



**Universidad Autónoma de Querétaro**

**Facultad de Ingeniería**

**Maestría en Ciencias (Estructuras)**

**“ANÁLISIS Y DISEÑO DE CONEXIONES PARA UNA ESTRUCTURA DE ACERO TIPO  
VIVIENDA SUSTENTABLE, PREFABRICABLE, MODULAR Y DESMONTABLE”**

**TESIS**

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de  
Maestro en Ciencias (Estructuras)

**Presenta:**

Germán García Zamora

**Dirigido por:**

Dr. Guadalupe Moisés Arroyo Contreras

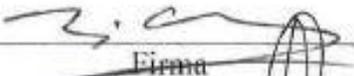
**SINODALES**

Dr. Guadalupe Moisés Arroyo Contreras  
Presidente



Firma

Dr. Miguel Ángel Pérez Lara y Hernández  
Secretario



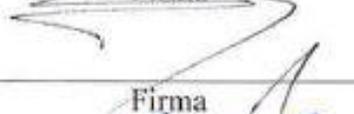
Firma

Dr. Jaime Moisés Horta Rangel  
Vocal



Firma

Dr. Manuel Toledano Ayala  
Suplente



Firma

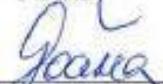
Dr. José Luis Reyes Araiza  
Suplente



Firma



Dr. Aurelio Domínguez González  
Director de la Facultad de Ingeniería



Dra. Ma. Guadalupe Flavia Loarca Piña  
Director de Investigación y Posgrado

Centro Universitario  
Querétaro, Qro.  
Octubre 2017

## RESUMEN

Este trabajo presenta el desarrollo de un nuevo sistema de conexión estructural para una estructura de acero tipo vivienda sustentable prefabricable, modular y desmontable, configurada a base de marcos rígidos. Dicho sistema de conexiones debe garantizar la adecuada trasmisión de esfuerzos a los elementos principales, evitar la formación de articulaciones plásticas en los nodos y facilitar el proceso de montaje y desmontaje de la estructura, sin comprometer la integridad de la misma. La topología de dichas conexiones será definida a partir de la revisión de la bibliografía existente referente a conexiones estructurales convencionales. La validación del nuevo sistema de conexiones se realizará mediante la comparación de los resultados obtenidos del diseño de las mismas bajo la reglamentación actual y un análisis por elemento finito utilizando la herramienta ANSYS.

**(Palabras clave:** conexiones, conexiones estructurales de acero, estructura modular de acero, conexiones para una estructura de acero prefabricada, construcción de edificios modulares de acero.)

## SUMMARY

This work presents the development of a new structural connection system for a steel sustainable housing type structure, prefabricated, modular and demountable, formed by rigid frames. This connection system must guarantee an adequate stress transmission to the main elements, to avoid the formation of plastic joints in the nodes, and to ease the processes of montage and dismantling of the structure, without putting to risk the structure's integrity. Its topology will be defined based on the existent literature review concerning conventional structural joints. Validation of the new structural connection system will be done by comparing the results from designing connections under current normative and analyzing them using a finite element model created with ANSYS.

**(Key words:** connections; steel structural connections; modular steel structure; connections for prefabricated steel structures; modular steel construction building.)

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, por haberme dado salud y por permitirme conseguir un logro más en mi formación académica.

A mi familia, por apoyarme siempre en todo momento, por confiar en mi y por todas las enseñanzas que han sido fundamentales para mi crecimiento como persona y como profesionista.

A mi asesor, el Dr. Guadalupe Moisés Arroyo Contreras, por su tiempo, conocimiento, paciencia y apoyo en la realización del presente trabajo.

Al Dr. Manuel Toledano Ayala, por su tiempo, motivación constante y apoyo incondicional durante la realización del presente trabajo de investigación.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el apoyo financiero recibido, ya que sin él no hubiera logrado concluir mis estudios de posgrado.

A la División de Investigación y Posgrado de la Facultad de Ingeniería (DIPFI-UAQ), por su apoyo mediante la convocatoria "Casa Solar Experimental".

A los profesores de la DIPFI-UAQ, que tuve el placer de conocer, cuyas enseñanzas han fortalecido mi formación profesional.

## ÍNDICE

RESUMEN	I
SUMMARY	II
AGRADECIMIENTOS	III
ÍNDICE	IV
ÍNDICE DE FIGURAS	VI
ÍNDICE DE TABLAS	VIII
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Justificación	1
1.2. Descripción del problema	3
1.3. Hipótesis	4
1.4. Objetivo general	5
1.5. Objetivos particulares	5
2. ANTECEDENTES	6
2.1. Algunos sistemas de conexión estructural viga-columna existentes	8
2.2. Algunos sistemas de conexión estructural viga-columna a base de ménsula de acero. 12	
3. MARCO TEÓRICO	14
3.1. Tipos de conexiones y consideraciones para su revisión analítica (esfuerzos resistentes)	14
3.2. Revisión de tornillos	17
3.3. Revisión de placas	18
3.4. Generalidades del Método por Elemento Finito	19
3.5. Etapas para solucionar problemas mediante MEF	20
3.5.1. Fase de Preproceso	20
3.5.2. Fase de Solución	21
3.5.1. Fase de Postproceso	21
4. METODOLOGÍA	22
4.1. Sistema estructural del proyecto “Casa solar experimental”	24
4.2. Determinación de las cargas	26
4.3. Determinación de la forma	28
4.4. Diseño de las conexiones propuestas bajo reglamentación actual	34

4.5.	Elaboración de planos y fabricación de prototipos de prueba	35
4.6.	Modelación y análisis por el método de elemento finito	36
4.6.1.	Preproceso y solución	37
4.7.	Montaje de estructura de acero denominada “Casa Solar Experimental”	43
5.	RESULTADOS	45
5.1.	Determinación de la forma	45
5.2.	Diseño de las conexiones propuestas bajo reglamentación actual	45
5.3.	Elaboración de planos y fabricación de prototipos de conexiones	45
5.4.	Modelación y análisis por el Método de Elemento Finito (MEF)	48
5.5.	Montaje de la estructura denominada “Casa Solar Experimental”	50
6.	CONCLUSIONES	52
7.	REFERENCIAS	55
8.	ANEXOS	58
8.1.	Diseño de conexiones aplicando normatividad vigente.	58
8.2.	Planos de estructura y conexiones de la “Casa solar experimental”.	73

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Gráfica 2-1. CO2 por kg de materia (Argüello Méndez et al, 2008).</i> _____	6
<i>Figura 2-1. Conexión para estructuras reticulares de acero (Du Chateau, 1982).</i> _____	9
<i>Figura 2-2. Conexión viga-columna para marcos espaciales de acero (Carannante, 1995)</i> _____	9
<i>Figura 2-3. Conexión viga-columna “pin-fuse” (Sarkisian, 2004).</i> _____	10
<i>Figura 2-4. Conexión a base de anillo de fibra de carbono (Wolfgang, 2004).</i> _____	11
<i>Figura 2-5. Conexión para estructuras espaciales monocapa (Martínez, 2007)</i> _____	11
<i>Figura 2-6. Conexión a base de “gusset plate” para montaje o refuerzo (Suzuki, 2007)</i>	12
<i>Figura 2-7. Conexión viga-columna para marcos estructurales de acero a base de placas atornilladas y ménsula (Kasai et al., 2000).</i> _____	13
<i>Figura 2-8. Conexión sismo-resistente a momento viga-columna (Chen et al., 2002).</i> _	13
<i>Figura 3-1. Curvas momento-rotación (McCormac y Csernak, 2013)</i> _____	14
<i>Figura 3-2. Ejemplos de discretización.</i> _____	15
<i>Figura 4-1. Estructura propuesta para el proyecto “Casa solar experimental” (Álvarez, 2016)</i> _____	24
<i>Figura 4-2. Módulo de la estructura propuesta a base de perfiles PTR A 500 GR. B y Montén 3 MT 14.</i> _____	24
<i>Figura 4-3. Cargas de diseño para la conexión viga-columna C1 (vista lateral de un nodo intermedio)</i> _____	26
<i>Figura 4-4. Cargas de diseño para la conexión viga-columna C2 (vista lateral de un nodo intermedio)</i> _____	27
<i>Figura 4-5. Cargas de diseño para la conexión viga-viga C3 (vista lateral).</i> _____	27
<i>Figura 4-6. Conexión a momento a base de viga de sección variable con placas de momento.</i> _____	29
<i>Figura 4-7. Conexión C1 a base de ménsula de acero con placa de momento superior.</i>	30
<i>Figura 4-8. Isométrico de conexión C1 a base de ménsula de acero con placa de momento superior.</i> _____	31
<i>Figura 4-9. Conexión rígida atornillada C2 a base de placas de momento y placas de cortante.</i> _____	32
<i>Figura 4-10. Isométrico de conexión atornillada C2 a base de placas de momento y placas de cortante.</i> _____	32

<i>Figura 4-11. Conexión rígida atornillada C3 a base de placas de momento y placas de cortante.</i>	33
<i>Figura 4-12. Vista frontal de conexión rígida atornillada C3 a base de placas de momento y placas de cortante.</i>	33
<i>Figura 4-13. Conexión simple atornillada C4 a base de placa de cortante.</i>	33
<i>Figura 4-14. Esquema de proyecto Estructural utilizado en ANSYS workbench.</i>	37
<i>Figura 4-15. Geometría de la conexión C1 en Workbench.</i>	38
<i>Figura 4-16. Geometría de la conexión C2 en Workbench</i>	38
<i>Figura 4-17. Geometría de nodo central (nodo crítico) en Workbench.</i>	38
<i>Figura 4-18. Mallado de conexión C1.</i>	39
<i>Figura 4-19. Mallado de conexión C2.</i>	39
<i>Figura 4-20. Mallado de conexión en nodo central (nodo crítico).</i>	40
<i>Figura 4-21. Soportes de conexión C1.</i>	41
<i>Figura 4-22. Soportes de conexión C2.</i>	41
<i>Figura 4-23. Soportes de conexión en nodo central (nodo crítico).</i>	41
<i>Figura 4-24. Cargas de diseño para análisis por MEF de conexión en nodo central (nodo crítico).</i>	42
<i>Figura 4-25. Cargas en conexión C1.</i>	42
<i>Figura 4-26. Cargas en conexión C2.</i>	42
<i>Figura 4-27. Cargas en conexión en nodo central (nodo crítico).</i>	43
<i>Figura 4-28. Inicio de montaje de “Casa Solar Experimental” (montaje de columnas).</i>	44
<i>Figura 4-29. Montaje de entrepiso con ayuda de brigada de estudiantes.</i>	44
<i>Figura 5-1. Prototipo de conexión rígida C1 viga-columna con placa de respaldo.</i>	46
<i>Figura 5-2. Prototipo de conexión a momento C2 viga-columna con placa de respaldo.</i>	46
<i>Figura 5-3. Conexiones C1 y C2 unidas a un segmento de columna.</i>	47
<i>Figura 5-4. Prototipo de conexión a momento C3 viga secundaria-viga principal.</i>	47
<i>Figura 5-5. Prototipo de conexión simple o de cortante C4 y conexión a momento viga secundaria-viga principal C3.</i>	48
<i>Figura 5-6. Deformación Total en conexión C1.</i>	49
<i>Figura 5-7. Esfuerzos equivalentes conexión C1.</i>	49
<i>Figura 5-8. Deformación Total en conexión C2.</i>	49
<i>Figura 5-9. Esfuerzos equivalentes conexión C2.</i>	49
<i>Figura 5-10. Deformación Total en nodo central.</i>	50
<i>Figura 5-11. Esfuerzos equivalentes en nodo central.</i>	50

*Figura 5-12. Estructura principal de la “Casa solar experimental”.*\_\_\_\_\_ 51

## ÍNDICE DE TABLAS

*Tabla 4-1. Perfiles utilizados en la estructura principal según el elemento.*\_\_\_\_\_ 25

*Tabla 4-2. Conexiones viga-columna y conexiones viga secundaria-viga principal.*\_\_\_\_ 25

*Tabla 4-3. Datos de entrada para diseño de conexiones.*\_\_\_\_\_ 34

*Tabla 4-4. Tabla de resultados de revisión de placas y tornillos para el diseño de conexiones.*\_\_\_\_\_ 35

# 1. INTRODUCCIÓN

Las estructuras en nuestro país, en general están conformadas comúnmente por elementos de concreto reforzado y mampostería, materiales tradicionales de construcción debido su disponibilidad, así como por los usos y costumbres de la región.

## 1.1. Justificación

Debido a las exigencias actuales de la población con lo referente a vivienda y sustentabilidad, se requiere de nuevos modelos de estructuras más ligeras, pero capaces de soportar los esfuerzos referentes a condiciones de servicio de dichas estructuras, así como cargas accidentales como viento, sismo, etc., sin perder su integridad estructural, y contribuyendo a la disminución en cuanto a la generación de contaminantes, desperdicios y emisión de gases nocivos, todos ellos producto del proceso de fabricación de materiales para construcción y de la etapa de inhabitabilidad de las edificaciones construidas mediante métodos y materiales tradicionales.

En México la vivienda sustentable es muy escasa debido a muchos factores, que van desde la desconfianza a viviendas de este tipo hasta la disponibilidad y costos de elementos que llevan a una vivienda a llamarse sustentable. Por ello, la necesidad de ampliar las posibilidades de introducir en el medio viviendas sustentables, con materiales accesibles en cuanto a lo económico y a disponibilidad dentro del territorio mexicano.

En la actualidad, la vivienda en México, tanto de interés social como de interés medio, se construye a base de métodos y materiales tradicionales, como lo son elementos de mampostería confinada a base de block de concreto o ladrillo y elementos de concreto reforzado, según sea el caso. El proceso de producción de estos materiales utilizados en los métodos tradicionales de construcción de vivienda, requiere de una gran cantidad de energía y a su vez, genera emisiones dañinas (contaminación) en grandes cantidades.

Al concluir la vida útil de una estructura de este tipo, los materiales utilizados para su fabricación son manejados en su mayoría como desperdicio, o en el mejor de los casos, sólo una pequeña cantidad de éstos puede ser reciclada o reutilizada.

Debido a que los métodos tradicionales de construcción in situ además de lo ya mencionado, conllevan a estructuras más robustas y pesadas, además de tiempos extensos de construcción y montaje, lo cual se traduce también en un mayor costo, es necesario desarrollar estructuras prefabricables, que sean más ligeras que las convencionales y que a su vez faciliten el montaje y desmontaje de las mismas, según sea el caso, reduciendo así los tiempos de edificación en forma considerable, así como la generación de contaminación y desperdicios producto de la construcción.

Gracias a las bondades que proporciona, el acero estructural es un material que, además de tener un excelente comportamiento como elemento estructural ante esfuerzos de todo tipo, facilita el montaje y desmontaje de estructuras, además de proporcionar la posibilidad de prefabricar elementos en taller, con mayor precisión y control de los factores de ruido que se puedan presentar durante el proceso de fabricación, a diferencia de los trabajos realizados in situ.

Por otra parte, el acero es un material que, a diferencia del concreto reforzado y de elementos de mampostería comúnmente utilizados en la construcción, al concluir su vida útil, puede ser reciclado y reintroducido a un proceso de fundición para la fabricación de acero nuevo, lo cual reduce en gran medida los desperdicios generados producto de la demolición de estructuras que han alcanzado su vida útil, como se mencionó con anterioridad.

Habiendo mencionado la importancia y bondades que proporciona el acero como elemento estructural, es necesario recalcar que aun cuando los elementos fabricados a base de este material se comportan de manera eficiente ante la presencia de esfuerzos introducidos por condiciones de servicio y acciones accidentales, es necesario poner

atención especial a las uniones entre dichos elementos de acero, las cuales son las encargadas de transmitir, sin comprometer la integridad de la estructura, los esfuerzos demandados, así como de proporcionar a la estructura la rigidez necesaria para evitar desplazamientos excesivos.

Recientemente, dada la convocatoria institucional de la Facultad de Ingeniería, de Casa Solar Experimental, para impulsar la investigación y el desarrollo tecnológico en el área de sostenibilidad energética, se está trabajando en estructuras de acero tipo vivienda sustentable, que cumplen con las características antes mencionadas.

Basado en la idea de utilizar el acero como material principal en la construcción de este tipo de estructuras, este proyecto pretende realizar el estudio de las conexiones para éste tipo de sistemas, que utiliza elementos de acero más esbeltos y perfiles poco utilizados como elementos estructurales. Si bien ya se han realizado estudios sobre uniones en edificios de acero, no se han encontrado en México estudios sobre el comportamiento mecánico de las conexiones en este tipo de sistemas aplicados a estructuras tipo vivienda sustentable que, como se ha mencionado, involucra el diseño de elementos estructurales a base de perfiles de acero poco utilizados de forma convencional.

## **1.2. Descripción del problema**

El diseño de una estructura prefabricable de acero tipo vivienda sustentable, montable y desmontable, conlleva a la necesidad de nuevos sistemas de estructuración y a su vez, de nuevas conexiones distintas a las convencionales con las que se cuenta en la actualidad.

Dichas conexiones deben estar diseñadas para cumplir con las características de una estructura modular y que a su vez sea de fácil montaje, así como

las necesidades de soportar los distintos esfuerzos que se pueden presentar en la estructura, debido a las cargas de servicio correspondientes y a acciones accidentales.

El estudio y análisis de éste tipo de conexiones es más complejo que en el caso de conexiones convencionales, debido a que, en comparación con los métodos de edificación tradicionales para estructura de acero, el sistema propuesto utiliza perfiles de acero más esbeltos y poco utilizados en las edificaciones como parte de la estructura principal, lo que lleva entonces a la necesidad de transmitir, mediante las conexiones propuestas, grandes esfuerzos a través de secciones y conexiones pequeñas en relación con las convencionales.

La utilización de dichos perfiles de acero estructural conlleva a que, gracias a los esfuerzos que se transmiten a los miembros principales, y debido a la geometría de los perfiles utilizados, puedan presentarse deformaciones en los nodos de la estructura debidas a la concentración de esfuerzos en dichos puntos.

Es por eso que deben diseñarse conexiones que eviten dichas deformaciones, como pandeo en el patín o aplastamiento de las almas de los perfiles, y que a su vez sean capaces de soportar y transmitir de forma adecuada los esfuerzos a los nodos, evitando la formación de articulaciones plásticas en los mismos y aportando la rigidez necesaria para evitar desplazamientos excesivos o fuera de norma.

### **1.3. Hipótesis**

Las conexiones diseñadas resisten los esfuerzos máximos transmitidos a éstas por los elementos estructurales correspondientes y aportan al sistema la rigidez necesaria para evitar desplazamientos excesivos, permitiendo también optimizar los tiempos de montaje y desmontaje de la estructura en comparación con métodos tradicionales de construcción.

#### **1.4. Objetivo general**

Diseñar conexiones para una estructura prefabricable modular de acero tipo vivienda sustentable, montable y desmontable, mediante la obtención de su resistencia a esfuerzos últimos y el análisis de su comportamiento ante los mismos, utilizando métodos analíticos.

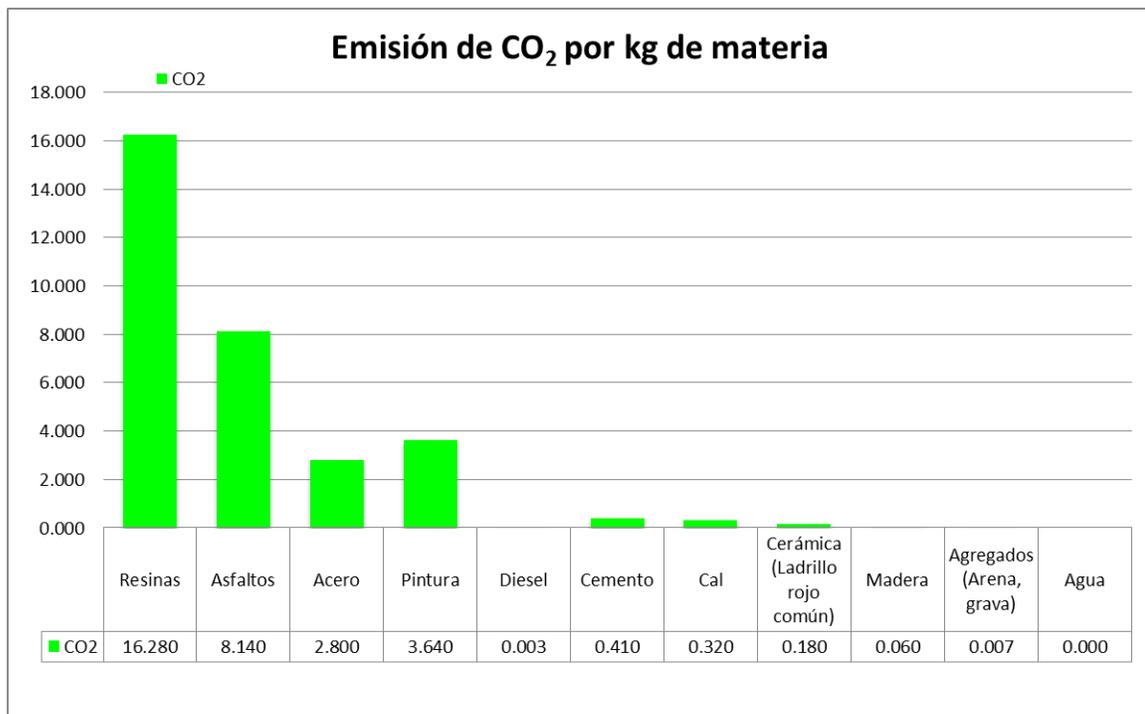
#### **1.5. Objetivos particulares**

- Definir la topología de las conexiones para la estructura, basada en las conexiones convencionales para edificaciones de acero bajo la reglamentación actual.
- Revisar de manera analítica las conexiones propuestas y su comportamiento ante esfuerzos últimos.
- Obtener la distribución de esfuerzos actuantes reales sobre las conexiones propuestas mediante modelación analítica.
- Realizar el montaje de la estructura de acero denominada “Casa Solar Experimental”.

## 2. ANTECEDENTES

Dentro de la industria de la construcción, es el proceso de fabricación de los materiales la principal fuente emisora de gases nocivos, tal como es el caso de la fabricación de cemento, la cual es considerada la principal fuente de emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>). Se considera que esta industria es responsable de 4.5% del CO<sub>2</sub> emitido a la atmósfera por actividades humanas (Casañas, V. 2011).

En la gráfica siguiente se presenta la relación de dióxido de carbono emitido por kilogramo de materia producida de cemento y de otros materiales frecuentemente utilizados.



*Gráfica 2-1. CO<sub>2</sub> por kg de materia (Argüello Méndez et al, 2008)*

Musa et al., (2014) afirman que la incorporación de la sustentabilidad en el proceso de construcción es esencial para proteger los ecosistemas, conservar los recursos naturales, reducir la generación de desperdicios y mejorar la calidad del aire.

Para una estructura sustentable, un punto importante es la reducción en la cantidad de materiales utilizados para su construcción, debido a la gran cantidad de energía necesaria para su fabricación y a la contaminación producida. Como consecuencia, se necesitan estructuras más ligeras. Esto a su vez, contribuye a un mejor comportamiento de las estructuras ante cargas accidentales como sismo, ya que, a mayor masa, mayores serán las fuerzas producidas por dicho fenómeno.

Hablando de estructuras ligeras, en muchos países desarrollados, tales como Estados Unidos, así como países europeos, la costumbre a la hora de construir, es el de utilizar materiales que son poco usados en nuestro país, que, aunque tienen sus ventajas y desventajas, cuentan con sus características muy peculiares para ser usados en la construcción de vivienda, tal es el caso de la madera, derivados del plástico, concretos ligeros, entre otros. Sin embargo, a pesar de ser ligeras, no son consideradas como montables y desmontables, debido a que si se quiere modificar alguna parte de la vivienda la parte que se desea modificar es considerada como desperdicio, lo que a su vez va en contra de la sustentabilidad.

Por otro lado, la construcción en acero se ha ido implementando cada vez en mayor medida en nuestro país, siendo el método más rápido y limpio, hablando en cuando a la mejor racionalización en el uso de materiales y un bajo nivel de pérdidas gracias a la precisión milimétrica con la que se fabrican los elementos estructurales en taller.

Agotada la vida útil de la edificación, el acero puede regresar bajo forma de chatarra a los hornos de las plantas siderúrgicas para ser reprocesado, sin pérdida de calidad. El acero es el material más reciclado en el mundo, siendo que el 40% de la producción mundial es a partir de chatarra (Álvarez et al., 2010).

El acero como elemento estructural cuenta con ventajas considerables en comparación a otros materiales de construcción; ya que su comportamiento mecánico real es el más cercano al comportamiento teórico que se supone en el proceso de diseño para la determinación de una sección transversal que resista las demandas a las que estará sometida (esfuerzos de tensión, compresión, flexión, cortante, etc.) vinculado a las normativas referentes al diseño estructural de cualquier índole del sector de la construcción (AISC-2005).

Sabiendo las bondades del acero en cuanto a su comportamiento mecánico como elemento estructural, se debe hacer énfasis en que de la misma forma en que los elementos estructurales se comportan de manera semejante a su comportamiento teórico, es necesario poner énfasis en la forma de conectar dichos elementos, de tal manera que transmitan de forma adecuada los esfuerzos que se presentan en la estructura.

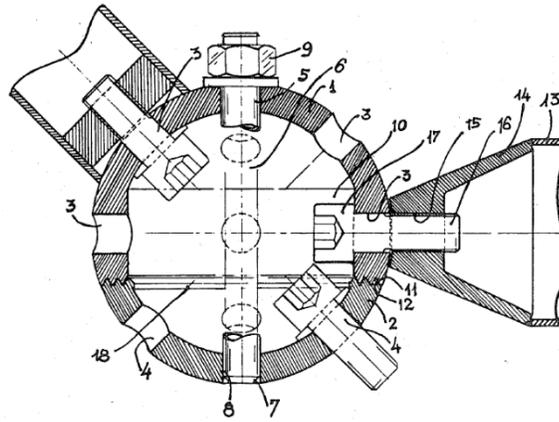
## **2.1. Algunos sistemas de conexión estructural viga-columna existentes**

Existen distintos tipos de conexiones convencionales, las cuales se diseñan dependiendo del sistema estructural al que pertenecen y de los esfuerzos que deben transmitir.

La capacidad de las conexiones dúctiles de disipar energía provee ciertos beneficios, como la buena integración para el análisis sísmico y en adición, para incrementar la robustez de la estructura (Yang et al., 2016).

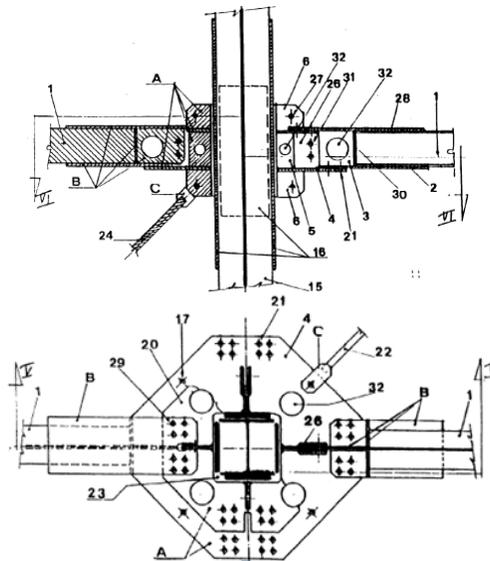
Du Chateau, (1982) trabajó en una conexión esférica hueca para asegurar los miembros de marcos o de una estructura reticular. La conexión está compuesta por una esfera hueca como parte principal y una parte de cubierta de cierre, la cual le da a la

unión una configuración exterior esférica. En general, se trata de una unión a base de una esfera que satisface los criterios que la clasifican como completamente desmontable.



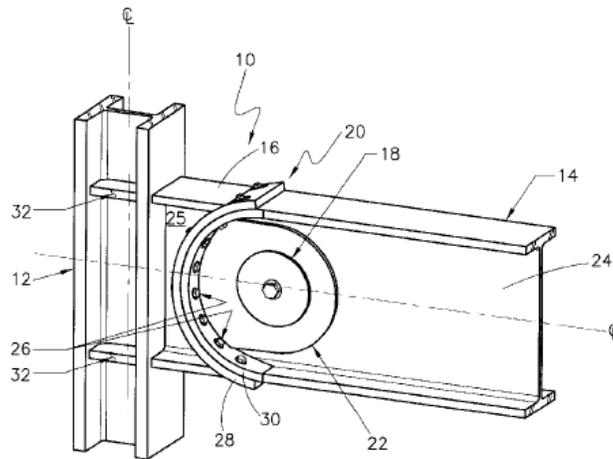
*Figura 2-1. Conexión para estructuras reticulares de acero (Du Chateau, 1982).*

Carannante, (1995) desarrolló conexiones para marcos espaciales de acero. Su trabajo comprende una conexión modular compuesta por un cuerpo cilíndrico adaptado para recibir columnas verticales, y una extensión perimetral radial, para conectar las columnas con elementos horizontales, todo unido por medio de tornillos, como se muestra en la figura.



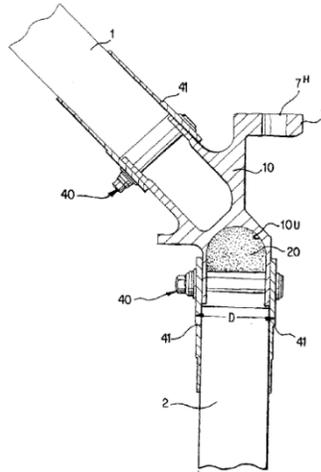
*Figura 2-2. Conexión viga-columna para marcos espaciales de acero (Carannante, 1995)*

Sarkisian, (2004) presentó la invención de una unión a base de la fusión de una conexión articulada con placas conectoras. Esta conexión está orientada a la unión viga-columna, tanto de elementos de acero estructural como de concreto reforzado, y está diseñada para ser incorporada a marcos que sean parte de estructuras sometidas a fuerte actividad sísmica, ya que mejora las características dinámicas de la estructura, debido a que la unión permite deslizamiento bajo cargas extremas. La conexión está compuesta por un conjunto de placas conectoras que van soldadas a la columna, y la parte articulada, que va unida a la viga por medio de tornillo, como se muestra en la figura 3.



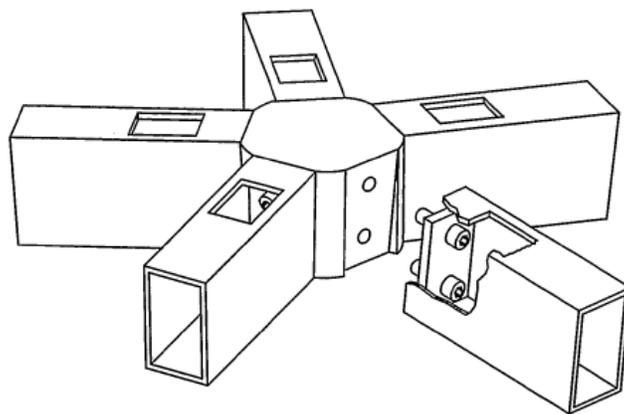
**Figura 2-3. Conexión viga-columna “pin-fuse” (Sarkisian, 2004).**

Wolfgang, (2004) presentó la invención de una unión a base de un anillo que conecta dos partes estructurales con simetría rotacional, para formar estructuras ligeras con simetría rotacional. En el punto de transición de dos partes estructurales, existe un cambio de pendiente entre la línea meridiana entre ambas. La conexión está compuesta por una capa circundante de plástico reforzado con fibras de carbono (CFRP), con las fibras de carbono orientadas de manera circular alrededor de los elementos estructurales.



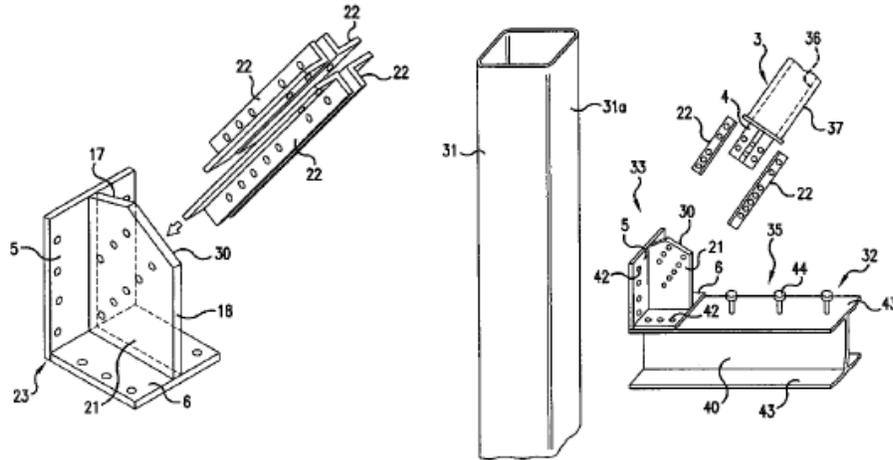
**Figura 2-4. Conexión a base de anillo de fibra de carbono (Wolfgang, 2004)**

Martínez, (2007) presentó la invención de un sistema de conexión para estructuras espaciales monocapa. El sistema comprende al menos un elemento central (normalmente se dispone de un gran número de elementos centrales), una pluralidad de barras, teniendo cada barra dos extremos, cada uno configurado para unirse a un elemento central mediante dos tornillos, presentando dicho elemento central una pluralidad de orificios. Este tipo de nudos macizos presenta gran rigidez, pero ante cargas muy grandes podría presentar deformaciones, lo cual puede dar lugar a problemas importantes.



**Figura 2-5. Conexión para estructuras espaciales monocapa (Martínez, 2007)**

Suzuki et al., (2010) trabajó y obtuvo la patente sobre una conexión a base de placas de acero o “gusset plate”, utilizada para conexiones viga-columna, contraventeos o miembros de armaduras. La conexión mencionada consta de placas de acero o placas de cortante y al menos una placa de empalme unida a la placa de cortante, y puede ser utilizada desde el montaje de la estructura o como refuerzo para la misma. La configuración se muestra en la figura siguiente.

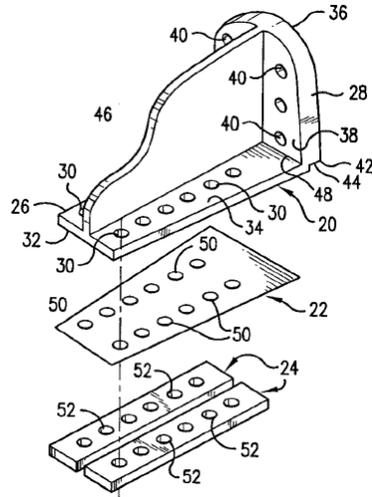


*Figura 2-6. Conexión a base de “gusset plate” para montaje o refuerzo (Suzuki, 2007)*

## **2.2. Algunos sistemas de conexión estructural viga-columna a base de ménsula de acero.**

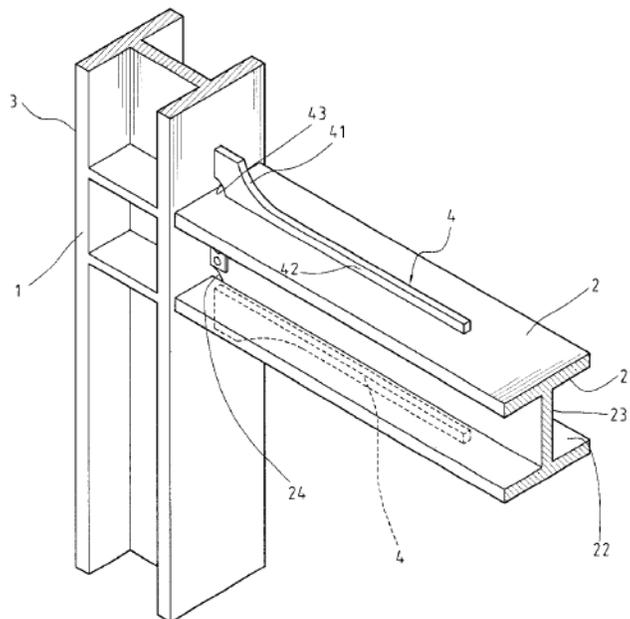
Kasai et al., (2000) presentó la invención de un sistema de conexión estructural atornillada viga-columna en un marco de acero, que incluye placas para conectar una parte de la viga, y placas para conectar una parte de la columna, junto con una ménsula, para reforzar aún más la conexión.

Esta conexión puede ser utilizada tanto para la construcción de uniones nuevas, como para refuerzo de conexiones existentes.



**Figura 2-7. Conexión viga-columna para marcos estructurales de acero a base de placas atornilladas y ménsula (Kasai et al., 2000).**

Chen et al., (2002) presentó la invención de un sistema de conexión sismo-resistente a momento viga-columna. Dicha conexión está conformada a base de una placa de cortante y una especie de ménsula de acero alargada, la cual se coloca perpendicular al centro de los patines de la viga, tanto en el patín superior como en el inferior. Con este tipo de conexión, la articulación plástica siempre ocurre en la viga y ésta puede desarrollar gran capacidad de rotación en caso de un sismo de gran magnitud.



**Figura 2-8. Conexión sismo-resistente a momento viga-columna (Chen et al., 2002).**

### **3. MARCO TEÓRICO**

#### **3.1. Tipos de conexiones y consideraciones para su revisión analítica (esfuerzos resistentes)**

En las especificaciones de acero actuales se permiten tres tipos de sujetadores para estas conexiones: las soldaduras, los tornillos sin torneado y los tornillos de alta resistencia. (McCormac y Csernak, 2013)

Todas las conexiones tienen alguna restricción, o sea, alguna resistencia a cambios en los ángulos originales formados por los miembros conectados cuando se aplican cargas. Dependiendo de la magnitud de la restricción, la Especificación (B3.6) del AISC clasifica las conexiones como totalmente restringidas (tipo FR) y como parcialmente restringidas (tipo PR). (McCormac y Csernak, 2013)

En el análisis y diseño convencional de marcos de acero, el comportamiento de las conexiones viga-columna es tratado ya sea como uniones articuladas o uniones rígidas, para facilitar el proceso de diseño. Sin embargo, la mayoría de las conexiones en la práctica son del tipo semirrígidas o parcialmente restringidas, lo que significa que su comportamiento recae entre los dos casos extremos mencionados. El efecto de las conexiones semirrígidas en el análisis estructural no sólo afecta a la distribución de momentos a lo largo de las vigas y columnas, sino que incrementa los desplazamientos y giros del marco debido a efectos de segundo orden. (Thai et al., 2016)

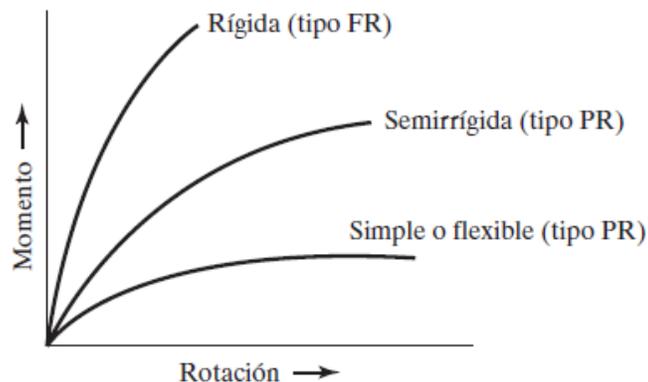
Cabe recalcar que la resistencia y seguridad de todo un sistema estructural en conjunto es mucho mayor que la de cada uno de los elementos del marco por separado. De ahí la importancia de asegurar la continuidad entre los miembros de estructuras a base de marcos de acero.

Las conexiones totalmente restringidas (tipo FR) son aquellas que se consideran rígidas o continuas y que, por tanto, se supone que mantienen sin cambios los ángulos originales entre los elementos bajo condiciones de carga.

Las conexiones parcialmente restringidas (tipo PR) tienen una rigidez insuficiente para mantener sin cambio los ángulos originales entre los elementos estructurales (se incluyen aquí las conexiones simples o articuladas y las conexiones semirrígidas).

En una conexión simple o articulada, se considera que es completamente flexible y libre para rotar, lo que conlleva a su vez a que este tipo de conexiones no cuenta con resistencia alguna a momento.

En la figura 6. se muestran las curvas típicas de momento-rotación para los tipos de conexiones mencionados.



*Figura 3-1. Curvas momento-rotación (McCormac y Csernak, 2013)*

Cabe mencionar que, para el análisis, diseño y revisión de conexiones estructurales, las cargas y esfuerzos de diseño que dichas uniones deben transmitir, se tomarán en base a la capacidad plena de los elementos que aportan las cargas en dicha conexión.

La topología de las conexiones para el presente proyecto de investigación, se seleccionará de acuerdo a la sollicitación y tipo de esfuerzos que deban transmitirse

mediante la unión, tomando en cuenta la clasificación de conexiones de acuerdo al grado de restricción y a la rigidez que ésta aporta al sistema.

De lo anterior, de acuerdo a los esfuerzos que deben transmitirse, se seleccionará la topología basada en conexiones convencionales, como las conexiones a momento y las conexiones a cortante, según sea el caso.

Las conexiones a momento, son aquellas que se considera que aportan la suficiente rigidez para restringir los cambios en los ángulos originales formados entre los elementos estructurales. Dichas conexiones aplicadas a uniones viga-columna garantizan la continuidad al restringir los patines de la viga, ya sea por medio de conexiones atornilladas o soldadas. Teóricamente, estas uniones son resistentes a momento, ya que, al dar continuidad a los patines de la viga, los cuales son los que resisten el momento actuante mediante el momento generado por el par de fuerzas internas (tensión y compresión respectivamente), transmiten dichas cargas a la pared correspondiente de la columna.

Las conexiones a corte, son aquellas que sólo transmiten los esfuerzos de cortante, ya sea de uniones viga-viga o viga-columna. Se considera que este tipo de conexiones permite el giro y que, aunque en realidad aportan cierto porcentaje de rigidez a la estructura, su resistencia a momento se considera nula. Este tipo de uniones se utiliza principalmente para transmitir esfuerzos que aportan vigas gravitacionales principalmente.

Debido a la facilidad que proporcionan para montaje y desmontaje de estructuras, se utilizarán conexiones atornilladas para la realización del presente proyecto de investigación.

Existen dos tipos de conexiones atornilladas: conexiones por fricción y conexiones por aplastamiento.

Si la fuerza cortante es menor que la resistencia permisible por fricción, la conexión se denomina tipo fricción. Si la carga excede a la resistencia por fricción, habrá un deslizamiento entre los miembros con un posible degollamiento de los tornillos; y al mismo tiempo las partes conectadas empujarán sobre los tornillos (aplastamiento).

### 3.2. Revisión de tornillos

De acuerdo a la función que cumplen y a los esfuerzos a que son sometidos los elementos de la conexión, los tornillos deben revisarse por su capacidad a tensión, a corte y aplastamiento. Esto debido a los planos de corte que se generan entre las placas que unen dichos elementos estructurales. Hay que tener en cuenta que, al generarse dos planos de corte en vez de un plano simple, la resistencia del tornillo al corte se duplica.

La revisión de la capacidad a tensión del tornillo se realiza de la siguiente forma, expresada en la ecuación (1).

$$\phi T_n = \phi A_b F_T \quad (1)$$

Las ecuaciones (2) y (3) se utilizan para llevar a cabo la revisión de la capacidad al corte y por aplastamiento de un tornillo respectivamente.

$$\phi R_n = \phi A_b F_{nv} \quad (2)$$

$$\phi R_n = \phi 1.2 l_c t F_u \leq 2.4 d t F_u \quad (3)$$

### 3.3. Revisión de placas

De acuerdo a la función de placas y dependiendo de los esfuerzos a los que son sometidos los elementos a conectar, las placas que conforman la conexión deben revisarse por su capacidad a corte, aplastamiento y fluencia o ruptura (esfuerzos de tensión)

La revisión por aplastamiento de la placa se incluye en la ecuación (3), en la primera parte de la desigualdad. Ya que el aplastamiento es una falla propia de la placa, la resistencia al aplastamiento será la regida por la ecuación (3), como se explicó en la revisión de los tornillos (rige el menor valor de la desigualdad).

Las ecuaciones (4) y (5) corresponden a la revisión de la placa sometida a esfuerzos de tensión.

$$\phi P_n = \phi A_g F_y \quad (4)$$

$$\phi P_n = \phi A_e F_u \quad (5)$$

La revisión de la resistencia al corte de una placa se evalúa con la ecuación (6) que se muestra a continuación.

$$\phi P_n = \phi A_e F_{nv} \quad (6)$$

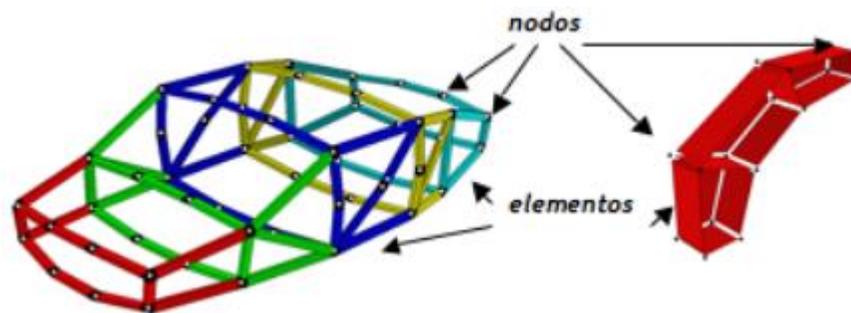
Cuando los miembros de acero tienen cargas concentradas aplicadas perpendicularmente a un patín y simétricamente respecto al alma, sus patines y almas deben tener suficiente resistencia de diseño del patín y del alma por flexión del patín, por fluencia del alma, aplastamiento y pandeo lateral del alma. Si un miembro tiene cargas concentradas aplicadas en ambos patines, deberá tener una resistencia suficiente de diseño por fluencia, aplastamiento y pandeo del alma. Si las resistencias de patín y alma

no satisfacen los requisitos de la Sección J.10 de la Especificación del AISC, será necesario usar atiesadores transversales en las cargas concentradas. (McCormac y Csernak, 2013)

### 3.4. Generalidades del Método por Elemento Finito

El método del elemento finito (MEF en español o FEM en inglés) es un método numérico para la resolución de ecuaciones diferenciales, utilizado en diversos problemas de ingeniería y física.

El método se basa en dividir el cuerpo, estructura o dominio (medio continuo) sobre el que están definidas ciertas ecuaciones integrales que caracterizan el comportamiento físico del problema, en una serie de subdominios no intersectantes entre sí denominados elementos finitos. El conjunto de elementos finitos forma una partición del dominio también llamada discretización.



*Figura 3-2. Ejemplos de discretización.*

Dentro de cada elemento se distinguen una serie de puntos representativos llamados nodos. Dos nodos son adyacentes si pertenecen al mismo elemento finito, además, un nodo sobre la frontera de un elemento finito puede pertenecer a varios elementos. El conjunto de nodos considerando sus relaciones de adyacencia se conoce como malla.

Típicamente, el método del elemento finito se programa computacionalmente para calcular el campo de desplazamientos y, posteriormente, a través de relaciones cinemáticas y constitutivas, las deformaciones y tensiones respectivamente.

### **3.5. Etapas para solucionar problemas mediante MEF**

Las siguientes etapas comprenden los pasos básicos para formular problemas mediante el método del elemento finito.

#### **3.5.1. Fase de Preproceso**

- Crear y discretizar la solución dominio en elementos finitos, esto es, subdividir el problema en nodos y elementos.
  
- Asumir una función forma a representar el comportamiento físico de un elemento, que es una función continua aproximada que se asume para la solución del elemento.
  
- Desarrollar las ecuaciones para el elemento.
  
- Armar los elementos a representar en el problema completo, construir la matriz global de rigidez.
  
- Aplicar condiciones de frontera, condiciones iniciales y cargas.

### **3.5.2. Fase de Solución**

- Resolver un conjunto de ecuaciones algebraicas lineales o no lineales simultáneas para obtener resultados globales; tal como valores de desplazamientos y temperaturas en diferentes nodos.

### **3.5.1. Fase de Postproceso**

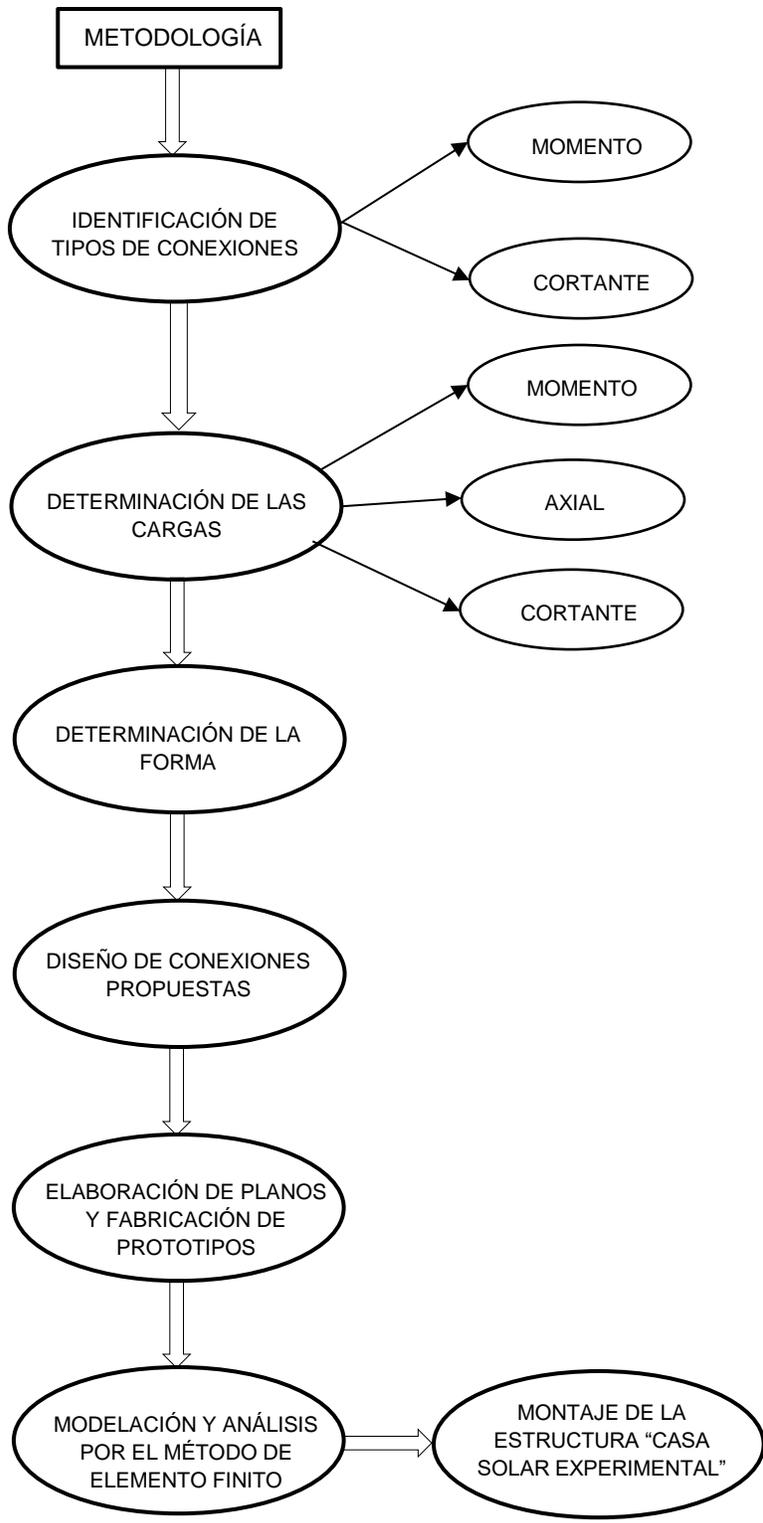
- Revisar los resultados obtenidos en la etapa de proceso.
- Comprobar la validez de la solución.

## 4. METODOLOGÍA

Para el análisis y diseño de las uniones que formaran parte del nuevo sistema de conexiones estructurales, se tomaron los datos, dimensiones y cargas de la estructura propuesta por Álvarez (2016) en su proyecto “Diseño de un sistema estructural ligero, prefabricable, modulable y desmontable para el soporte de una casa sustentable” (proyecto de tesis en curso). Dicha estructura propuesta fue analizada y diseñada utilizando como herramienta de cálculo el programa RAM Elements, en el cual se levantó el modelo.

Partiendo del análisis del sistema estructural antes mencionado, se siguieron los siguientes pasos para la realización del presente trabajo de investigación.

- Identificación de los distintos tipos de conexiones en la estructura principal
- Determinación de las cargas
- Determinación de la forma
- Diseño de las conexiones propuestas bajo reglamentación actual
- Elaboración de planos y fabricación de prototipos de conexiones
- Modelación y análisis por el método de elemento finito
- Ejecución de montaje de estructura de acero denominada “Casa Solar Experimental”.



#### 4.1. Sistema estructural del proyecto “Casa solar experimental”

El sistema estructural propuesto para la estructura tipo vivienda sustentable es a base de marcos rígidos de acero.



*Figura 4-1. Estructura propuesta para el proyecto “Casa solar experimental” (Álvarez, 2016)*

La estructura está conformada por catorce módulos idénticos como el que se muestra en la Figura 4.2., con dimensiones a ejes de 2.33 m en el lado corto de su base, 4.65 m para el lado largo de su base y 3.00 m de altura por módulo.



*Figura 4-2. Módulo de la estructura propuesta a base de perfiles PTR A 500 GR. B y Montén 3 MT 14.*

**Tabla 4-1. Perfiles utilizados en la estructura principal según el elemento.**

<b>ELEMENTO ESTRUCTURAL</b>	<b>PERFIL DE ACERO</b>	<b>LONGITUD (m)</b>
Columna	PTR 4" x 4" x 3/16"	3.00
Viga principal	PTR 4" x 3" x 1/4"	4.65
Viga secundaria	PTR 4" x 2" x 3/16"	2.33
Montén	3 MT 14	2.33

Los ocho módulos que conforman la primera planta de la estructura se encuentran desplantados a 60 cm sobre el nivel del terreno.

Dentro de la estructura principal de cada uno de los módulos, existen dos tipos de conexiones viga-columna, así como dos tipos de conexiones viga secundaria-viga principal.

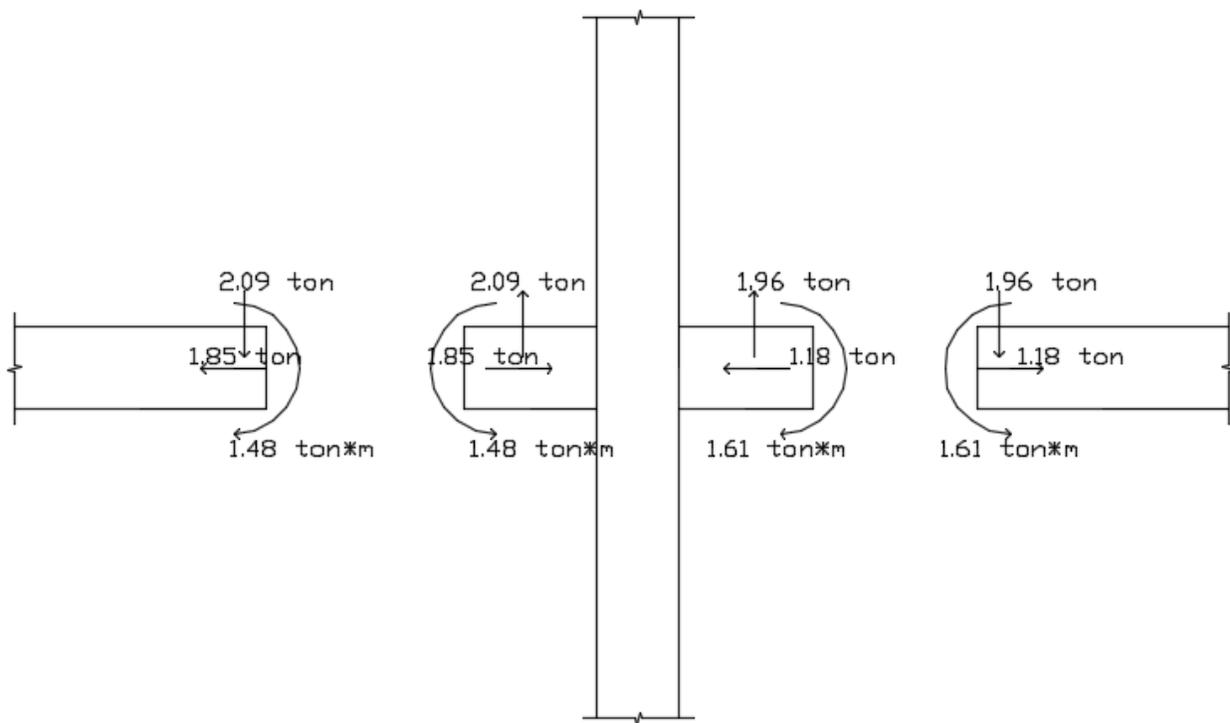
**Tabla 4-2. Conexiones viga-columna y conexiones viga secundaria-viga principal.**

<b>No.</b>	<b>Elementos conectados</b>	<b>Perfiles</b>	<b>Tipo de conexión</b>
C1	Viga-columna	PTR 4"X3"X1/4" a PTR 4"X4"X3/16"	Momento
C2	Viga-columna	PTR 4"X2"X3/16" a PTR 4"X4"X3/16"	Momento
C3	Viga-viga	PTR 4"X2"X3/16" a PTR 4X3X1/4	Momento
C4	Viga-viga	MONTEN 3MT 14 a PTR 4"X3"X1/4"	Cortante

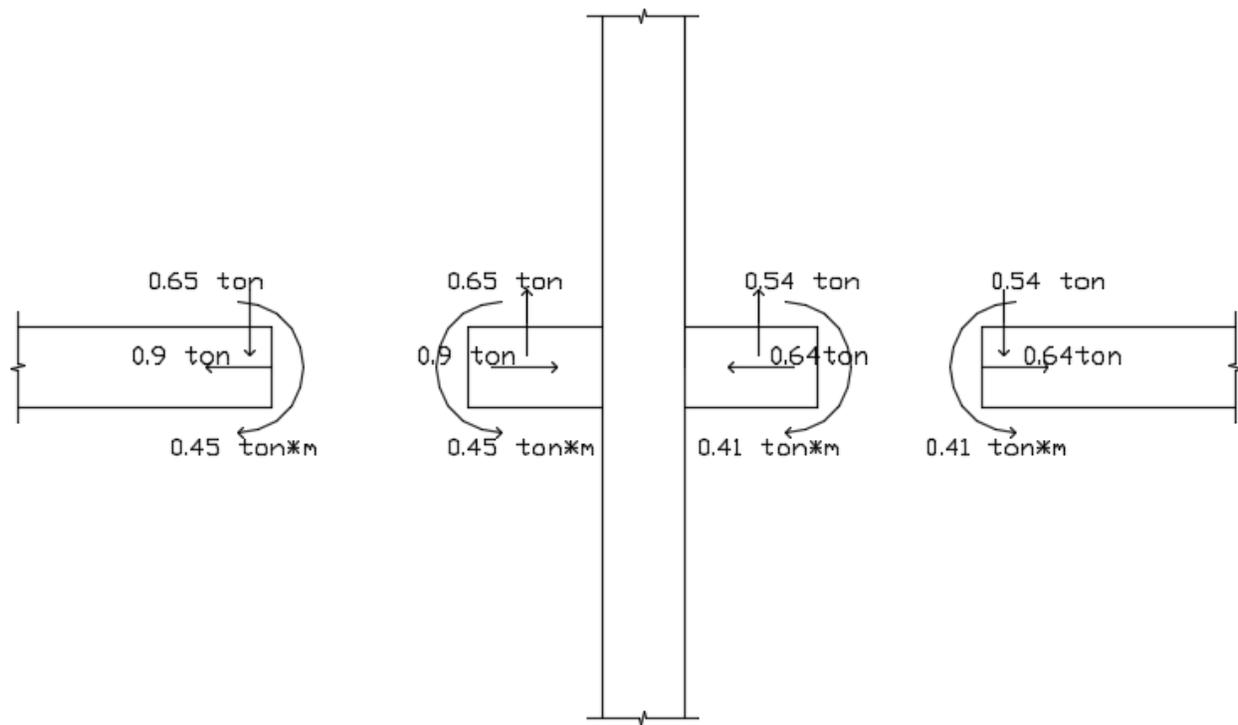
## 4.2. Determinación de las cargas

Para la determinación de las cargas y momentos que se debe considerar en el análisis y diseño de las conexiones, y con fines de estandarización de las mismas, se seleccionaron del modelo cada uno de los elementos que se conectan a los nodos y se tomarán los datos referentes a la capacidad última de dichos elementos, ya que las conexiones deben cumplir siempre con el principio de diseño estructural columna fuerte-viga débil. Con esto, se garantiza que no se forman articulaciones plásticas en el nodo.

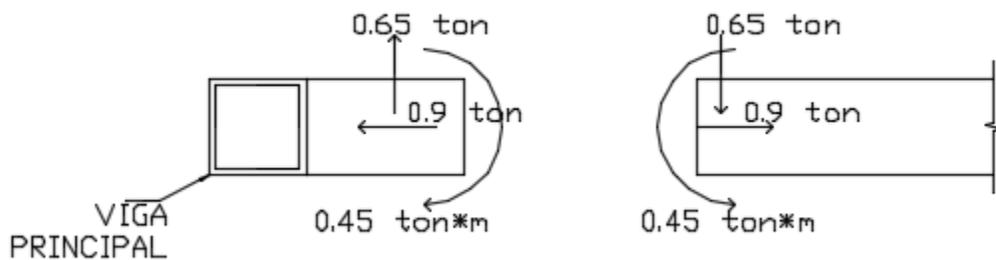
A continuación, se presentan las cargas (axial, momento y cortante) consideradas para las conexiones principales nombradas en la Tabla 4-2.



*Figura 4-3. Cargas de diseño para la conexión viga-columna C1 (vista lateral de un nodo intermedio)*



**Figura 4-4. Cargas de diseño para la conexión viga-columna C2 (vista lateral de un nodo intermedio)**



**Figura 4-5. Cargas de diseño para la conexión viga-viga C3 (vista lateral)**

### 4.3. Determinación de la forma

La forma de las conexiones estructurales para la estructura propuesta tipo vivienda sustentable, se define en base a la revisión de la bibliografía existente referente a conexiones estructurales en construcción en acero.

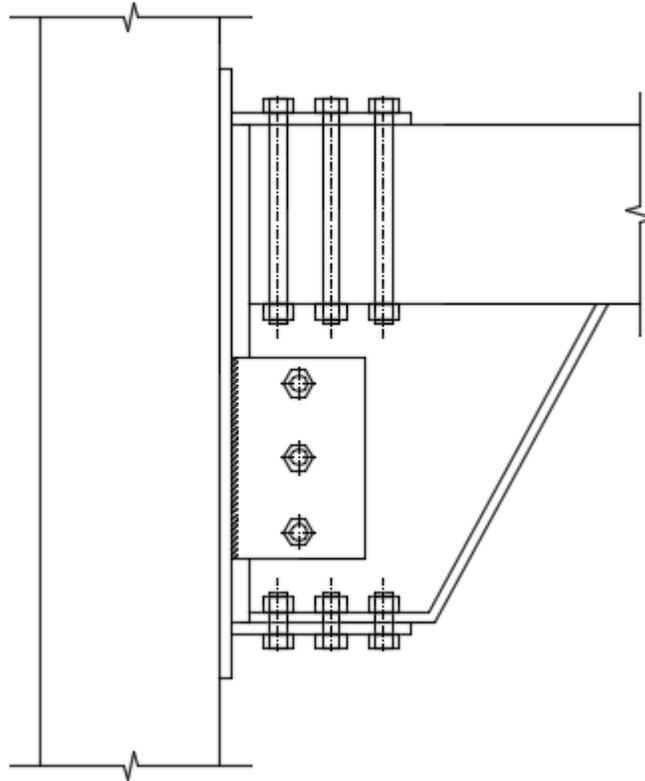
Debido a que la estructura propuesta está conformada a base de un sistema de marcos rígidos, se centra la revisión en conexiones rígidas o completamente restringidas, y se toma como base la topología de las conexiones convencionales denominadas conexiones a momento, regularmente utilizadas para perfiles tipo “I” estructural.

La analogía de este tipo de conexiones se centra en el principio de transmitir el momento proporcionado de vigas a columnas mediante placas unidas a los patines superior e inferior del perfil, para asegurar la continuidad del elemento y transmitir así el momento traducido en un par de fuerzas, restringiendo con esto el giro. El cortante en estas conexiones es transmitido por medio de una placa de cortante, la cual está conectada al alma del perfil del elemento tipo viga.

Ya que en este tipo de conexiones el momento se transmite como un par de fuerzas mediante placas conectadas a los patines, para esta estructura en particular surge la necesidad de transmitir momentos muy grandes con un brazo de palanca muy pequeño, debido a que los perfiles utilizados son más esbeltos que los utilizados en edificaciones convencionales. Esto influye en la definición de la topología de la conexión, ya que es necesario aumentar el brazo de palanca para que los esfuerzos de tensión y compresión transmitidos a la columna sean menores y se eviten fallas en las paredes del soporte (columna).

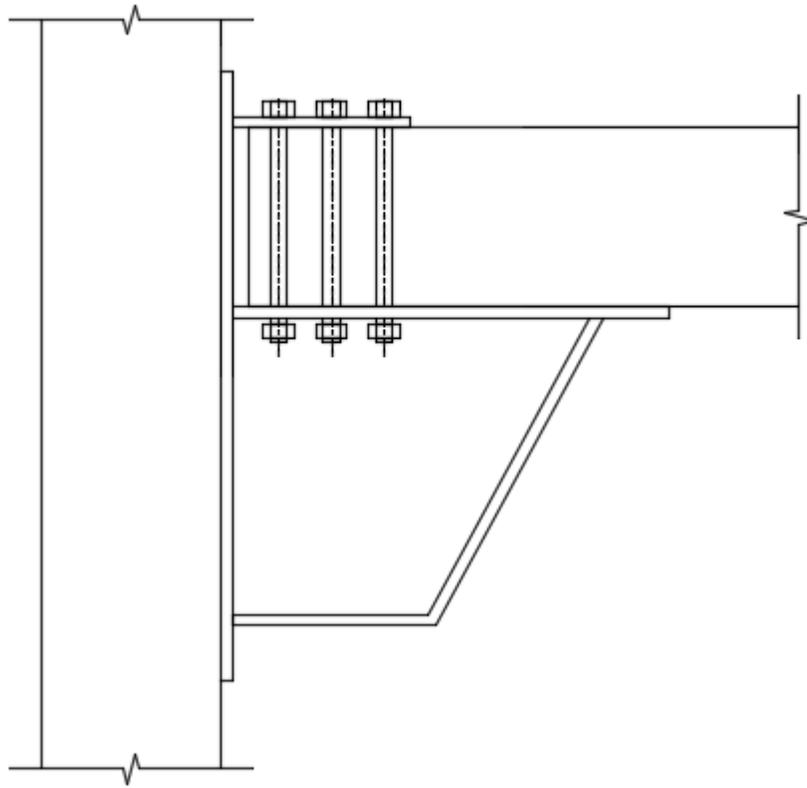
La conexión viga-columna tipo C1 que recibe las cargas y momentos de vigas principales (las cuales reciben las cargas transmitidas por los largueros) es la más crítica, siendo ésta la que necesita un mayor brazo de palanca para evitar una concentración de esfuerzos.

En esta etapa del trabajo, y tomando en consideración la necesidad de aumentar el brazo de palanca de la conexión tipo C1, se optó en un inicio por fabricar vigas con sección variable en sus extremos a base de placas que dieran continuidad tanto al alma como a los patines de las vigas, y unir éstas a la columna por medio de una placa de cortante y placas de momento.



*Figura 4-6. Conexión a momento a base de viga de sección variable con placas de momento.*

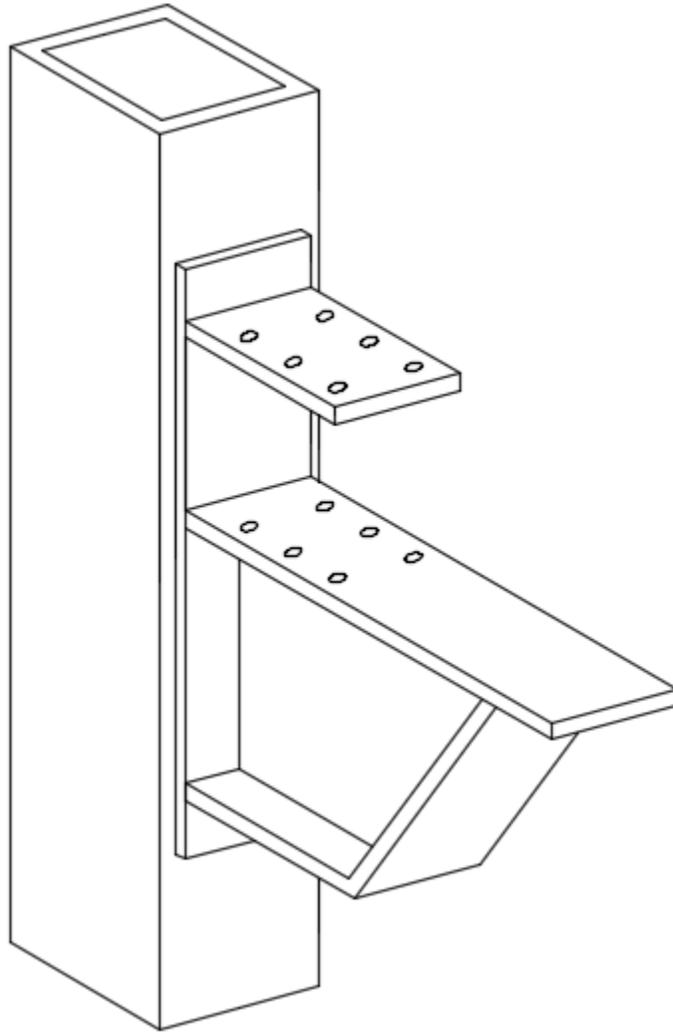
Posteriormente, se tomó la decisión de agregar dicha sección variable a la columna, lo cual da origen a un sistema tipo ménsula de acero con placa de momento superior.



*Figura 4-7. Conexión C1 a base de ménsula de acero con placa de momento superior.*

Dicho cambio en la forma de la conexión C1 se realizó con la intención de lograr que se cumpla el precepto de columna fuerte-viga débil, es decir, que se formen articulaciones plásticas en la viga y no en la columna.

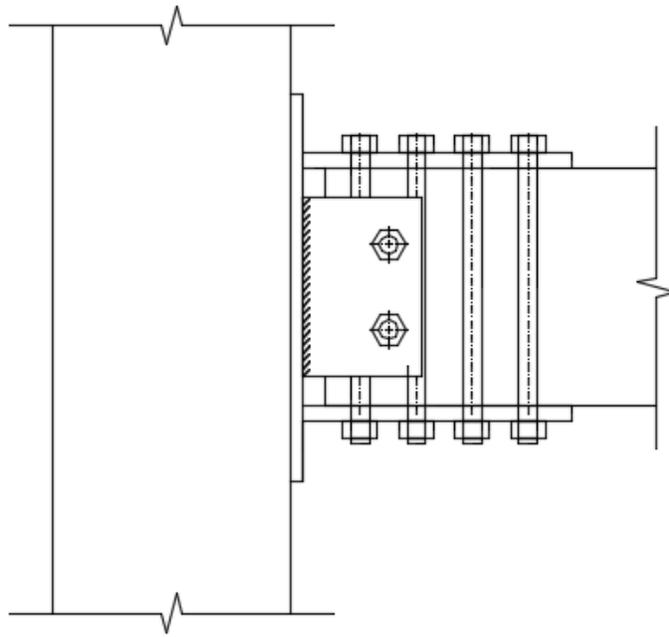
Con la nueva forma de conexión, se omite la placa de cortante, y además al prolongarse la placa superior de la ménsula, se aleja la formación de la articulación plástica de la viga. Se favorece también a la rigidez de la conexión, al lograr que exista continuidad (por ser la ménsula de una sola pieza) en comparación con una conexión convencional formada a base de placas de momento.



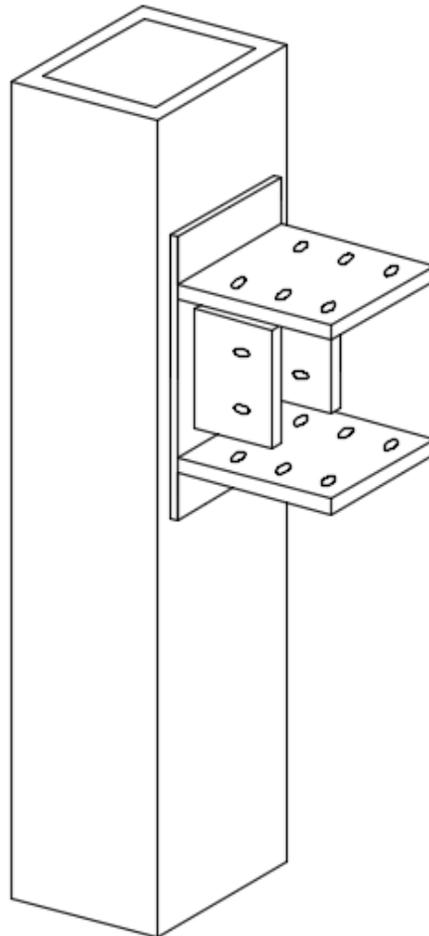
*Figura 4-8. Isométrico de conexión C1 a base de ménsula de acero con placa de momento superior.*

Para el resto de las conexiones que unen los elementos que conforman la estructura principal de la edificación, se definió la forma en base a conexiones convencionales para vigas “I” pero realizando la adaptación para secciones PTR.

En el caso de la conexión C2, se definió un sistema a base de placas de momento y placas de cortante soldadas a una placa de respaldo, o en su defecto, directamente a la columna. Las placas de momento dan continuidad a los patines de la viga, conectadas mediante tornillos que atraviesan el perfil PTR en su totalidad, al igual que con las placas de cortante.

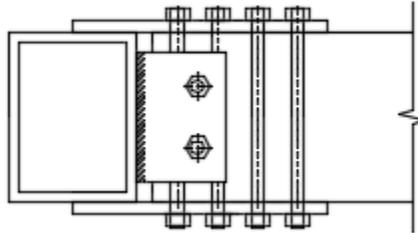


*Figura 4-9. Conexión rígida atornillada C2 a base de placas de momento y placas de cortante.*

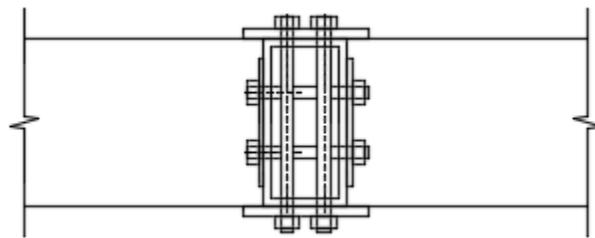


*Figura 4-10. Isométrico de conexión atornillada C2 a base de placas de momento y placas de cortante.*

En el caso de la conexión C3, se definió un sistema a base de placas de momento y placas de cortante soldadas a una placa de respaldo fija a la viga principal. Esta conexión es una adaptación de la conexión C2 para conectar vigas secundarias a viga principal.

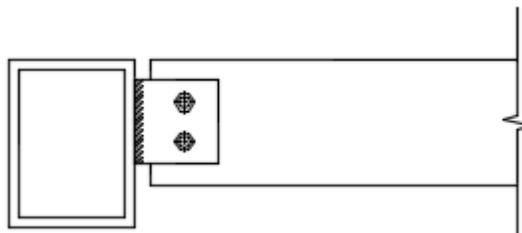


*Figura 4-11. Conexión rígida atornillada C3 a base de placas de momento y placas de cortante.*



*Figura 4-12. Vista frontal de conexión rígida atornillada C3 a base de placas de momento y placas de cortante.*

En el caso de la conexión C4, se definió un sistema a base de placa de cortante para unir los perfiles montén 3 MT 14 a vigas principales. esta es considerada una conexión simple, ya que no existe continuidad entre los patines del montén y la viga principal.



*Figura 4-13. Conexión simple atornillada C4 a base de placa de cortante.*

#### 4.4. Diseño de las conexiones propuestas bajo reglamentación actual

Una vez definida la topología de las conexiones, se procede a realizar el diseño de las mismas, mediante la aplicación de la reglamentación actual (AISC-LRFD-2010), aplicando los factores de seguridad correspondientes a conexiones atornilladas (tal y como se mencionó en la fundamentación teórica del presente trabajo) para la obtención de esfuerzos máximos resistentes, tanto de placas como de tornillos y soldadura, mediante las revisiones correspondientes a tensión, corte y aplastamiento, como se mencionó con anterioridad.

En esta etapa, se definieron las dimensiones, tipo de acero de las placas, perforaciones y cantidad de tornillos a requerir, así como las placas de respaldo en las paredes del soporte, en caso de ser requeridas.

A continuación, se muestra un ejemplo de hoja utilizada para el cálculo de las conexiones de acuerdo a normativa. Los cálculos se anexaron en los apéndices del presente trabajo.

*Tabla 4-3. Datos de entrada para diseño de conexiones.*

DATOS DE ENTRADA	
PLACA DE MOMENTO	PLACA DE CORTANTE
Ancho de la placa _____ in	Ancho de la placa _____ in
Largo de la placa _____ in	Largo de la placa _____ in
Espesor de la placa _____ in	Espesor de la placa _____ in
Fy de la placa _____ ksi	Fy de la placa _____ ksi
Fu de la placa _____ ksi	Hilera de tornillos _____
Hilera de tornillos _____	tornillos por hilera _____
Tornillos por hilera _____	No. Tornillos _____
No. Tornillos _____	Diámetro de trnillos _____ in
Diámetro de trnillos _____ in	Fy de tornillos _____ ksi
Fy de tornillos _____ ksi	Fuerza cortante total _____ kips
Fuerza axial total _____ kips	Espesor de soldadura _____ in
Espesor de soldadura _____ in	Resistencia soldadura _____ ksi
Resistencia soldadura _____ ksi	lc _____ in
lc _____ in	

**Tabla 4-4. Tabla de resultados de revisión de placas y tornillos para el diseño de conexiones.**

REVISIÓN DE PLACAS Y TORNILLOS			
REVISIÓN DE PLACA DE MOMENTO		REVISIÓN DE PLACA DE CORTANTE	
Resistencia a la fluencia		Resistencia al corte	
$\varphi P_n =$ _____ kips	cumple	$\varphi P_n =$ _____ kips	cumple
Resistencia a la ruptura		Resistencia al aplastamiento	
$\varphi P_n =$ _____ kips	cumple	$\varphi R_n =$ _____ kips	cumple
Resistencia al corte		Resistencia al corte de tornillos	
$\varphi P_n =$ _____ kips	cumple	$\varphi R_n =$ _____ kips	cumple
Resistencia al aplastamiento		Resistencia de cordón de soldadura	
$\varphi R_n =$ _____ kips	cumple	$\varphi R_n =$ _____ kips	
Resistencia al corte de tornillos			
$\varphi R_n =$ _____ kips	cumple		
Resistencia de cordón de soldadura			
$\varphi R_n =$ _____ kips			

#### 4.5. Elaboración de planos y fabricación de prototipos de prueba

Se elaboraron planos de taller de cada uno de los prototipos de las conexiones propuestas. Dichos planos cuentan con precisión milimétrica, indicando diámetros y ubicación de perforaciones, dimensiones y materiales de placas, espesores y electrodo de cordones de soldaduras, así como diámetros, tipo y cantidad de tornillos a utilizar.

Los planos estructurales que se elaboraron para la correcta fabricación tanto de la estructura como de las conexiones, son los que se enlistan a continuación:

- Especificaciones generales
- Planta de cimentación
- Detalles de cimentación

- Desplante de columnas
  
- Plantas de entresijos y azoteas
  
- Fachadas y cortes
  
- Desarrollo de escalera
  
- Detalles de conexiones principales
  
- Detalles de conexiones de escalera y empalme en columnas

Se fabricaron tanto la estructura principal como los prototipos de conexiones en taller, bajo condiciones óptimas y con precisión milimétrica, de acuerdo a lo establecido en los planos de fabricación.

#### **4.6. Modelación y análisis por el método de elemento finito**

Se elaboró un modelo analítico utilizando como herramienta de cálculo el programa ANSYS WORKBENCH, en el cual se modelaron cada uno de los prototipos.

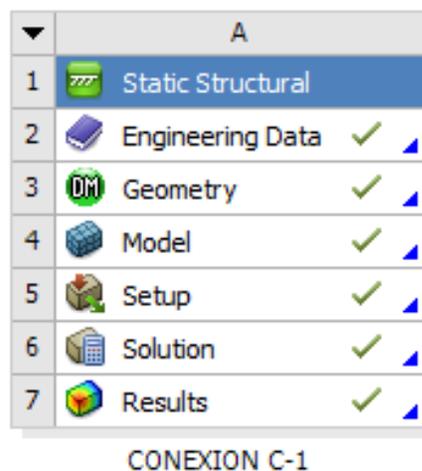
Se introdujeron en el modelo las cargas previamente definidas, en base a la capacidad última de los elementos a conectar y se establecieron distintas combinaciones de carga para representar los distintos escenarios que pueden tener lugar en la realidad. De esta manera, se obtuvieron los casos críticos de carga a considerar.

Mediante el modelado y análisis por elemento finito de las conexiones, se pretenden encontrar los esfuerzos y deformaciones aproximados a los reales que pudieran presentarse en la conexión, tanto en las placas que la componen, como en los tornillos.

A continuación, se muestra el proceso de análisis por el método de elemento finito de las dos conexiones principales viga-columna, y de nodo intermedio que es considerado como el nodo crítico.

#### 4.6.1. Preproceso y solución

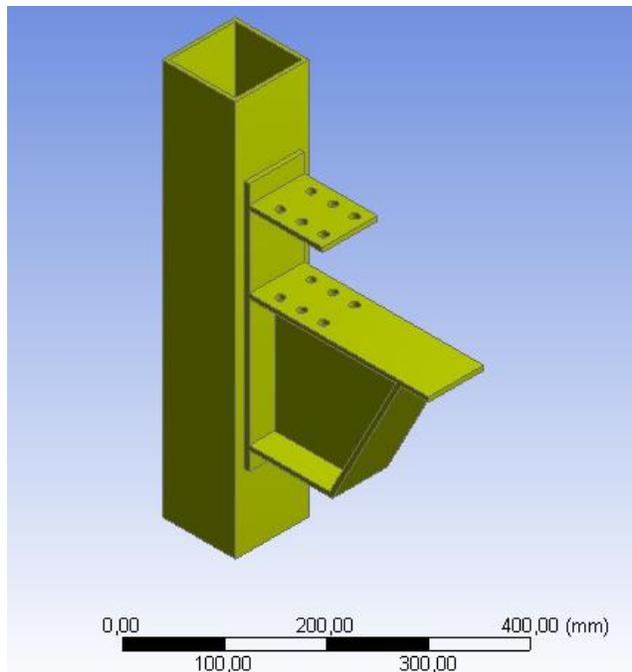
Para comenzar con el modelado de la conexión, se ingresa a la ventana de Análisis Estructural en el programa ANSYS WORKBENCH.



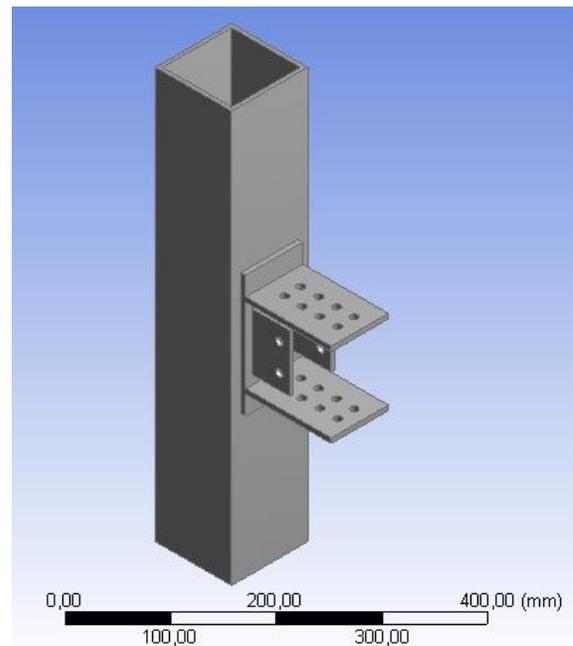
*Figura 4-14. Esquema de proyecto Estructural utilizado en ANSYS workbench.*

En dicho esquema de proyecto, se cargan los materiales a utilizar en el modelo, en este caso, acero A-36 para las placas de la conexión y acero A 500 Gr B para el elemento columna.

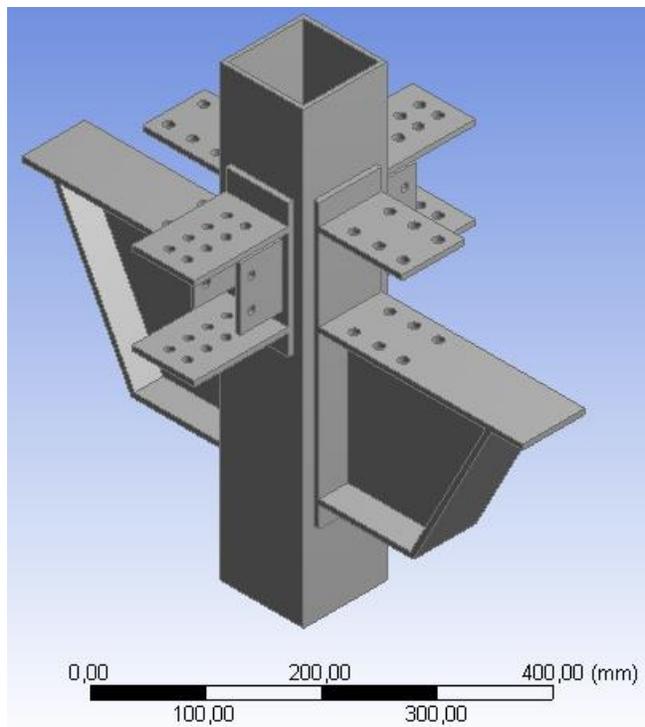
Posteriormente, se procede a formar la geometría de las conexiones. En este programa en especial, este paso se realiza mediante la creación de planos para dibujar cada una de las secciones de los elementos y placas de la conexión, los cuales se unen entre sí mediante la herramienta extrusión.



*Figura 4-15. Geometría de la conexión C1 en Workbench.*



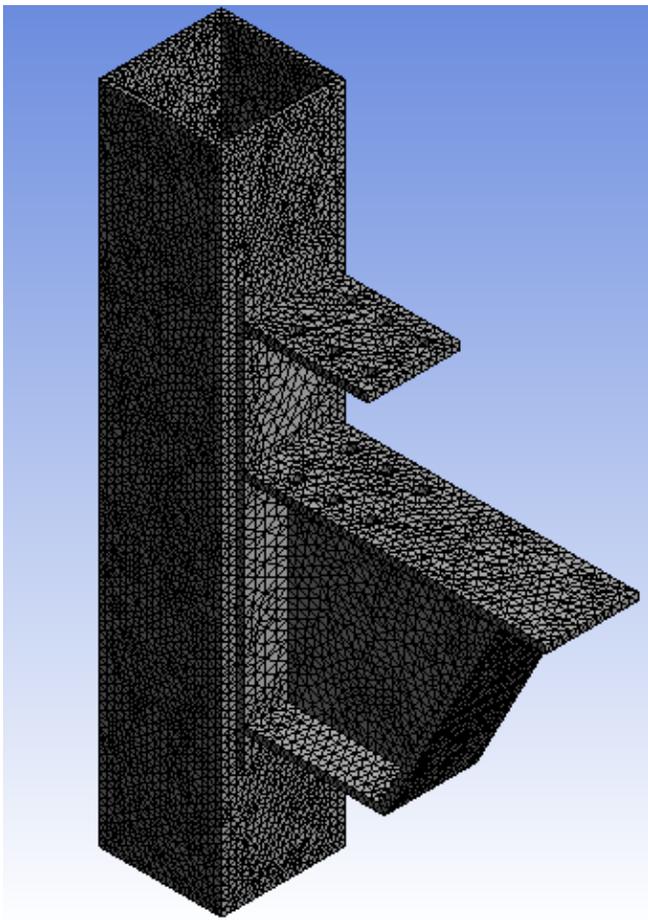
*Figura 4-16. Geometría de la conexión C2 en Workbench.*



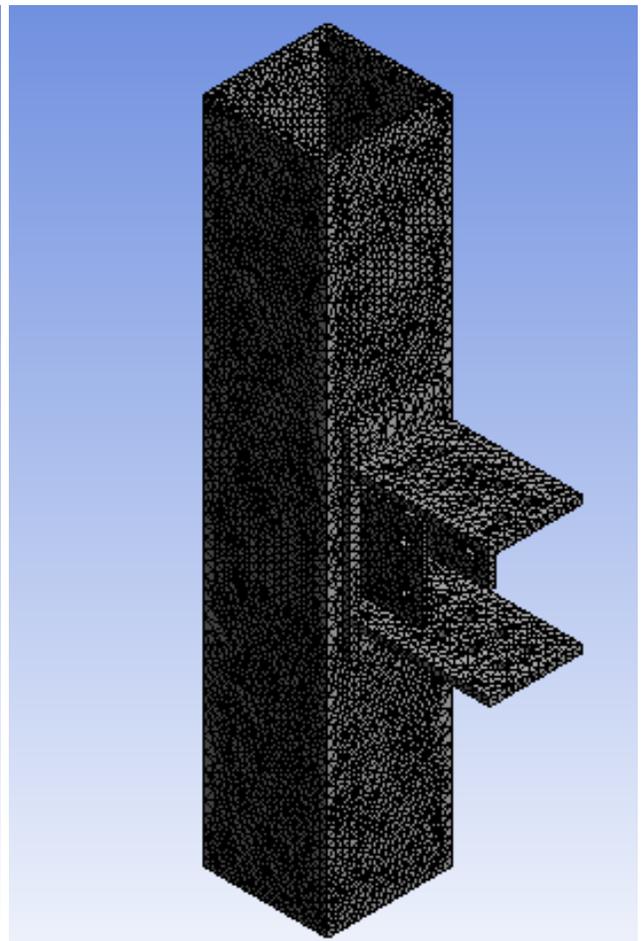
*Figura 4-17. Geometría de nodo central (nodo crítico) en Workbench.*

Una vez definida la geometría, se procede a realizar el mallado de la conexión en la herramienta Model, ubicada en el esquema de proyecto. En esta sección, se define el tipo de elemento finito a utilizar, así como la precisión que se requiere en el análisis, es decir, tamaño de elementos finitos y ajustes entre los mismos en bordes o zonas irregulares de la estructura.

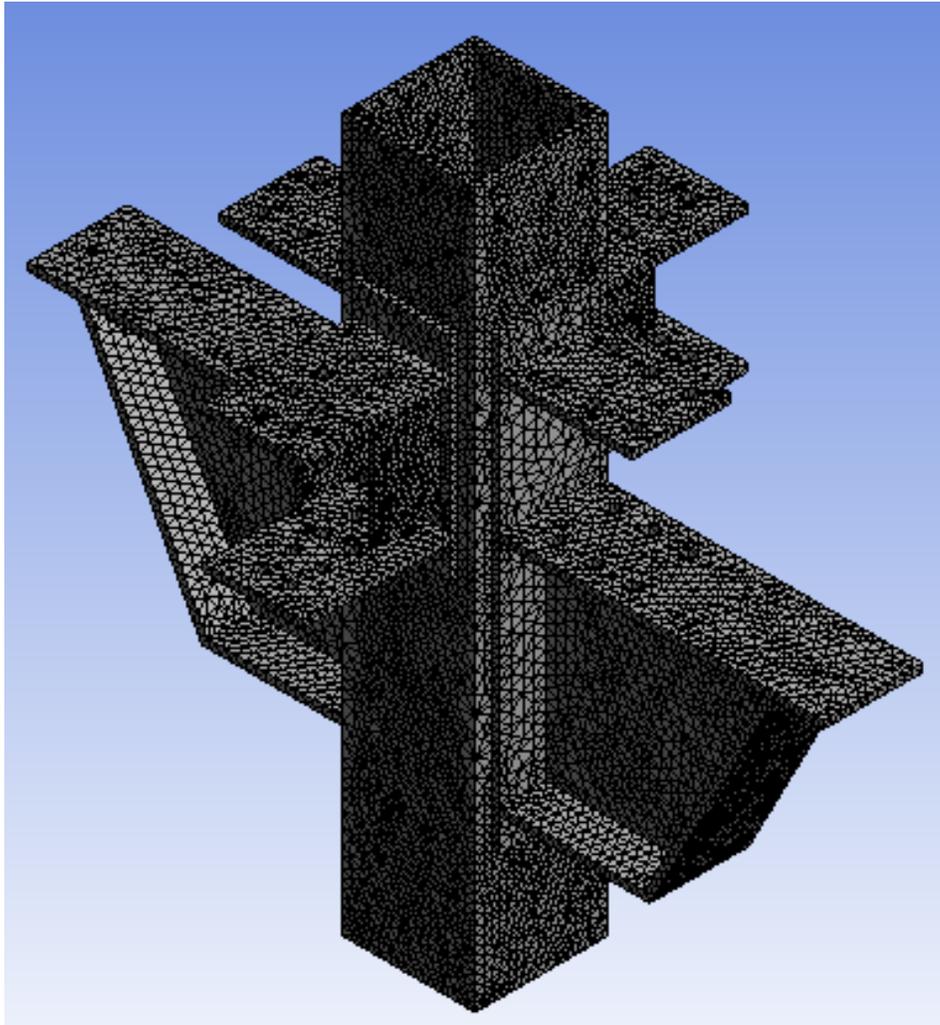
Para el análisis de las conexiones, se definió un elemento triangular en 2D, y se realizó un mallado medianamente denso, debido a la capacidad de proceso de las máquinas utilizadas.



*Figura 4-18. Mallado de conexión C1.*



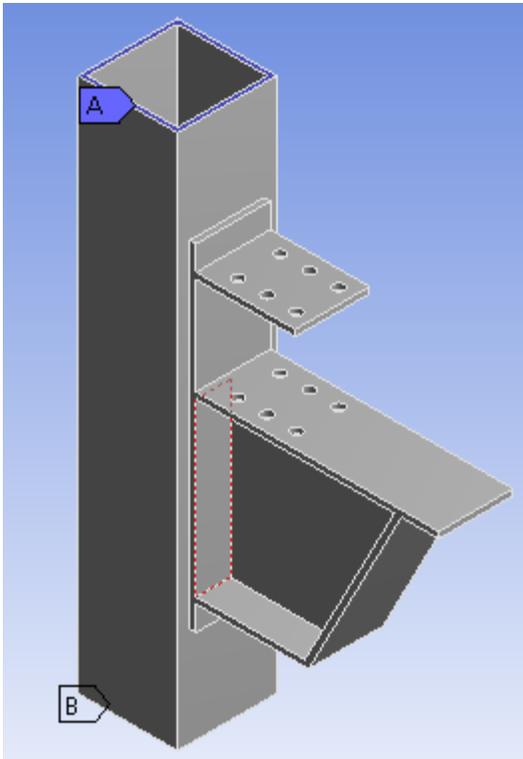
*Figura 4-19. Mallado de conexión C2.*



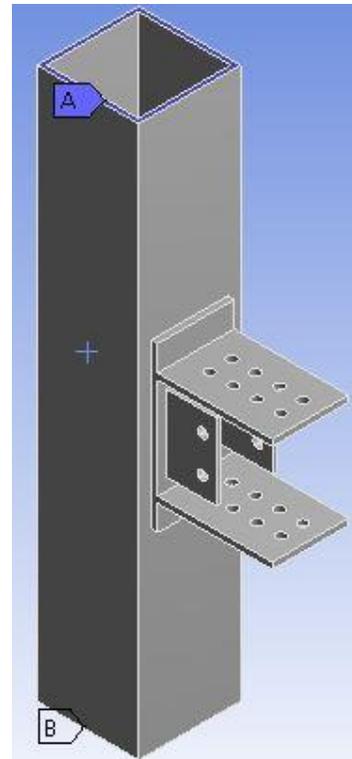
*Figura 4-20. Mallado de conexión en nodo central (nodo crítico).*

Posterior al mallado de las conexiones, se definieron las condiciones de frontera, es decir, se definieron en este caso los soportes en nuestro modelo, los cuales se colocaron en la parte inferior y la parte superior del elemento columna en cada uno de los casos, como se muestra a continuación.

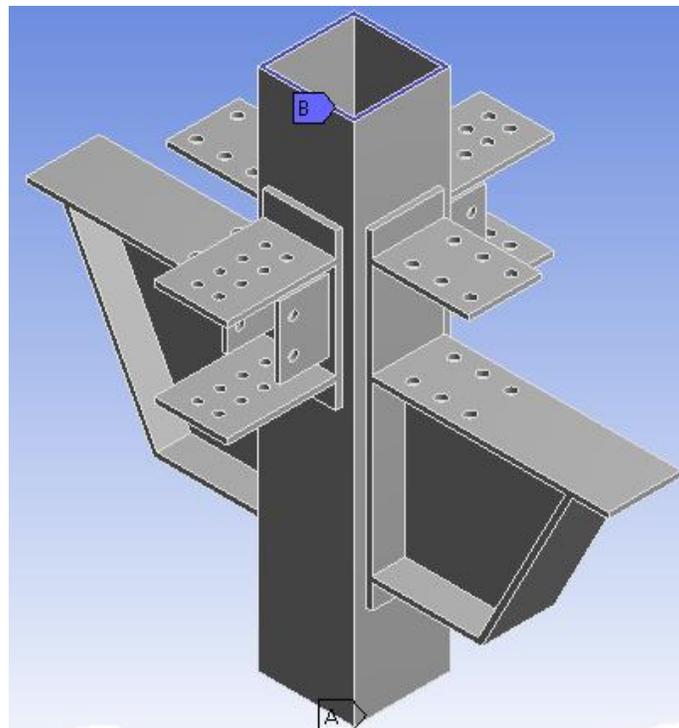
Se seleccionó la opción de punto fijo en la ventana Setup, previamente seleccionada del Esquema de Proyecto.



*Figura 4-21. Soportes de conexión C1.*

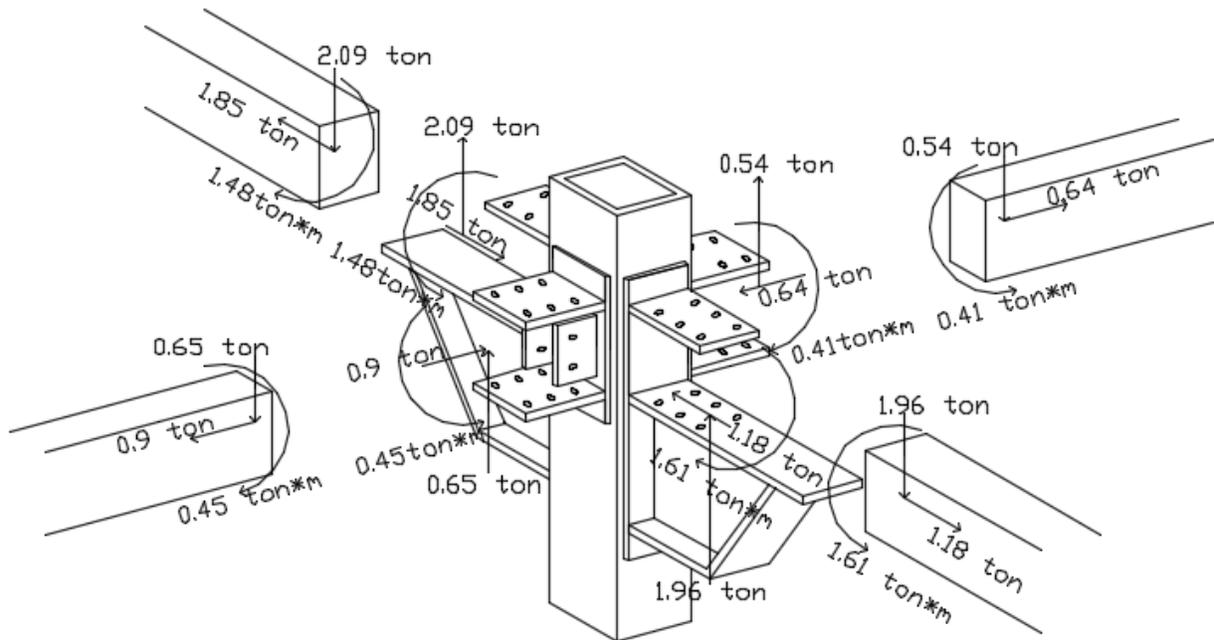


*Figura 4-22. Soportes de conexión C2.*

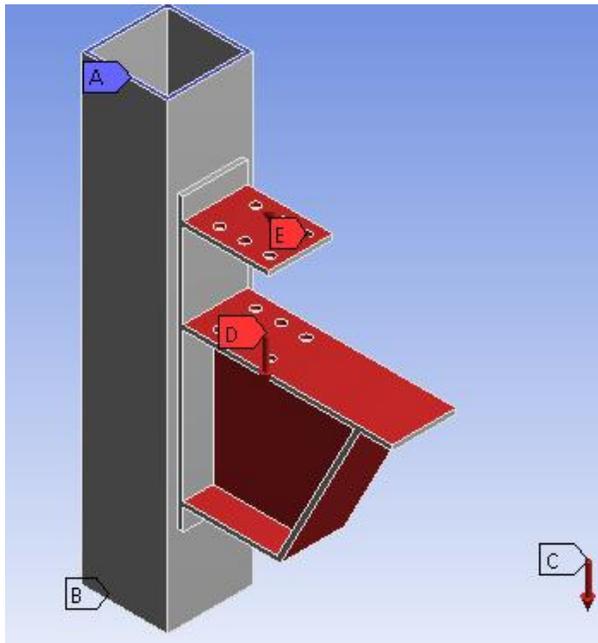


*Figura 4-23. Soportes de conexión en nodo central (nodo crítico).*

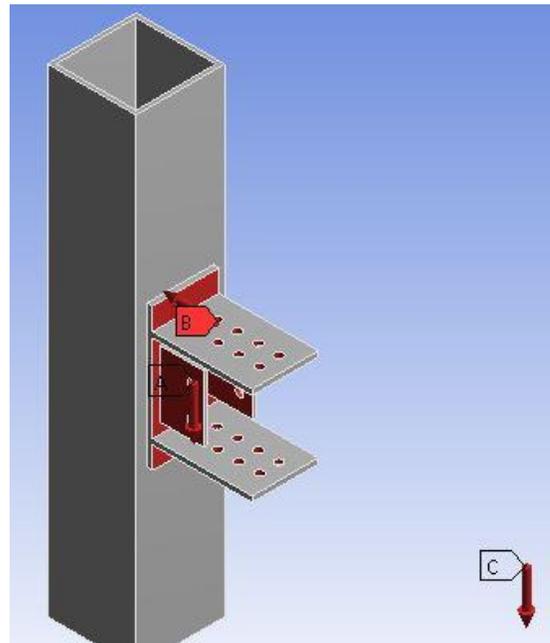
Tomando en cuenta las cargas de diseño mencionadas con anterioridad y las cargas de diseño para el nodo crítico que se muestran a continuación, se colocaron en el modelo de cada una de las conexiones, las cargas correspondientes para su posterior solución.



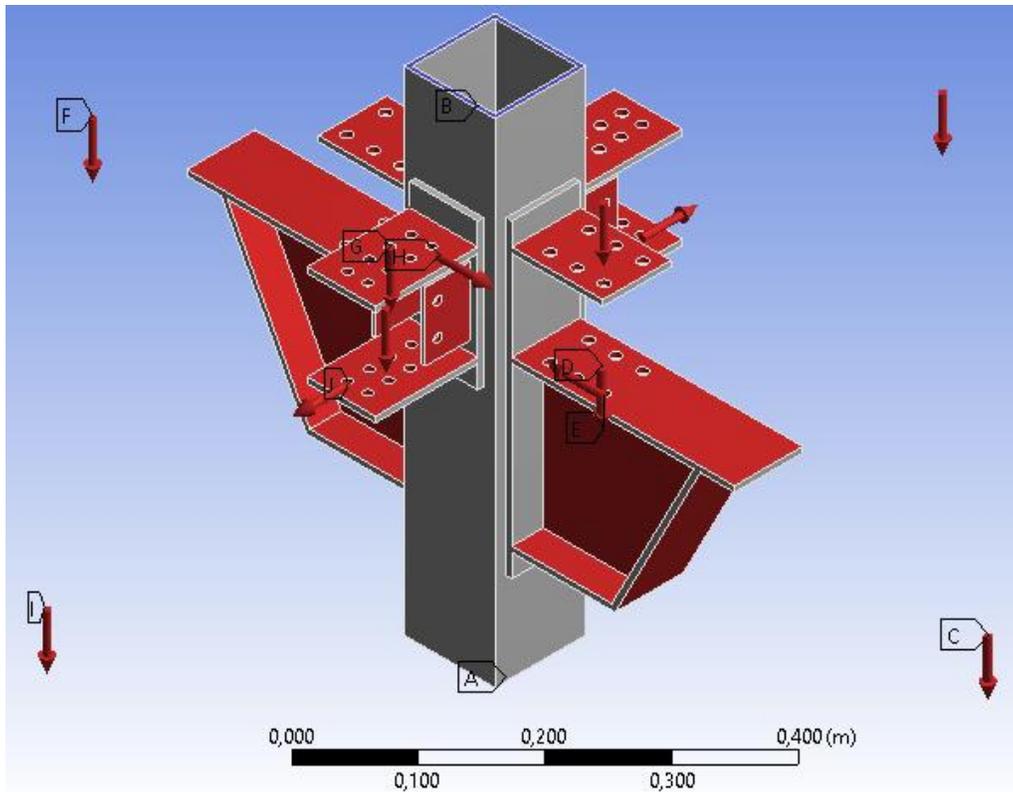
**Figura 4-24.** Cargas de diseño para análisis por MEF de conexión en nodo central (nodo crítico).



**Figura 4-25.** Cargas en conexión C1.



**Figura 4-26.** Cargas en conexión C2.



*Figura 4-27. Cargas en conexión en nodo central (nodo crítico).*

Una vez que se colocaron las cargas en cada uno de los modelos de conexión, se procede a la fase de solución. En esta fase, se selecciona en la barra de resultados, los resultados que se desea a obtener de cada uno de los modelos. En este caso en particular, se seleccionaron las deformaciones totales, y los esfuerzos equivalentes o de Von-Mises, los cuales se utilizan para establecer un criterio de falla de la conexión.

#### **4.7. Montaje de estructura de acero denominada “Casa Solar Experimental”**

Posterior a la fabricación de la estructura y de las conexiones, se procedió a iniciar con el montaje de la “Casa Solar Experimental”, con apoyo de un grupo de alumnos

de licenciatura en Ingeniería Civil de la Universidad Autónoma de Querétaro, los cuales se dividieron en brigadas de 6 personas. Esto con el fin de probar los principios de fácil montaje y desmontaje de la estructura completa, y verificar si en realidad, tanto el nuevo sistema de estructuración como las conexiones, ayudan a reducir tiempos en comparación con los métodos tradicionales de edificación de estructuras tipo vivienda.



*Figura 4-28. Inicio de montaje de “Casa Solar Experimental” (montaje de columnas).*



*Figura 4-29. Montaje de entrepiso con ayuda de brigada de estudiantes.*

## **5. RESULTADOS**

### **5.1. Determinación de la forma**

Se determinó la topología de las conexiones que componen la estructura principal de la vivienda sustentable en base a conexiones convencionales normalmente utilizadas en la construcción de edificios de acero.

### **5.2. Diseño de las conexiones propuestas bajo reglamentación actual**

Se realizó el diseño de dichas conexiones aplicando la normatividad actual, utilizando placas de acero A 36 y electrodo 70 para la soldadura de las placas, así como tornillos GR. 2.

El diseño de las conexiones se realizó utilizando tablas en formato de Excel, las cuales se encuentran en los anexos del presente trabajo, y contienen la información correspondiente para evaluar tanto placas de momento como placas de cortante.

### **5.3. Elaboración de planos y fabricación de prototipos de conexiones**

Se realizaron planos de fabricación para casa una de las conexiones y se incluyeron en el conjunto general de planos de la estructura tipo casa solar experimental. Dichos planos de fabricación se encuentran en los anexos del presente trabajo de investigación y cuentan con precisión milimétrica para cada uno de los cortes y perforaciones e indican diámetro, longitud y material de tornillos; dimensiones y materiales de placas; así como material y espesor de los cordones de soldadura a utilizar.

Se fabricaron los prototipos de prueba de las distintas conexiones, de acuerdo a lo indicado en los planos de fabricación.



*Figura 5-1. Prototipo de conexión rígida C1 viga-columna con placa de respaldo.*



*Figura 5-2. Prototipo de conexión a momento C2 viga-columna con placa de respaldo.*



*Figura 5-3. Conexiones C1 y C2 unidas a un segmento de columna.*



*Figura 5-4. Prototipo de conexión a momento C3 viga secundaria-viga principal.*

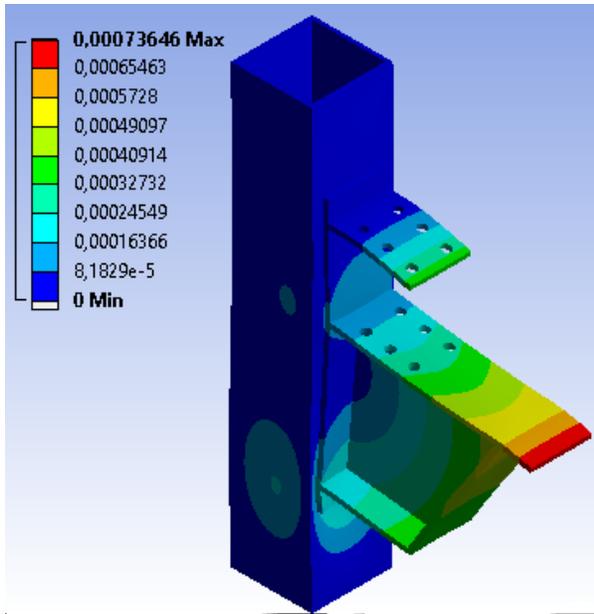


*Figura 5-5. Prototipo de conexión simple o de cortante C4 y conexión a momento viga secundaria-viga principal C3.*

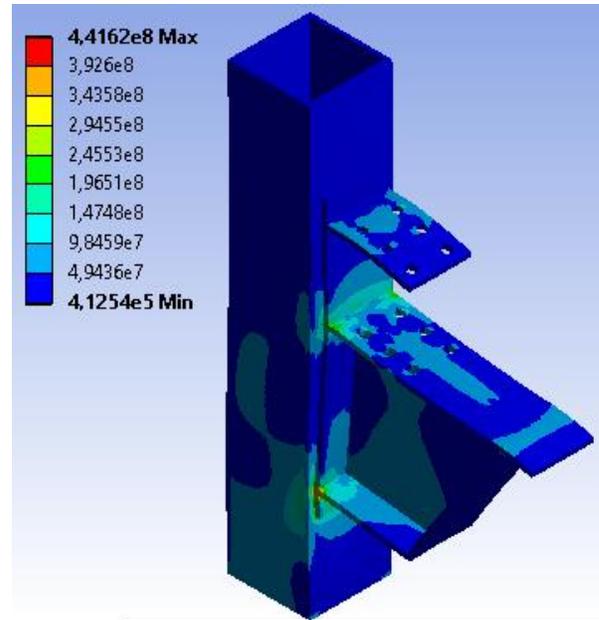
#### **5.4. Modelación y análisis por el Método de Elemento Finito (MEF)**

Se concluyó con el análisis de los modelos de conexiones expuestos en la metodología.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de dicho análisis. Dichos resultados consisten en las gráficas de deformación total y los esfuerzos de Von-Mises o esfuerzos equivalentes, solicitados como se explicó con anterioridad.

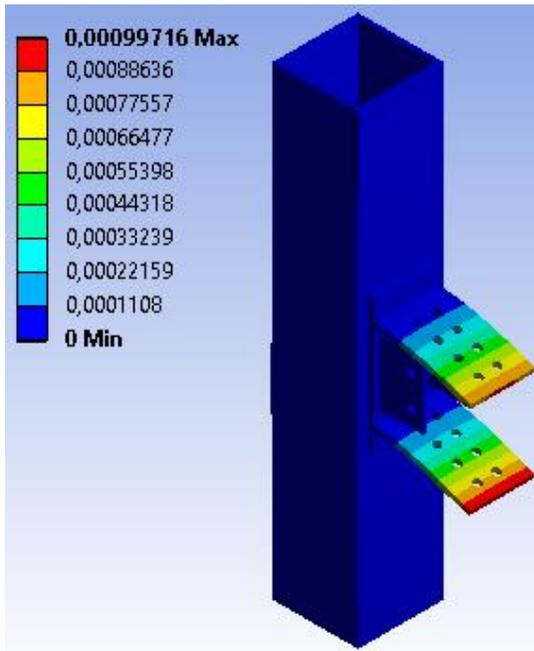


*Figura 5-6. Deformación Total en conexión C1.*

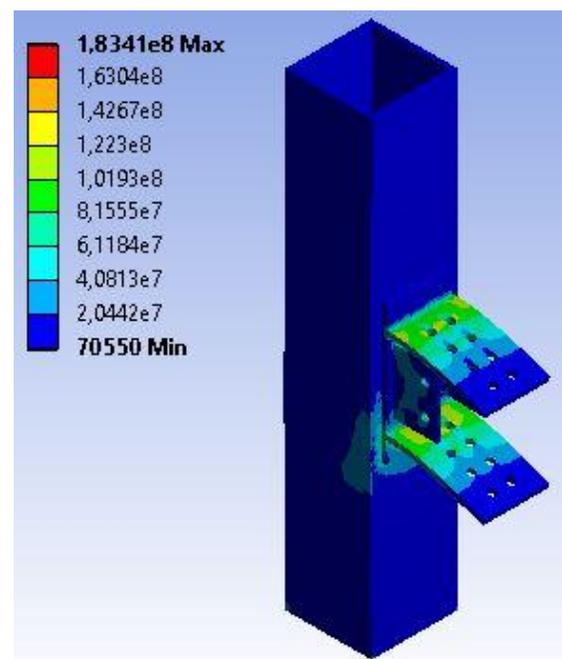


*Figura 5-7. Esfuerzos equivalentes conexión C1.*

Se puede apreciar, con los resultados de los esfuerzos obtenidos, que el modo de falla de la conexión podría presentarse por esfuerzos concentrados en la esquina inferior de la placa de respaldo que une la ménsula con la columna.

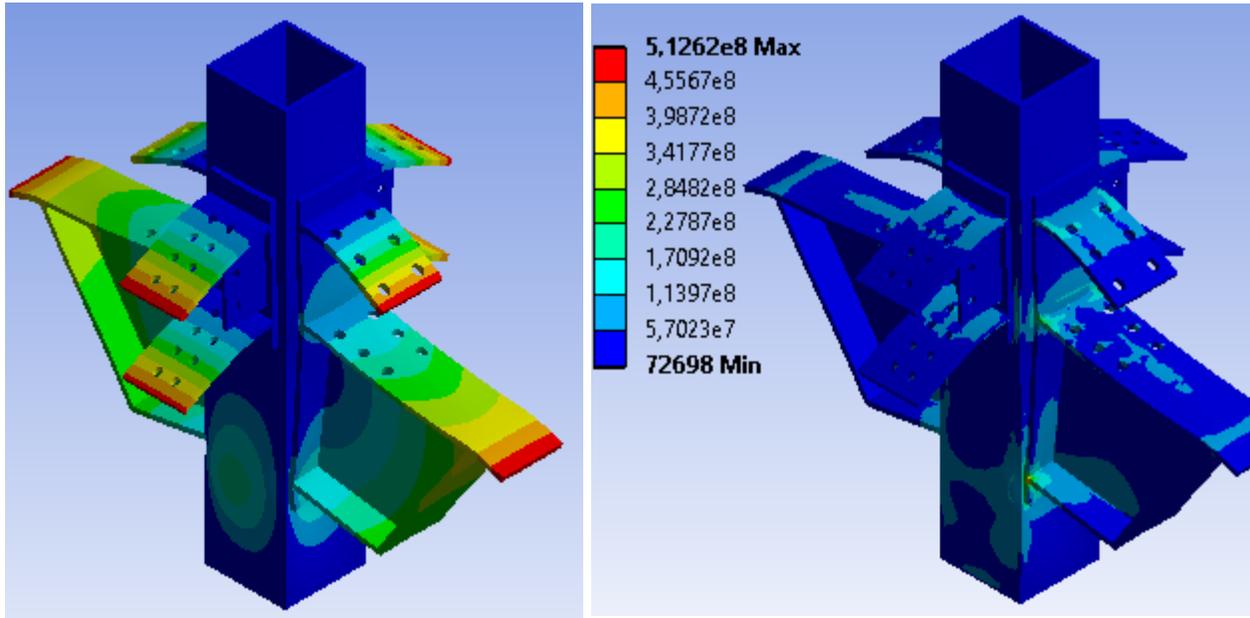


*Figura 5-8. Deformación Total en conexión C2.*



*Figura 5-9. Esfuerzos equivalentes conexión C2.*

Con los esfuerzos máximos obtenidos y los esfuerzos equivalentes, podemos apreciar que la conexión soporta perfectamente las cargas de diseño y los esfuerzos provocados por las mismas. Se puede apreciar también, que la falla se puede llegar a presentar cerca de la unión de las placas de momento con la placa de respaldo.



*Figura 5-10. Deformación Total en nodo central. Figura 5-11. Esfuerzos equivalentes en nodo central.*

Se observa también que la conexión resiste los esfuerzos a la que está sometida, y al igual que en la conexión C1, los esfuerzos de Von-Mises nos indican que la falla puede presentarse en la esquina inferior de las placas de respaldo.

### **5.5. Montaje de la estructura denominada “Casa Solar Experimental”**

Se concluyó el montaje de la estructura de acero tipo vivienda sustentable con ayuda de estudiantes de licenciatura de la facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Querétaro.



*Figura 5-12. Estructura principal de la “Casa solar experimental”.*

## 6. CONCLUSIONES

Es importante, tal como se menciona al inicio del presente trabajo, buscar siempre diseñar y construir estructuras que contribuyan a la reducción de contaminantes y requerimiento de energía en la fabricación de materiales para dichas estructuras.

El acero es un material que, en comparación con muchos otros, tiene muchas bondades, tanto en el aspecto ecológico como en lo estructural, al permitir construir estructuras cuyo comportamiento es muy similar al que es supuesto en el diseño.

Por lo anterior, tal y como lo menciona Thai (2016) es de mayor importancia poner atención en las conexiones estructurales, ya que son éstas las que nos garantizan que se cumple el comportamiento que se supone en el análisis.

Al tener un nuevo sistema de estructuración como el que propone Álvarez (2016), se observó durante el desarrollo del presente trabajo de investigación, que en ocasiones es necesaria una nueva geometría para las conexiones, con la cual sea posible transmitir de manera eficiente los esfuerzos a los que los elementos estructurales están sometidos. De ahí la necesidad de un nuevo sistema de conexión para los perfiles poco convencionales que conforman la estructura de la “Casa Solar Experimental”.

Aún cuando las conexiones fueron diseñadas bajo normativa actual para uniones típicas, aplicando los conceptos y fórmulas que se mencionan en esta tesis, hasta ese punto era incierto el comportamiento de las conexiones aquí propuestas, ya que, al ser distintas de las convencionales, no están consideradas en la reglamentación como tal. Por eso la necesidad de realizar un análisis más profundo.

El método de elemento finito nos da una muy buena aproximación al comportamiento real de las conexiones propuestas, ya que, mientras más fino sea el análisis, podremos conocer con mayor exactitud los esfuerzos y deformaciones que se presentan en más puntos de los elementos que conforman cada conexión, cosa que, en

la práctica común, no se sabe con certeza, debido a que se confía sólo en la aplicación del reglamento.

En este caso, se utilizó el programa ANSYS Workbench como herramienta para realizar un análisis más completo sobre el comportamiento de cada uno de los modelos de conexión que conforman la estructura principal.

De dicho análisis, fue posible observar de manera clara cuál era la distribución de esfuerzos en cada una de las placas que conformaban las conexiones.

Al comparar los resultados de la fase de diseño bajo reglamento con los del Método de Elemento Finito, se puede apreciar que, como se suponía, las conexiones resisten los elementos mecánicos para los cuales fueron diseñados.

Sin embargo, con los esfuerzos equivalentes (criterio de falla) en cada conexión, se puede observar que las ménsulas de acero referentes a la conexión C1, están sobradas en cuanto a las placas que componen la conexión, con excepción de la placa de respaldo. Se pudo apreciar en este análisis que, en la zona comprendida por la esquina inferior de cada una de las placas de respaldo, puede llegar a presentarse, bajo condiciones de cargas extremas, una concentración de esfuerzos, algo que no es apreciable desde el diseño por reglamento. Dicha situación podría prevenirse reemplazando las placas de respaldo por un cuerpo que envuelva perfectamente a la columna, lo cual daría origen a una conexión distinta a las aquí presentadas.

Se puede concluir, con lo obtenido en el presente trabajo, que la reglamentación en general no logra cubrir todas las opciones en cuanto a la conexión en si, en lo referente a las posibles combinaciones de esfuerzos que puedan presentarse, en especial cuando se trata de sistemas distintos a los típicamente usados, por lo que lo más recomendable será realizar un análisis más completo siempre que la geometría de la conexión se aleje de lo convencional.

En adición, gracias a la experiencia que se tuvo durante el montaje de la Casa Solar Experimental, se concluye que en realidad el nuevo sistema de estructuración, en conjunto con el nuevo sistema de conexión estructural, facilitan el proceso constructivo en comparación con los métodos tradicionales y reducen significativamente los tiempos requeridos, ya que la fabricación en taller duró poco más de dos semanas. Además, este proceso garantiza una mayor calidad en los elementos, gracias a que se realiza en un ambiente controlado y libre de las inclemencias del tiempo.

Se logró entonces cumplir con el objetivo de la Casa Solar Experimental en lo referente a la parte estructural, ya que se obtuvo una estructura que es de fácil traslado, fácil montaje y desmontaje, que puede ser reubicada e incluso reconfigurada, con bajo costo, bajo requerimiento de material y tiempos realmente cortos en comparación con la construcción tradicional de vivienda.

## 7. REFERENCIAS

- Álvarez Valdez, O. Et al. 2010. ¿Cuándo construir en acero?, GERDAU CORSA, www.gerdau.com.mx, México D.F.
- American Institute of Steel Construction, Manual of Steel Construction Load & Resistance Factor Design, 14a. ed.
- Argüello Méndez, T. D. R., & Cuchí Burgos, A. 2008. Análisis del impacto ambiental asociado a los materiales de construcción empleados en las viviendas de bajo coste del programa 10 x10 Con Techo-Chiapas del CYTED. Informes de la Construcción, 60(509), 25-34.
- Astrium GmbH. Ring for connecting two rotationally symmetrical structural parts and method of making same ring for connecting two rotationally symmetrical structural parts and method of making same. Wolfgang, Pritzer. Int. Cl. B64G 1/64. Fecha de solicitud: 2002-03-13. US Patent No. 6,729,792 B2. 2004-05-04.
- Baran, E., T. Akis, G. Sen, and A. Draisawi. 2016. Experimental and numerical analysis of a bolted connection in steel transmission towers. J. Constr. Steel Res. 121:253–260.
- Castañas, V. 2011. “La energía como indicador del impacto ambiental en los sistemas constructivos conformados a partir de materiales de producción nacional”, Tesis de maestría, UFRGS.
- Chen, et. al.. Seismic-Resistant beam to column moment connection. Sinotec Engineering Consultants Inc. Cl. E04H 1/00. Fecha de solicitud: 2001-01-26. Patent No. 6,427,393. 2002-08-06.
- Du Chateau, Stephane. Construction system for reticulated steel structures. Du Chateau Stephane. Int. Cl. F16B 7/00. Fecha de solicitud: 1980-03-27. U.S. Patent No. 4,353,662. 1982-10-12.
- Edwards, J. Welded bracket connection. Edwards, J.H. Fecha de solicitud: 1928 06-05. Patent No. 1,899,799. 1933-02-28.

- Fisker, J., and L. G. Hagsten. 2016. Mechanical model for the shear capacity of R/C beams without stirrups: A proposal based on limit analysis. *Eng. Struct.* 115:220–231.
- Kazuhiko, Kasai. Fitting for effecting bolted connection between a beam and a column in a steel frame structure. Int. Cl. E04H 1/00. Fecha de solicitud: 1995-12-22. Patent No. 6,073,405. 2000-06-13.
- LANIK I, S.A.. Sistema de conexión para estructuras espaciales monocapa. Martínez Apezteguia, Juan. Int. Cl. E04B 1/19. Fecha de solicitud: 2006-04-12. Patente internacional No: WO 2007/116105 A1. 2007-10-18.
- Martínez Romero, E. 1993. *Diseño Y Construcción de Estructuras de Acero*. México D.F.
- McCormac JC, Csernak SF. *Diseño de Estructuras de Acero*. 5th ed. (Editor AG, ed.). México D.F; 2013.
- METALMECCANICA CARANNANTE S.P.A. Joints for space frames in steel structural work. Carannante, Biagio. Int. Cl. E04B 1/24. Fecha de solicitud: 1981-01-23. European Patent No. 0 408 597 B1. 1995-01-04.
- MONTUR ESTAN, SL. Dispositivo de unión para estructuras reticulares. Carracedo Planelles, Juan. Int. Cl. F13B 7/18. Fecha de solicitud: 2005-03-16. Patente internacional No. WO 2006/097544 A1. 2006-09-21.
- Musa, M. F., M. F. Mohammad, and R. Mahbub. 2014. Enhancing the Quality of Life by Adopting Sustainable Modular Industrialised Building System ( IBS ) in the Malaysian Construction Industry. *Procedia - Soc. Behav. Sci.* 153:79–89.
- Nippon Steel Corporation. Joint structure using a gusset plate, a building using the joint structure and a method of assembling or reinforcing a building. Suzuki Kazuaki *et al.*. Int. Cl. E04B 1/98. Fecha de solicitud: 2004-04-22. US Patent No. 7,703,244 B2. 2010-04-27.
- Qin, X., W. Wang, Y. Chen, and Y. Bao. 2016. A special reinforcing technique to improve resistance of beam-to-tubular column connections for progressive collapse prevention. *Eng. Struct.* 117:26–39.

- Reglamento de las construcciones para el Distrito Federal. 2004. Normas técnicas complementarias. México
- Skidmore, Owings & Merrill LLP. Seismic structural device. Sarkisian Mark P. Int. CI. E04B 7/00. Fecha de solicitud: 2002-07-22. US patent No. 6,681,538 B1. 2004-01-27.
- Soto Rodríguez H. Diseño de Estructuras Metálicas, Vol. I. México D.F; 2012.
- Soto Rodríguez H. Diseño de Estructuras Metálicas, Vol. II. México D.F; 2012.
- Sun, R., and I. W. Burgess. 2016. An analytical and numerical prediction for ductility demand on steel beam-to-column connections in fire. *Eng. Struct.* 115:55–66.
- Thai, H. T., B. Uy, W. H. Kang, and S. Hicks. 2016. System reliability evaluation of steel frames with semi-rigid connections. *J. Constr. Steel Res.* 121:29–39.
- Yang, H., W. Liu, and X. Ren. 2016. A component method for moment-resistant glulam beam–column connections with glued-in steel rods. *Eng. Struct.* 115:42–54.
- Yang, C., J.-F. Yang, M.-Z. Su, and C.-Z. Liu. 2016. Numerical study on seismic behaviours of ConXL biaxial moment connection. *J. Constr. Steel Res.* 121:185–201.
- Ye, J., X. Wang, and M. Zhao. 2016. Experimental study on shear behavior of screw connections in CFS sheathing. *J. Constr. Steel Res.* 121:1–12.
- Zhao, Q., Z. Guo, X. Shen, and B. Briseghella. 2016. Test study on residual stress distribution of hybrid steel u-rib stiffened plates. *Jcsr* 121:261–267.

## 8. ANEXOS

### 8.1. Diseño de conexiones aplicando normatividad vigente.

#### CONEXIÓN CX-1

##### DATOS DE ENTRADA

PLACA DE MOMENTO		PLACA DE CORTANTE	
Ancho de la placa	3 in	Ancho de la placa	3 in
Largo de la placa	4 in	Largo de la placa	4.5 in
Espesor de la placa	0.25 in	Espesor de la placa	0.25 in
Fy de la placa	36 ksi	Fy de la placa	36 ksi
Fu de la placa	58 ksi	Hilera de tornillos	1
Hilera de tornillos	2	tornillos por hilera	3
Tornillos por hilera	3	No. Tornillos	3
No. Tornillos	6	Diámetro de trnillos	0.375 in
Diámetro de trnillos	0.375 in	Fy de tornillos	36 ksi
Fy de tornillos	36 ksi	Fuerza cortante total	4.6 kips
Fuerza axial total	14.7 kips	Espesor de soldadura	0.1875 in
Espesor de soldadura	0.1875 in	Resistencia soldadura	70 ksi
Resistencia soldadura	70 ksi	lc	0.3406 in
lc	0.3878 in		

##### REVISIÓN DE PLACAS Y TORNILLOS

REVISIÓN DE PLACA DE MOMENTO			REVISIÓN DE PLACA DE CORTANTE		
Resistencia a la fluencia			Resistencia al corte		
$\varphi P_n =$	24.3 kips	cumple	$\varphi P_n =$	27.84375 kips	cumple
Resistencia a la ruptura			Resistencia al aplastamiento		
$\varphi P_n =$	24.46875 kips	cumple	$\varphi R_n =$	8.27658 kips	cumple
Resistencia al corte			Resistencia al corte de tornillos		
$\varphi P_n =$	15.1875 kips	cumple	$\varphi R_n =$	8.946175955 kips	cumple
Resistencia al aplastamiento			Resistencia de cordón de soldadura		
$\varphi R_n =$	18.84708 kips	cumple	$\varphi R_n =$	5.90625 kips	

Resistencia al corte de tornillos

$\varphi R_n = 17.89235191$  kips cumple

Resistencia de cordón de soldadura

$\varphi R_n = 5.90625$  kips

## CONEXIÓN CX-2

### DATOS DE ENTRADA

PLACA DE MOMENTO		PLACA DE CORTANTE	
Ancho de la placa	3 in	Ancho de la placa	2 in
Largo de la placa	4.5 in	Largo de la placa	3 in
Espesor de la placa	0.25 in	Espesor de la placa	0.1875 in
Fy de la placa	36 ksi	Fy de la placa	36 ksi
Fu de la placa	58 ksi	Hilera de tornillos	1
Hilera de tornillos	2	tornillos por hilera	2
Tornillos por hilera	4	No. Tornillos	2
No. Tornillos	8	Diámetro de trnillos	0.3125 in
Diámetro de trnillos	0.3125 in	Fy de tornillos	36 ksi
Fy de tornillos	36 ksi	Fuerza cortante total	kips
Fuerza axial total	kips	Espesor de soldadura	0.1875 in
Espesor de soldadura	0.1875 in	Resistencia soldadura	70 ksi
Resistencia soldadura	70 ksi	lc	0.5647 in
lc	0.8442 in		

### REVISIÓN DE PLACAS Y TORNILLOS

REVISIÓN DE PLACA DE MOMENTO	REVISIÓN DE PLACA DE CORTANTE
Resistencia a la fluencia	Resistencia al corte
$\varphi P_n = 24.3$ kips cumple	$\varphi P_n = 13.60546875$ kips cumple
Resistencia a la ruptura	Resistencia al aplastamiento
$\varphi P_n = 25.828125$ kips cumple	$\varphi R_n = 6.861105$ kips cumple
Resistencia al corte	Resistencia al corte de tornillos
$\varphi P_n = 16.03125$ kips cumple	$\varphi R_n = 4.141748127$ kips cumple
Resistencia al aplastamiento	Resistencia de cordón de soldadura

$\varphi R_n =$	54 kips	cumple	$\varphi R_n =$	5.90625 kips
Resistencia al corte de tornillos				
$\varphi R_n =$	16.56699251 kips	cumple		
Resistencia de cordón de soldadura				
$\varphi R_n =$	5.90625 kips			

## CONEXIÓN CX-3

### DATOS DE ENTRADA

PLACA DE MOMENTO		PLACA DE CORTANTE	
Ancho de la placa	3 in	Ancho de la placa	2 in
Largo de la placa	6 in	Largo de la placa	3 in
Espesor de la placa	0.25 in	Espesor de la placa	0.125 in
Fy de la placa	36 ksi	Fy de la placa	36 ksi
Fu de la placa	58 ksi	Hilera de tornillos	2
Hilera de tornillos	2	tornillos por hilera	1
Tornillos por hilera	4	No. Tornillos	2
No. Tornillos	8	Diámetro de trnillos	0.3125 in
Diámetro de trnillos	0.3125 in	Fy de tornillos	36 ksi
Fy de tornillos	36 ksi	Fuerza cortante total	kips
Fuerza axial total	kips	Espesor de soldadura	0.125 in
Espesor de soldadura	0.1875 in	Resistencia soldadura	70 ksi
Resistencia soldadura	70 ksi	lc	0.5647 in
lc	0.8442 in		

### REVISIÓN DE PLACAS Y TORNILLOS

REVISIÓN DE PLACA DE MOMENTO		REVISIÓN DE PLACA DE CORTANTE	
Resistencia a la fluencia		Resistencia al corte	
$\varphi P_n =$	24.3 kips      cumple	$\varphi P_n =$	11.046875 kips      cumple
Resistencia a la ruptura		Resistencia al aplastamiento	
$\varphi P_n =$	25.828125 kips      cumple	$\varphi R_n =$	4.57407 kips      cumple
Resistencia al corte		Resistencia al corte de tornillos	
$\varphi P_n =$	16.03125 kips      cumple	$\varphi R_n =$	4.141748127 kips      cumple

Resistencia al aplastamiento		Resistencia de cordón de soldadura
$\varphi R_n =$	54 kips      cumple	$\varphi R_n =$ 3.9375 kips
Resistencia al corte de tornillos		
$\varphi R_n =$	16.56699251 kips      cumple	
Resistencia de cordón de soldadura		
$\varphi R_n =$	5.90625 kips	

## CONEXIÓN CX-4

### DATOS DE ENTRADA

#### PLACA DE CORTANTE

Ancho de la placa	2 in
Largo de la placa	3 in
Espesor de la placa	0.25 in
Fy de la placa	36 ksi
Hilera de tornillos	1
tornillos por hilera	2
No. Tornillos	2
Diámetro de trnillos	0.25 in
Fy de tornillos	36 ksi
Fuerza cortante total	kips
Espesor de soldadura	0.1875 in
Resistencia soldadura	70 ksi
lc	0.344 in

#### REVISIÓN DE PLACA DE CORTANTE

Resistencia al corte	
$\varphi P_n =$	18.5625 kips      cumple
Resistencia al aplastamiento	
$\varphi R_n =$	5.5728 kips      cumple
Resistencia al corte de tornillos	
$\varphi R_n =$	2.650718801 kips      cumple
Resistencia de cordón de soldadura	

$\varphi R_n = 5.90625$  kips

## CONEXIÓN CX-5

### DATOS DE ENTRADA

PLACA DE MOMENTO		PLACA DE CORTANTE	
Ancho de la placa	3 in	Ancho de la placa	2 in
Largo de la placa	4 in	Largo de la placa	2 in
Espesor de la placa	0.25 in	Espesor de la placa	0.1875 in
Fy de la placa	36 ksi	Fy de la placa	36 ksi
Fu de la placa	58 ksi	Hilera de tornillos	1
Hilera de tornillos	2	tornillos por hilera	2
Tornillos por hilera	3	No. Tornillos	2
No. Tornillos	6	Diámetro de trnillos	0.3125 in
Diámetro de trnillos	0.3125 in	Fy de tornillos	36 ksi
Fy de tornillos	36 ksi	Fuerza cortante total	kips
Fuerza axial total	kips	Espesor de soldadura	0.1875 in
Espesor de soldadura	0.1875 in	Resistencia soldadura	70 ksi
Resistencia soldadura	70 ksi	lc	0.3718 in
lc	0.3878 in		

### REVISIÓN DE PLACAS Y TORNILLOS

REVISIÓN DE PLACA DE MOMENTO			REVISIÓN DE PLACA DE CORTANTE		
Resistencia a la fluencia			Resistencia al corte		
$\varphi P_n = 24.3$ kips	cumple		$\varphi P_n = 8.54296875$ kips	cumple	
Resistencia a la ruptura			Resistencia al aplastamiento		
$\varphi P_n = 25.828125$ kips	cumple		$\varphi R_n = 4.51737$ kips	cumple	
Resistencia al corte			Resistencia al corte de tornillos		
$\varphi P_n = 16.03125$ kips	cumple		$\varphi R_n = 4.141748127$ kips	cumple	
Resistencia al aplastamiento			Resistencia de cordón de soldadura		
$\varphi R_n = 18.84708$ kips	cumple		$\varphi R_n = 5.90625$ kips		
Resistencia al corte de tornillos					
$\varphi R_n = 12.42524438$ kips	cumple				
Resistencia de cordón de soldadura					

$\varphi R_n = 5.90625$  kips

## CONEXIÓN CX-6

### DATOS DE ENTRADA

PLACA DE MOMENTO		PLACA DE CORTANTE	
Ancho de la placa	3 in	Ancho de la placa	2 in
Largo de la placa	4.5 in	Largo de la placa	2 in
Espesor de la placa	0.25 in	Espesor de la placa	0.1875 in
Fy de la placa	36 ksi	Fy de la placa	36 ksi
Fu de la placa	58 ksi	Hilera de tornillos	1
Hilera de tornillos	2	tornillos por hilera	2
Tornillos por hilera	3	No. Tornillos	2
No. Tornillos	6	Diámetro de trnillos	0.3125 in
Diámetro de trnillos	0.3125 in	Fy de tornillos	36 ksi
Fy de tornillos	36 ksi	Fuerza cortante total	kips
Fuerza axial total	kips	Espesor de soldadura	0.1875 in
Espesor de soldadura	0.187 in	Resistencia soldadura	70 ksi
Resistencia soldadura	70 ksi	lc	0.3718 in
lc	0.3878 in		

### REVISIÓN DE PLACAS Y TORNILLOS

REVISIÓN DE PLACA DE MOMENTO		REVISIÓN DE PLACA DE CORTANTE	
Resistencia a la fluencia		Resistencia al corte	
$\varphi P_n = 24.3$ kips	cumple	$\varphi P_n = 8.54296875$ kips	cumple
Resistencia a la ruptura		Resistencia al aplastamiento	
$\varphi P_n = 25.828125$ kips	cumple	$\varphi R_n = 4.51737$ kips	cumple
Resistencia al corte		Resistencia al corte de tornillos	
$\varphi P_n = 16.03125$ kips	cumple	$\varphi R_n = 4.141748127$ kips	cumple
Resistencia al aplastamiento		Resistencia de cordón de soldadura	
$\varphi R_n = 18.84708$ kips	cumple	$\varphi R_n = 5.90625$ kips	
Resistencia al corte de tornillos			
$\varphi R_n = 12.42524438$ kips	cumple		

Resistencia de cordón de soldadura

$\varphi R_n = 5.8905$  kips

## CONEXIÓN CX-7

### DATOS DE ENTRADA

PLACA DE MOMENTO		PLACA DE CORTANTE	
Ancho de la placa	3 in	Ancho de la placa	2.5 in
Largo de la placa	4.5 in	Largo de la placa	3 in
Espesor de la placa	0.25 in	Espesor de la placa	0.125 in
Fy de la placa	36 ksi	Fy de la placa	36 ksi
Fu de la placa	58 ksi	Hilera de tornillos	1
Hilera de tornillos	2	tornillos por hilera	2
Tornillos por hilera	2	No. Tornillos	2
No. Tornillos	4	Diámetro de trnillos	0.3125 in
Diámetro de trnillos	0.3125 in	Fy de tornillos	36 ksi
Fy de tornillos	36 ksi	Fuerza cortante total	kips
Fuerza axial total	kips	Espesor de soldadura	0.125 in
Espesor de soldadura	0.1875 in	Resistencia soldadura	70 ksi
Resistencia soldadura	70 ksi	lc	0.5687 in
lc	0.5687 in		

### REVISIÓN DE PLACAS Y TORNILLOS

REVISIÓN DE PLACA DE MOMENTO		REVISIÓN DE PLACA DE CORTANTE	
Resistencia a la fluencia		Resistencia al corte	
$\varphi P_n = 24.3$ kips	cumple	$\varphi P_n = 9.0703125$ kips	cumple
Resistencia a la ruptura		Resistencia al aplastamiento	
$\varphi P_n = 25.828125$ kips	cumple	$\varphi R_n = 4.60647$ kips	cumple
Resistencia al corte		Resistencia al corte de tornillos	
$\varphi P_n = 16.03125$ kips	cumple	$\varphi R_n = 4.141748127$ kips	cumple
Resistencia al aplastamiento		Resistencia de cordón de soldadura	
$\varphi R_n = 18.42588$ kips	cumple	$\varphi R_n = 3.9375$ kips	
Resistencia al corte de tornillos			

$\varphi R_n = 8.283496255$  kips cumple

Resistencia de cordón de soldadura

$\varphi R_n = 5.90625$  kips

## CONEXIÓN CX-8

### DATOS DE ENTRADA

PLACA DE MOMENTO		PLACA DE CORTANTE	
Ancho de la placa	3 in	Ancho de la placa	2 in
Largo de la placa	4 in	Largo de la placa	2 in
Espesor de la placa	0.25 in	Espesor de la placa	0.1875 in
Fy de la placa	36 ksi	Fy de la placa	36 ksi
Fu de la placa	58 ksi	Hilera de tornillos	1
Hilera de tornillos	2	tornillos por hilera	2
Tornillos por hilera	2	No. Tornillos	2
No. Tornillos	4	Diámetro de trnillos	0.3125 in
Diámetro de trnillos	0.3125 in	Fy de tornillos	36 ksi
Fy de tornillos	36 ksi	Fuerza cortante total	kips
Fuerza axial total	kips	Espesor de soldadura	0.1875 in
Espesor de soldadura	0.1875 in	Resistencia soldadura	70 ksi
Resistencia soldadura	70 ksi	lc	0.3406 in
lc	0.3878 in		

### REVISIÓN DE PLACAS Y TORNILLOS

REVISIÓN DE PLACA DE MOMENTO		REVISIÓN DE PLACA DE CORTANTE	
Resistencia a la fluencia		Resistencia al corte	
$\varphi P_n = 24.3$ kips cumple		$\varphi P_n = 8.54296875$ kips cumple	
Resistencia a la ruptura		Resistencia al aplastamiento	
$\varphi P_n = 25.828125$ kips cumple		$\varphi R_n = 4.13829$ kips cumple	
Resistencia al corte		Resistencia al corte de tornillos	
$\varphi P_n = 16.03125$ kips cumple		$\varphi R_n = 4.141748127$ kips cumple	
Resistencia al aplastamiento		Resistencia de cordón de soldadura	
$\varphi R_n = 12.56472$ kips cumple		$\varphi R_n = 5.90625$ kips	

Resistencia al corte de tornillos

$\varphi R_n = 8.283496255$  kips cumple

Resistencia de cordón de soldadura

$\varphi R_n = 5.90625$  kips

## CONEXIÓN CX-9

### DATOS DE ENTRADA

PLACA DE MOMENTO		PLACA DE CORTANTE	
Ancho de la placa	3 in	Ancho de la placa	2 in
Largo de la placa	4 in	Largo de la placa	2.5 in
Espesor de la placa	0.25 in	Espesor de la placa	0.1875 in
Fy de la placa	36 ksi	Fy de la placa	36 ksi
Fu de la placa	58 ksi	Hilera de tornillos	1
Hilera de tornillos	2	tornillos por hilera	2
Tornillos por hilera	3	No. Tornillos	2
No. Tornillos	6	Diámetro de trnillos	0.375 in
Diámetro de trnillos	0.375 in	Fy de tornillos	36 ksi
Fy de tornillos	36 ksi	Fuerza cortante total	kips
Fuerza axial total	14.7 kips	Espesor de soldadura	0.1875 in
Espesor de soldadura	0.1875 in	Resistencia soldadura	70 ksi
Resistencia soldadura	70 ksi	lc	0.502 in
lc	0.9311 in		

### REVISIÓN DE PLACAS Y TORNILLOS

REVISIÓN DE PLACA DE MOMENTO	REVISIÓN DE PLACA DE CORTANTE
Resistencia a la fluencia	Resistencia al corte
$\varphi P_n = 24.3$ kips cumple	$\varphi P_n = 10.7578125$ kips cumple
Resistencia a la ruptura	Resistencia al aplastamiento
$\varphi P_n = 24.46875$ kips cumple	$\varphi R_n = 6.0993$ kips cumple
Resistencia al corte	Resistencia al corte de tornillos
$\varphi P_n = 15.1875$ kips cumple	$\varphi R_n = 5.964117303$ kips cumple
Resistencia al aplastamiento	Resistencia de cordón de soldadura
$\varphi R_n = 45.25146$ kips cumple	$\varphi R_n = 5.90625$ kips
Resistencia al corte de tornillos	

$\varphi R_n = 17.89235191$  kips cumple

Resistencia de cordón de soldadura

$\varphi R_n = 5.90625$  kips

## CONEXIÓN CX-10

### DATOS DE ENTRADA

#### PLACA DE CORTANTE

Ancho de la placa	2 in
Largo de la placa	3 in
Espesor de la placa	0.1875 in
Fy de la placa	36 ksi
Hilera de tornillos	1
tornillos por hilera	2
No. Tornillos	2
Diámetro de trnillos	0.3125 in
Fy de tornillos	36 ksi
Fuerza cortante total	kips
Espesor de soldadura	0.1875 in
Resistencia soldadura	70 ksi
lc	0.4112 in

#### REVISIÓN DE PLACA DE CORTANTE

Resistencia al corte		
$\varphi P_n =$	13.60546875 kips	cumple
Resistencia al aplastamiento		
$\varphi R_n =$	4.99608 kips	cumple
Resistencia al corte de tornillos		
$\varphi R_n =$	4.141748127 kips	cumple
Resistencia de cordón de soldadura		
$\varphi R_n =$	5.90625 kips	

## CONEXIÓN CX-11

### DATOS DE ENTRADA

#### PLACA DE CORTANTE

Ancho de la placa	2 in
Largo de la placa	2.75 in
Espesor de la placa	0.1875 in
Fy de la placa	36 ksi
Hilera de tornillos	1
tornillos por hilera	2
No. Tornillos	2
Diámetro de trnillos	0.3125 in
Fy de tornillos	36 ksi
Fuerza cortante total	kips
Espesor de soldadura	0.1875 in
Resistencia soldadura	70 ksi
lc	0.4112 in

#### REVISIÓN DE PLACA DE CORTANTE

Resistencia al corte		
$\varphi P_n$ =	12.33984375 kips	cumple
Resistencia al aplastamiento		
$\varphi R_n$ =	4.99608 kips	cumple
Resistencia al corte de tornillos		
$\varphi R_n$ =	4.141748127 kips	cumple
Resistencia de cordón de soldadura		
$\varphi R_n$ =	5.90625 kips	

## CONEXIÓN CX-12

### DATOS DE ENTRADA

PLACA DE MOMENTO		PLACA DE CORTANTE	
Ancho de la placa	3 in	Ancho de la placa	2 in
Largo de la placa	3.66 in	Largo de la placa	3 in
Espesor de la placa	0.375 in	Espesor de la placa	0.125 in
Fy de la placa	36 ksi	Fy de la placa	36 ksi
Fu de la placa	58 ksi	Hilera de tornillos	1
Hilera de tornillos	3	tornillos por hilera	2
Tornillos por hilera	3	No. Tornillos	2
No. Tornillos	9	Diámetro de trnillos	0.3125 in
Diámetro de trnillos	0.375 in	Fy de tornillos	36 ksi
Fy de tornillos	36 ksi	Fuerza cortante total	kips
Fuerza axial total	kips	Espesor de soldadura	0.125 in
Espesor de soldadura	0.1875 in	Resistencia soldadura	70 ksi
Resistencia soldadura	70 ksi	lc	0.4546 in
lc	0.3406 in		

### REVISIÓN DE PLACAS Y TORNILLOS

REVISIÓN DE PLACA DE MOMENTO	REVISIÓN DE PLACA DE CORTANTE
Resistencia a la fluencia $\varphi P_n = 36.45$ kips cumple	Resistencia al corte $\varphi P_n = 9.0703125$ kips cumple
Resistencia a la ruptura $\varphi P_n = 30.5859375$ kips cumple	Resistencia al aplastamiento $\varphi R_n = 3.68226$ kips cumple
Resistencia al corte $\varphi P_n = 18.984375$ kips cumple	Resistencia al corte de tornillos $\varphi R_n = 4.141748127$ kips cumple
Resistencia al aplastamiento $\varphi R_n = 37.24461$ kips cumple	Resistencia de cordón de soldadura $\varphi R_n = 3.9375$ kips
Resistencia al corte de tornillos $\varphi R_n = 26.83852786$ kips cumple	
Resistencia de cordón de soldadura $\varphi R_n = 5.90625$ kips	

## CONEXIÓN CX-13

### DATOS DE ENTRADA

PLACA DE MOMENTO		PLACA DE CORTANTE	
Ancho de la placa	3 in	Ancho de la placa	2 in
Largo de la placa	5.41 in	Largo de la placa	3 in
Espesor de la placa	0.375 in	Espesor de la placa	0.125 in
Fy de la placa	36 ksi	Fy de la placa	36 ksi
Fu de la placa	58 ksi	Hilera de tornillos	1
Hilera de tornillos	3	tornillos por hilera	2
Tornillos por hilera	3	No. Tornillos	2
No. Tornillos	9	Diámetro de trnillos	0.3125 in
Diámetro de trnillos	0.375 in	Fy de tornillos	36 ksi
Fy de tornillos	36 ksi	Fuerza cortante total	kips
Fuerza axial total	kips	Espesor de soldadura	0.125 in
Espesor de soldadura	0.1875 in	Resistencia soldadura	70 ksi
Resistencia soldadura	70 ksi	lc	0.4545 in
lc	0.3406 in		

### REVISIÓN DE PLACAS Y TORNILLOS

REVISIÓN DE PLACA DE MOMENTO			REVISIÓN DE PLACA DE CORTANTE		
Resistencia a la fluencia			Resistencia al corte		
$\varphi P_n =$	36.45 kips	cumple	$\varphi P_n =$	9.0703125 kips	cumple
Resistencia a la ruptura			Resistencia al aplastamiento		
$\varphi P_n =$	30.5859375 kips	cumple	$\varphi R_n =$	3.68145 kips	cumple
Resistencia al corte			Resistencia al corte de tornillos		
$\varphi P_n =$	18.984375 kips	cumple	$\varphi R_n =$	4.141748127 kips	cumple
Resistencia al aplastamiento			Resistencia de cordón de soldadura		
$\varphi R_n =$	37.24461 kips	cumple	$\varphi R_n =$	3.9375 kips	
Resistencia al corte de tornillos					
$\varphi R_n =$	26.83852786 kips	cumple			
Resistencia de cordón de soldadura					
$\varphi R_n =$	5.90625 kips				

## CONEXIÓN CX-14

### DATOS DE ENTRADA

PLACA DE MOMENTO		PLACA DE CORTANTE	
Ancho de la placa	3 in	Ancho de la placa	2 in
Largo de la placa	5.41 in	Largo de la placa	3 in
Espesor de la placa	0.375 in	Espesor de la placa	0.125 in
Fy de la placa	36 ksi	Fy de la placa	36 ksi
Fu de la placa	58 ksi	Hilera de tornillos	1
Hilera de tornillos	3	tornillos por hilera	2
Tornillos por hilera	3	No. Tornillos	2
No. Tornillos	9	Diámetro de trnillos	0.3125 in
Diámetro de trnillos	0.375 in	Fy de tornillos	36 ksi
Fy de tornillos	36 ksi	Fuerza cortante total	kips
Fuerza axial total	kips	Espesor de soldadura	0.125 in
Espesor de soldadura	0.1875 in	Resistencia soldadura	70 ksi
Resistencia soldadura	70 ksi	lc	0.4545 in
lc	0.3406 in		

### REVISIÓN DE PLACAS Y TORNILLOS

REVISIÓN DE PLACA DE MOMENTO			REVISIÓN DE PLACA DE CORTANTE		
Resistencia a la fluencia			Resistencia al corte		
$\varphi P_n =$	36.45 kips	cumple	$\varphi P_n =$	9.0703125 kips	cumple
Resistencia a la ruptura			Resistencia al aplastamiento		
$\varphi P_n =$	30.5859375 kips	cumple	$\varphi R_n =$	3.68145 kips	cumple
Resistencia al corte			Resistencia al corte de tornillos		
$\varphi P_n =$	18.984375 kips	cumple	$\varphi R_n =$	4.141748127 kips	cumple
Resistencia al aplastamiento			Resistencia de cordón de soldadura		
$\varphi R_n =$	37.24461 kips	cumple	$\varphi R_n =$	3.9375 kips	
Resistencia al corte de tornillos					
$\varphi R_n =$	26.83852786 kips	cumple			
Resistencia de cordón de soldadura					
$\varphi R_n =$	5.90625 kips				

## CONEXIÓN CX-15

### DATOS DE ENTRADA

PLACA DE MOMENTO		PLACA DE CORTANTE	
Ancho de la placa	3 in	Ancho de la placa	2 in
Largo de la placa	3.66 in	Largo de la placa	3 in
Espesor de la placa	0.375 in	Espesor de la placa	0.125 in
Fy de la placa	36 ksi	Fy de la placa	36 ksi
Fu de la placa	58 ksi	Hilera de tornillos	1
Hilera de tornillos	3	tornillos por hilera	2
Tornillos por hilera	3	No. Tornillos	2
No. Tornillos	9	Diámetro de trnillos	0.3125 in
Diámetro de trnillos	0.375 in	Fy de tornillos	36 ksi
Fy de tornillos	36 ksi	Fuerza cortante total	kips
Fuerza axial total	kips	Espesor de soldadura	0.125 in
Espesor de soldadura	0.1875 in	Resistencia soldadura	70 ksi
Resistencia soldadura	70 ksi	lc	0.4546 in
lc	0.3406 in		

### REVISIÓN DE PLACAS Y TORNILLOS

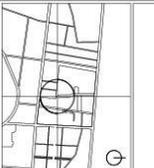
REVISIÓN DE PLACA DE MOMENTO			REVISIÓN DE PLACA DE CORTANTE		
Resistencia a la fluencia			Resistencia al corte		
$\varphi P_n =$	36.45 kips	cumple	$\varphi P_n =$	9.0703125 kips	cumple
Resistencia a la ruptura			Resistencia al aplastamiento		
$\varphi P_n =$	30.5859375 kips	cumple	$\varphi R_n =$	3.68226 kips	cumple
Resistencia al corte			Resistencia al corte de tornillos		
$\varphi P_n =$	18.984375 kips	cumple	$\varphi R_n =$	4.141748127 kips	cumple
Resistencia al aplastamiento			Resistencia de cordón de soldadura		
$\varphi R_n =$	37.24461 kips	cumple	$\varphi R_n =$	3.9375 kips	
Resistencia al corte de tornillos					
$\varphi R_n =$	26.83852786 kips	cumple			
Resistencia de cordón de soldadura					
$\varphi R_n =$	5.90625 kips				

**8.2. Planos de estructura y conexiones de la “Casa solar experimental”.**



Observaciones

Plano Estructurales



NOTAS
1- Verificar...
2- Verificar...
3- Verificar...

Fecha: 1/E-00

Escala: 1:100

Autores: [Names]

ESPECIFICACIONES GENERALES DE CONSTRUCCION

GENERAL

- 1.- LOS MATERIALES Y ACCESORIOS INDICADOS EN LOS DETALLES ESTRUCTURALES DE LOS PLANOS...
2.- TODOS LOS MATERIALES Y ESPECIFICACIONES DE MATERIALES DEBERAN DE ESTAR DE ACUERDO A...

CRITERIO POR CANTIDAD

Table with 2 columns: Elemento and Cantidad. Rows include Cemento, Arena, Grava, etc.

CRITERIO POR VOLUMEN

Table with 2 columns: Elemento and Volumen. Rows include Cemento, Arena, Grava, etc.

CRITERIO POR PESO

Table with 2 columns: Elemento and Peso. Rows include Cemento, Arena, Grava, etc.

ACERO DE REFUERZO

- 1.- EL ACERO DE REFUERZO, TENDRA LAS SIGUIENTES ESPECIFICACIONES...
2.- TRABAJOS Y ANCLAJES (A MENOS QUE SE INDIQUE EN PLANOS)

ANCLAJES Y TRABAJOS DE VALLAS

Table with 2 columns: Tipo de Anclaje and Longitud. Rows include 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9.

ESTRUCTURA METALICA

- 1.- LAS ESTRUCTURAS METALICAS DEBERAN SER...
2.- LAS ESTRUCTURAS METALICAS DEBERAN SER...

SOLDADURAS

- 1.- PREPARACIONES DEL METAL BASE...
2.- SOLDADURAS DE PENETRACION COMPLETA...

DETALLES ESTRUCTURALES

- 1.- EN LOS PUNOS DONDE NO SE MUESTREN DETALLES CONSTRUCTIVOS SE DEBERA ADOPTAR...
2.- EN LOS PUNOS DONDE NO SE MUESTREN DETALLES CONSTRUCTIVOS SE DEBERA ADOPTAR...

CRITERIO POR CANTIDAD

Table with 2 columns: Elemento and Cantidad. Rows include Cemento, Arena, Grava, etc.

CRITERIO POR VOLUMEN

Table with 2 columns: Elemento and Volumen. Rows include Cemento, Arena, Grava, etc.

CRITERIO POR PESO

Table with 2 columns: Elemento and Peso. Rows include Cemento, Arena, Grava, etc.

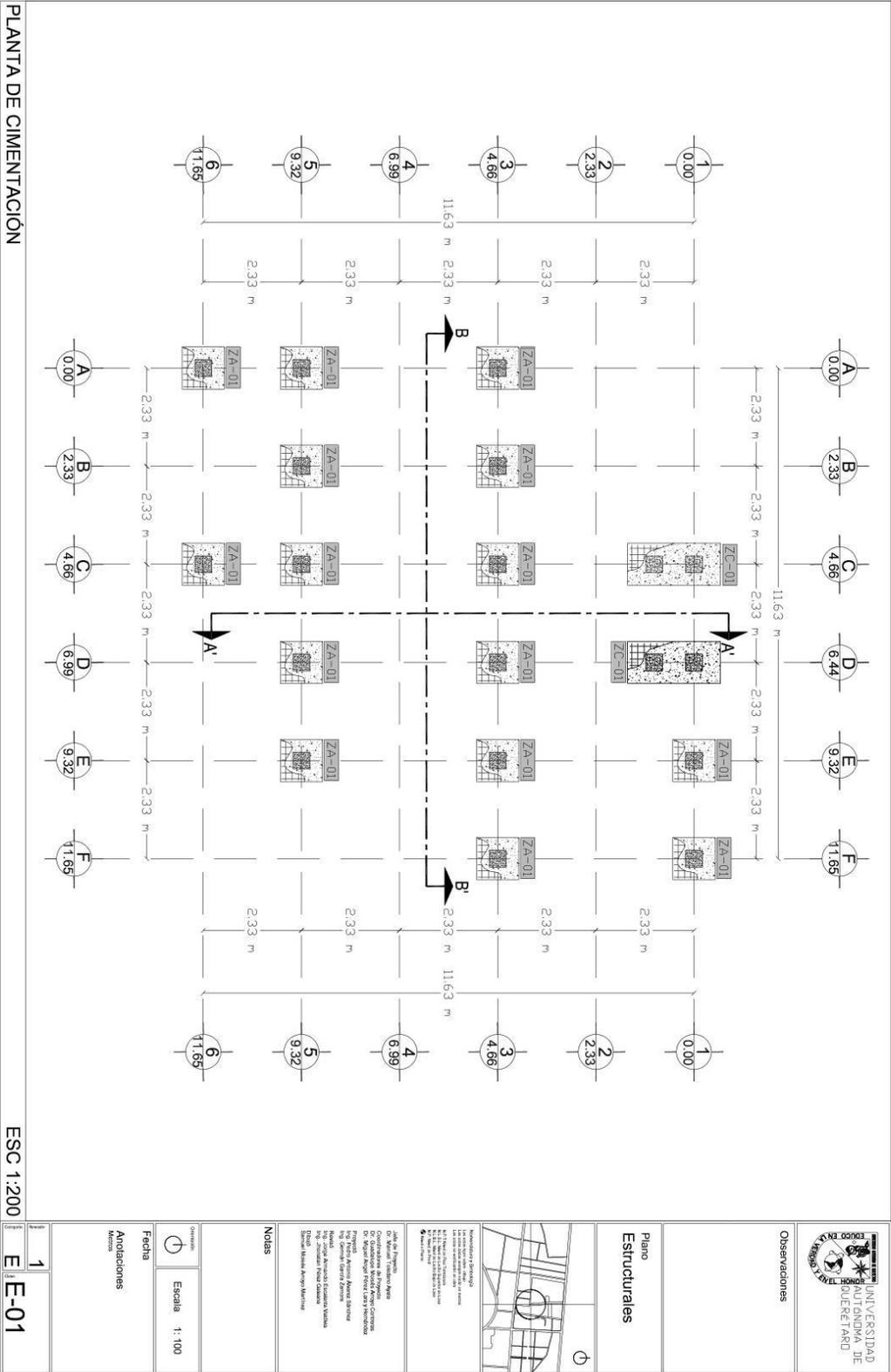
ESPECIFICACIONES GENERALES

GENERAL

- 1.- LOS MATERIALES Y ACCESORIOS INDICADOS EN LOS DETALLES ESTRUCTURALES DE LOS PLANOS...
2.- TODOS LOS MATERIALES Y ESPECIFICACIONES DE MATERIALES DEBERAN DE ESTAR DE ACUERDO A...

ESC/S/E

1/E-00



PLANTA DE CIMENTACIÓN

ESC 1:200



Observaciones

Plano Estructurales

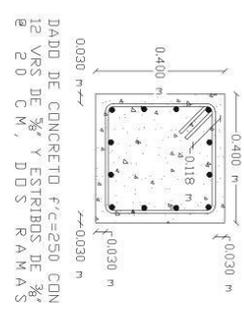
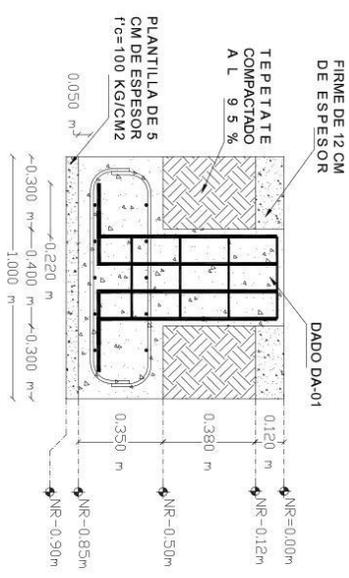
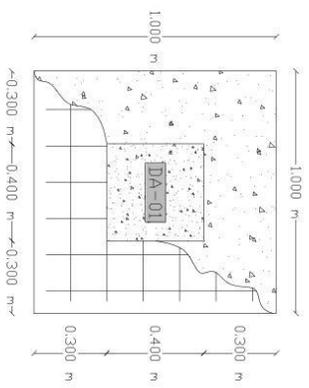


Instituto de Ingeniería y Tecnología  
 Facultad de Ingeniería y Arquitectura  
 Ingeniería de Estructuras  
 Carrera de Ingeniería de Estructuras  
 Querétaro, Querétaro, México  
 2018

**Notas**  
 1. Verificar el tipo de suelo en el sitio.  
 2. Verificar el tipo de cimentación que se requiere.  
 3. Verificar el tipo de columna que se requiere.  
 4. Verificar el tipo de viga que se requiere.  
 5. Verificar el tipo de losa que se requiere.  
 6. Verificar el tipo de muro que se requiere.  
 7. Verificar el tipo de escalera que se requiere.  
 8. Verificar el tipo de rampa que se requiere.  
 9. Verificar el tipo de ascensor que se requiere.  
 10. Verificar el tipo de elevador que se requiere.

Fecha: 11/08/2018  
 Escala: 1:100  
 Anotaciones:  
 Modificaciones:  
 1 E-01

1 E-01

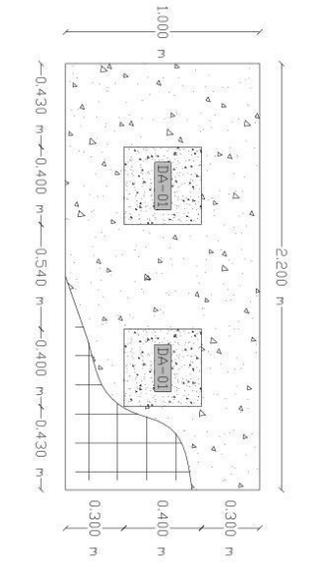
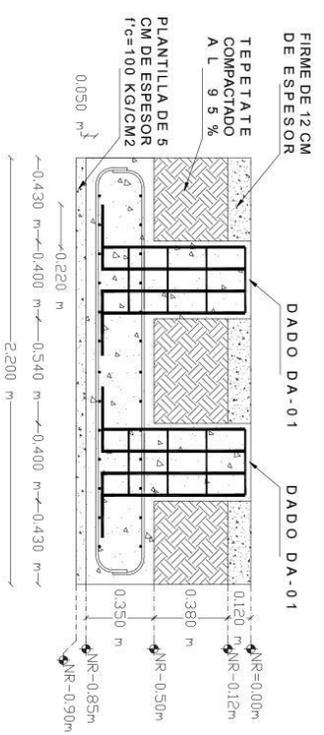


ZA-01 ZAPATA AISLADA DE 35 CM DE ESPESOR A BASE DE CONCRETO  $f'c=250\text{KG/CM}^2$ , REFORZADA CON VRS  $\phi 3/8 @ 15 \text{ CM}$  AMBOS SENTIDOS, DOBLE PARRILLA

ZA-01

ESC 1:40 DA-01

ESC 1:30



ZC-01 ZAPATA COMBINADA DE 35 CM DE ESPESOR A BASE DE CONCRETO  $f'c=250\text{KG/CM}^2$ , REFORZADA CON VRS  $\phi 3/8 @ 15 \text{ CM}$  AMBOS SENTIDOS, DOBLE PARRILLA

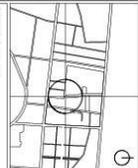
ZC-01

ESC 1:50



Observaciones

Plano Estructurales



Nota de Proyecto:  
 1) Material: Fierro y concreto.  
 2) Condiciones de carga: Cargas muertas y vivas.  
 3) Propiedades: Ver especificaciones de los materiales.  
 4) Dimensiones: Ver especificaciones de los materiales.  
 5) Referencias: Ver especificaciones de los materiales.  
 6) Notas: Ver especificaciones de los materiales.

Notas

Fecha Escala

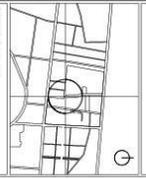
Modificaciones

1	E-02
---	------



Observaciones

Plano  
Estructurales



Sección de la estructura para el análisis de momentos y fuerzas de corte. Se muestra la distribución de las cargas y la ubicación de las columnas y vigas.

**Notas**

1.- Verificar los datos de campo.  
 2.- Considerar el tipo de suelo y la capacidad de carga.  
 3.- Verificar la resistencia de los materiales.  
 4.- Verificar la estabilidad de la estructura.  
 5.- Verificar la resistencia de las columnas y vigas.  
 6.- Verificar la resistencia de los muros y techos.  
 7.- Verificar la resistencia de los pisos y techos.  
 8.- Verificar la resistencia de los techos y muros.

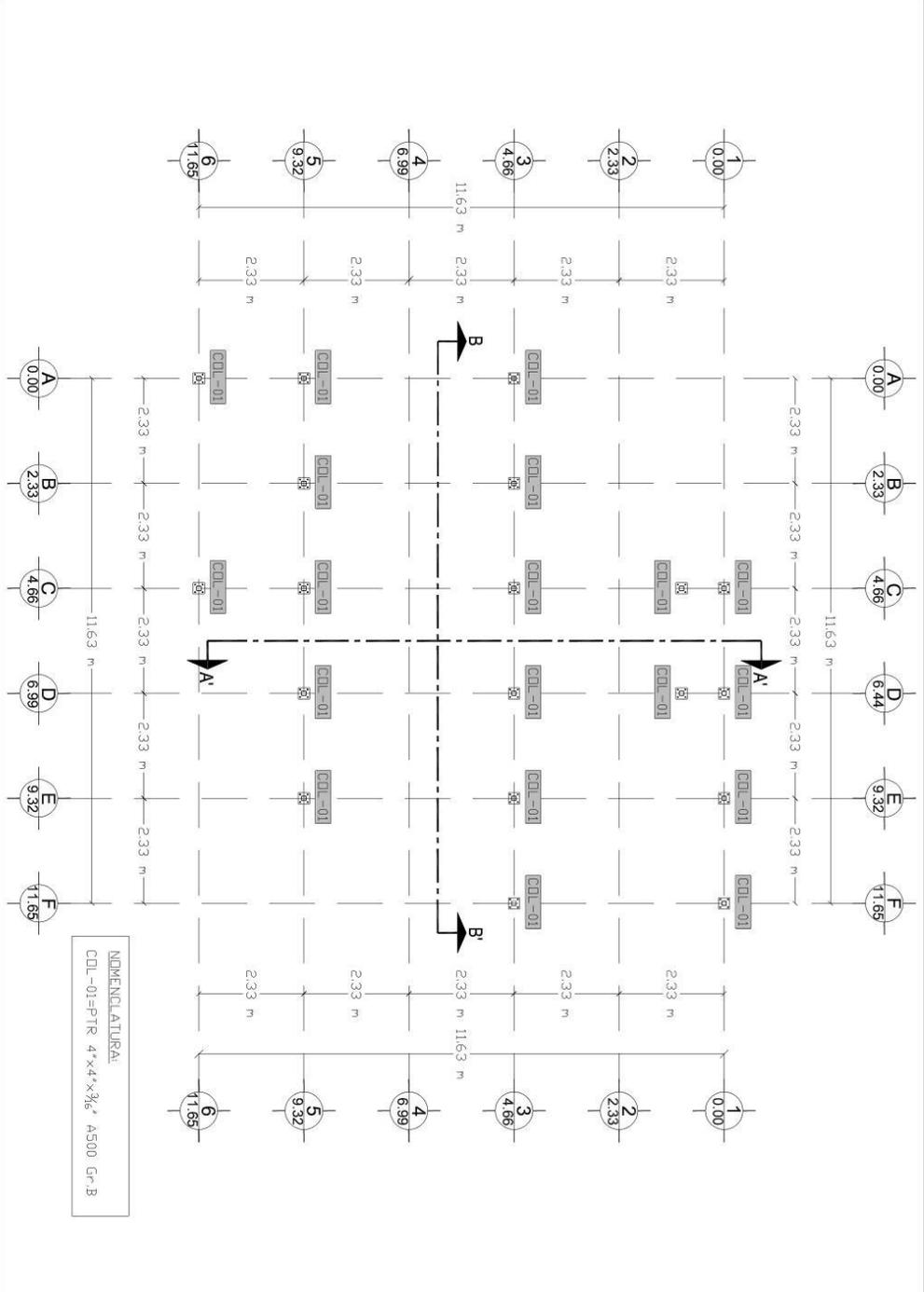
**Fecha**  
 10/05/2018

**Escala**  
 1:100

**Anteojos**  
 Micos

**1**

**E-E-03**

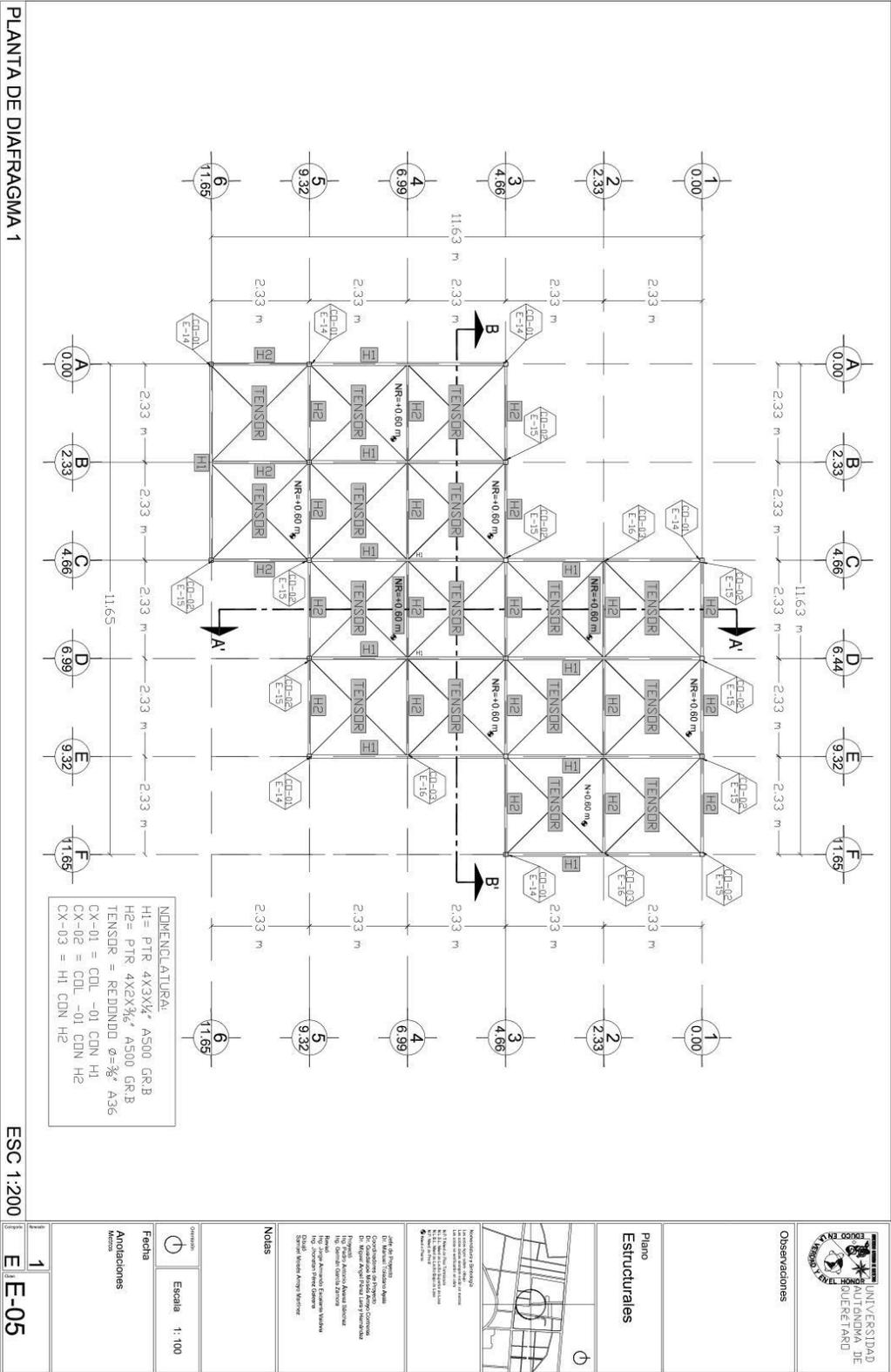


**NOMENCLATURA**  
 COL-01=PTR 4"x4"x3/8" A500 Gr.B

DESPLANTE DE COLUMNAS

ESC 1:200

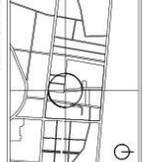






Observaciones

Plano Estructurales



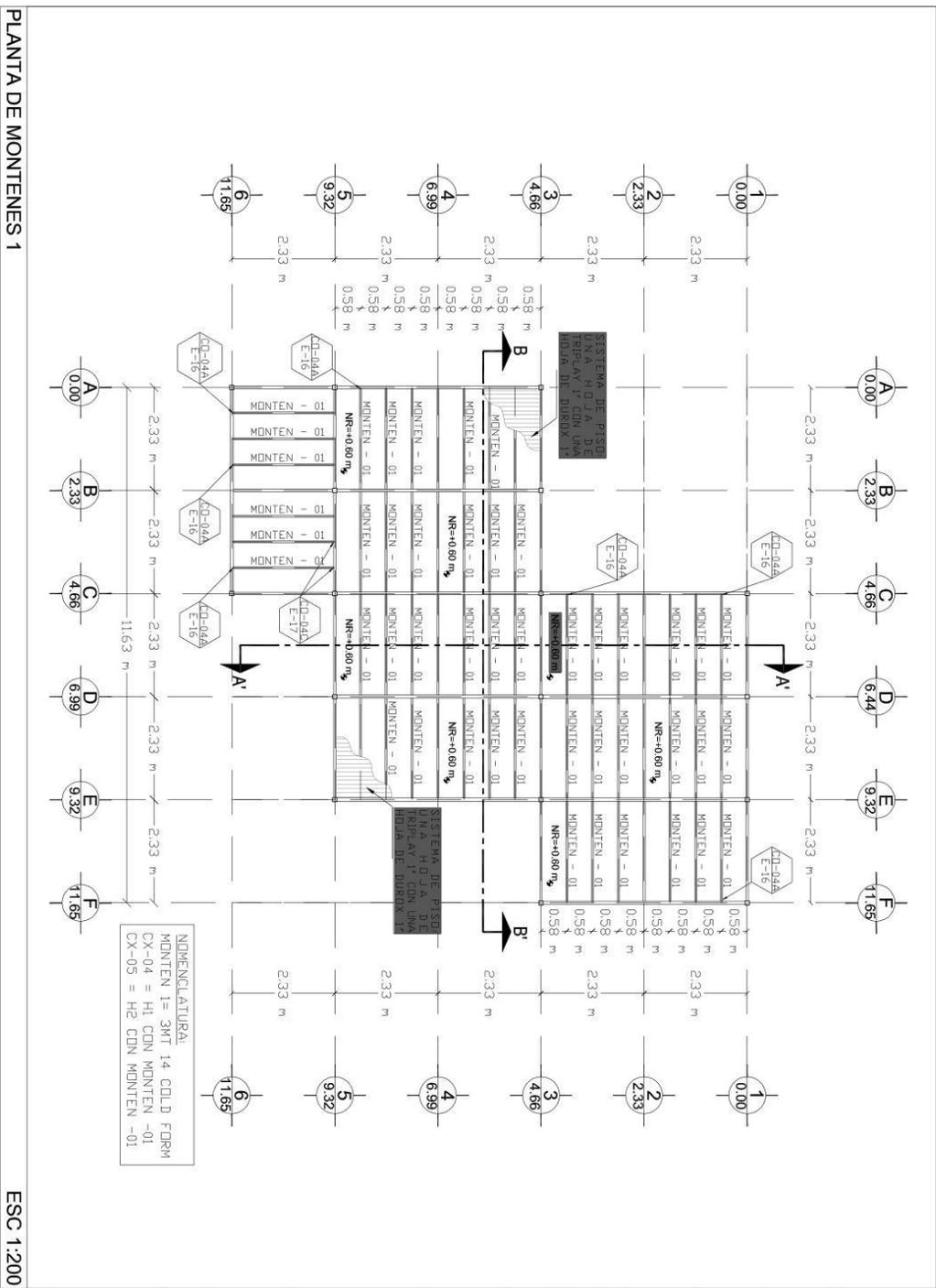
1. Se debe considerar el efecto de las cargas de viento.  
 2. Se debe considerar el efecto de las cargas de temperatura.  
 3. Se debe considerar el efecto de las cargas de impacto.  
 4. Se debe considerar el efecto de las cargas de explosión.  
 5. Se debe considerar el efecto de las cargas de explosión nuclear.  
 6. Se debe considerar el efecto de las cargas de explosión química.  
 7. Se debe considerar el efecto de las cargas de explosión biológica.  
 8. Se debe considerar el efecto de las cargas de explosión radiológica.  
 9. Se debe considerar el efecto de las cargas de explosión atómica.  
 10. Se debe considerar el efecto de las cargas de explosión de origen desconocido.

Nota: Se debe considerar el efecto de las cargas de explosión nuclear.  
 Nota: Se debe considerar el efecto de las cargas de explosión química.  
 Nota: Se debe considerar el efecto de las cargas de explosión biológica.  
 Nota: Se debe considerar el efecto de las cargas de explosión radiológica.  
 Nota: Se debe considerar el efecto de las cargas de explosión atómica.  
 Nota: Se debe considerar el efecto de las cargas de explosión de origen desconocido.

Nota: Se debe considerar el efecto de las cargas de explosión nuclear.  
 Nota: Se debe considerar el efecto de las cargas de explosión química.  
 Nota: Se debe considerar el efecto de las cargas de explosión biológica.  
 Nota: Se debe considerar el efecto de las cargas de explosión radiológica.  
 Nota: Se debe considerar el efecto de las cargas de explosión atómica.  
 Nota: Se debe considerar el efecto de las cargas de explosión de origen desconocido.

Nota: Se debe considerar el efecto de las cargas de explosión nuclear.  
 Nota: Se debe considerar el efecto de las cargas de explosión química.  
 Nota: Se debe considerar el efecto de las cargas de explosión biológica.  
 Nota: Se debe considerar el efecto de las cargas de explosión radiológica.  
 Nota: Se debe considerar el efecto de las cargas de explosión atómica.  
 Nota: Se debe considerar el efecto de las cargas de explosión de origen desconocido.

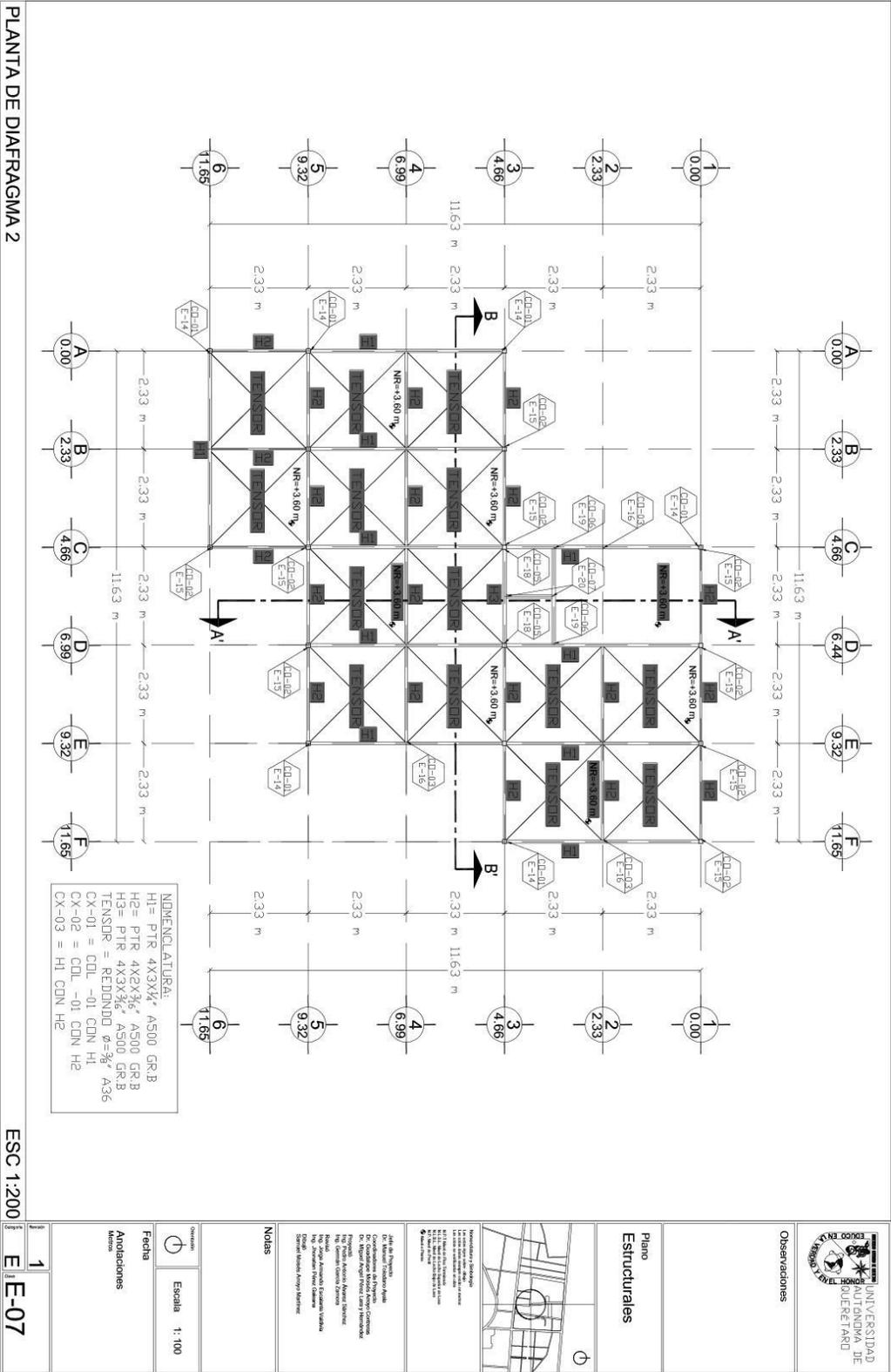
Nota: Se debe considerar el efecto de las cargas de explosión nuclear.  
 Nota: Se debe considerar el efecto de las cargas de explosión química.  
 Nota: Se debe considerar el efecto de las cargas de explosión biológica.  
 Nota: Se debe considerar el efecto de las cargas de explosión radiológica.  
 Nota: Se debe considerar el efecto de las cargas de explosión atómica.  
 Nota: Se debe considerar el efecto de las cargas de explosión de origen desconocido.

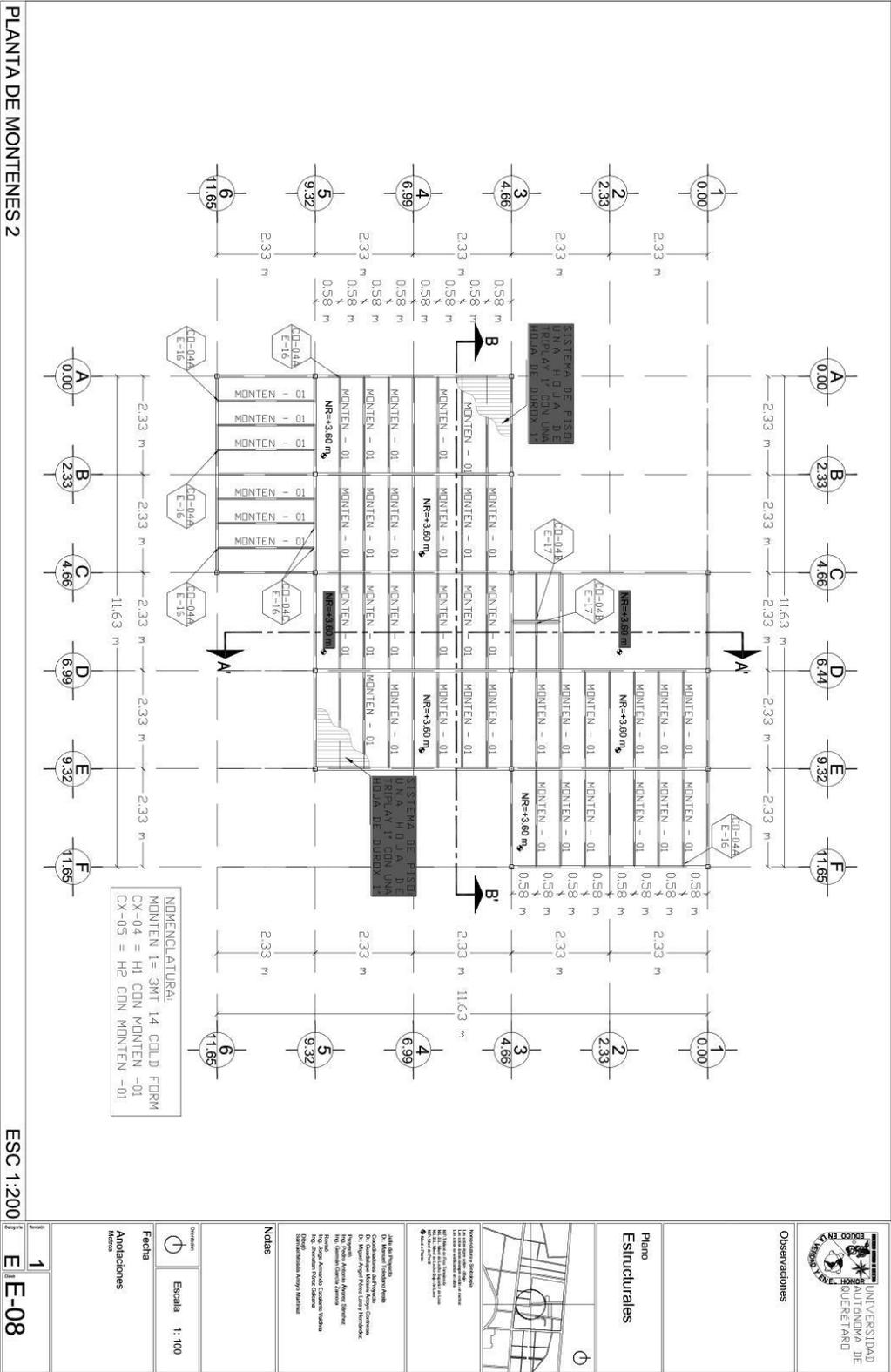


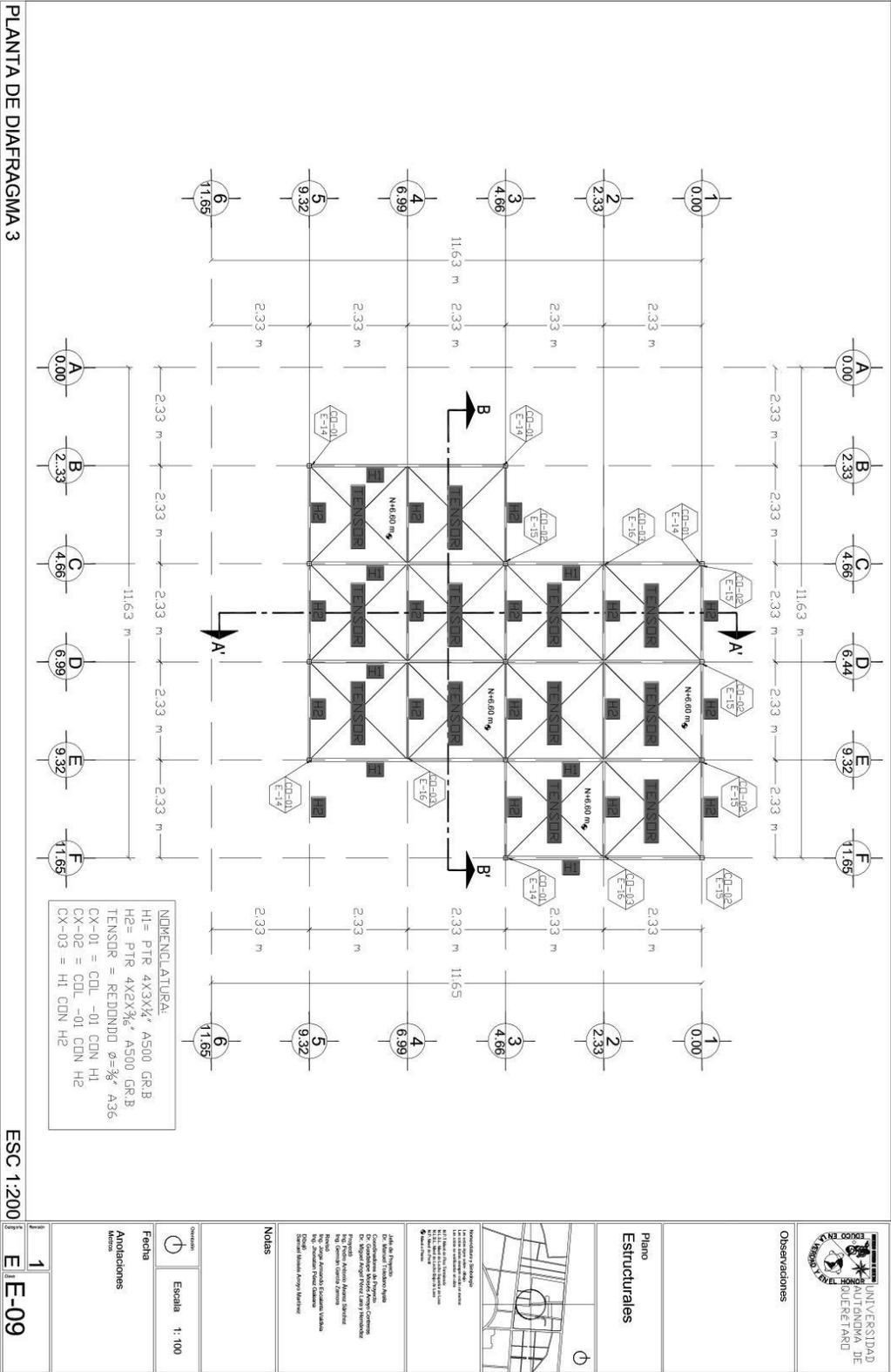
PLANTA DE MONTENES 1

ESC 1:200

1 E-06









UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO

**Observaciones**

**Plano Estructurales**

**Notas**

1. Verificar condiciones de los materiales.

2. Verificar condiciones de los materiales.

3. Verificar condiciones de los materiales.

4. Verificar condiciones de los materiales.

5. Verificar condiciones de los materiales.

6. Verificar condiciones de los materiales.

7. Verificar condiciones de los materiales.

8. Verificar condiciones de los materiales.

9. Verificar condiciones de los materiales.

10. Verificar condiciones de los materiales.

**Fecha**

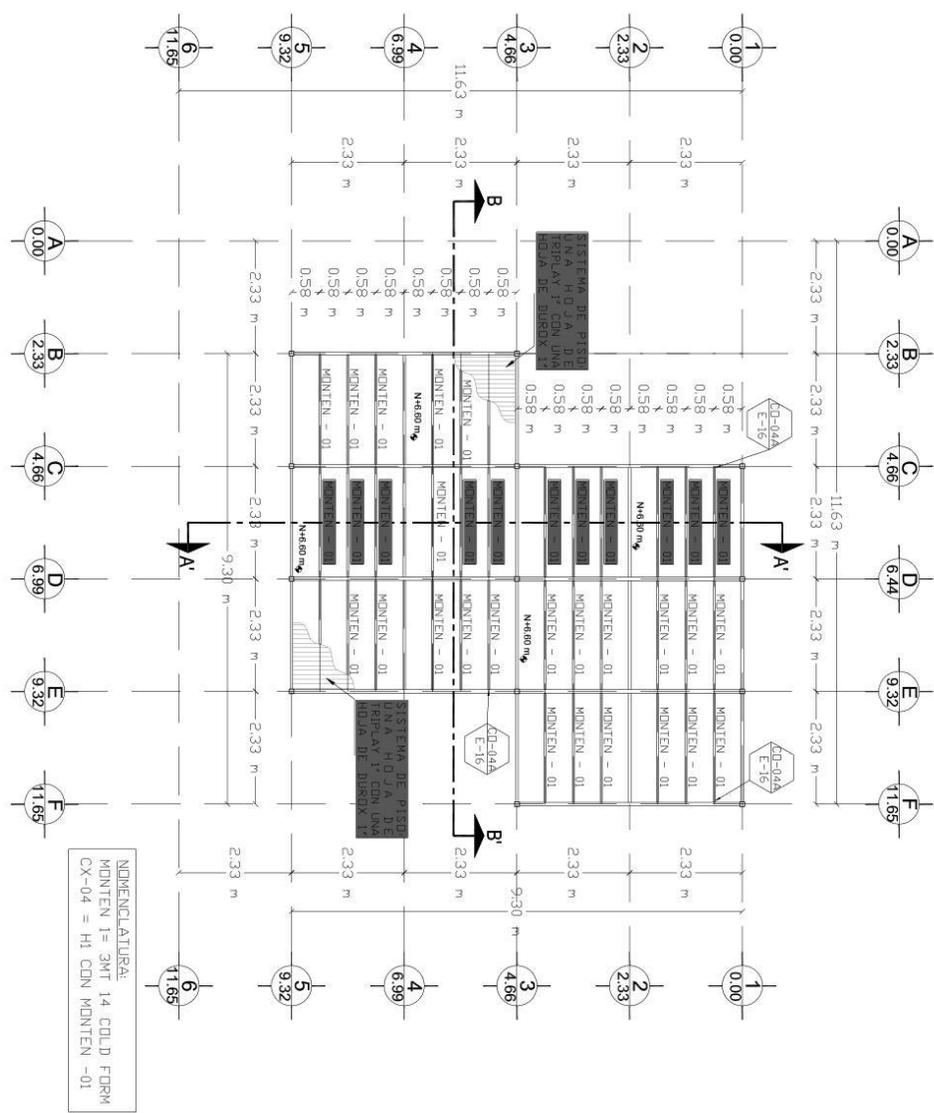
**Escala** 1:100

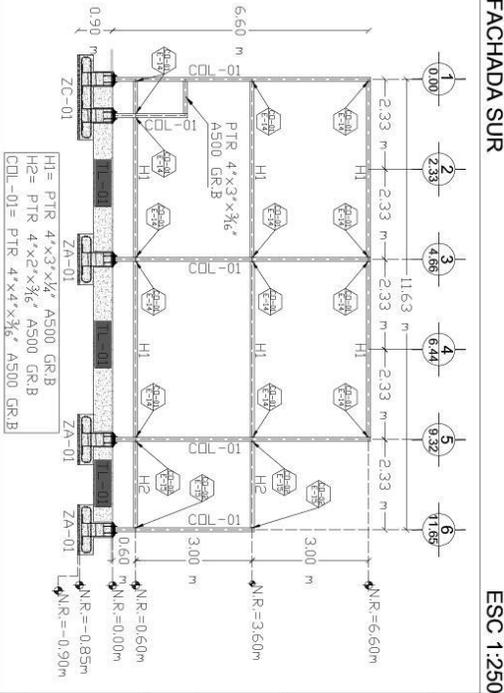
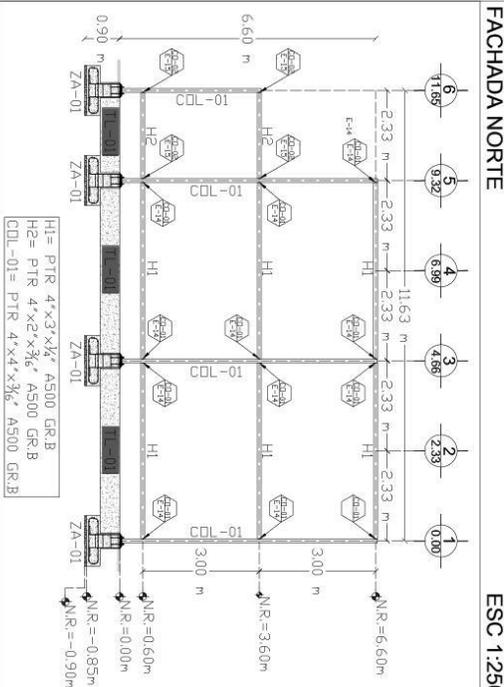
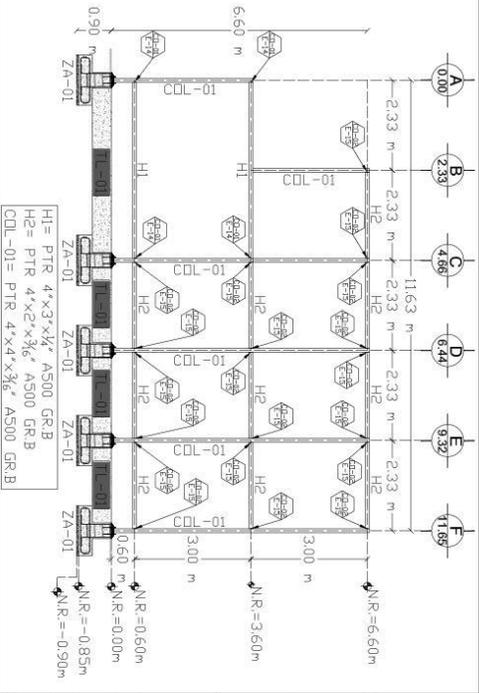
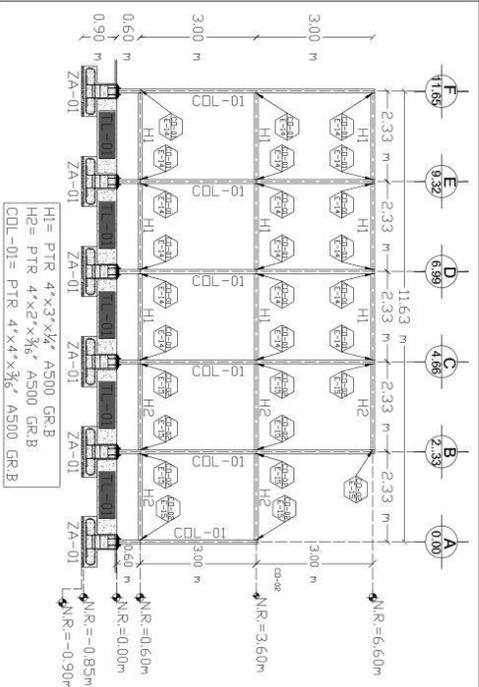
**Andadores**

**Notas**

**1**

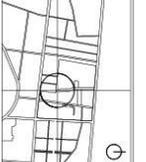
**E-10**





Observaciones

Plano Estructurales



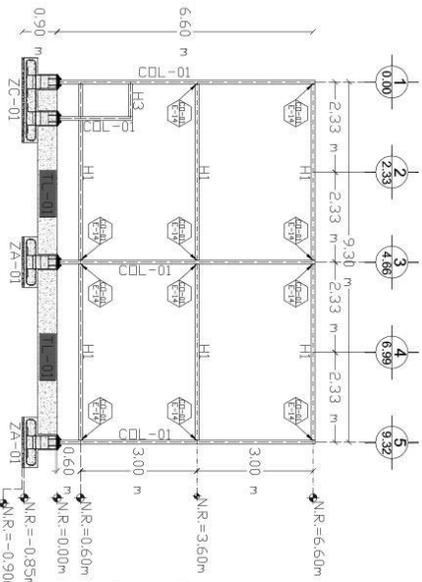
Nota: Este plano muestra la estructura de concreto armado para la fachada norte. Se debe verificar la colocación de la armadura antes de la colocación del concreto.

**Notas**  
 1. Verificar la colocación de la armadura antes de la colocación del concreto.  
 2. El concreto debe ser colocado en capas.  
 3. El concreto debe ser compactado con una paleta.  
 4. El concreto debe ser curado con agua.  
 5. El concreto debe ser protegido del sol y el viento.  
 6. El concreto debe ser protegido de la contaminación.  
 7. El concreto debe ser protegido de la corrosión.  
 8. El concreto debe ser protegido de la oxidación.  
 9. El concreto debe ser protegido de la carbonatación.  
 10. El concreto debe ser protegido de la sulfatación.

**Fecha**  
 Escala 1:100

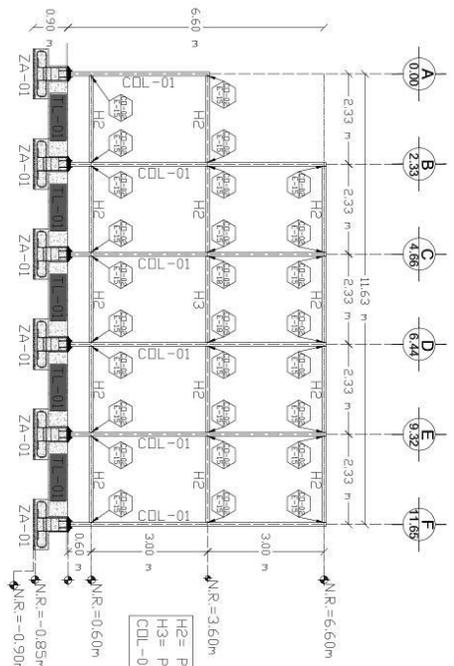
**Modificaciones**  
 1

**1**  
**E-11**



CORTE A-A'

ESC 1:250



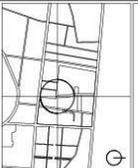
CORTE B-B'

ESC 1:250



Observaciones

Plano Estructurales



1. Se debe considerar el efecto de las cargas de viento.  
 2. Se debe considerar el efecto de las cargas de sismo.  
 3. Se debe considerar el efecto de las cargas de temperatura.  
 4. Se debe considerar el efecto de las cargas de humedad.  
 5. Se debe considerar el efecto de las cargas de contaminación.  
 6. Se debe considerar el efecto de las cargas de ruido.  
 7. Se debe considerar el efecto de las cargas de vibración.  
 8. Se debe considerar el efecto de las cargas de impacto.  
 9. Se debe considerar el efecto de las cargas de explosión.  
 10. Se debe considerar el efecto de las cargas de fuego.

**Notas**  
 1. Se debe considerar el efecto de las cargas de viento.  
 2. Se debe considerar el efecto de las cargas de sismo.  
 3. Se debe considerar el efecto de las cargas de temperatura.  
 4. Se debe considerar el efecto de las cargas de humedad.  
 5. Se debe considerar el efecto de las cargas de contaminación.  
 6. Se debe considerar el efecto de las cargas de ruido.  
 7. Se debe considerar el efecto de las cargas de vibración.  
 8. Se debe considerar el efecto de las cargas de impacto.  
 9. Se debe considerar el efecto de las cargas de explosión.  
 10. Se debe considerar el efecto de las cargas de fuego.

<p>Fecha</p> <p>Avilades</p>	<p>Escala</p> <p>1:100</p>
<p>1</p>	<p>E-12</p>

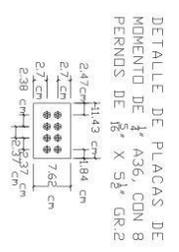
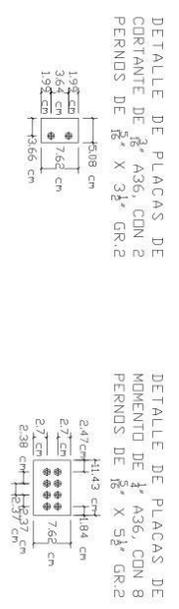
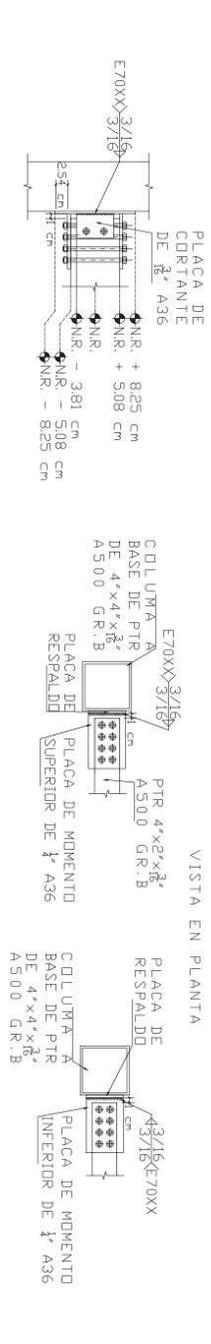
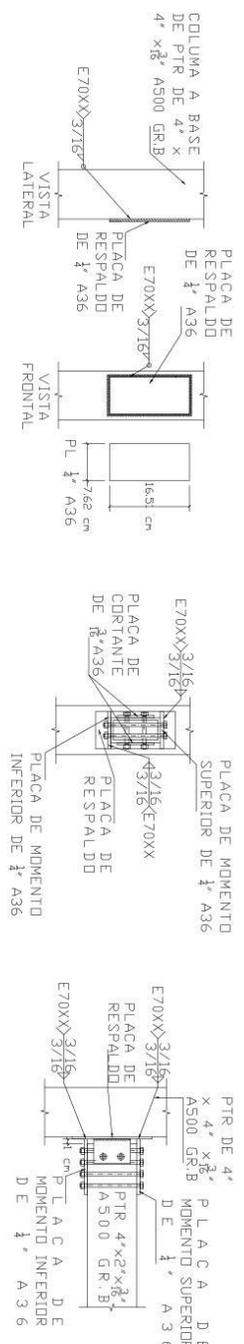








Observaciones



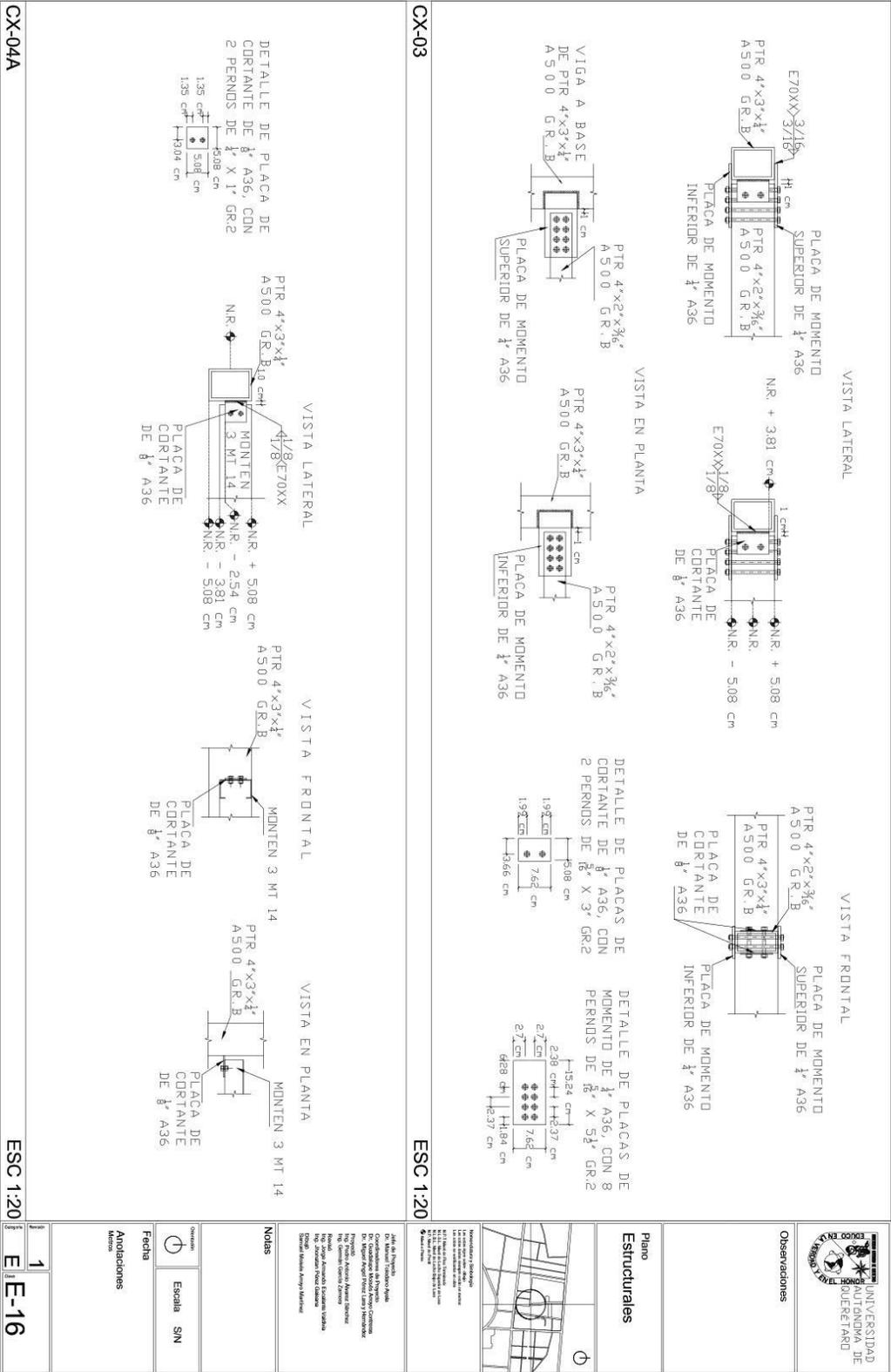
Plano Estructurales

Notas

Fecha: 1 Escala: SN  
 Anotaciones:  
 Modificaciones:

CX-02

ESC 1:20 E-15



CX-03

ESC 1:20

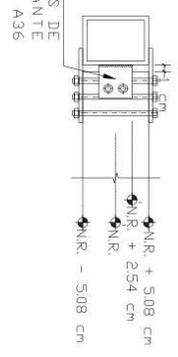
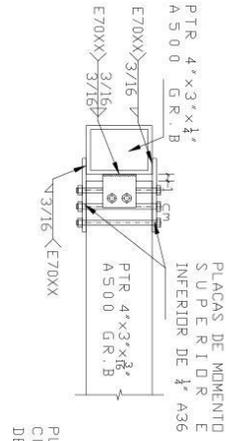




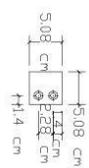


Observaciones

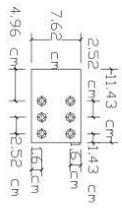
VISTA LATERAL



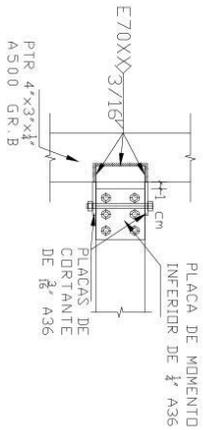
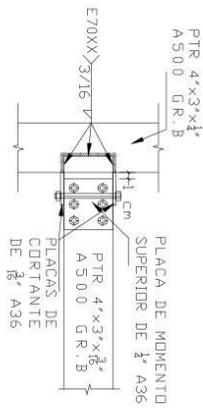
PLACAS DE CORTANTE DE 1/2' A36, CON DOS PERNOS DE 1/2" X 4 1/2" GR. 2



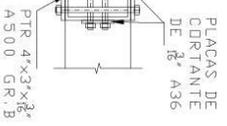
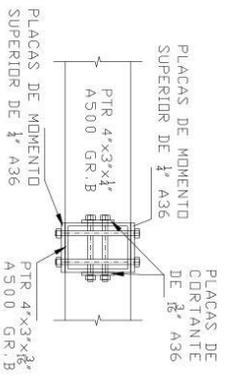
PLACAS DE MOMENTO SUPERIOR E INFERIOR DE 1/4' CON 6 PERNOS DE 1/2" X 5 1/2" GR. 2



VISTA EN PLANTA



VISTA FRONTAL



Nota: Este plano muestra la configuración de la viga con las placas de momento y corte. Se debe verificar la colocación de las placas y la colocación de los pernos en el momento de la ejecución de la obra.

Notas:  
 1. Verificar la colocación de las placas de momento y corte.  
 2. Verificar la colocación de los pernos en el momento de la ejecución de la obra.  
 3. Verificar la colocación de las placas de momento y corte en el momento de la ejecución de la obra.

Fecha:   
 Escala: SN

Modificaciones:  
 Anotaciones:  
 Marcas:

1  
 E-19

CX-06

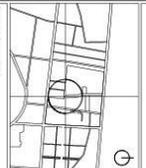
ESC 1:15





Observaciones

Plano Estructurales



1. Sección de la estructura.  
 2. Sección de la estructura.  
 3. Sección de la estructura.  
 4. Sección de la estructura.  
 5. Sección de la estructura.

Nota de Proyecto: Verificar que el diseño de la estructura sea adecuado para las condiciones de servicio y de carga.  
 El diseñador debe verificar que la estructura sea adecuada para las condiciones de servicio y de carga.  
 El diseñador debe verificar que la estructura sea adecuada para las condiciones de servicio y de carga.  
 El diseñador debe verificar que la estructura sea adecuada para las condiciones de servicio y de carga.  
 El diseñador debe verificar que la estructura sea adecuada para las condiciones de servicio y de carga.

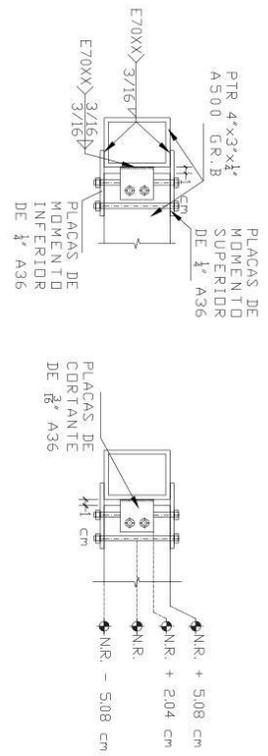
Notas

Escala: SN  
 Fecha:

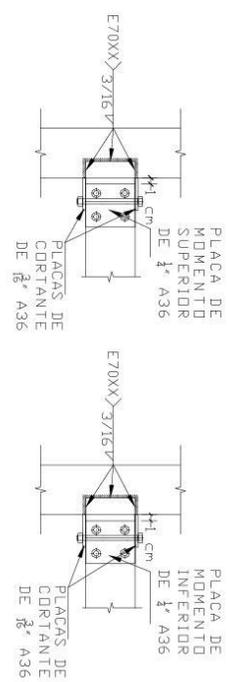
Anotaciones:  
 Modificaciones

Revisión	1
Fecha	E-21

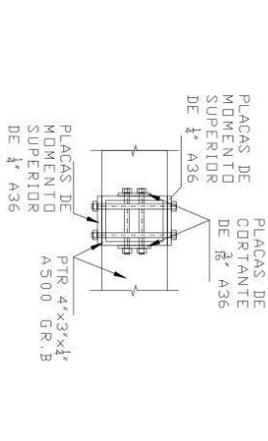
VISTA LATERAL



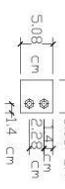
VISTA EN PLANTA



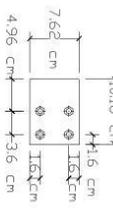
VISTA FRONTAL



DETALLE DE PLACAS DE CORTANTE DE 1/8' A36, CON DOS PERNOS DE 1/2" X 4 1/2" GR. 2



DETALLE DE PLACAS DE MOMENTO DE 1/4' A36, CON 4 PERNOS DE 1/2" X 5 1/2" GR. 2



CX-08

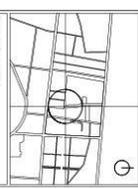
ESC 1:15





Observaciones

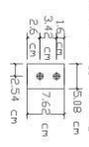
Plano Estructurales



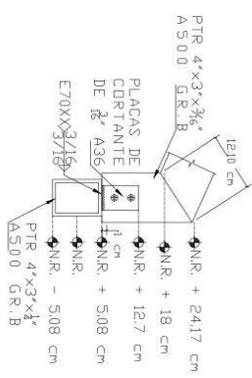
ESC 1:20

CX-10

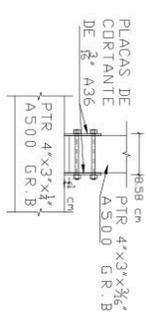
DETALLE DE PLACAS DE  
CORTANTE DE  $\frac{3}{8}$ " A36 CON 2  
PERNOS DE  $\frac{3}{8}$ " X 4" GR. 2



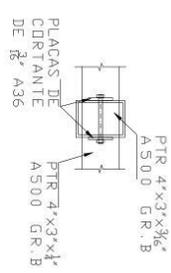
VISTA LATERAL



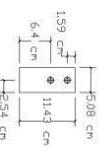
VISTA FRONTAL



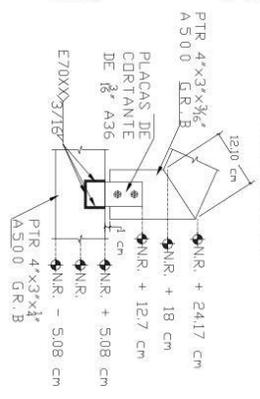
VISTA EN PLANTA



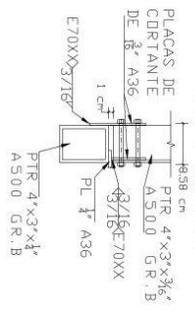
DETALLE DE PLACA EXTERIOR  
DE CORTANTE DE  $\frac{3}{8}$ " A36 CON  
2 PERNOS DE  $\frac{3}{8}$ " X 4" GR. 2



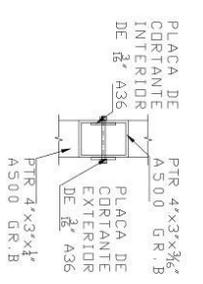
VISTA LATERAL



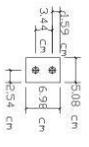
VISTA FRONTAL



VISTA EN PLANTA



DETALLE DE PLACA INTERIOR  
DE CORTANTE DE  $\frac{3}{8}$ " A36 CON  
2 PERNOS DE  $\frac{3}{8}$ " X 4" GR. 2



ESC 1:20

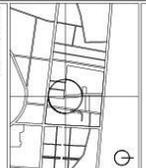
CX-11

<p>Nota de Proyecto</p> <p>1. Este plano muestra el detalle de la conexión de las placas de corte exterior e interior de la ventana.</p> <p>2. Las placas de corte exterior e interior se conectan a la estructura mediante pernos de alta resistencia.</p> <p>3. Se debe verificar que las placas de corte estén correctamente alineadas y sujetadas.</p> <p>4. Se debe verificar que los pernos estén correctamente instalados y apretados.</p> <p>5. Se debe verificar que las placas de corte estén correctamente dimensionadas y fabricadas.</p>	<p>Nota</p> <p>1</p>
<p>Fecha</p> <p>Modificaciones</p> <p>Notas</p>	<p>1</p> <p>E-23</p>



Observaciones

Plano Estructurales



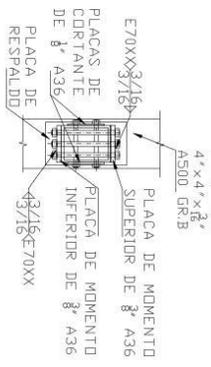
1. Se debe considerar el tipo de suelo.  
 2. Se debe considerar el tipo de cimentación.  
 3. Se debe considerar el tipo de estructura.  
 4. Se debe considerar el tipo de material.  
 5. Se debe considerar el tipo de acabado.  
 6. Se debe considerar el tipo de pintura.  
 7. Se debe considerar el tipo de carpintería.  
 8. Se debe considerar el tipo de iluminación.  
 9. Se debe considerar el tipo de calefacción.  
 10. Se debe considerar el tipo de ventilación.

Nota: Este plano muestra la estructura de la columna y las placas de momento superior e inferior de 8" x 5 1/2" GR. 2. Se debe considerar el tipo de material y el tipo de acabado.

Fecha:   
 Anotaciones:   
 Muecas:

Revisión	1
Escala	E-24

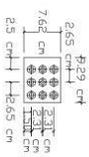
VISTA FRONTAL



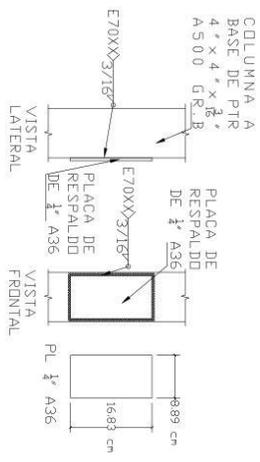
DETALLE DE PLACAS DE CORTANTE DE 8" X 4 1/2" GR. 2



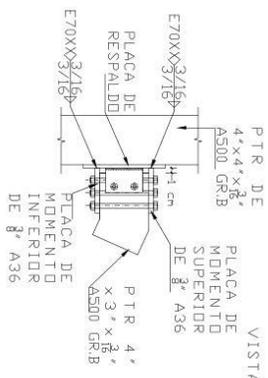
DETALLE DE PLACAS DE MOMENTO DE 8" X 5 1/2" GR. 2



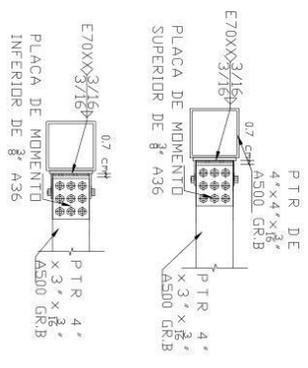
VISTA LATERAL



VISTA LATERAL



VISTA EN PLANTA



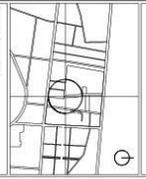
CX-12

ESC 1:20



Observaciones

Plano Estructurales



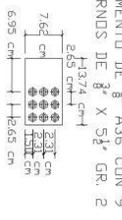
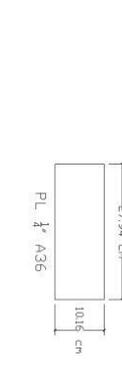
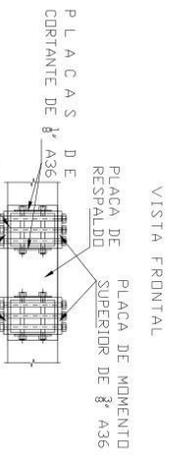
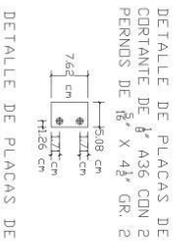
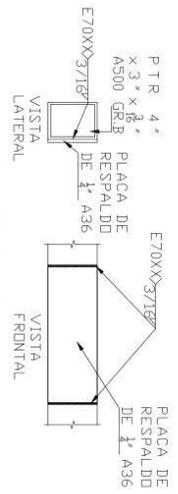
Nota de Proyecto: Este plano muestra la colocación de las placas de momento superior e inferior de 8" A36 y las PTR de 4" x 3" x 3/8" A500 GR.B. Las dimensiones y detalles de las placas y PTR se detallan en las vistas adjuntas.

Notas

Fecha: Escala: SN  
 Anotaciones:  
 Modificaciones:  
 1 E-25

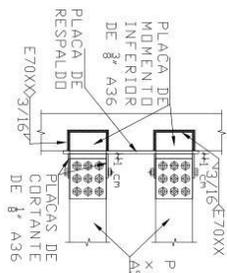
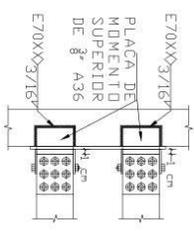
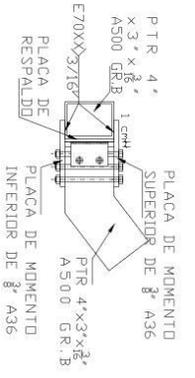
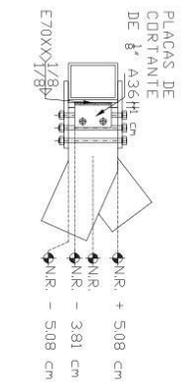
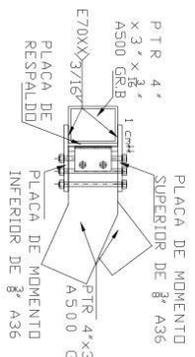
ESC 1:20

CX-13



VISTA 1

VISTA 2



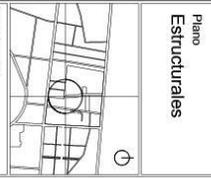




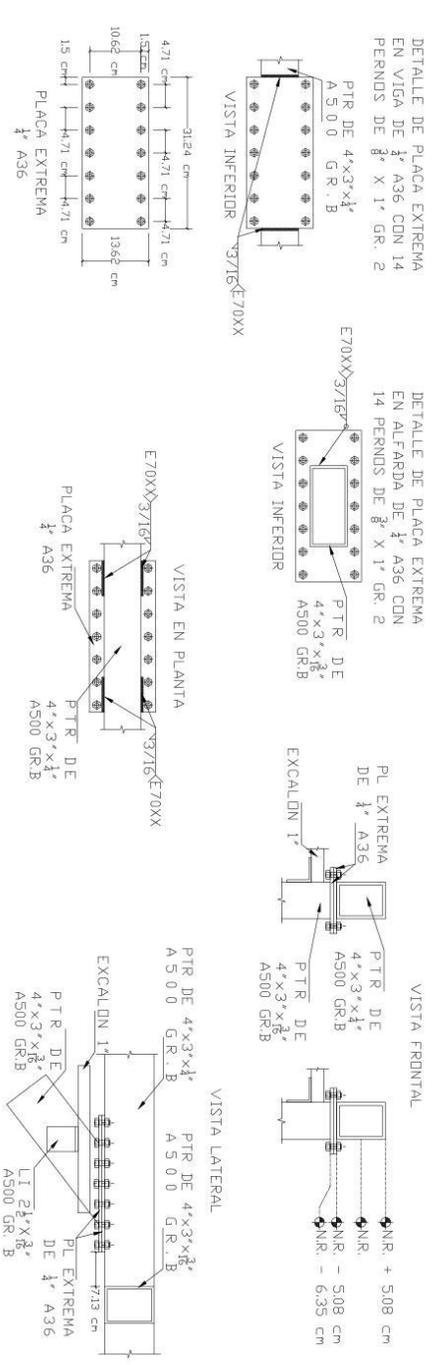


Observaciones

Plano Estructurales

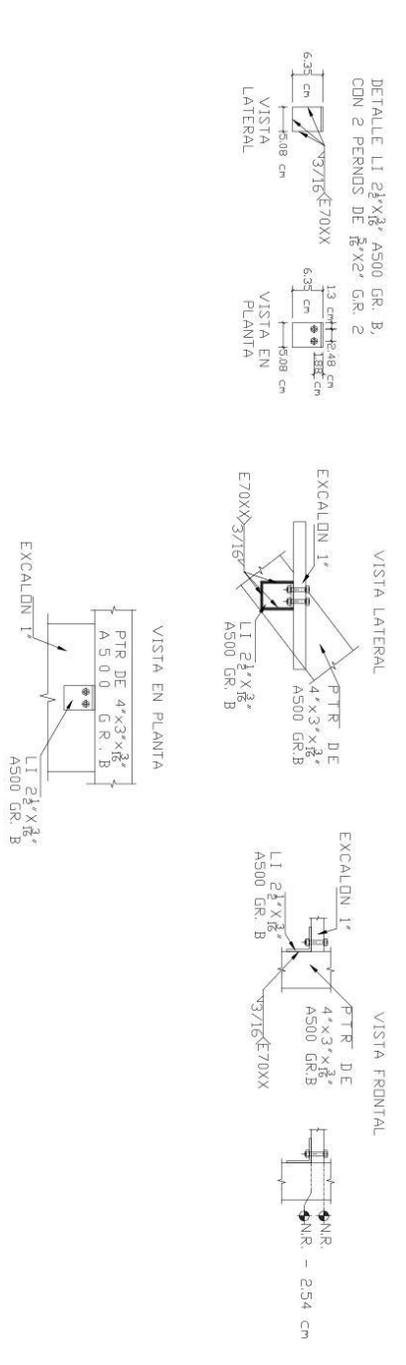


ESC 1:20



CX-16

ESC 1:20



CX-17

ESC 1:20

<p>Nota de Proyecto</p> <p>1. Este plano debe ser leído en conjunto con el resto del proyecto.</p> <p>2. Las dimensiones dadas en centímetros prevalecen sobre las dadas en milímetros.</p> <p>3. Las dimensiones dadas en metros prevalecen sobre las dadas en centímetros.</p> <p>4. Las dimensiones dadas en pies y pulgadas prevalecen sobre las dadas en centímetros.</p> <p>5. Las dimensiones dadas en pulgadas prevalecen sobre las dadas en centímetros.</p> <p>6. Las dimensiones dadas en milímetros prevalecen sobre las dadas en centímetros.</p> <p>7. Las dimensiones dadas en centímetros prevalecen sobre las dadas en milímetros.</p> <p>8. Las dimensiones dadas en metros prevalecen sobre las dadas en centímetros.</p> <p>9. Las dimensiones dadas en pies y pulgadas prevalecen sobre las dadas en centímetros.</p> <p>10. Las dimensiones dadas en pulgadas prevalecen sobre las dadas en centímetros.</p>	<p>Notas</p>	<p>Escala: SN</p>	<p>Fecha:</p>	<p>Modificaciones:</p>	<p>Revisión: 1</p>	<p>ESC 1:20</p>	<p>E-28</p>
--	--------------	-------------------	---------------	------------------------	--------------------	-----------------	-------------