurado consiste en digitalizar acero que es enviado a la empresa en cartillas o en planos, para crear una cartilla propia y un archivo de figurado, que son obtenidos haciendo uso de un software propio de la empresa para esta actividad. La producción de las cartillas se da para conocer el peso total de acero y referenciar las figuras que se van a producir. La creación del archivo de figurado se hace para programar las máquinas que lo van a producir.

En la ilustración 2 se puede observar la forma de los planos que envían para digitación de figurado.

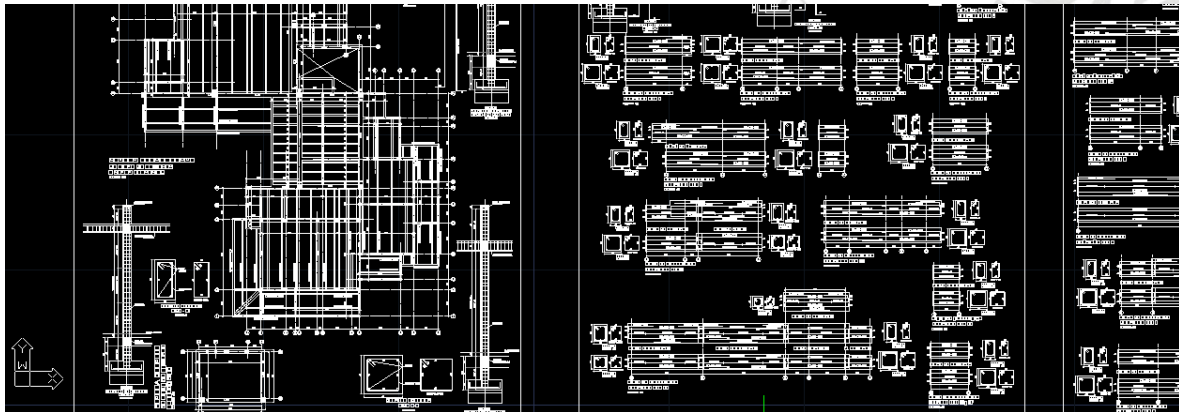


Ilustración 2. Plano estructural de estructura de hormigón.

14.1.3 Pre-diseño de estructura metálica

Cuando el cliente tiene una idea de diseño de una estructura o cuando se tienen planos de la estructura como tal, pero se desea conocer que tipo de perfilaría y cantidades de material se necesita, la empresa realiza el diseño. Haciendo uso del software *Cype 3D*, se modelan estructuras metálicas y se hace la mejor sugerencia al cliente, además se modela teniendo en cuenta todas las condiciones constructivas que la norma y las especificaciones del material a utilizar exijan.

Para la labor anterior se cuenta con capacitación brindada en la empresa, herramientas como fichas técnicas de los materiales que la empresa comercializa, u hojas de cálculo, y además se ponen en práctica los conocimientos adquiridos durante la academia. A continuación, se mostraran una selección de proyectos representativos, cuyo diseño estuvo a cargo del autor de este documento y el asesor de la empresa.

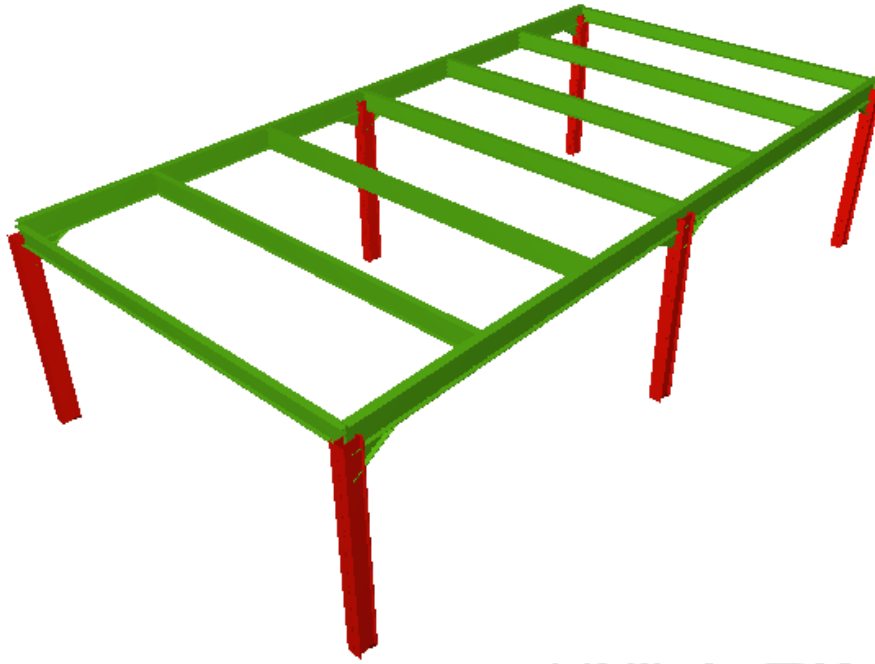


Ilustración 3. Mezzanine.

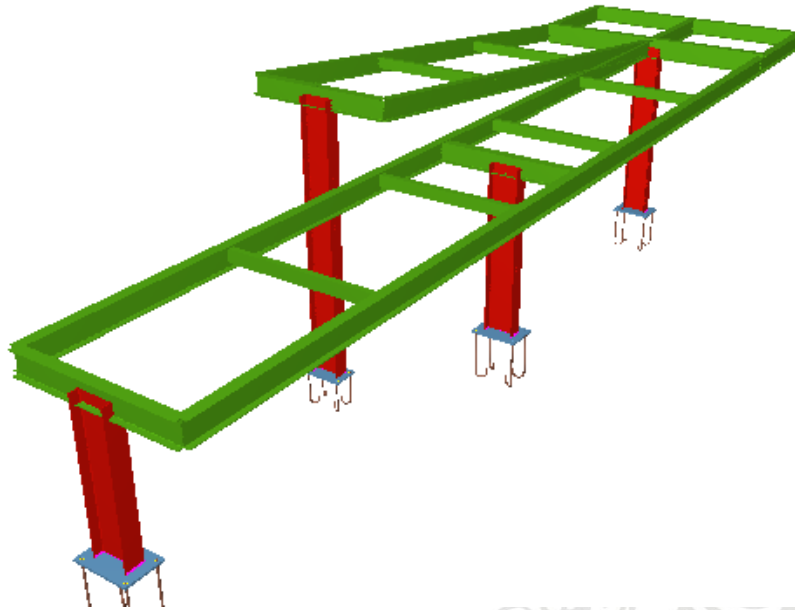


Ilustración 4. Rampa.

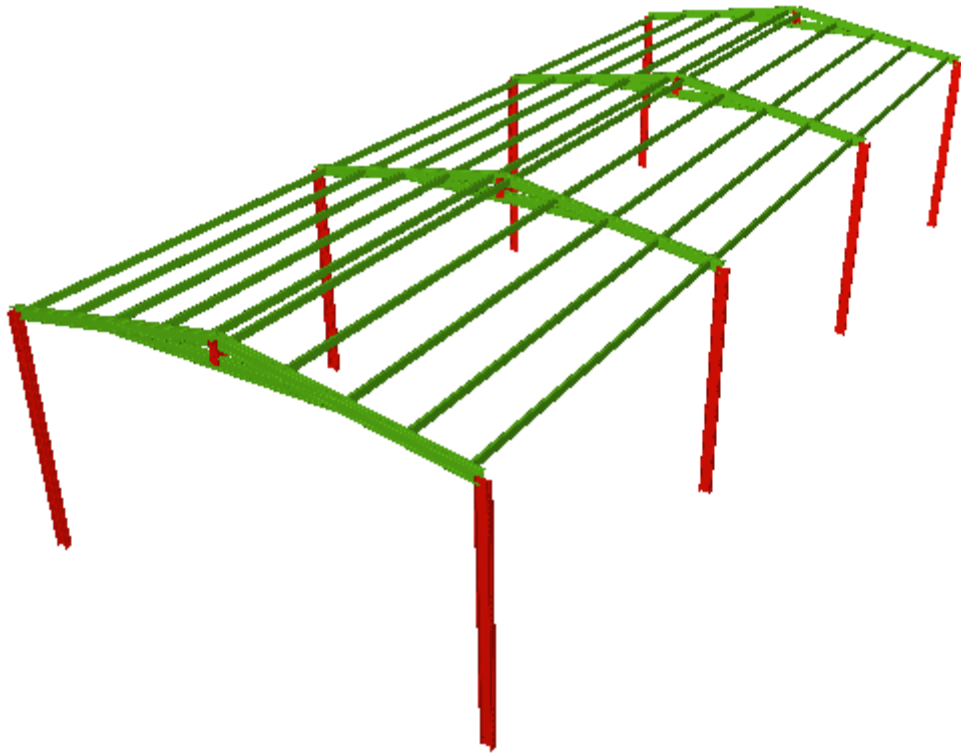


Ilustración 5. Cubierta.

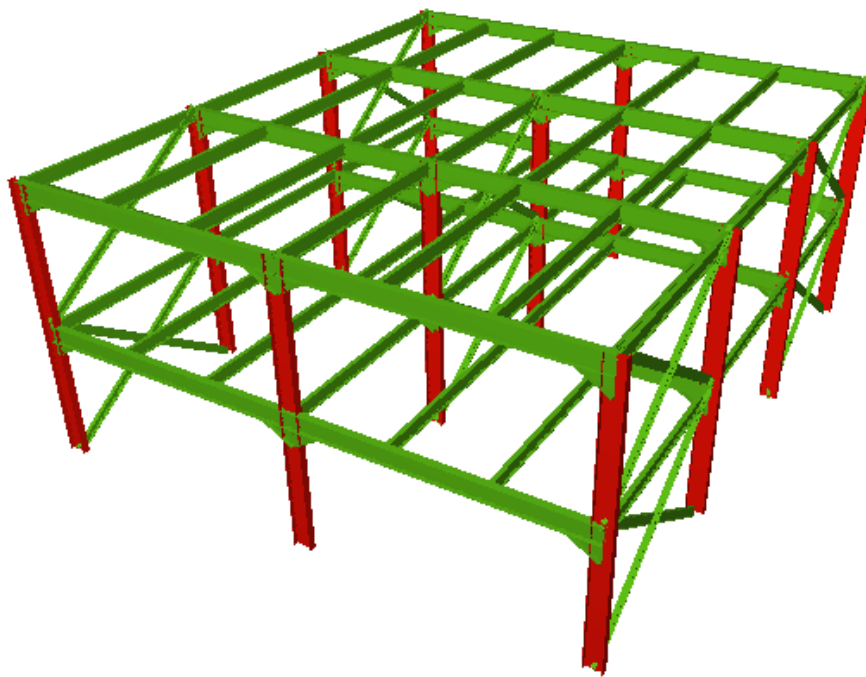


Ilustración 6. Mezzanine.

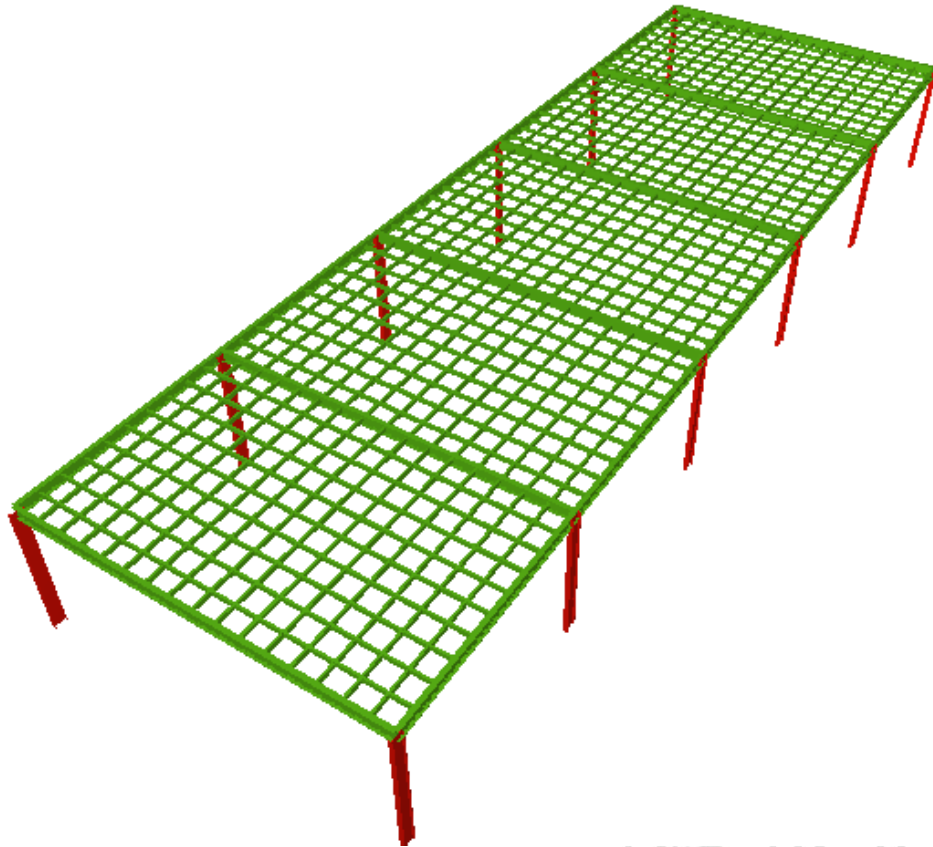


Ilustración 7. Mezzanine.

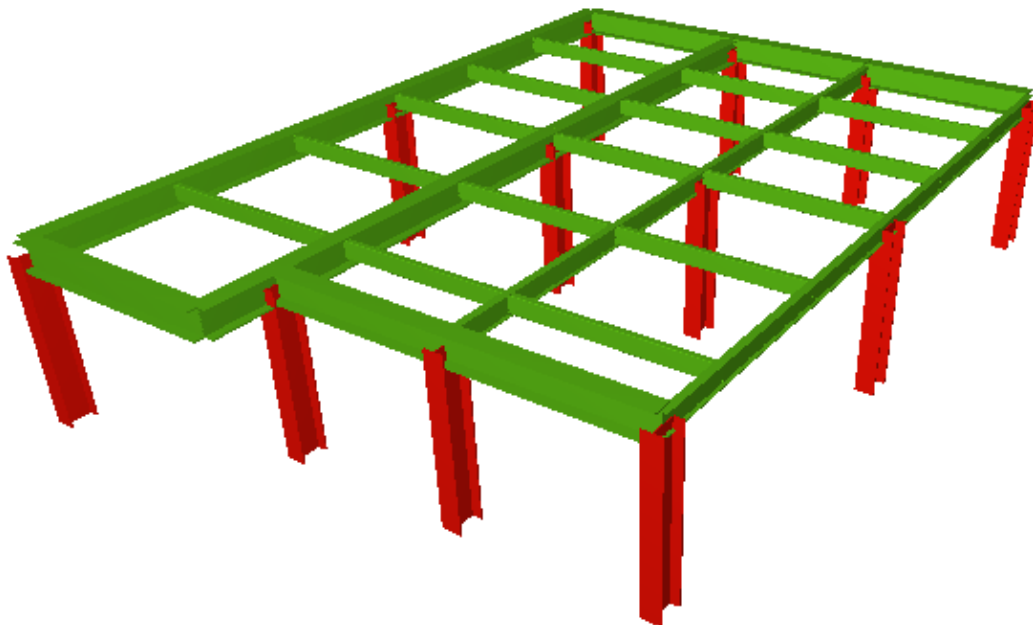


Ilustración 8. Losa en metaldeck.

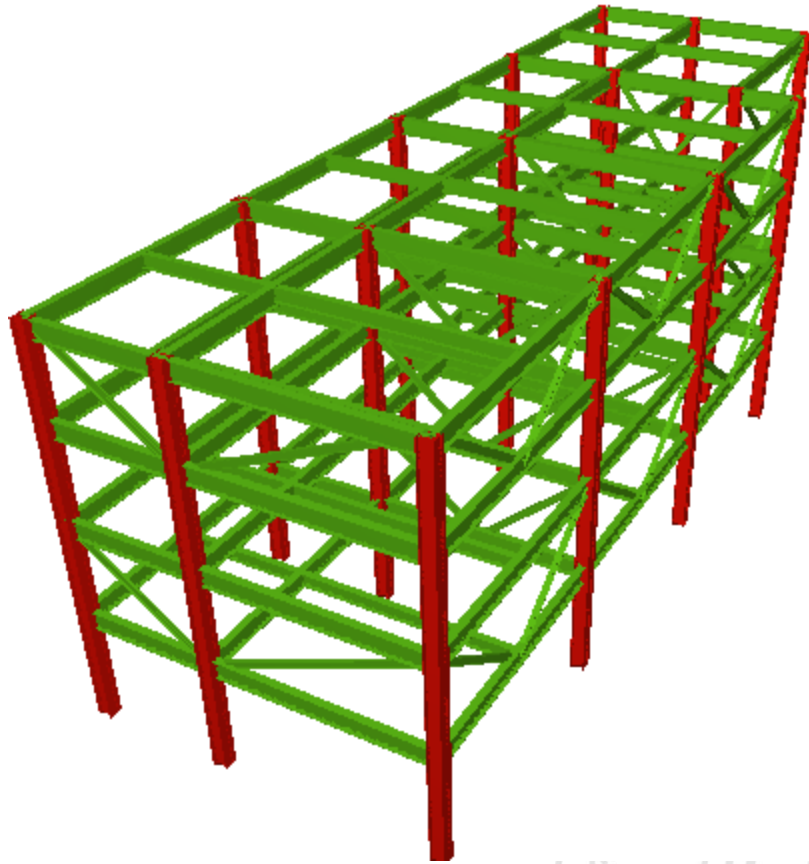


Ilustración 9. Edificación de apartamentos.

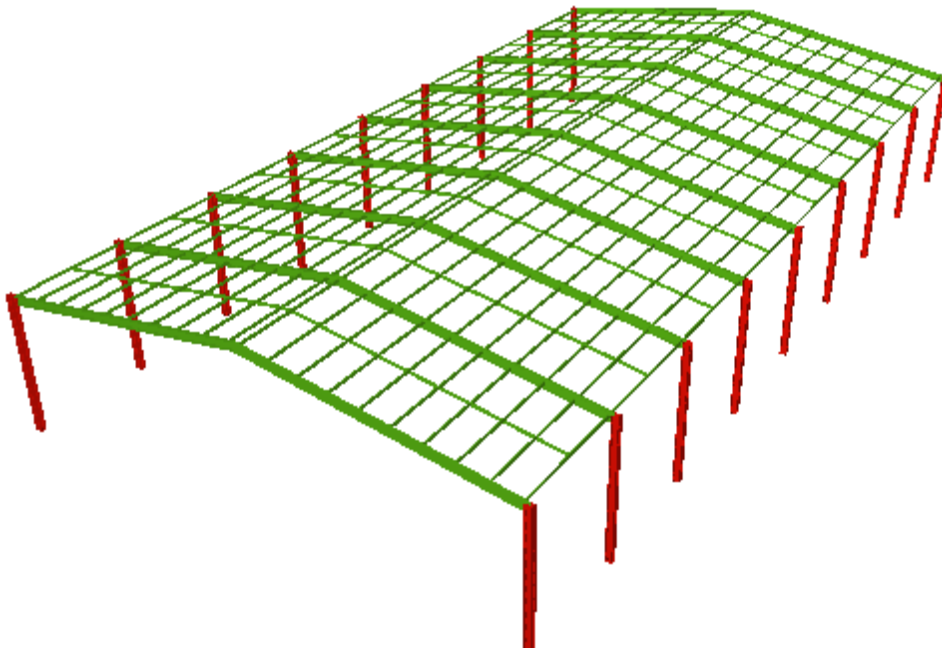


Ilustración 10. Bodega.

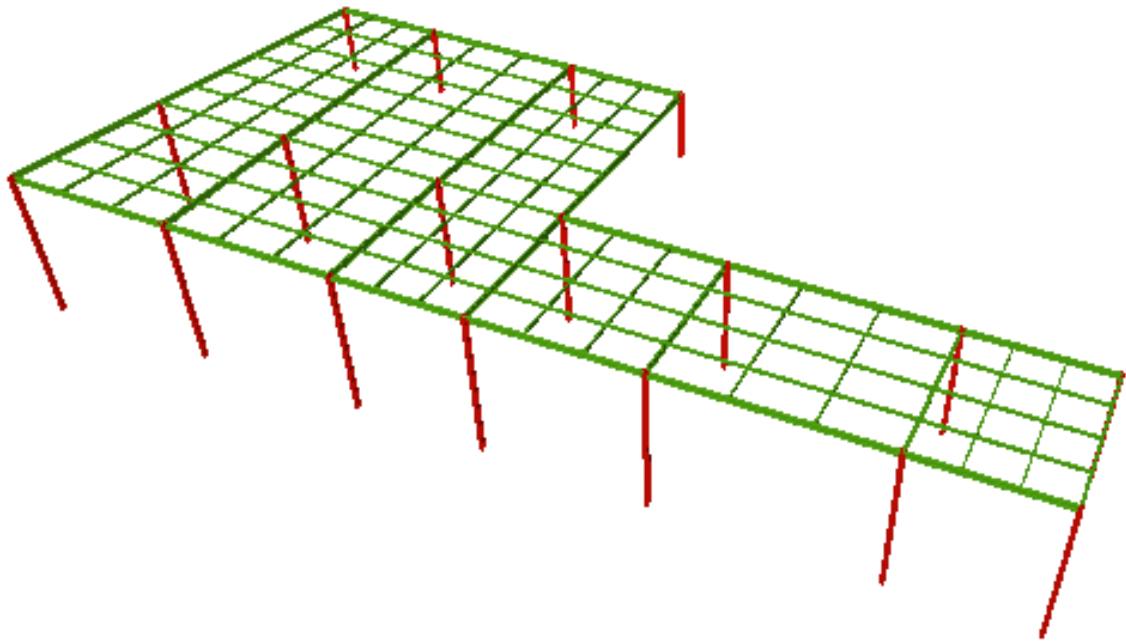


Ilustración 11. Supermercado.

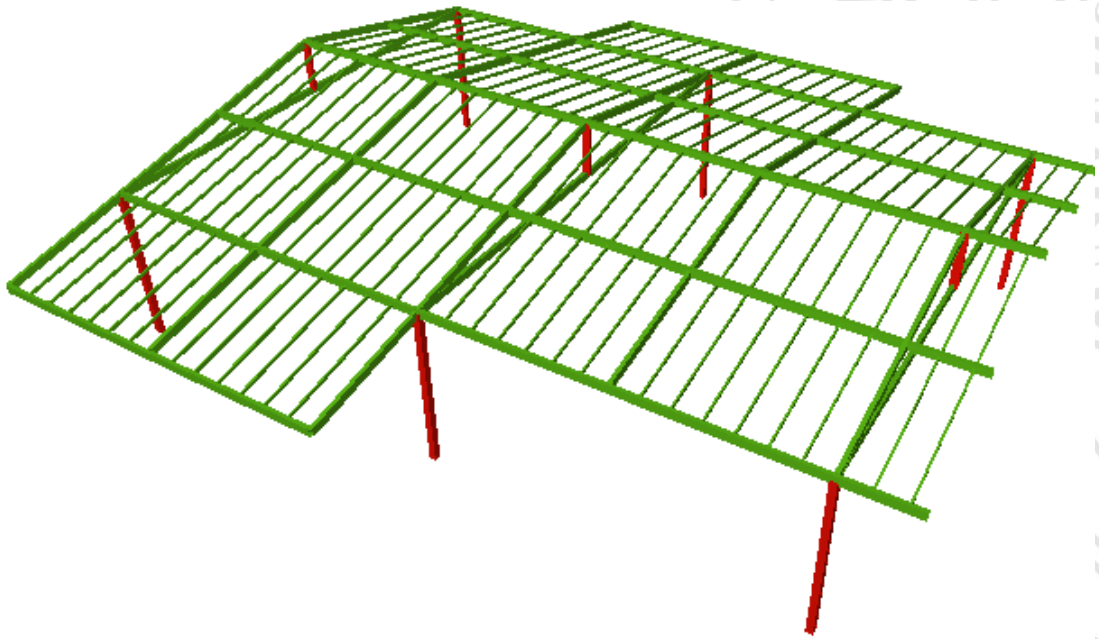


Ilustración 12. Casa.

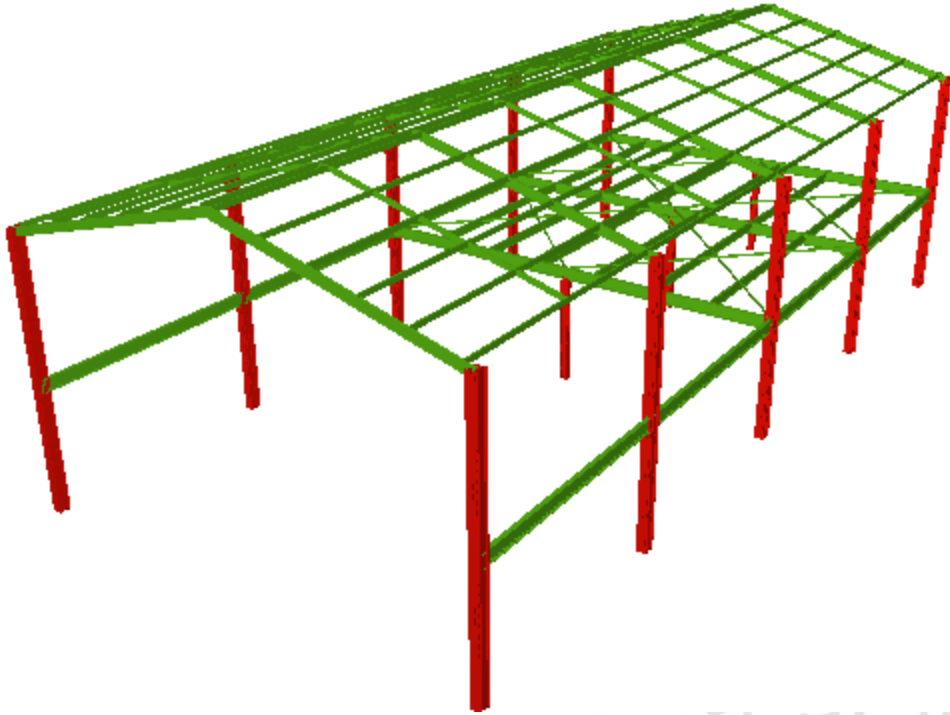


Ilustración 13. Bodega.

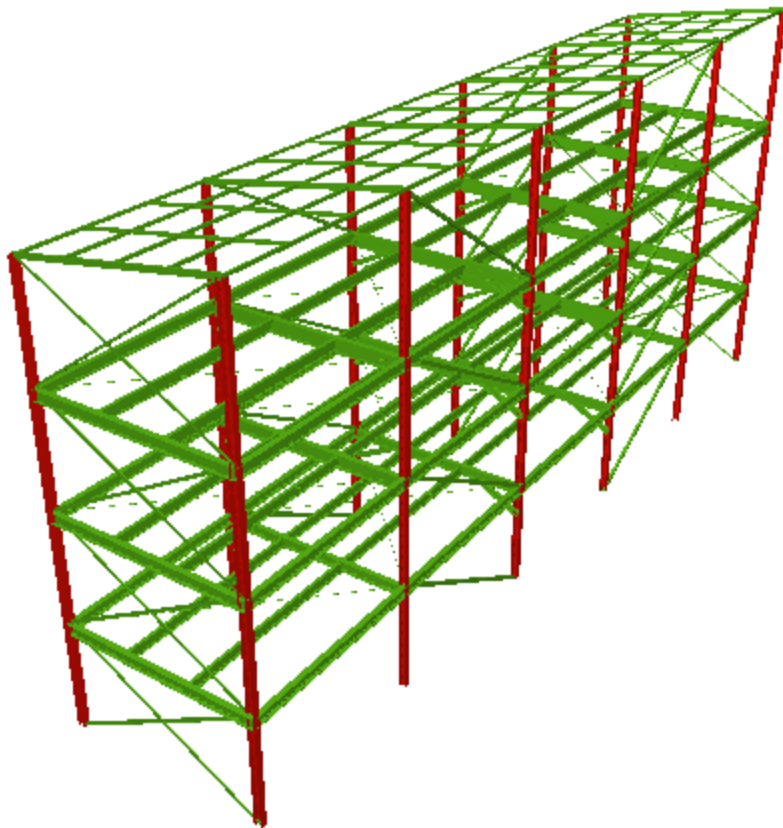


Ilustración 14. Repotenciación edificación.



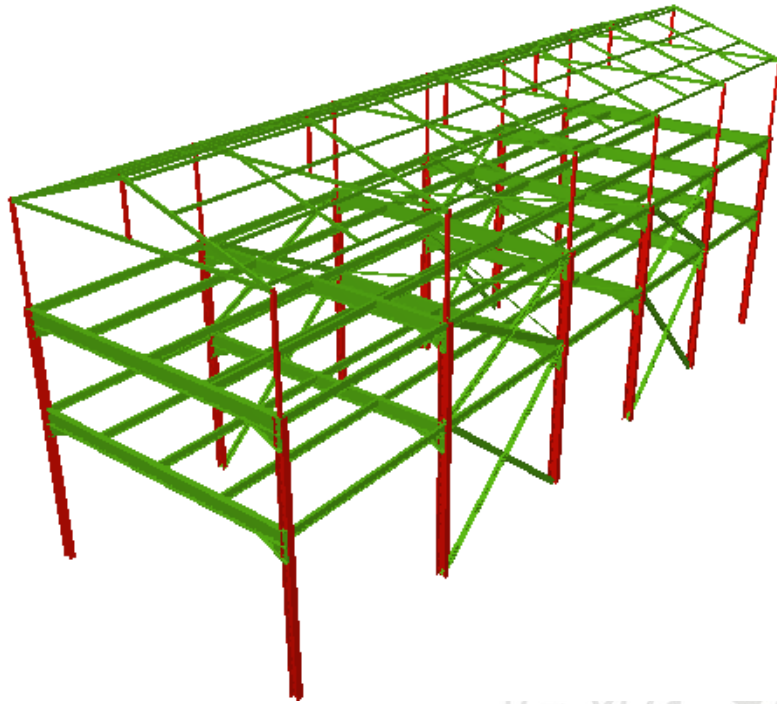


Ilustración 15. Apartamentos

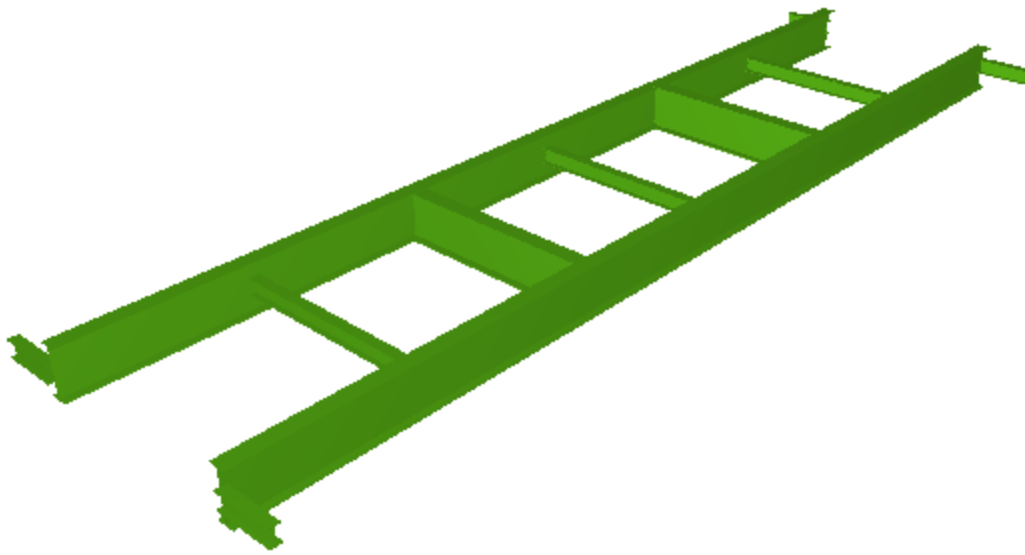


Ilustración 16. Puente vehicular.

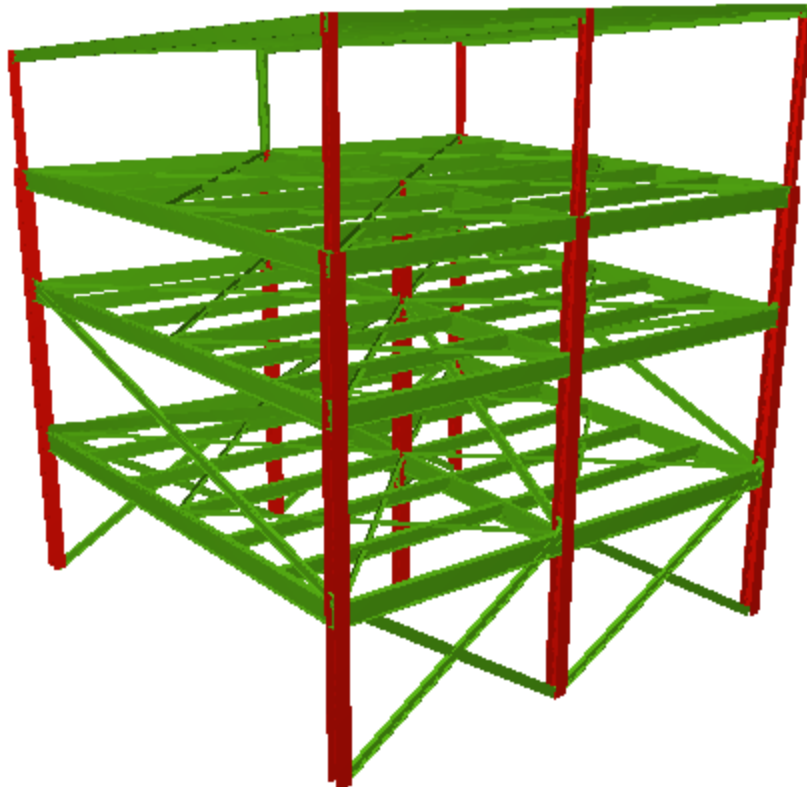


Ilustración 17. Locales Comerciales

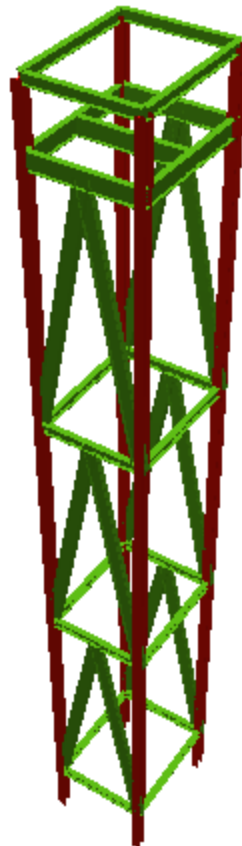


Ilustración 18. Foso ascensor.



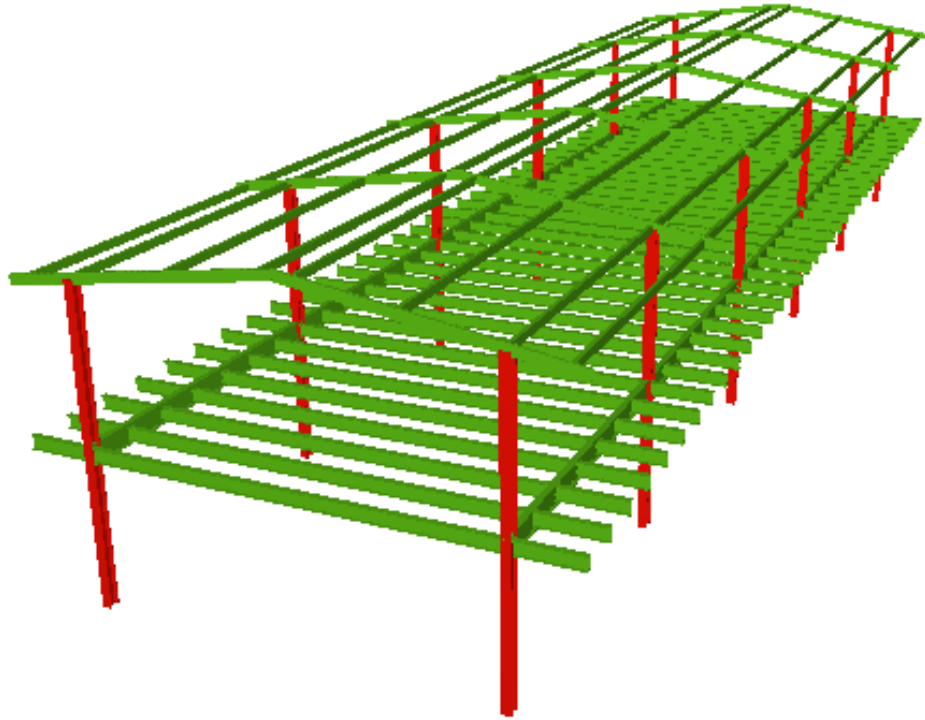


Ilustración 19. Restaurante bar.

14.1.4 Asesoría técnica a clientes.

Esta labor consiste en brindar apoyo a las dudas puntuales que tenga el cliente, como, por ejemplo, la viabilidad de uso de algún perfil según unas condiciones dadas, remplazos de perfiles de manera que siga atendiendo las mismas solicitudes, forma correcta de uso de algún material, requisitos de diseño para un sistema dado, despieces cortos y cualquier otra duda de índole ingenieril. Para ello se aplicaron los conocimientos adquiridos en la academia, la capacitación que se recibió durante las prácticas, literatura, fichas técnicas y hojas de cálculo para cálculos rápidos.

14.1.5 Atención y seguimiento comercial de clientes.

Atención en pedidos y despachos en el área de ventas, brindar cotizaciones y atención a clientes potenciales que puedan representar ingresos considerables para la empresa. En este punto se deben aplicar estrategias de mercadeo como descuentos, tratar de involucrar la mayor cantidad de material posible en la compra analizando aspectos como material necesario en sus procesos constructivos, tratar de rotar el material de menos demanda y sobre todo hablar con cordialidad y en un lenguaje coloquial que le haga entender al cliente aspectos que sean muy técnicos.

14.1.6 Ejecutar las actividades que se derivan del área de Ingeniería, teniendo en cuenta las correspondientes orientaciones del líder.

Atender toda aquella labor de tipo investigativa o técnica que el asesor de la empresa encomiende. En este proceso se pueden encomendar labores tales como homologaciones de perfiles o lecturas técnicas que contribuyan en las actividades de diseño o de asesorías técnicas que se presentan en la cotidianidad de la empresa.

14.2 Manual para el proceso de digitado de acero figurado.

Usualmente a la empresa se le es realizado el requerimiento de cotización del acero de refuerzo de una obra, o parte del acero de la misma, por lo que generalmente llegan cartillas cuyo contenido da a conocer el acero requerido, en donde se especifica las diferentes formas del acero figurado, las cantidades y los diámetros. Otra forma de dar a conocer las cantidades de acero figurado que se solicita cotizar, es enviando los planos de acero de la estructura, en donde se debe aplicar los conocimientos de Ingeniería Civil, para realizar todo el proceso de despiece del acero, en donde se obtiene como resultado formas de acero, diámetro de barras y cantidades.

Se puede concluir de lo anterior que es indispensable conocer geometría, diámetro y cantidades de acero requerido para el proceso de cotización de acero, pues para ello se debe realizar un proceso de digitación de figurado, que consiste básicamente en ingresar los datos mencionados a un software, el cual da como producto una cartilla con el contenido de todo el acero requerido y que calcula el peso total de acero, pues en obra el acero se cobra precio por kilo. Hay que tener en cuenta que el fin de comprar acero figurado es la reducción de tiempos en obra y desperdicios, por lo que adquirir acero de esta manera puede tener un costo adicional. En muchos casos, dependiendo de lo que cobre un obrero por figurar el acero y por la cantidad de desperdicios, puede ser más económico adquirir acero figurado en comparación con acero estándar.

Para el proceso de digitación de acero, como se mencionó, se hace uso de un software que fue diseñado exclusivamente para Gerdau Diaco, que calcula la cantidad de acero requerida y que además genera un archivo que es usado por la planta para producir el acero figurado en caso de que el cliente lo solicite. Para dar inicio a este programa se deben de seguir los siguientes pasos:

1. Iniciar el programa, ingresando mediante el ícono de este. Aparece una ventana de inicio (ilustración 20) que contiene unas casillas que se deben diligenciar de la siguiente manera:

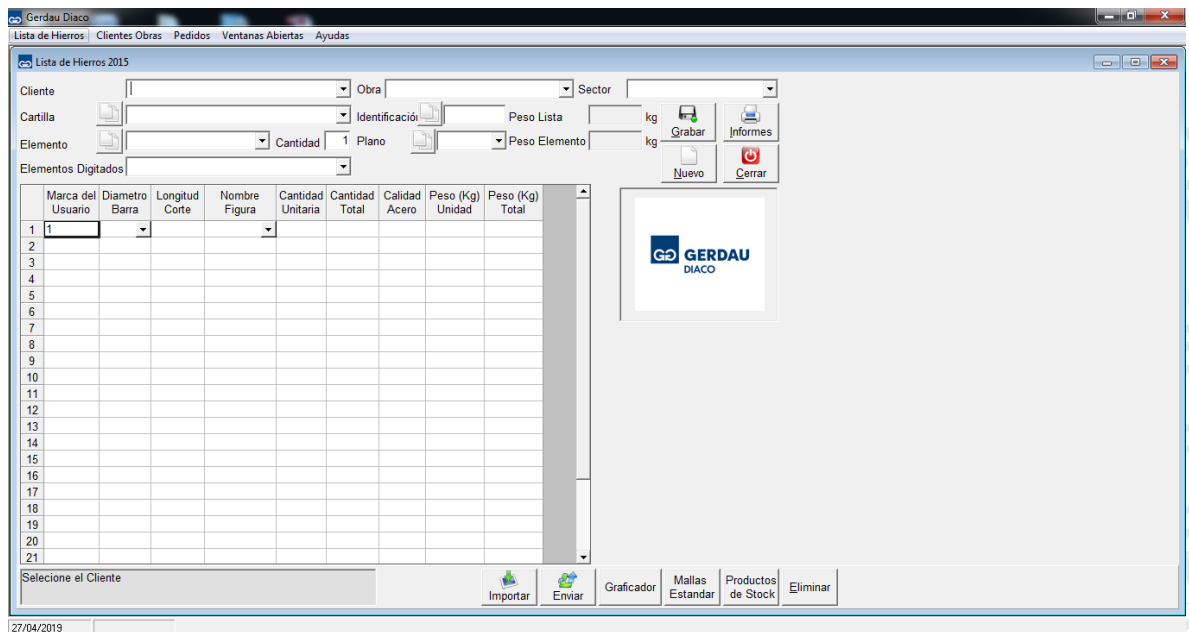


Ilustración 20. Ventana de inicio software de digitación de figurado.

- En la pestaña cliente, hay varios clientes creados como se puede apreciar en la ilustración 21, pero por lo general se trabaja con el cliente CYRGO MED. En caso de desear trabajar con otro cliente por algún motivo, se puede hacer de tal manera. También mediante la opción clientes obras que se encuentra en la parte superior, se puede crear un cliente nuevo o si así se desea.

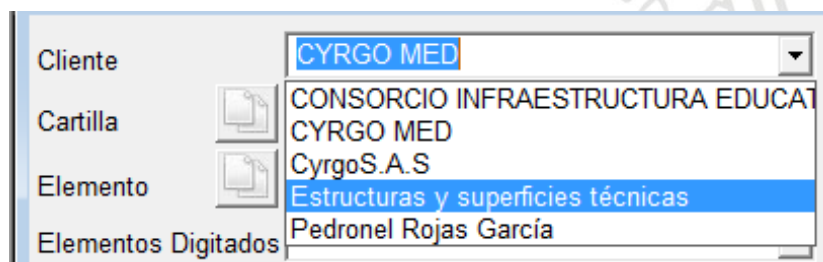


Ilustración 21. Listado de clientes software de digitación de figurado.

- En el campo obra, así como en el caso anterior, ya hay diferentes obras creadas (ilustración 22), por lo que en este caso para cada proceso de digitado de figurado se debe de crear una obra nueva, a excepción del caso en que se trate de una misma obra o la continuación del proceso de digitado de figurado de una misma obra.

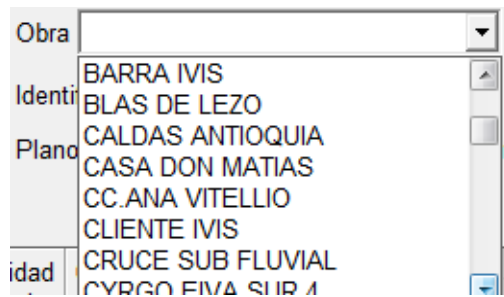


Ilustración 22. Listado de obras software de digitación de figurado.

- Si se crea una obra nueva, se abre una ventana que consiste en llenar las casillas con datos correspondientes a características correspondientes a la obra y al finalizar se oprime siguiente.
 - En el campo sector, se escribe el sector de Colombia, según la sucursal en donde se esté llevando a cabo este proceso.
 - Los campos cartilla, identificación, plano y elemento, corresponden a la forma en cómo se desea nombrar la sección de acero que se va digitando. Por ejemplo, en una misma obra se pueden crear diferentes cartillas, y en una cartilla se pueden crear diferentes elementos. Aquí se ingresan los caracteres con que se quiera identificar todo el proceso de digitado de acero.
2. Luego de este proceso de identificación de la cartilla que se va a crear, se procede con el digitado del figurado. Para ello en la tabla de abajo en la columna marca del usuario, se ingresan unos códigos, que están estructurados de la siguiente forma:

El primer número es el diámetro de la barra, el segundo, la longitud de la barra completa en centímetros, y la letra del final corresponde a una letra que denota una figura en específico. En caso de no conocer la letra que corresponde a una figura, simplemente se escribe X y ello traerá una ventana que contiene diversidad de figuras, aunque no todas las que se pueden figurar.

Como ejemplo supongamos que se va a digitar una barra en el con un diámetro de 5/8 in, un gancho de 25 cm, un cuerpo de 2m y una cantidad de 30, y también un estribo con un diámetro de 3/8 in, de 25x30 con gancho de 11 cm, 2400 unidades. En las ilustraciones 23 y 24 se puede apreciar el respectivo código que las produce y la figura que se crea con tal código.

Gerdau Diaco CYRGO MED

Lista de Hierros Clientes Obras Pedidos Ventanas Abiertas Ayudas

Lista de Hierros 2015

Cliente: CYRGO MED Obra: EJEMPLO Sector: MEDELLIN

Cartilla: ACERO FIGURADO Identificación: . Peso Lista: 105 kg

Elemento: ACERO DE REFUERZ Cantidad: 1 Plano . Peso Elemento: 105 kg

Elementos Digitados: .

	Marca del Usuario	Diametro Barra	Longitud Corte	Nombre Figura	Cantidad Unitaria	Cantidad Total	Calidad Acero	Peso (Kg) Unidad	Peso (Kg) Total
1	5225L	5	225	Barra L	30	30	W60	3.49	105
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									

Barra L

A	25 cm
C	200 cm
Longitud	225 cm

Importar Enviar Graficador Mallas Estandar Productos de Stock Eliminar

Ilustración 23. Figura producida con el código 5225L.

Gerdau Diaco CYRGO MED

Lista de Hierros Clientes Obras Pedidos Ventanas Abiertas Ayudas

Lista de Hierros 2015

Cliente: CYRGO MED Obra: EJEMPLO Sector: MEDELLIN

Cartilla: ACERO FIGURADO Identificación: . Peso Lista: 123 kg

Elemento: ACERO DE REFUERZ Cantidad: 1 Plano . Peso Elemento: 123 kg

Elementos Digitados: .

	Marca del Usuario	Diametro Barra	Longitud Corte	Nombre Figura	Cantidad Unitaria	Cantidad Total	Calidad Acero	Peso (Kg) Unidad	Peso (Kg) Total
1	5225L	5	225	Barra L	30	30	W60	3.49	105
2	3132E	3	132	Estribo 132	24	24	W60	0.74	18
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									

Barra E

A	11 cm
C	25 cm
E	30 cm
Longitud	132 cm

Importar Enviar Graficador Mallas Estandar Productos de Stock Eliminar

Ilustración 24. Figura producida con el código 3132E.

Como se puede apreciar en las ilustraciones 23 y 24, en la casilla Peso Lista, el software va sumando el peso del pedido. En caso de no conocer la letra al final del código que hace referencia a una figura, se escribe la letra X y el software abrirá una ventana con todas las figuras que están registradas en el programa, en donde se deberá escoger la figura que coincida con la que se desea. En las ilustraciones 25 y 26 se puede detallar las figuras que el software ofrece.

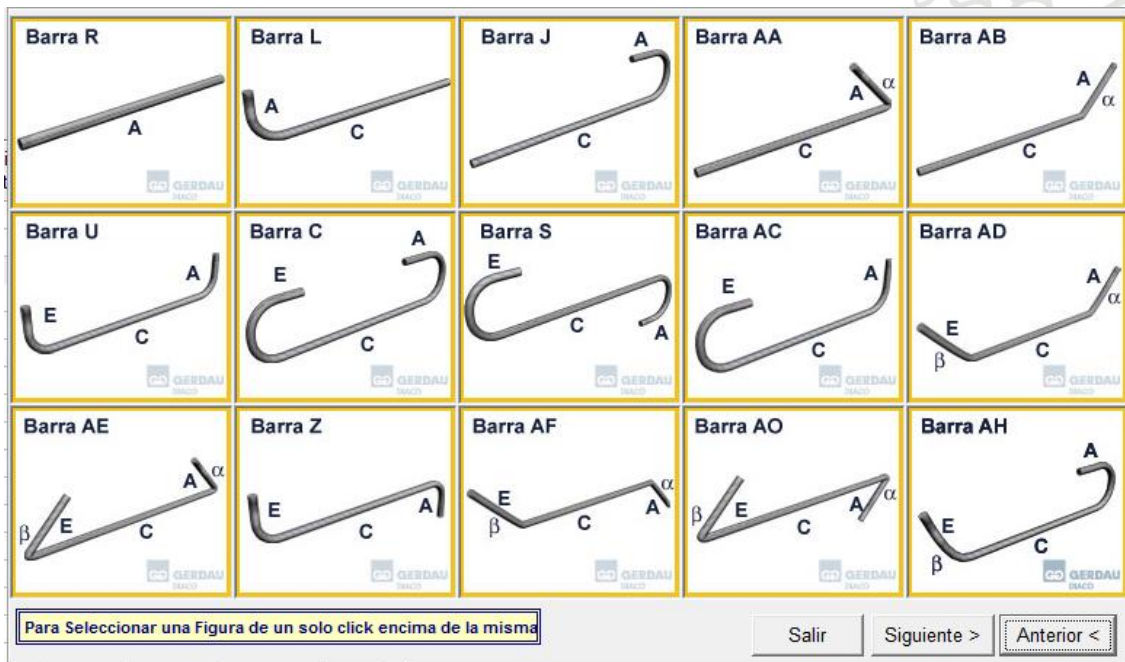


Ilustración 25. Figuras que ofrece el software de digitación de figurado.

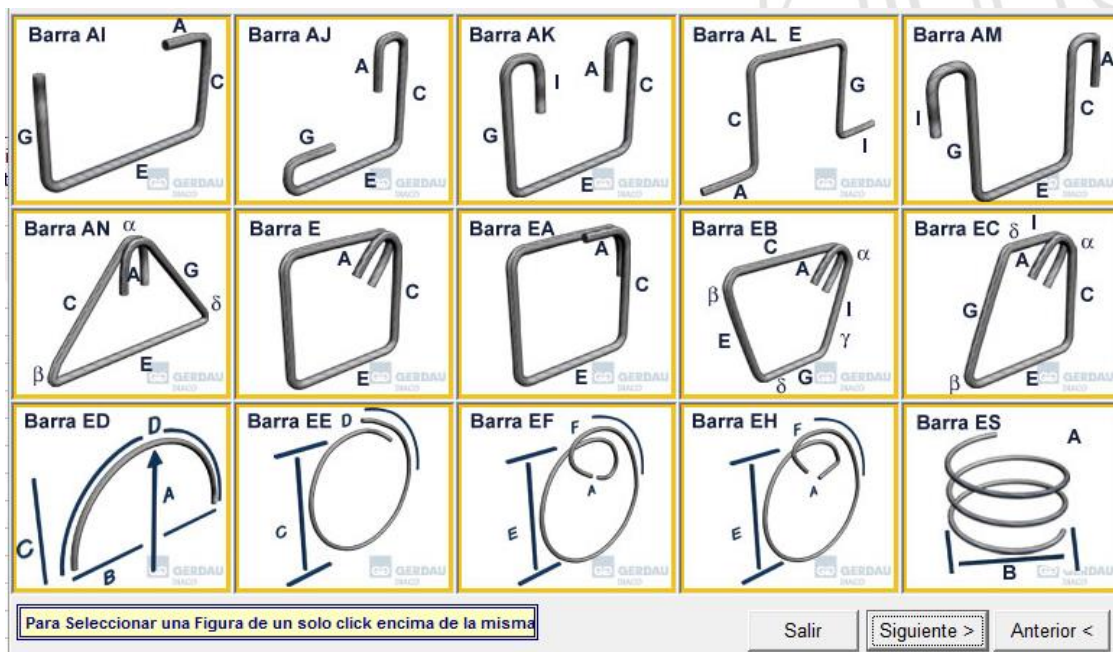


Ilustración 26. Figuras que ofrece el software de digitación de figurado.

En caso de que ninguna figura coincida con la que se desea se selecciona la opción figura especial mostrada en la ilustración 27.

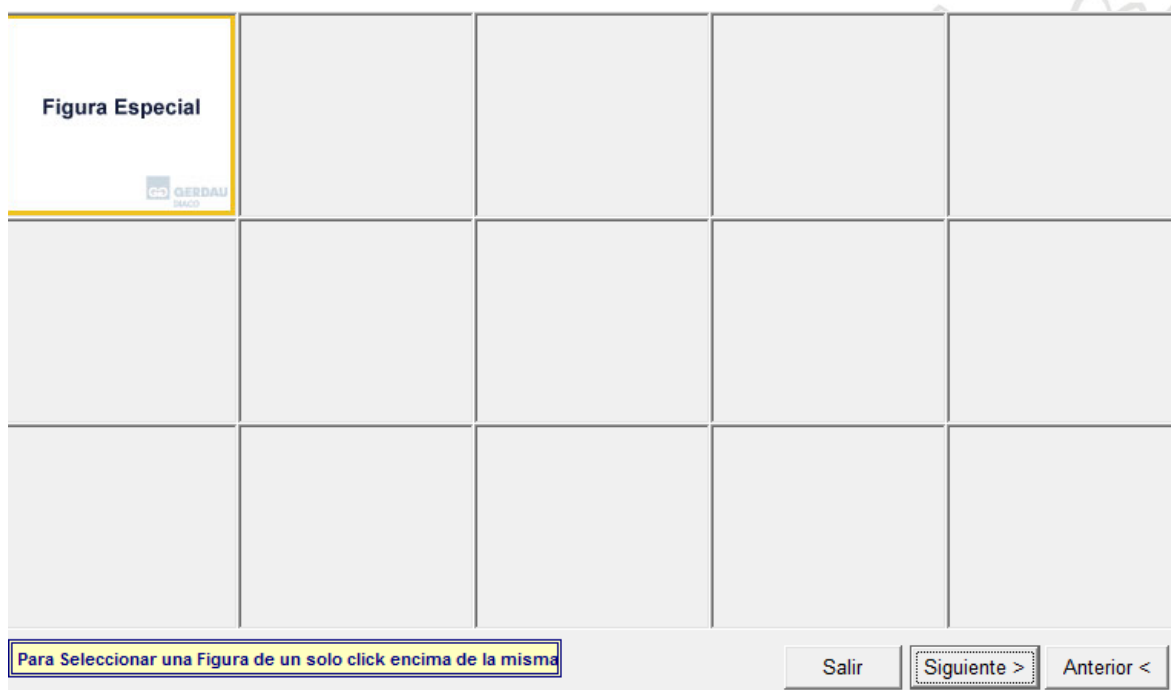


Ilustración 27. Figura especial.

En caso de usarse la opción figura especial, al final en la cartilla que se produce para la producción, se debe de pegar una imagen de dicha figura, y consultar en producción si es viable producirla

El programa de figurado tiene alertas en caso de que se digite una figura con dimensiones que no se puedan producir o que no cumplan con las establecidas por la norma. De igual manera también se tiene una tabla que establece las medidas mínimas para algunas de las figuras (ilustración 28).

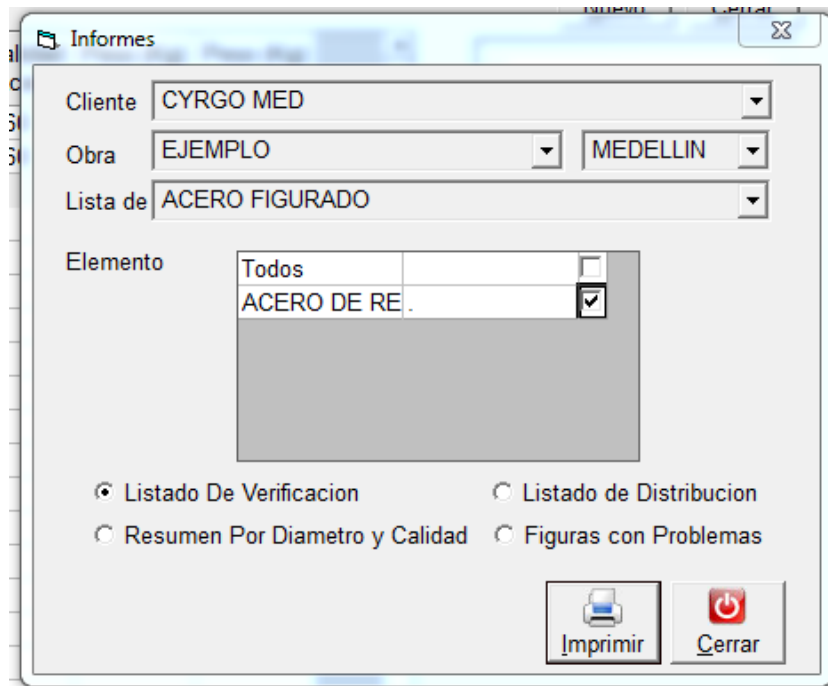



Ilustración 29. Informes.

Después de seguir el anterior proceso se produce la cartilla mostrada en la ilustración 30, la cual se envía al cliente para su aprobación como ya se había mencionado.



Listado de Verificación


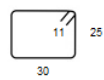
28-abr-2019 10:39:04p.m.

CLIENTE: CYRGO MED
OBRA: EJEMPLO
LISTA DE HIERROS: ACERO FIGURADO

SECTOR: MEDELLIN
PE SO LISTA 123 kg

ELEMENTO ACERO DE REFUERZ .

Plano . Peso Elemento: 123 kg Cantidad 1

Marca Cliente	Marca Gerdau	Cantidad Unitaria	Cantidad Total	Diametro	Calidad	Longitud Corte	Peso Unitario	Peso Total	Figura
5225L	5225L	30	30	5	W60	225	3.49	105	
3132E	3132E	24	24	3	W60	132	0.74	18	

Resumen Total		
Diametro	Calidad	Peso
3	W60	18
5	W60	105
		Total: 123

Ilustración 30. Cartilla de producción acero figurado.

4. En caso de recibir observaciones de parte del cliente, realizar las respectivas modificaciones, y ya cuando se obtenga la aprobación final, el último paso es mandar a producir el acero figurado a la planta.

14.3 Manual de uso de Cype 3D

La empresa Cyrgo SAS como actividad agregada a su labor comercial, ofrece servicio de asesoría técnica y pre diseño de estructuras metálicas, en donde es indispensable un software de diseño para tal labor. En este caso la empresa se apoya en el software Cype 3D, para el cual se mostrará a continuación un breve resumen de los pasos que se deben realizar para su adecuado funcionamiento. El programa se configurará de acuerdo con las condiciones usuales que se presentan en la cotidianidad de las estructuras metálicas locales.

1. Iniciar el software haciendo doble clic en el icono del programa (ilustración 31).



Ilustración 31. Icono Cype.

El programa abrirá una ventana que presenta diversas opciones de diseño de ingeniería civil, como se muestra en la ilustración 32, las cuales son todas funcionales, sin embargo, de acuerdo con el tema de interés que en este caso son las estructuras metálicas, ingresaremos a la opción Nuevo Metal 3D, que es la que nos permite el diseño de estas

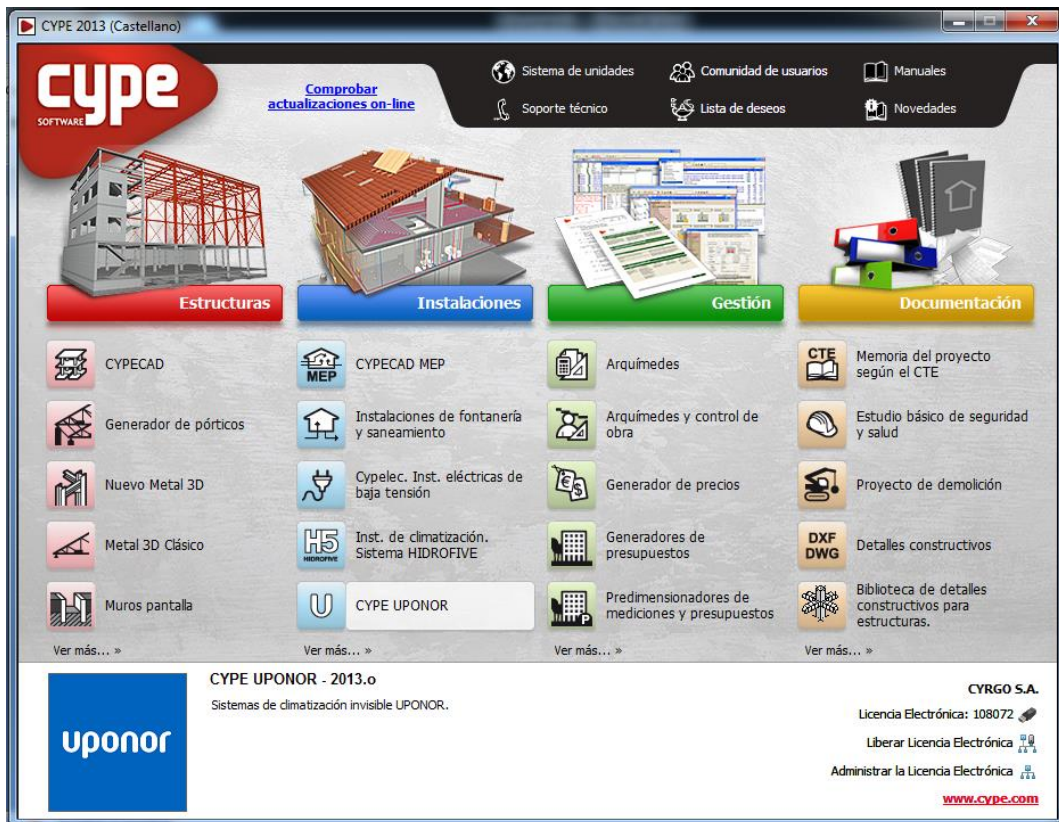


Ilustración 32. Opciones de diseño Cype.

- Al ingresar en la opción Nuevo Metal 3D el software por defecto abrirá el último proyecto en el que se estuvo trabajando como se puede apreciar en la ilustración 33. En caso de desear modificar este proyecto, se sigue trabajando sobre el mismo, pero si por el contrario se desea realizar un nuevo diseño se da clic en el icono de la carpeta ubicado en la parte superior izquierda.

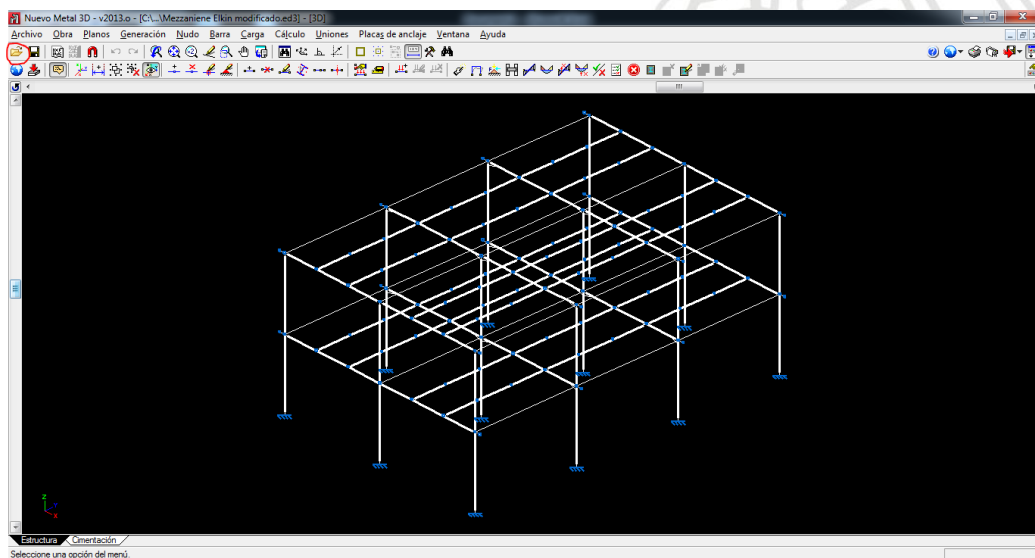


Ilustración 33. Plataforma de diseño Cype 3d.

Al hacer clic en el icono para crear un nuevo diseño se abre una ventana (ilustración 34) en la cual se puede escoger la carpeta en donde se desee guardar el diseño, y además también se puede desde allí abrir otro diseño que se desee modificar. El caso de interés es iniciar un proyecto nuevo, por lo tanto, se hará clic en nuevo.

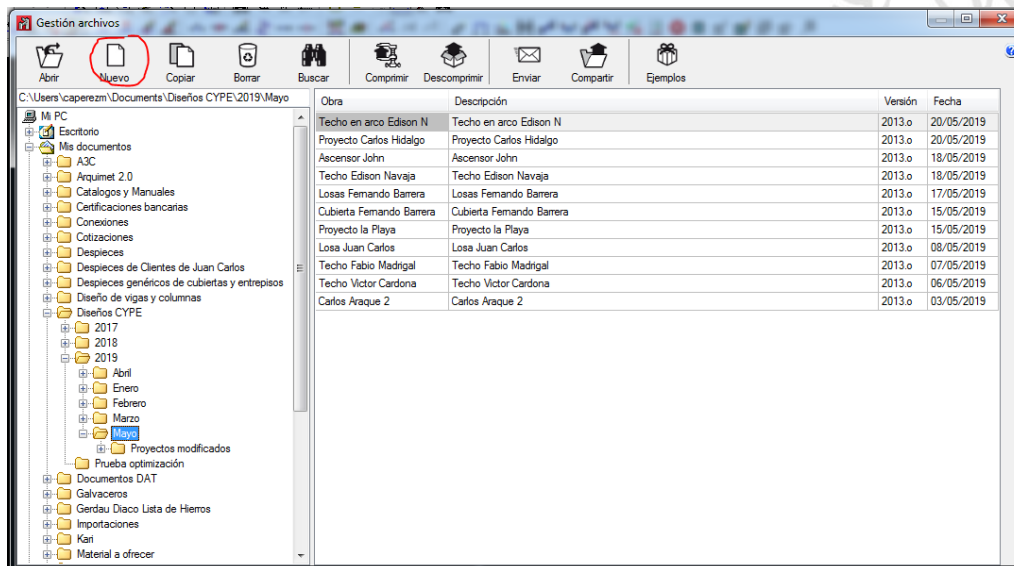


Ilustración 34. Menú de dirección de destino del diseño.

Aparece entonces en pantalla una ventana para la identificación del proyecto, en la cual se ingresará el nombre con el que se desee caracterizar el diseño, como se muestra en la imagen 35.

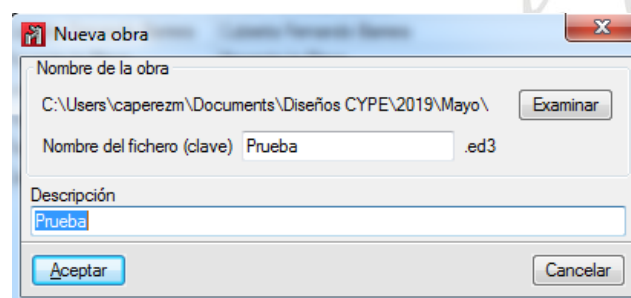


Ilustración 35. Identificación del proyecto.

Luego aparece una ventana en la cual se seleccionará obra vacía y se hará clic en la opción aceptar (ilustración 36).

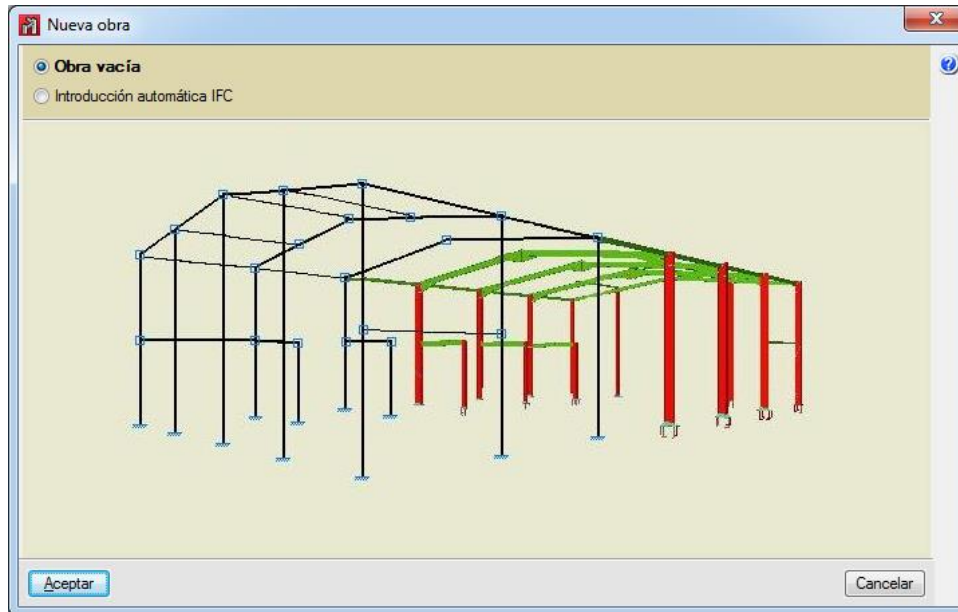


Ilustración 36. Ventana de nueva obra.

3. Se abrirá una ventana la cual contiene en la parte izquierda todas las opciones que se deben configurar de acuerdo con las condiciones del proyecto como se muestra en la ilustración 37.

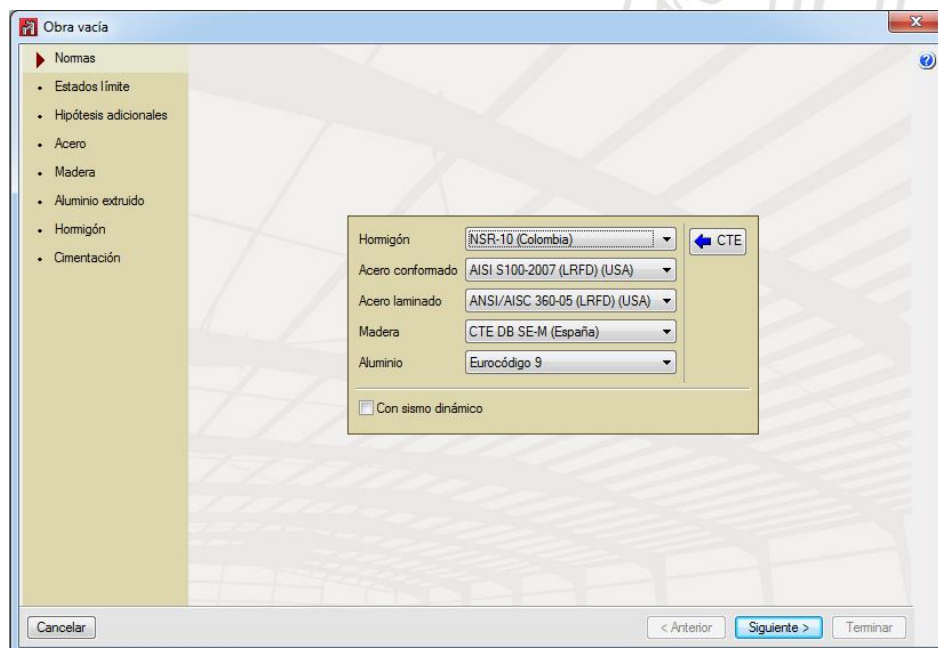


Ilustración 37. Menú condiciones de diseño.

Desde la ilustración 38 hasta la 45, se presentan todas las opciones que se deben de configurar, configuradas de acuerdo a como lo mencione en un inicio, adaptadas a las condiciones del medio local.

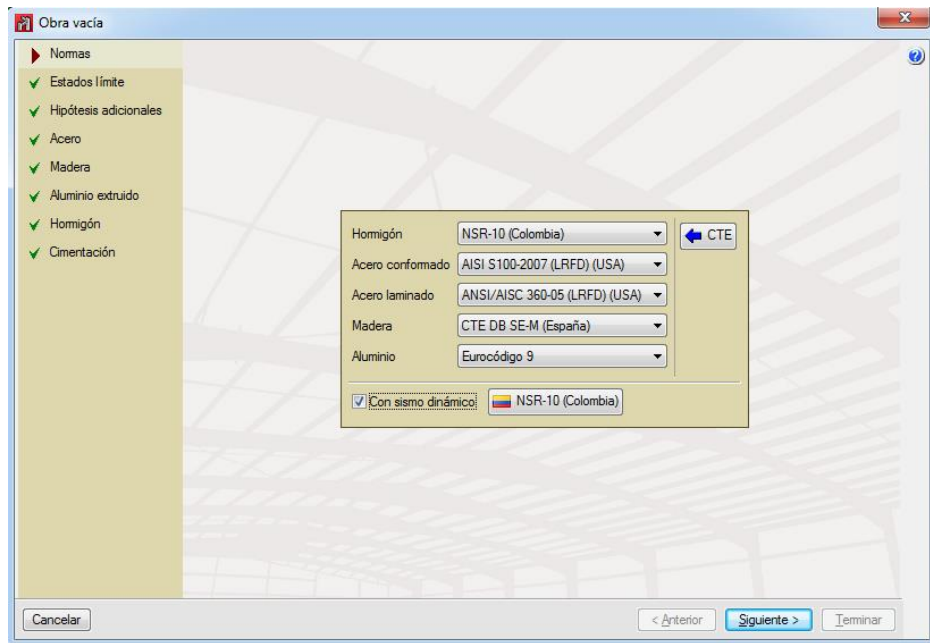


Ilustración 38. Normas.

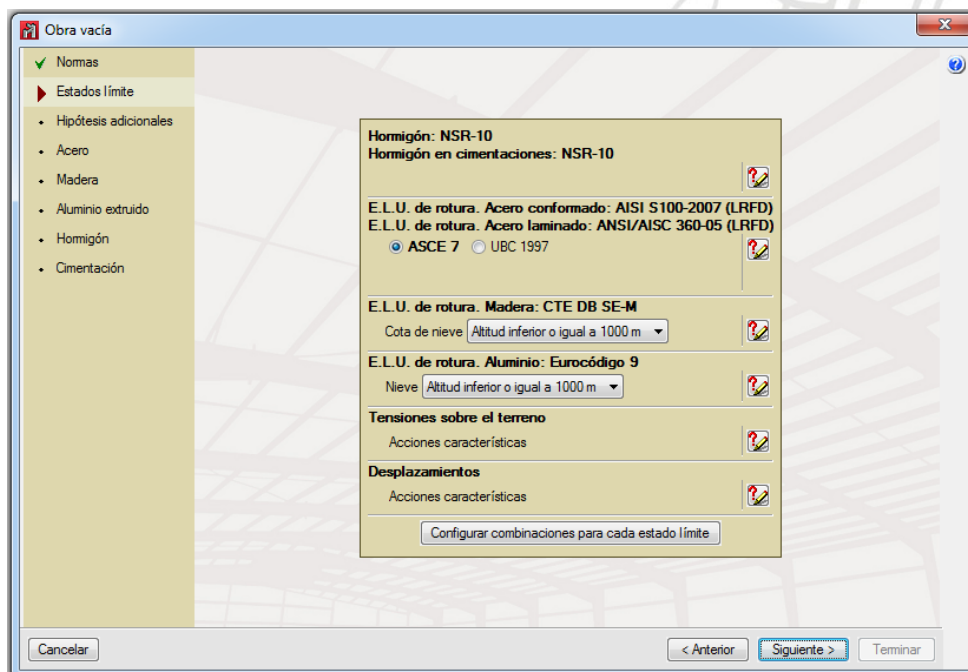


Ilustración 39. Estados límite.

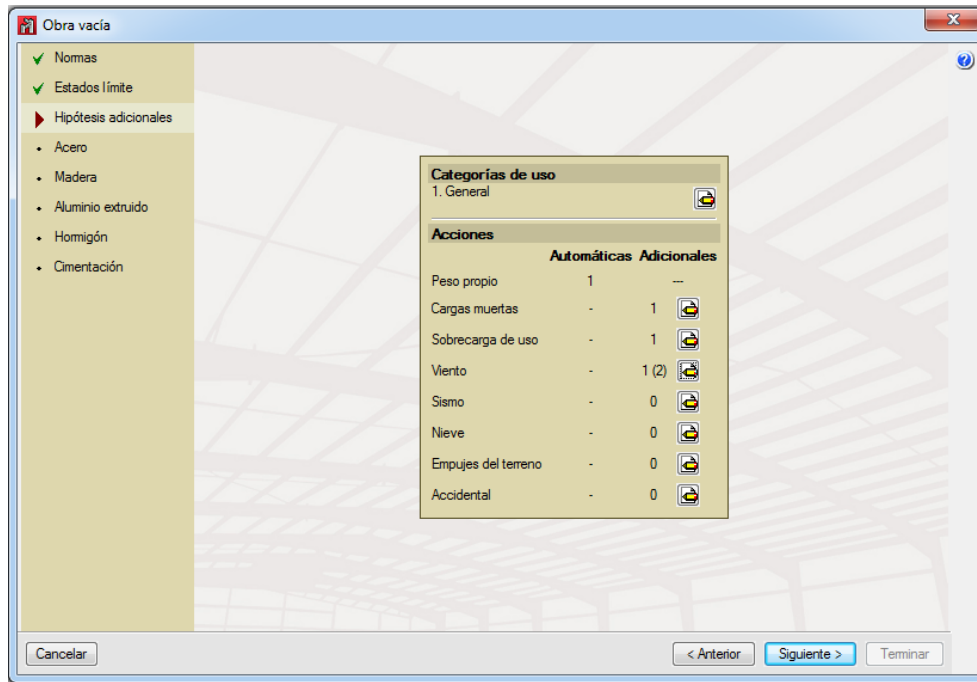


Ilustración 40. Estados límite.

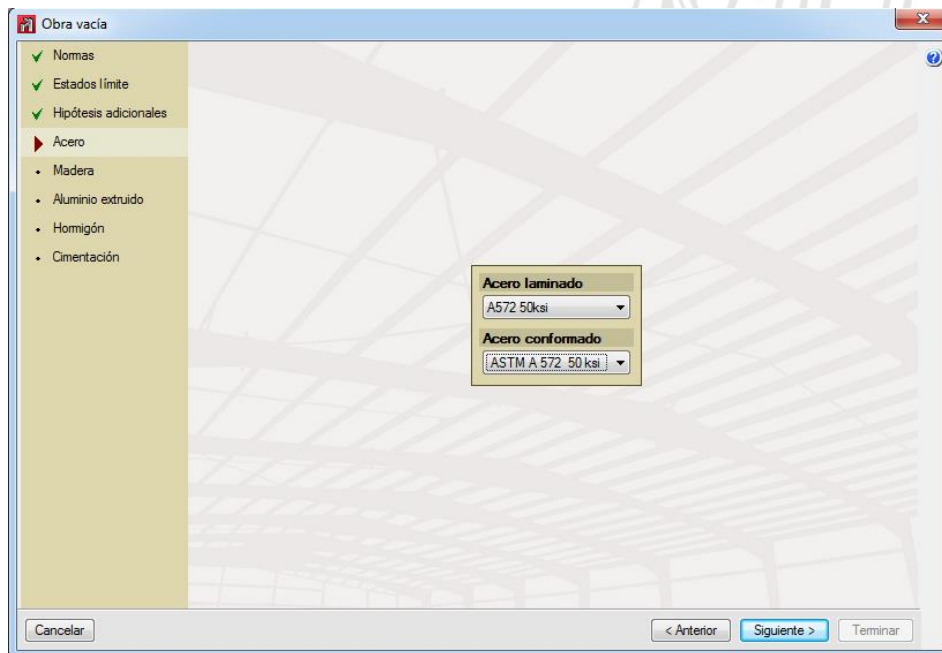


Ilustración 41. Acero.

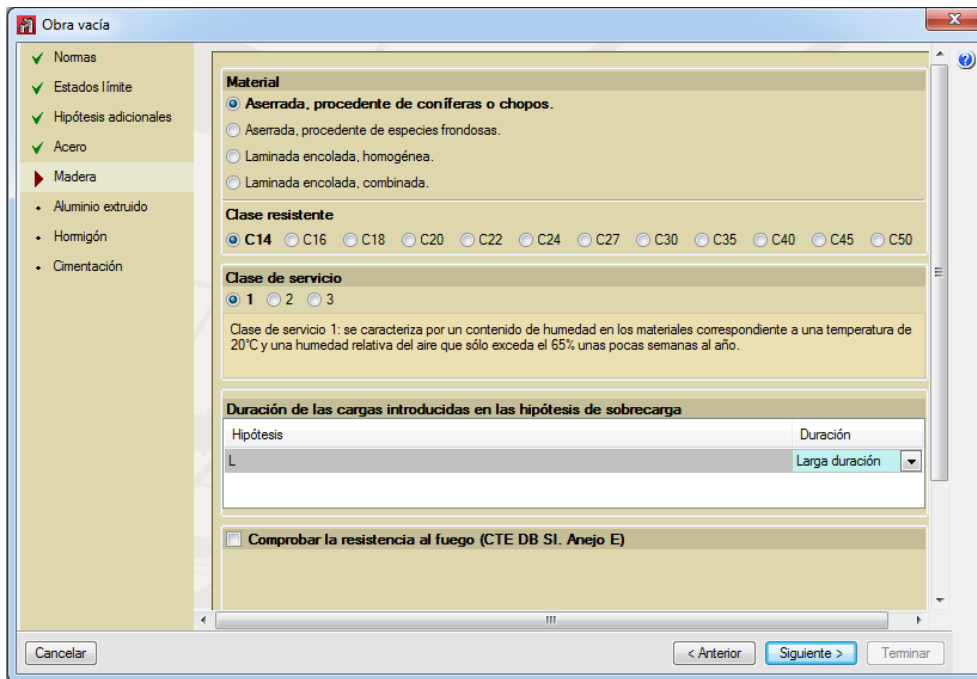


Ilustración 42. Madera.

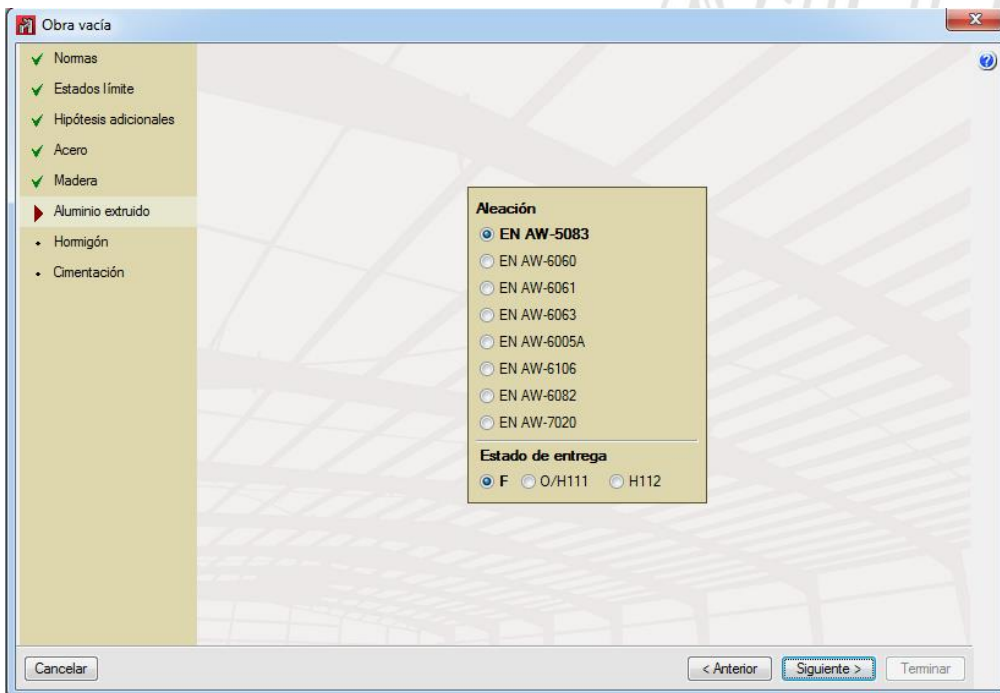


Ilustración 43. Aluminio extruido.

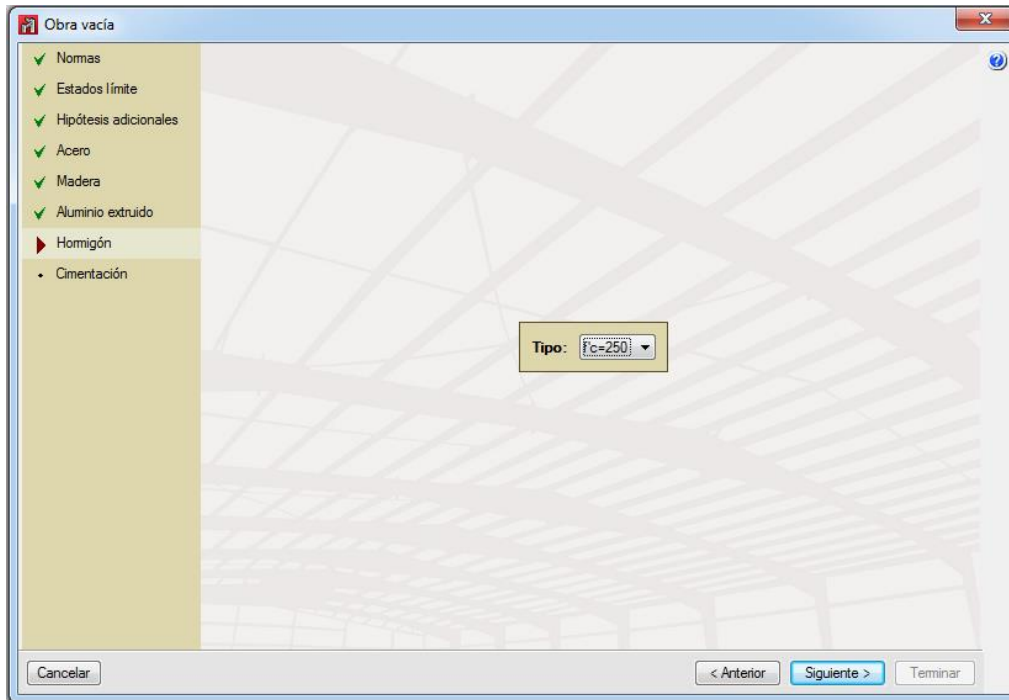


Ilustración 44. Hormigón.

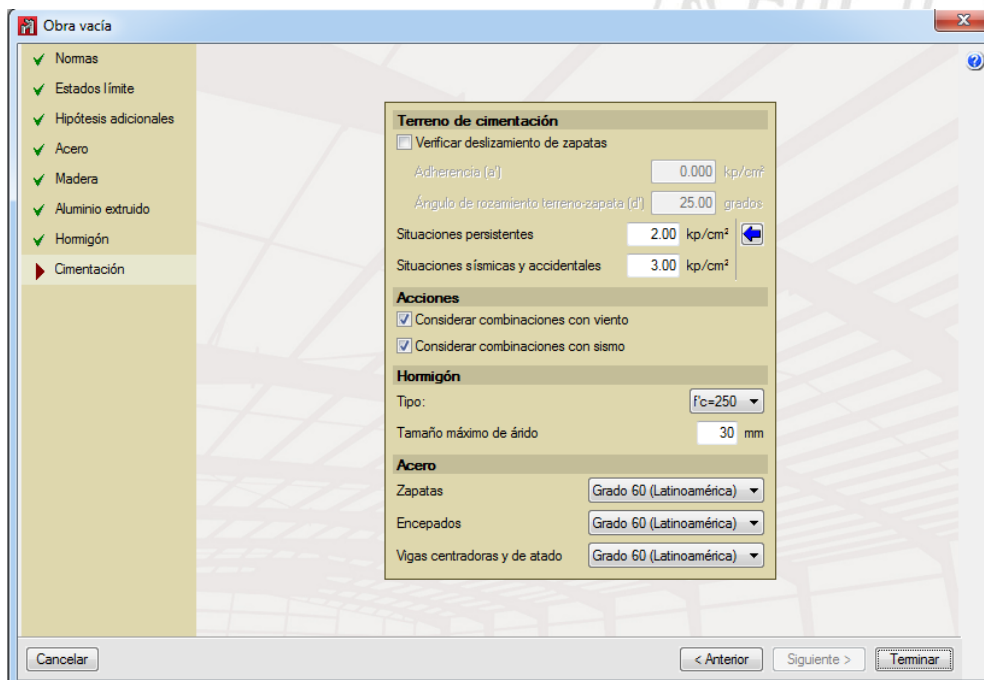


Ilustración 45. Cimentación.

4. Hacer clic en la opción terminar y entonces se nos abrirá la pantalla de diseño totalmente vacía (ilustración 46). En los pasos de configuraciones de condiciones de diseño, son de especial importancia estados límites debido a la escogencia de la zona sísmica, hipótesis adicionales debido que en este paso se referencian las

cargas a las cuales están sometidas las estructuras, y en especial la opción acero, debido a que allí se selecciona la calidad del acero con el que se desea trabajar.

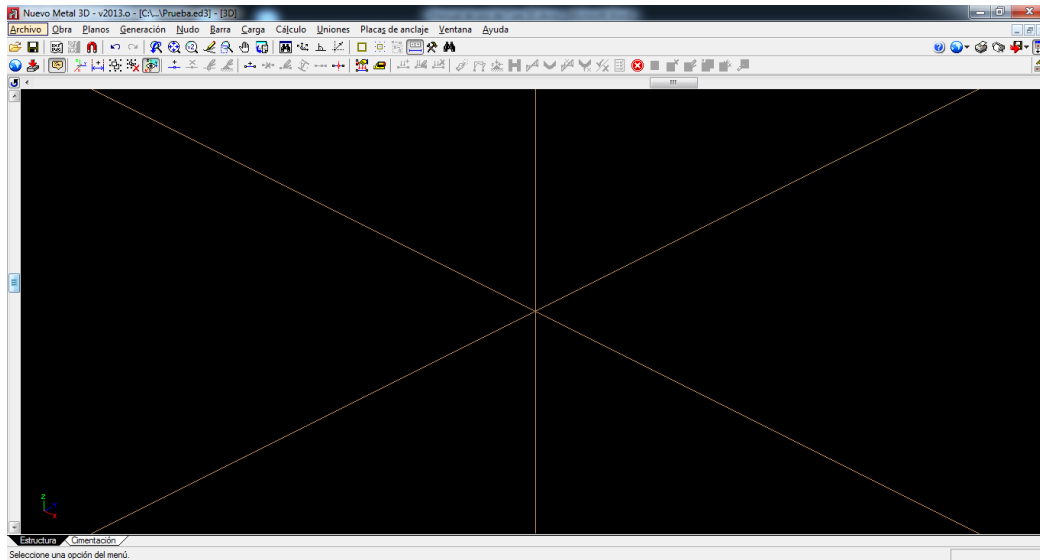


Ilustración 46. Plataforma de trabajo de diseño.

En el espacio mostrado en la ilustración 46 se puede comenzar a trabajar en el diseño, las opciones de la parte superior sirven para todo el proceso de edición de dibujo de la estructura, modificar las condiciones de diseño, generar nudos y conexiones, cargar aéreas, nudos y paños, y dar caracterización a los elementos de la estructura que se haya diseñado.

Luego de este proceso el software mediante las opciones de cálculo permite obtener desplazamientos, resistencia y pandeo de los elementos, lo cuales son los tres aspectos básicos por analizar para garantizar un óptimo diseño de la estructura.

A continuación, se mostrarán imágenes de algunos modelos obtenidos luego de todo el proceso de diseño descrito.

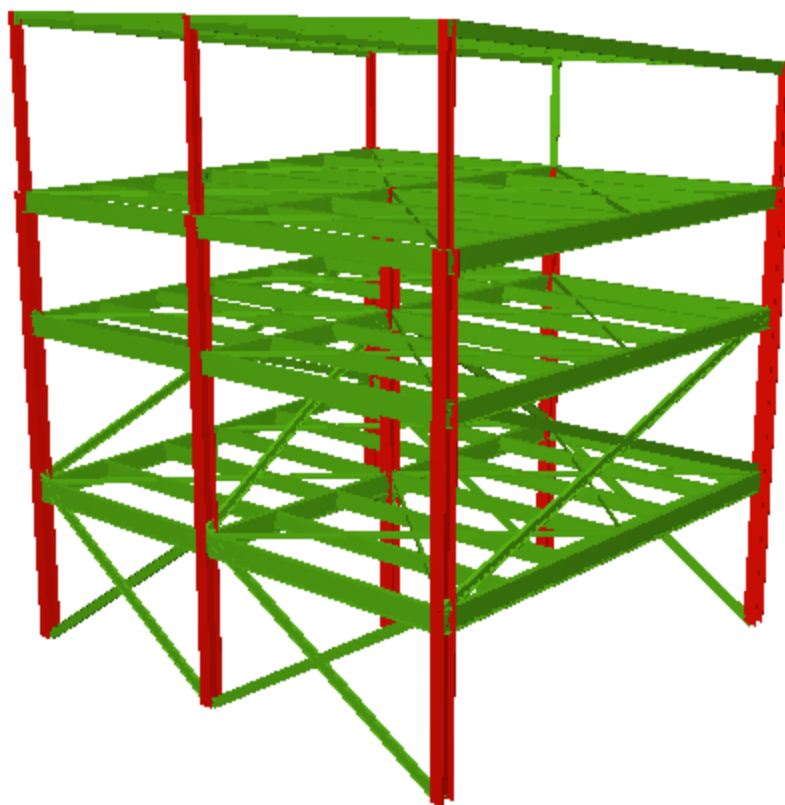


Ilustración 47. Mercados la playa.

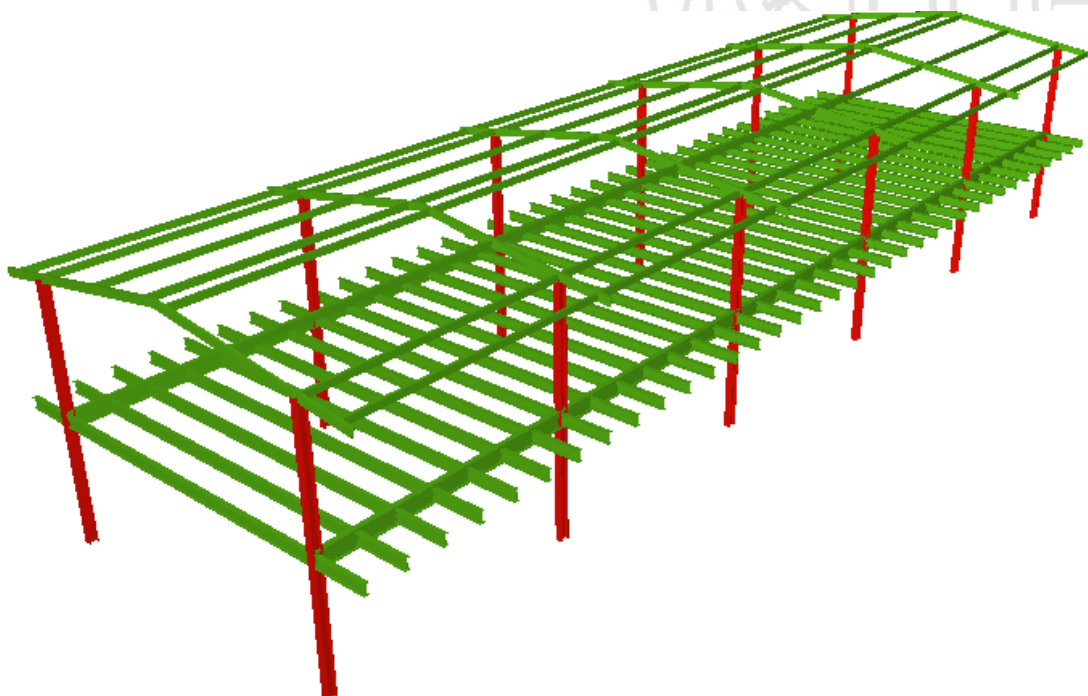


Ilustración 48. Restaurante bar Quibdó.

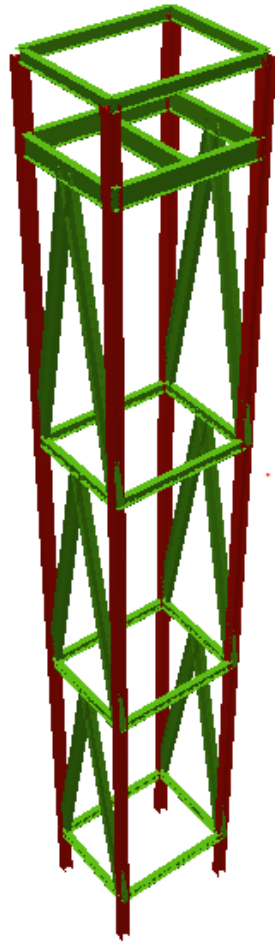


Ilustración 49. Foso ascensor.

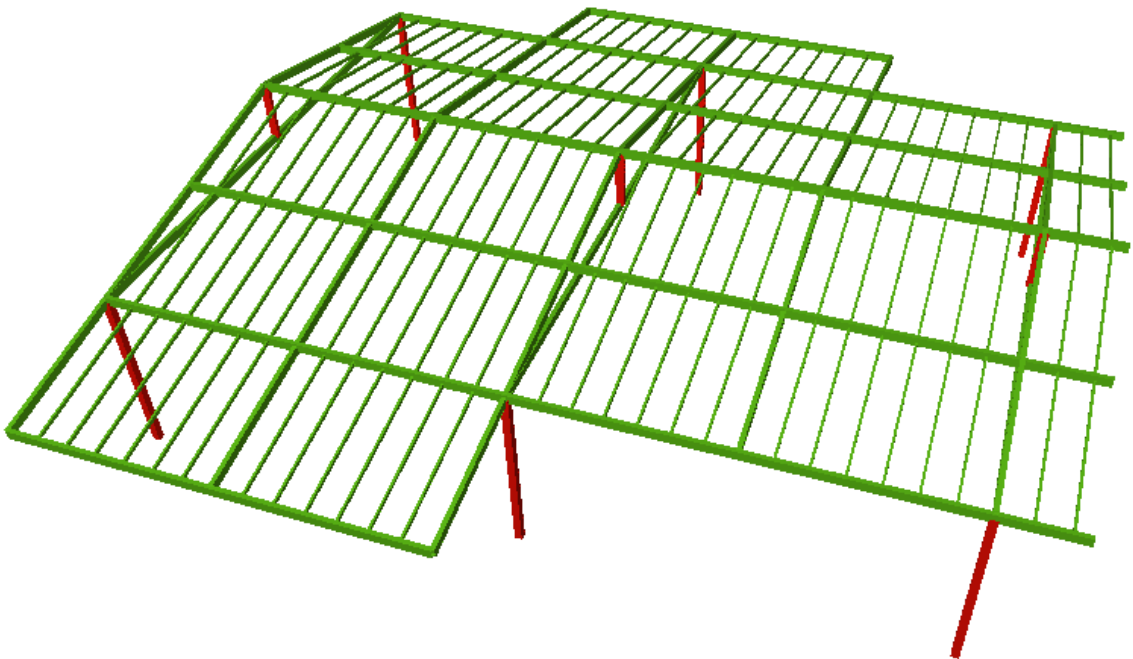


Ilustración 50. Cubierta.

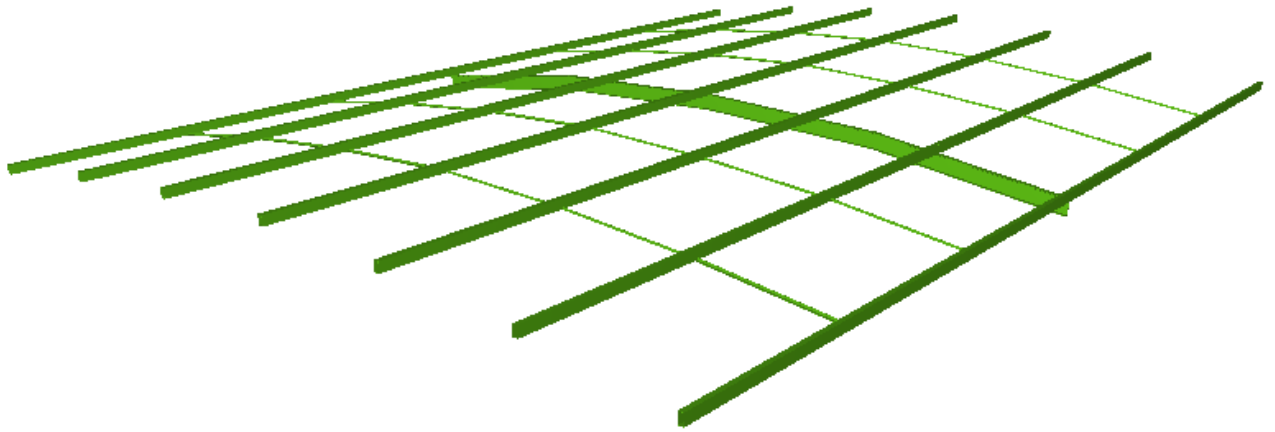


Ilustración 51. Techo en arco.

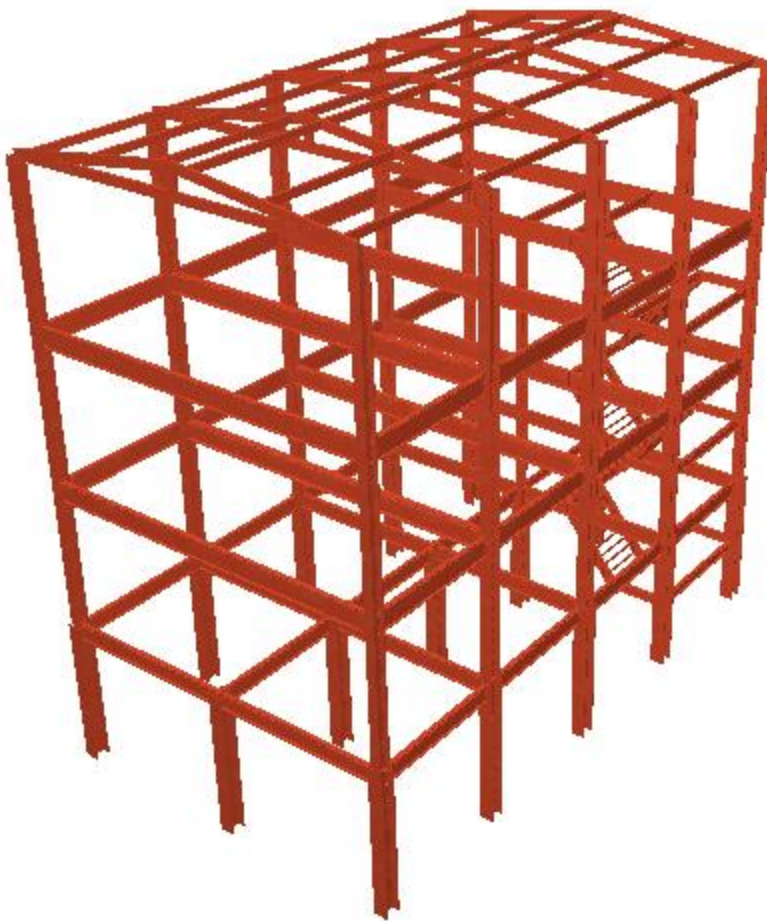


Ilustración 52. Edificación de 4 pisos.

14.4 Viabilidad de uso de perfiles apareados como pilares.

Para comprobar que óptimo resulta el uso de perfiles apareados se toma una solicitud de cotización de vigas para un proyecto que es solicitada a la empresa. Dichas vigas en el mercado local son muy escasas, incluso para nosotros que la importamos, resulta difícil traerlas y mandar a producirlas. Para dar solución a este contratiempo se ofrecerá la homologación en perfil apareado que más se asemeje en cada caso, en donde se tendrá en cuenta fundamentalmente las inercias de los ejes de la sección transversal de la viga, pues de ello depende que tan adecuada sean las respuestas a las cargas. Para garantizar un reemplazo satisfactorio se procurará que las inercias sean mayores en ambos ejes.

La solicitud de homologación se hace para los siguientes perfiles:

- W14X233
- W14X145
- W12X120
- W14X211
- W12X96
- W33X152
- W30X132
- W21X57
- W14X109

Para las obtener las inercias se hace uso hoja de cálculo perfiles W y HP apareados incluida en los anexos, la cual fue diseñada para este análisis.

- Wf14X233

Ix: 124900 cm⁴

Iy: 48090 cm⁴

Reemplazo: 2Wf24X84

Ix: 197300 cm⁴

Iy: 49272 cm⁴

- Wf14X145

Ix: 71140 cm⁴

Iy: 28250 cm⁴

Reemplazo: 2Wf12X68

Ix: 152940 cm⁴

Iy: 39201 cm⁴

- Wf12X120

Ix: 44530 cm⁴

ly: 14380 cm4
Reemplazo: 2Wf18X50
lx: 66520 cm4
ly: 20218 cm4
• Wf14X211

lx: 110200 cm4
ly: 42600 cm4
Reemplazo: 2Wf18X76
lx: 111200 cm4
ly: 68781 cm4
• Wf12X96

lx: 34760 cm4
ly: 11270 cm4
Reemplazo: 2Wf16X36
lx: 37200 cm4
ly: 12540 cm4
• Wf33X152

lx: 340100 cm4
ly: 11380 cm4
Reemplazo: 2Wf30X108
lx: 372200 cm4
ly: 83587 cm4
• Wf30X132

lx: 240300 cm4
ly: 8175 cm4
Reemplazo: 2Wf27X84
lx: 237000 cm4
ly: 59380 cm4
• Wf21X57

lx: 48580 cm4
ly: 1264 cm4
Reemplazo: 2Wf18X40
lx: 50960 cm4
ly: 10367 cm4
• Wf14X109

lx: 51540 cm4
ly: 18560 cm4
Reemplazo: 2Wf18X50
lx: 66520 cm4
ly: 20219 cm4

Luego de conocer los resultados del análisis de homologación de perfiles simples haciendo uso de perfiles apareados, a continuación, con el fin de



ilustrar más al respecto de los perfiles apareados, se modelará una edificación de cuatro pisos haciendo uso del software *Cype 3D*, donde se tendrá en cuenta para los elementos tipo columnas perfiles tipo I apareados y perfiles *tipo H* simples, en donde en ambos casos se pondrán los perfiles más económicos que cumplan con todos los parámetros de diseño y chequeos que se deben realizar. El objetivo del proceso descrito anteriormente es visualizar la respuesta ante las solicitudes de carga de los dos casos expuestos, su viabilidad de uso, y optimización de costos.

Para iniciar con el proceso de modelado de la edificación, inicialmente se debe indagar en cuanto a aspectos como uso que se le dará a la estructura, distribución de los espacios, zona en donde se va a construir, sistema de losas y cubierta que se desea construir, debido a que de esta información depende la distribución de los elementos que van a conformar la estructura metálica y los parámetros de cargas que se van a ingresar al software.

Luego de indagar respecto a los parámetros mencionados en el párrafo anterior, se acuerda que el edificio va a ser diseñado para uso netamente residencial y se diseña una geometría que se adapta a las solicitudes del cliente. En las ilustraciones 53 y 54 se puede apreciar la estructura de la edificación, en donde se usan como columnas perfiles simples, que satisfacen las condiciones del diseño.

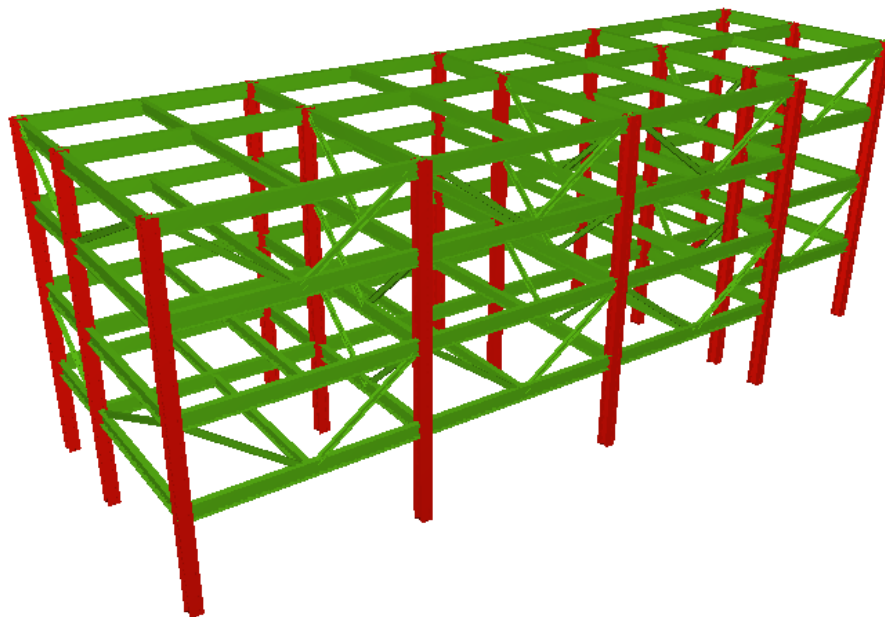


Ilustración 53. Estructura edificación para vivienda.

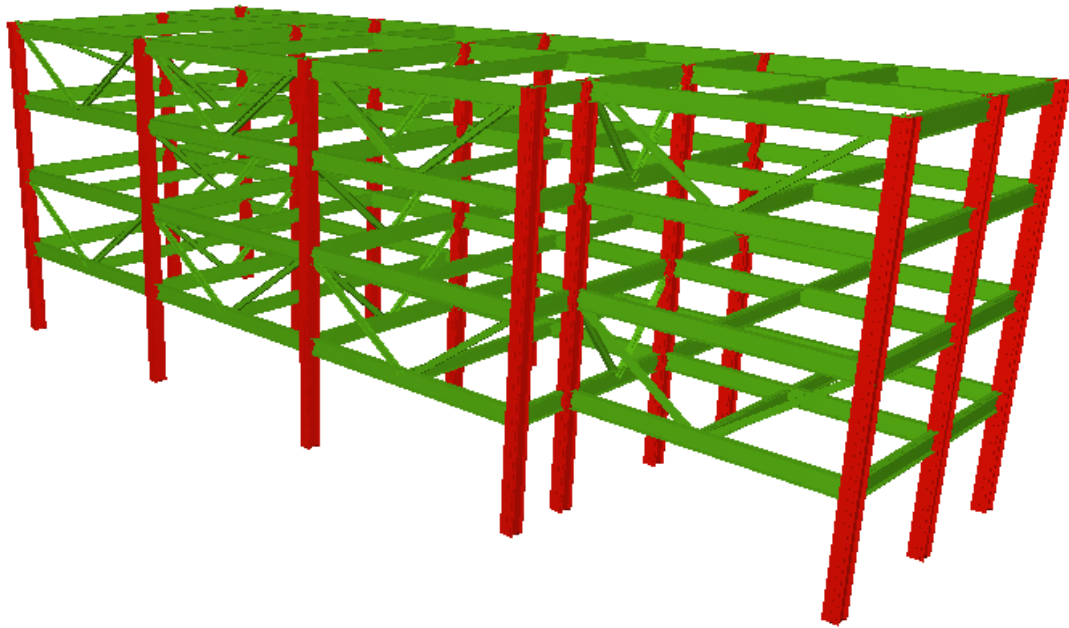


Ilustración 54. Estructura edificación para vivienda.

Dentro del proceso de modelación del software, se analizan tres características principales que son la flecha límite, la resistencia y el sismo, en donde el proceso de análisis consiste básicamente en chequear que los valores que miden estas tres características no superen los máximos establecidos. Lo anterior es con el fin de garantizar que los análisis y diseños se hagan de acuerdo con la Norma Colombiana de Diseño y Construcción (NSR10) y las recomendaciones de la AISC. Los Conceptos de chequeo que utiliza el software se ilustran a continuación:

- Flecha límite: No debe superar el 100%.
- Resistencia: No debe superar el 100%.
- Sismo: En las columnas, el desplazamiento medido en cualquier punto a lo largo de su longitud no debe superar el 1% de la altura medida desde el punto hasta el suelo. El mismo chequeo se debe realizar por piso para evitar puntos de alta flexibilidad y la cristalización o falla del acero.

En la ilustración 55, el color verde que caracteriza los elementos de la estructura, indica que los elementos cumplen los chequeos de resistencia y de flecha límite, pero queda pendiente verificar los desplazamientos.

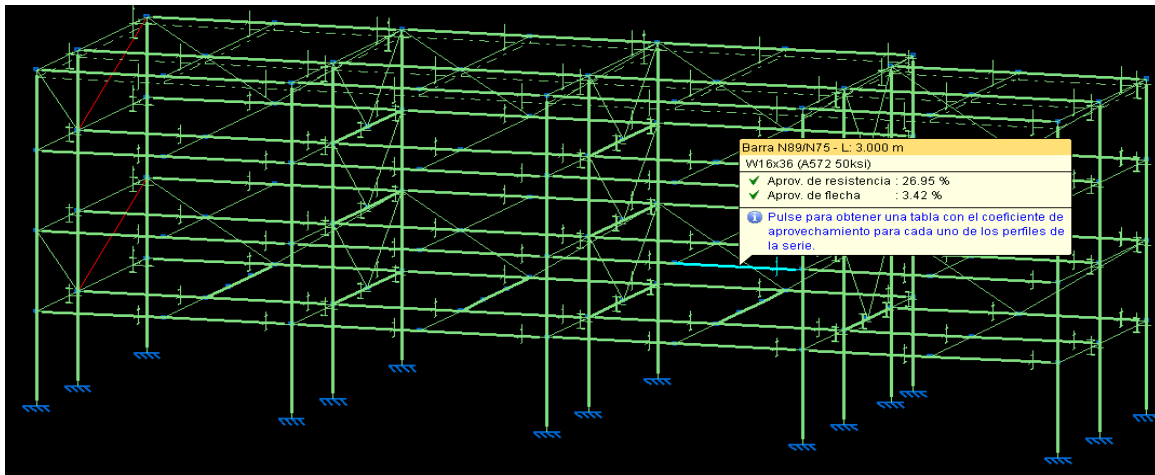


Ilustración 55. Chequeo de resistencia y flecha límite en la estructura.

Posteriormente se realiza la revisión de los desplazamientos en cada uno de los nodos que hay a lo largo de las columnas, y se verifica que estos estén acordes al rango establecido anteriormente. Como se puede ver en las ilustraciones 56 y 57 los desplazamientos en los dos ejes perpendiculares al eje longitudinal de las columnas están dentro de los rangos que cumplen con el análisis de derivas, por lo tanto se garantiza que el diseño de la edificación solicitado ya está completo en cuanto a la definición de la estructura.

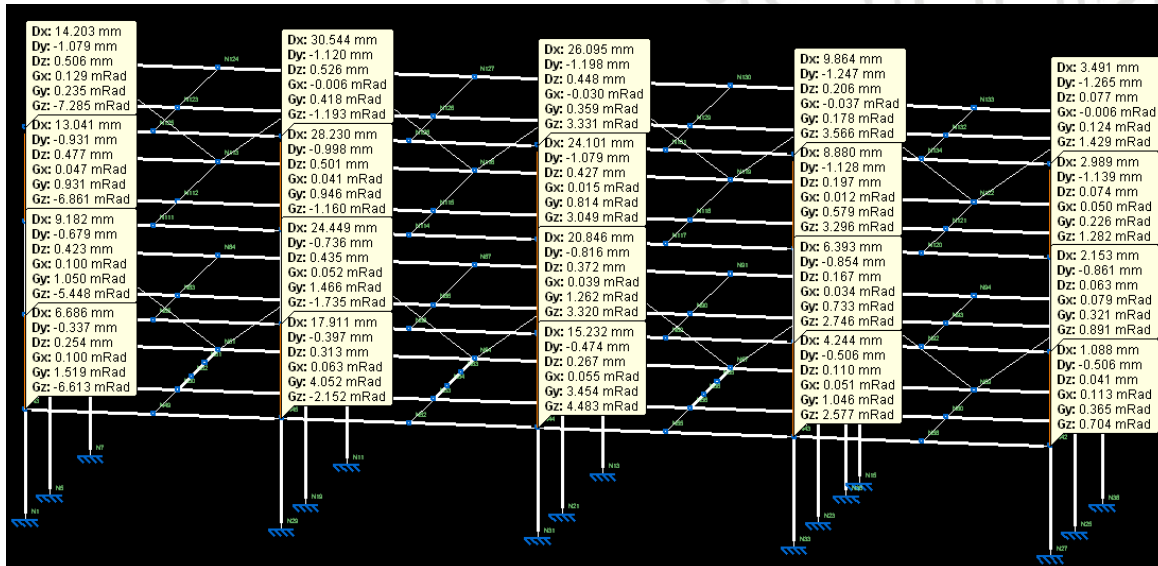


Ilustración 56. Chequeo de derivas eje X.

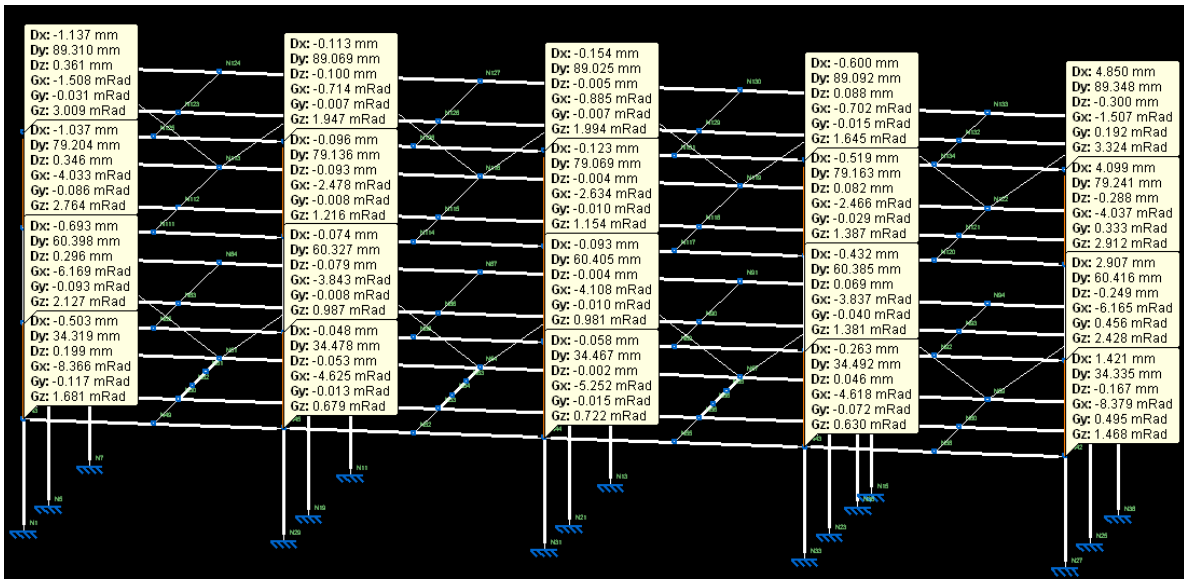


Ilustración 57. Chequeo de derivas eje Y.

En caso de que en el anterior proceso se hubiese realizado la escogencia de elementos estructurales que no cumplieran con los chequeos anteriormente descritos, por lo general se deben cambiar los elementos estructurales por elementos más esbeltos, elementos con mayor sección, o elementos con mayor calibre. A parte de las anteriores soluciones, también se puede ofrecer métodos como el uso de cartelas, rigidizadores, uso de perfiles apareados o la variación de la disposición de los elementos estructurales. Y en el caso de que se presenten problemas por sismo, lo más conveniente es probar girando las columnas, aumentar la sección de estas, o utilizar sistemas de arriostramiento.

Lo siguiente es realizar todo el despiece de la estructura y cotizar el material, de donde se obtienen los costos y cantidades presentados en la ilustración 58.

Código	Material	Valor Unit	p + IVA	Cantidad Ofertada	Valor Total	Peso Total (kg)	Disponibilidad
VW122612	VIGA W 12" x 26 lb/pie x 12m	\$ 1276867.80.00	\$ 1519472.682.00	25	\$ 37986817.050.00	11610	Inmediata
VW163612	VIGA W 16" x 36 lb/pie x 12m	\$ 1748682.0.00	\$ 2080931.580.00	37	\$ 76994468.460.00	23532	Inmediata
VW685121	VIGA W 6" x 8.5 lb/pie x 12m IRREG	\$ 428922.0.00	\$ 510417.180.00	11	\$ 5614588.980.00	1716	Inmediata
PP161206	PERFIL P/FACIL 1.50mm120x90 x 6m	\$ 79751.70.00	\$ 94904.523.00	136	\$ 12907015.128.00	4066.4	Inmediata
BLPP12	BOVEDILLA POLIEST EXP TIPO F 12 cm	\$ 18180.0.00	\$ 21634.20.00	730	\$ 15792966.0.00	1219.1	Inmediata
MEM084	MALLA ELECT 4.0mm 15 x 15 cm	\$ 51699.60.00	\$ 61522.524.00	59	\$ 3629828.916.00	1109.2	Inmediata
S6011032	SOLDADURA WA ACP 6011 1/8"	\$ 9729.0.00	\$ 11577.510.00	818	\$ 9470403.180.00	818	Inmediata
ANGRGA	ANTICORROSIVO x 1GL GRIS	\$ 24940.80.00	\$ 29679.552.00	57	\$ 1691734.464.00	285	Inmediata
					IVA \$ 31176686.213.82	44355.7	
					Total a Pagar \$ 164087822.178.00		
Los precios tienen una validez de 5 días hábiles y el stock disponible en esta cotización pueden variar sin previo aviso, favor antes de realizar su pedido confirme con su asesor							

Ilustración 58. Cotización estructura metálica y estructura de losa del proyecto.

Dado que el objetivo de este análisis es encontrar la viabilidad de uso de perfiles apareados vs perfiles simples en las columnas, en el siguiente caso se realiza nuevamente el pre diseño de la misma estructura utilizando perfiles

apareados en las columnas. Básicamente el diseño cumple con la misma vigería con cualquiera de las dos opciones de columnas usadas, y los resultados de los análisis son mostrados en las ilustraciones 59, 60 y 61.

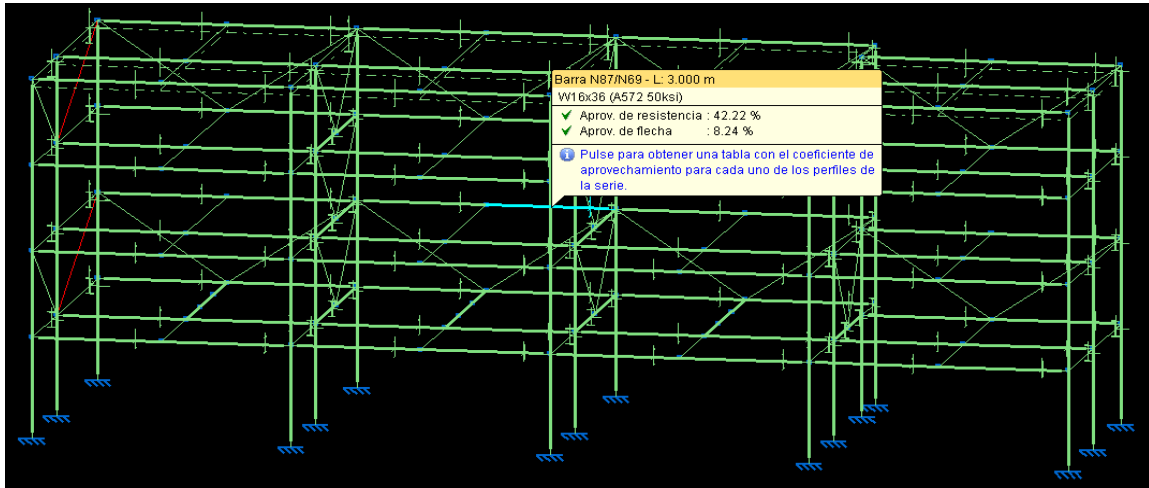


Ilustración 59. Chequeo de resistencia y flecha límite en la estructura.

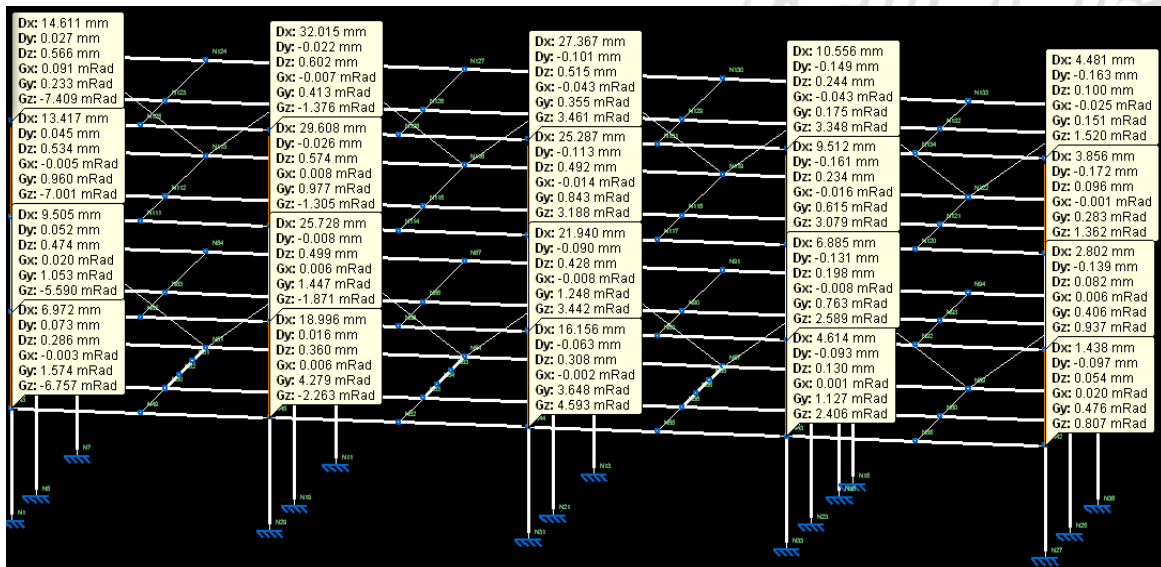


Ilustración 60. Chequeo de derivas eje X.

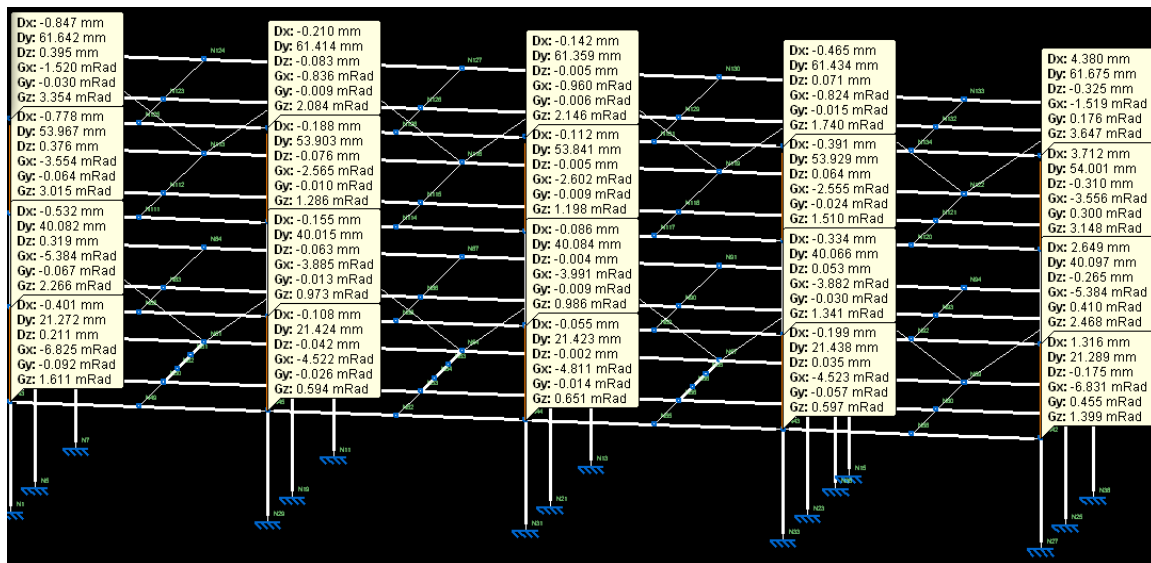


Ilustración 61. Chequeo de derivas eje Y.

Nuevamente se cotiza el material empleado para la estructura y los costos se presentan en la ilustración 62.

Código	Material	Valor Unit	p + IVA	Cantidad Ofertada	Valor Total	Peso Total (kg)	Disponibilidad
VW122612	VIGA W 12" x 58 lb/pie x 12m	\$ 2837484.00	\$ 3376605.960.00	13	\$ 43895877.480.00	13416	Inmediata
VW163612	VIGA W 16" x 36 lb/pie x 12m	\$ 1748682.00	\$ 2080931.580.00	37	\$ 76994468.460.00	23532	Inmediata
VW685121	VIGA W 6" x 8.5 lb/pie x 12m IRREG	\$ 428922.00	\$ 510417.180.00	11	\$ 5614588.980.00	1716	Inmediata
PP161206	PERFIL P/FACIL 1.50mm120x90 x 6m	\$ 79751.70.00	\$ 94904.523.00	136	\$ 12907015.128.00	4066.4	Inmediata
BLPP12	BOVEDILLA POLIEST EXP TIPO F 12 cm	\$ 18180.00	\$ 21634.20.00	730	\$ 15792966.0.00	1219.1	Inmediata
MEM084	MALLA ELECT 4.0mm 15 x 15 cm	\$ 51699.60.00	\$ 61522.524.00	59	\$ 3629828.916.00	1109.2	Inmediata
S6011032	SOLDADURA WA ACP 6011 1/8"	\$ 9729.00	\$ 11577.510.00	855	\$ 9898771.050.00	855	Inmediata
ANGRGA	ANTICORROSIVO x 1GL GRIS	\$ 24940.80.00	\$ 29679.552.00	57	\$ 1691734.464.00	285	Inmediata
					IVA \$ 32380797.590.82	46198.7	
					Total a Pagar \$ 170425250.478.00		
Los precios tienen una validez de 5 días hábiles y el stock disponible en esta cotización pueden variar sin previo aviso, favor antes de realizar su pedido confirme con su asesor							

Ilustración 62. Cotización estructura metálica y estructura de losa del proyecto.

Debido a que la estructura es la misma a excepción de las columnas, el análisis se resume en comparar los costos, el peso y el área ocupada por las columnas como se observa en la ilustración 63.

Perfil	Area ocupada m2	Peso k/m	Cantidad perf x 12m	Precio viga neto	Costo total	Peso total
w12x58	0.07874	86	13	3376605.96	43895877.5	13416
2w12x26	0.1023	77.4	12.5	3038945.36	37986817.1	11610

Ilustración 63. Comparación de perfiles.

En la ilustración 64 se observa el resumen de mediciones que el programa ofrece, de donde se obtienen cantidades de perfiles utilizados, y gracias a la

medición de área superficial se puede deducir la cantidad de anticorrosivo que debe utilizarse para pintar la estructura.

Resumen de medición												
Material		Serie	Perfil	Longitud			Volumen			Peso		
Tipo	Designación			Perfil (m)	Serie (m)	Material (m)	Perfil (m³)	Serie (m³)	Material (m³)	Perfil (kg)	Serie (kg)	Material (kg)
Acero laminado	A572 50ksi	Wf	W12x26, Doble en cajón soldado	147.200	839.372	839.372	1.448	5.276	5.276	11370.32	41415.41	41415.41
			W16x36	441.600			3.007			23607.27		
			W12x26	121.600			0.598			4696.44		
			W6x9	128.972			0.222			1741.38		

Acero laminado: Medición de las superficies a pintar				
Serie	Perfil	Superficie unitaria (m²/m)	Longitud (m)	Superficie (m²)
Wf	W12x26, Doble en cajón soldado	1.598	147.200	235.284
	W16x36	1.499	441.600	661.958
	W12x26	1.268	121.600	154.237
	W6x9	0.691	128.972	89.171
Total			1140.652	

Ilustración 64. Resumen de mediciones Cype 3D.

14.5 Conexiones

Son puntos donde se ensamblan los elementos metálicos de una estructura metálica para dar forma a la estructura.

Se les puede clasificar por:

14.5.1 Tipo de conector:

- Soldadas
- Empernadas
- Remachadas
- Con pines

14.5.2 Rigidez de la conexión:

- Conexión simple o de corte
- Conexión de momento (rígida)
- Conexión de momento (Semi rígida)

14.5.3 Tipo de elemento o de sollicitación:

- Elementos sometidos a esfuerzos axiales
- Elementos sometidos a flexión o flexo compresión

- Planchas de base de columnas o vigas

14.5.4 Conexiones soldadas:

La soldadura es la forma más común de conexión del acero estructural y consiste en unir dos piezas de acero mediante la fusión superficial de las caras a unir en presencia de calor. Se ejecuta con o sin aporte de material agregado. Son procedimientos que mediante la aplicación de energía manifestada en calor y/o presión permiten lograr la unión íntima y permanente de elementos metálicos dejándolos con la continuidad apta para que trabajen mecánicamente como un todo homogéneo, conservando sus cualidades físicas. Si la soldadura ha sido convenientemente realizada deberá permitir que la zona de unión posea las mismas propiedades mecánicas que las piezas que se han unido, conservando sus cualidades de trabajo a tracción, compresión, flexión o flexo compresión.

En general, se reconoce a la soldadura algunas ventajas como el otorgar mayor rigidez a las conexiones, demandar menor cantidad de acero para materializar la conexión y permitir una significativa reducción de costos de fabricación. Adicionalmente se le reconoce como ventajas el evitar las perforaciones en los elementos estructurales y simplificar los nudos complejos. Sin embargo, se le reconocen también algunas desventajas, como las dificultades que representa la soldadura en obra y el demandar mayores calificaciones a los operarios en obra para soldar que para hacer uniones apernadas. Lo anterior hace que las conexiones soldadas en obra sean mucho más costosas que las soluciones apernadas, lo que se replica en los costos y dificultades de las inspecciones requeridas a las faenas de soldadura.

Las propiedades resistentes de la sección de una soldadura o de un grupo de soldadura, se determina considerando su longitud y garganta efectiva. Los tipos de soldadura más comunes son las soldaduras de filetes, soldaduras de penetración parcial, soldaduras de penetración completa y soldaduras de tapón.

14.5.5 Conexión empernada:

Las uniones de elementos metálicos mediante conexiones empernadas se dan por el uso de pasadores mediante perforaciones que se hacen en las aletas o el alma del elemento, y en platinas, ángulos u otro elemento que se vaya a usar en la conexión. Los conectores se clasifican según su geometría y resistencia del material que los compone, en donde la solicitud de cada uno dependerá del diseño de la conexión. Este tipo de conexiones pueden fallar por corte en el perno, tracción en el perno, aplastamiento del material conectado o deslizamiento relativo. La platina usada o elemento pueden

fallar por arrancamiento de bloque de corte o rotura en el área neta efectiva.

La construcción de estructuras metálicas se ha considerado construcción prefabricada por excelencia, y sabido que prefabricar es unir, se puede entender que construir en acero, es esencialmente unir o conectar elementos metálicos. Como ya se mencionó las conexiones representan aquellos puntos que mantienen unida la estructura, y que por ende dan forma a la misma, y es donde además se da la transferencia de las cargas de unos elementos a otros hasta transferirse a las cimentaciones de la estructura. Dicho lo anterior se pueden considerar las conexiones como un aspecto de riesgo en la estructura, que sin un diseño adecuado pueden ser la causa de una falla estructural como ha sucedido históricamente en diversas estructuras.

Según la AISC, las conexiones se clasifican según la transferencia de momento de un elemento a otro, donde se tienen básicamente tres tipos de conexiones: Conexiones simples, conexiones semi rígidas y conexiones rígidas, en donde la transferencia de momento es menor en la primera y mayor en la última. La ilustración 65 muestra la transferencia de momento en función de la rotación del elemento.

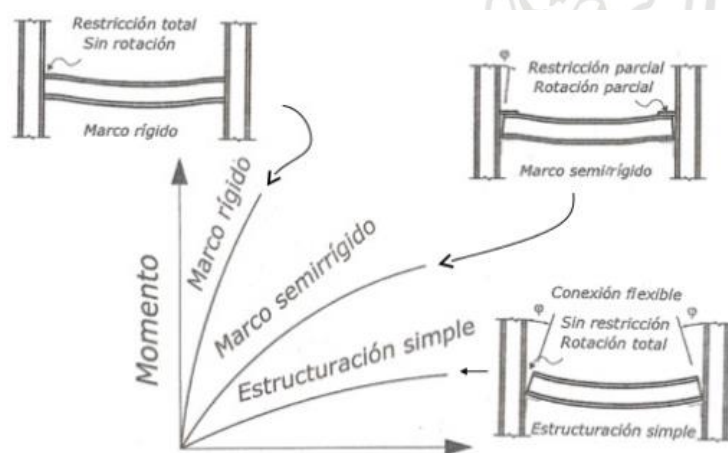


Ilustración 65. Transferencia de momento según el tipo de conexión.

14.5.6 Conexiones simples:

Son denominadas conexiones simples o de corte debido a que no hay transferencia de momento flectores, ya que se permite la rotación del extremo del elemento. Este tipo de conexión se obtiene uniendo el alma del elemento tipo viga y dejando las alas desconectadas, para permitir de esta forma la rotación del elemento. Las conexiones simples poseen algo de restricción rotacional como es observado en la ilustración 65, pero esta es comúnmente ignorada.

Como ya se mencionó, para la obtención de una conexión simple, lo que se hace es conectar el alma del elemento, lo cual se puede hacer mediante ángulos, usando soldadura o pernos. En la ilustración 66 se puede observar una conexión simple realizada con el uso de pernos.

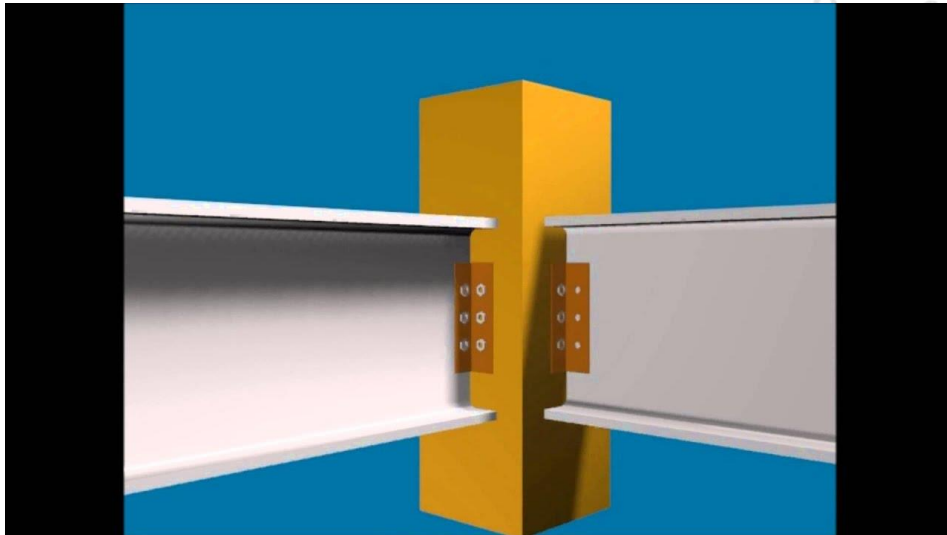


Ilustración 66. Conexión simple pernada.

Hay que tener cuidado especial con la conexión ilustrada en la imagen anterior, pues cuando el elemento es sometido una fuerza de tensión alta, los ángulos pueden fallar como se muestra en la ilustración 67.

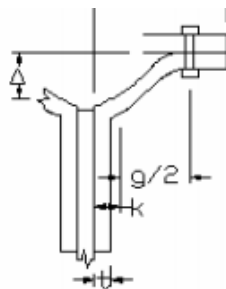


Ilustración 67. Falla de ángulo sometido carga de flexión en conexión simple.

14.5.7 Conexiones semi rígidas:

Son conexiones parcialmente restringida, en donde el ángulo de rotación del elemento está ubicado entre el de una conexión rígida y el de una conexión simple.

14.5.8 Conexión rígida:

Las conexiones rígidas son las más usuales en estructuras metálicas. En este tipo de conexiones debe haber una continuidad entre el elemento soportante y el soportado con el fin de proveer la rigidez que se requiere para que el ángulo de rotación permanezca inalterado frente a la presencia de cargas. Este tipo de conexiones debe ser diseñado para soportar el efecto de las fuerzas cortantes y de momento a las cuales son inducidas por su efecto de rigidez.

14.5.9 Conexiones diagonales:

Las fuerzas verticales ocasionadas por sismo o por vientos, tienden a deformar los pórticos, en donde las conexiones de momento deben tener una rigidez excesiva lo que implica una conexión más elaborada y por ende más costosa. Frente a este fenómeno existe una alternativa que permite contrarrestar el efecto de las fuerzas mencionadas y por ende de las deformaciones, la cual consiste en un elemento diagonal que está conectado en dos nodos adyacentes diagonales, y pues debido a que las fuerzas se dan en dos sentidos, la idea es que dicho elemento diagonal este en los dos sentidos. Esta metodología es conocida como arriostramiento, y para ello se deben usar elementos que sean especificados para tal uso y de manera que resistan tanto cargas de tracción como de compresión. Existen diferentes técnicas de arriostramiento que pueden hacer la estructura más liviana y por ende mas económica, sin embargo, el uso de riostras puede restringir espacios que pueden ser usados para puertas, ventanas o un área que se deseaba libre. En la ilustración 68 se presentan las metodologías de arriostramientos mas usuales.

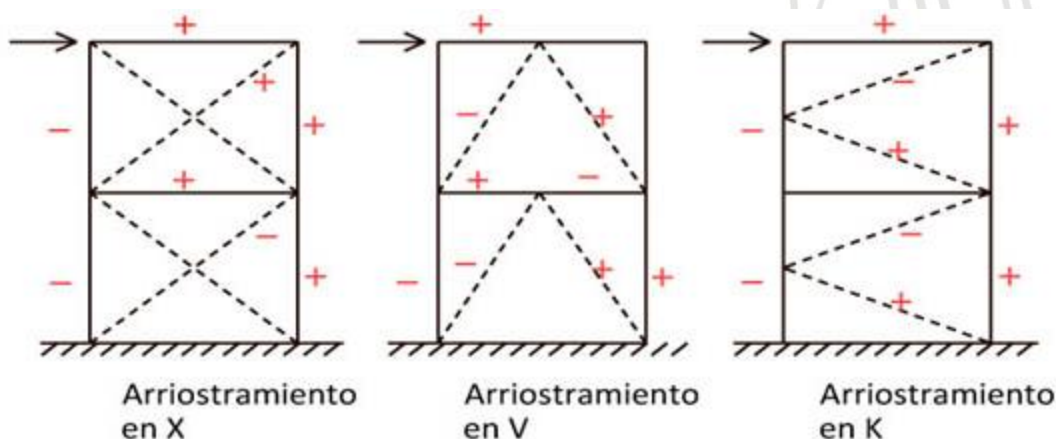


Ilustración 68. Tipos de arriostramientos.

14.5.10 Conexiones usuales

Las conexiones en estructuras metálicas son dadas entre viga con columna, viga con viga, columna con columna, columna con fundación, arriostramientos, tubulares.

14.5.11 Conexión viga-columna

Son de las conexiones más usuales, y son de las que definen el número de pisos y describen la elevación de la edificación, su diseño depende netamente de las consideraciones que, de el ingeniero, según la geometría de la estructura y las cargas.

Como ya se mencionó una de las conexiones más comunes es la conexión simple, que se realiza mediante pernos, o mediante pernos y soldadura. En la ilustración 69 se puede observar una conexión dada entre columna y viga principal, en donde se fijan ángulos del alma de la viga en el taller, y posteriormente en obra se fija a la columna. Esta conexión también se puede dar viga con viga.

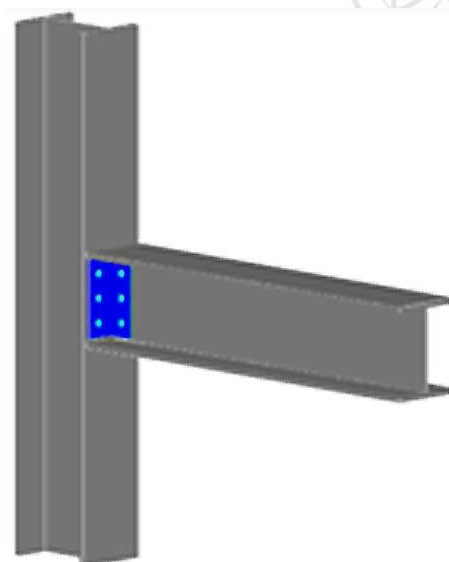


Ilustración 69. Conexión simple viga con columna.

En el caso de que la columna se realice una conexión viga principal con viga secundaria, donde la altura de las vigas coincida, se deben rebajar ambas alas de la viga secundaria para permitir la nivelación superior de las alas, y en el caso de que la altura de la viga secundaria sea inferior, basta con rebajar el ala superior como se muestra en las ilustraciones 70 y 71.

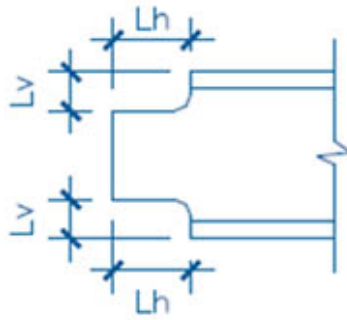


Ilustración 70. Conexión viga con viga de igual altura.

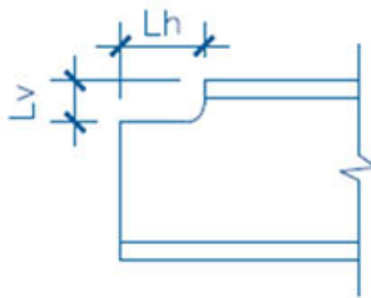


Ilustración 71. Conexión viga con viga de alturas diferentes.

En algunos casos se agrega un ángulo inferior para apoyar la viga y facilitar el montaje. En ninguno de los casos la viga secundaria puede tener una altura superior a la de la viga principal.

Aparte de la conexión mostrada en la ilustración 69, se pueden dar también conexiones en donde los ángulos son soldados al alma de la viga en el taller y pernaados en obra como se muestra en la ilustración 72, o casos en que se utiliza solo soldadura en el proceso de conexión.



Ilustración 72. Conexión usando pernos y soldadura.

En la ilustración 73 se muestra una de las conexiones a momento con planchas de corte como en los casos anteriores, y plancha superior e inferior, lo que genera la restricción a momento, evitando la rotación de la viga, y transfiriendo los momentos a la columna. Tanto las perforaciones de las

planchas como la soldadura se hacen en taller, y en obra se ubica la viga y se ponen los pernos.

Dicho lo anterior, en las ilustraciones siguientes se mostrarán las clasificaciones más comunes de conexiones que se dan en estructuras metálicas:



Ilustración 73. Conexión a momento.

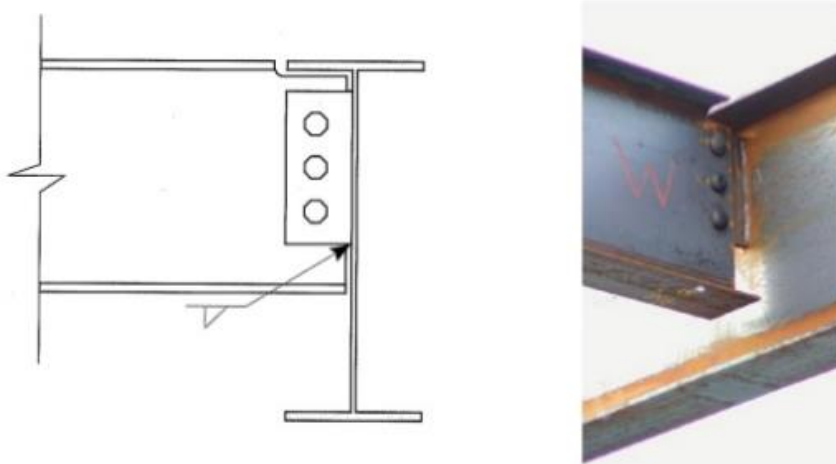


Ilustración 74. Conexión simple.

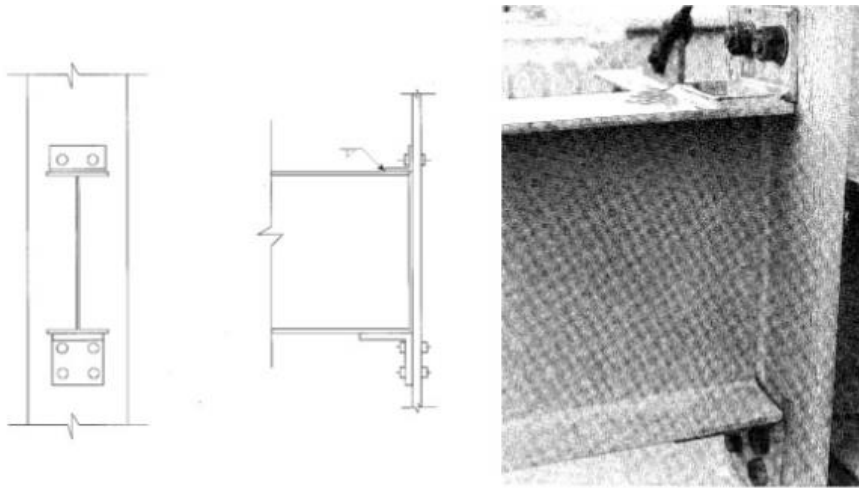


Ilustración 75. Conexión con ángulo de asiento.

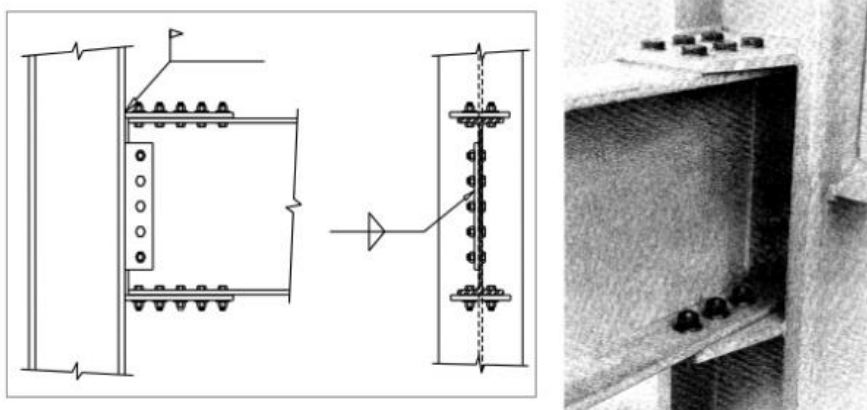


Ilustración 76. Conexión de momento.



Ilustración 77. Conexión diagonal de contraventeo (riostras).

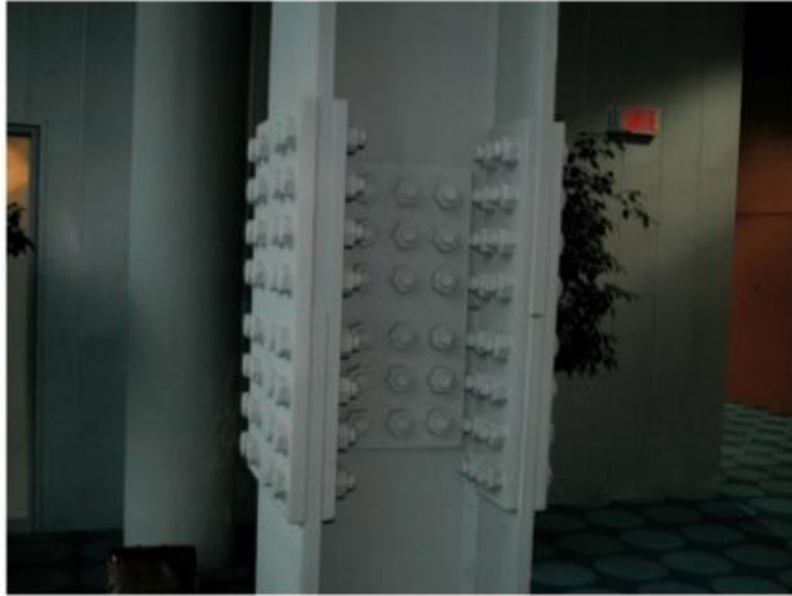


Ilustración 78. Empalme atornillado de columnas.

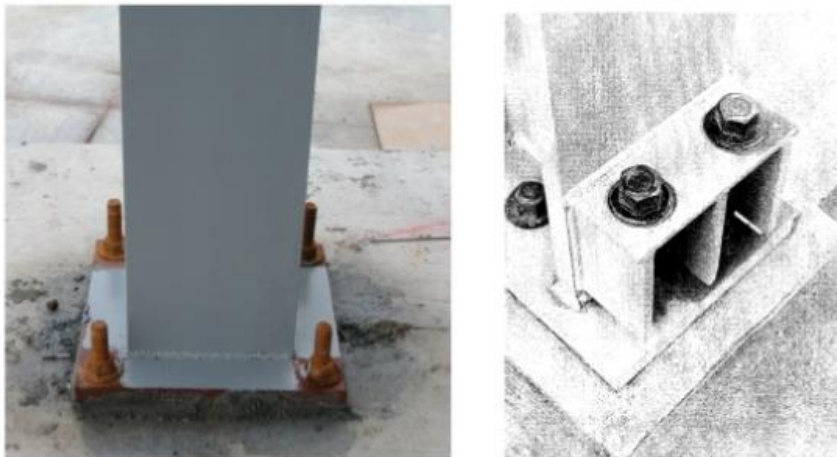


Ilustración 79. Placa base de columnas.

Cabe destacar que un perfil metálico puede adaptarse a una estructura de concreto, el cual se adapta pernando una platina que esta soldada al extremo del elemento metálico en la superficie del elemento de concreto.

14.5.12 Conexiones a momento atornilladas sin rigidizar y rigidizadas tipo End-Plate.

En las ilustraciones 80,81 y 82 se pueden observar las tres configuraciones de conexión a momento tipo End-Plate mas utilizadas en pórticos de acero resistentes a momento.

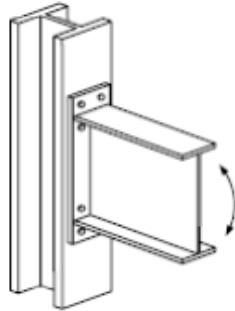


Ilustración 80. Cuatro pernos son rigidizar.

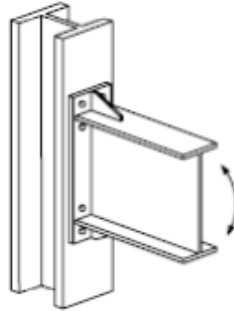


Ilustración 81. Cuatro pernos rigidizado.

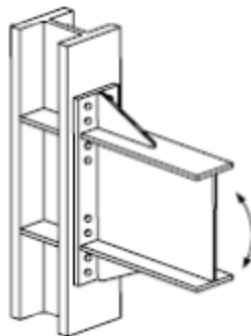


Ilustración 82. Ocho pernos rigidizado.

14.6 Perfiles individuales y en cajón usados como columnas.

14.6.1 Perfiles individuales:

Son perfiles usados tal cual vienen de la siderúrgica, requieren poca mano de obra, solo basta con adaptar su longitud a la deseada. Los más usados en Colombia son los IPE, HEA, HEB Y Wf.

La principal intención al usar perfiles como columnas, es buscar que la sección sea lo más cuadrada posible y que las inercias de los dos ejes sean aproximadas, esto con el fin de aprovechar lo mejor posible la sección y formar pares rígidos.

Son útiles para empotrar con vigas disponiendo la dirección del pórtico perpendicular al eje de mayor inercia del perfil. En caso de ir a uniones

articuladas, como apenas no se transmiten momentos al pilar será prácticamente indiferente la posición del perfil, aunque conviene hacerlo de tal forma que se facilite la solución constructiva que se vaya a dar después al cerramiento o a otros elementos.

14.6.2 Perfiles en cajón

Se obtienen de unir por soldadura a tope dos o más perfiles normalizados de acero estructural. Se consiguen secciones de mejores características y mayor versatilidad. Son un buen recurso para soluciones que no puedan resolverse con perfiles simples de un perfil.

Los perfiles más utilizados de esta forma son los perfiles en I y en U, ya que tienen mucha más inercia respecto a un eje en comparación con el otro. Por ello, soldando a tope dos o más de ellos se obtiene una nueva pieza, con una inercia mejor repartida y con más diversidad de soluciones constructivas. En estas uniones mediante soldadura será muy importante que al menos uno de los ejes principales de cada pieza coincida con el eje de la pieza producto de su unión, para evitar excentricidades que produzcan tensiones en la pieza y le produzcan deformaciones no deseadas.

En la ilustración 83 se muestra las secciones de perfiles en cajo o apareadas más usuales:

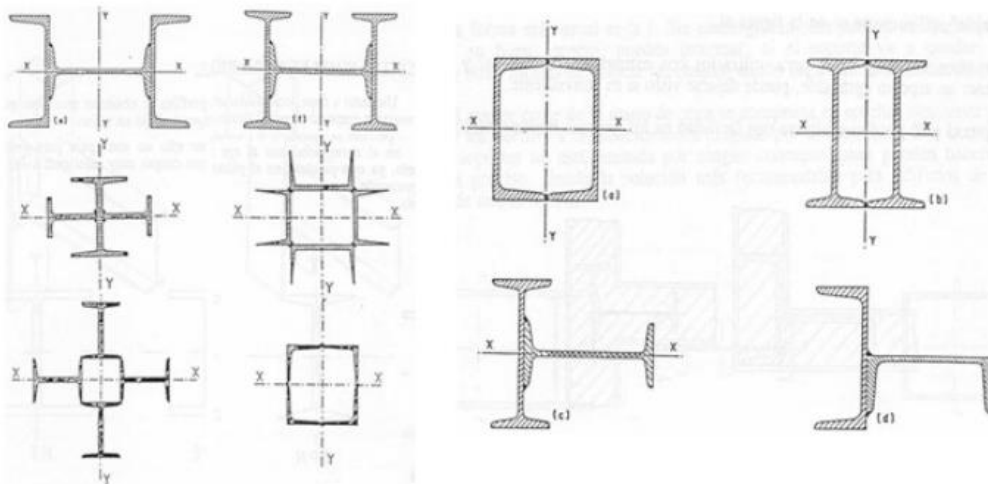


Ilustración 83. Secciones de perfiles apareados.