



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
CAMPUS: ACATLAN**

PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA ESTRUCTURA METALICA EN LA CIUDAD DE MEXICO

Trabajo Profesional para obtener el título de

**Licenciado en Ingeniería Civil**

Presenta

**Carlos Alberto Vicencio Duval**

Asesor

**Ing. Miguel Ángel Ávila Vázquez**

Número de cuenta: 414025521

**Naucalpan Estado de México a 17 de Marzo de 2020**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIAS:**

Mi mayor agradecimiento es a Dios quien me permitió y me ayudo en todo momento durante esta etapa de mi carrera; todas las cosas que aprendí, el salir siempre adelante y todo el esfuerzo que ocupé para poder encontrarme aquí.

Agradezco en gran manera a cada uno de mis seres queridos quienes siempre me han apoyado, pero sobre todo a mis padres Jorge Vicencio y Marcela Duval que en mis 24 años que tengo siempre me han ofrecido lo mejor, me han dado consejo, han buscado lo mejor para mi persona y desde luego cuando empecé este proyecto al cual llamo convertirme en un Ingeniero Civil

A mis hermanos Jorge Vicencio Duval que fue una gran influencia para mí al decidir estudiar esta carrera y Arturo Vicencio Duval que siempre me ha enseñado a salir adelante en cualquier situación.

Cada momento que viví en toda mi etapa de aprendizaje no la cambiaría por nada; cada plática , consejo , regaño, felicitación, etc., que me hicieron lo que soy ahora .

A mis amigos de la Universidad que muchas veces me inspiraron a tomar mejores decisiones, tomar un ejemplo a seguir y a realizarme de una mejor manera.

En fin quiero agradecer y dar las gracias a cada persona que estuvo involucrada en cada etapa de esta carrera.

## INDICE

<b>RESUMEN</b>	<b>6</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>7</b>
<b>FACTIBILIDAD DEL PROYECTO:</b>	<b>8</b>
LOS PRINCIPALES OBJETIVOS DEL ESTUDIO DE FACTIBILIDAD SON:	9
<b>DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA</b>	<b>9</b>
<b>JUSTIFICACIÓN:</b>	<b>10</b>
<b>OBJETIVO GENERAL</b>	<b>11</b>
<b>OBJETIVO ESPECÍFICO</b>	<b>11</b>
<b>MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL</b>	<b>11</b>
<b>PROCESO CONSTRUCTIVO DE ESTRUCTURAS METÁLICAS</b>	<b>14</b>
<b>DISEÑO.</b>	<b>14</b>
NOTA:	15
<b>CONDICIONES GENERALES ENTRE LA MEMORIA DE CÁLCULO Y PLANOS DISEÑO</b>	<b>15</b>
<b>ABASTECIMIENTO DE MATERIAL.</b>	<b>16</b>
LOS FACTORES DETERMINANTES SON:	16
<b>FABRICACIÓN.</b>	<b>17</b>
CARACTERÍSTICAS:	18
ETAPAS:	18
<b>EMBARQUE.</b>	<b>19</b>
CARACTERÍSTICAS:	19
NOTA:	19
<b>MONTAJE.</b>	<b>20</b>
ETAPAS:	20
CONOCIMIENTO Y EVALUACIÓN DE LA OBRA:	20
LOS MÉTODOS USADOS EN EL MONTAJE DE ESTRUCTURAS DE ACERO VARÍAN SEGÚN:	21
<b>PROCEDIMIENTO DE MONTAJE</b>	<b>21</b>
RECONOCIMIENTO PRELIMINAR	21
COLOCACIÓN DEL ANCLAJE	22
<b>MONTAJE Y PLOMEO DE COLUMNAS DESDE EL DESPLANTE.</b>	<b>22</b>
<b>MONTAJE DE TRABES PRIMARIAS</b>	<b>22</b>
LARGUEROS	23
LOSA CERO	23

<b>INSPECCIÓN VISUAL</b>	<b>23</b>
<b>SUPERVISIÓN</b>	<b>24</b>
<b>CARACTERÍSTICAS:</b>	<b>24</b>
<b>VERIFICACIÓN DEL PROGRAMA DE AVANCE DE OBRA</b>	<b>24</b>
<b>CONEXIONES</b>	<b>25</b>
<b>SOLDADAS:</b>	<b>25</b>
SOLDADURA CON ELECTRODO DE TUNGSTENO.	26
SOLDADURA CON ELECTRODO METÁLICO REVESTIDO.	26
TIPOS DE SOLDADURAS	27
POSICIONES DEL PROCESO DE SOLDADURA	27
TIPOS DE BÍSEL	28
ELECTRODOS SMAW	29
SÍMBOLOS DE LA SOLDADURA	32
<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>32</b>
<b>ATORNILLADAS</b>	<b>32</b>
<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>34</b>
<b>UNIONES RÍGIDAS, SEMIRRÍGIDAS Y ARTICULADAS</b>	<b>34</b>
<b>PRUEBAS DESTRUCTIVAS Y NO DESTRUCTIVAS</b>	<b>35</b>
<b>EJEMPLOS DE PRUEBAS DESTRUCTIVAS:</b>	<b>35</b>
ENSAYO DE TRACCIÓN:	35
ENSAYO DE IMPACTO:	36
ENSAYO DE TORSIÓN:	36
ENSAYO DE FLEXIÓN:	36
<b>EJEMPLOS DE PRUEBAS NO DESTRUCTIVAS</b>	<b>37</b>
INSPECCIÓN VISUAL:	37
INSPECCIÓN POR LÍQUIDOS PENETRANTES:	37
RADIOGRAFÍAS:	38
ULTRASONIDO:	38
PARTÍCULAS MAGNÉTICAS:	38
<b>SUPERVISIÓN EN OBRA.</b>	<b>38</b>
<b>PRINCIPALES FUNCIONES DEL SUPERVISOR:</b>	<b>39</b>
<b>REVISIÓN DE PLANOS DE MONTAJE Y SOLDADURA</b>	<b>40</b>
ERRORES MÁS COMUNES	41
FALLAS EN COLUMNAS	41
FALLAS UNIÓN VIGA- COLUMNA	42
FALLAS ARRIOSTRAMIENTOS	42
FALLAS VIGAS	43

<b>MIEMBROS A TENSIÓN</b>	<b>43</b>
<b>SUPERVISIÓN EN OBRA (DETALLES COMUNES).</b>	<b>44</b>
<b>SOLDADURA INCOMPLETA EN CONEXIONES</b>	<b>44</b>
JUSTIFICACIÓN:	44
CORRECCIÓN:	45
<b>FALTA DE SOLDADURA Y CORTES MAL EJECUTADOS</b>	<b>45</b>
<b>FALTA DE LINEALIDAD EN COLUMNA DEBIDA A UN MAL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA</b>	<b>47</b>
<b>DETALLES MAL EJECUTADOS EN TALLER.</b>	<b>49</b>
CORRECCIÓN:	49
<b>DETALLE DE FABRICACIÓN</b>	<b>50</b>
<b>FALTA DE TORNILLERÍA EN VIGAS SECUNDARIAS:</b>	<b>51</b>
<b>MALA COLOCACIÓN DE TRABES:</b>	<b>52</b>
<b>CORTES NO AUTORIZADOS:</b>	<b>52</b>
SOLUCIÓN	53
JUSTIFICACIÓN	54
<b>MÉNSULAS NO CUMPLEN CON LONGITUD MÍNIMA DE PROYECTO:</b>	<b>54</b>
JUSTIFICACIÓN	56
<b>CONTRAVIENTOS</b>	<b>57</b>
<b>PLACAS GUSSET:</b>	<b>58</b>
<b>CRITERIOS TÉCNICOS</b>	<b>59</b>
<b>CONSTRUCCIÓN COMPUESTA</b>	<b>60</b>
DESVENTAJAS:	61
<b>PERFILES DE ACERO AHOGADOS EN CONCRETO REFORZADO</b>	<b>62</b>
CRITERIOS TÉCNICOS:	63
<b>LOSA CERO</b>	<b>63</b>
<b>CRITERIO A CONSIDERAR (APUNTALAMIENTO Y NO APUNTALAMIENTO)</b>	<b>64</b>
CONECTORES DE CORTANTE.	65
CRITERIOS TÉCNICOS:	66
<b>IMPORTANCIA DE LAS NORMAS Y MANUALES</b>	<b>67</b>
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>67</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>69</b>

### RESUMEN

En la Ciudad de México cada vez es más común ver edificaciones con estructura metálica, por lo cual debemos conocer de antemano las principales ventajas del uso del acero estructural; ya sea como un material de gran resistencia, el material es dúctil y uniforme, homogéneo, el montaje es rápido y sobre todo supone un menor coste para la cimentación entre otras características importantes. La estructura metálica principal de una edificación se compone de los elementos que estabilizan y transfieren las cargas a la cimentación la cual casi siempre es de concreto reforzado; después tenemos las vigas metálicas las cuales son elementos horizontales que trabajan a flexión donde normalmente, bajo las cargas a las cuales se ve sometida, la parte superior trabaja a compresión y la inferior a tracción.

Una cuestión muy importante en todas las edificaciones de más de 4 o 5 niveles, es el comportamiento sísmico, a lo cual se debe prestar suma atención en el tipo de material que estas usando y por qué. Estadísticamente una edificación con acero va a soportar mejor las aceleraciones inducidas por un terremoto que uno de concreto, sin embargo, esto no quiere decir que una estructura de acero vaya a ser invulnerable.

Por esta razón para la parte inicial del tema que pretendo desarrollar en la edificación en la cual me he visto involucrado como supervisor, vamos a exponer entre otras cosas, el proceso constructivo de columnas (miembros) compuestos de acero, y también ahogados en concreto reforzado; de esta manera pretendo explicar la interacción de los dos materiales que trabajan en conjunto.

Para entender mejor el trabajo que estoy desarrollando no pretendo que se vea como una investigación, sino más bien un manual o una guía donde se explique claramente la interacción que debe existir entre los conocimientos teóricos de un

Ingeniero y los prácticos para que entienda mejor la relación clara que existe y que muchas veces he visto, no se toma en cuenta en el ámbito laboral.

### INTRODUCCIÓN

Empezando este trabajo es importante que tengamos una idea de cuál es el proceso de construcción de una estructura metálica, y la mejor forma es explicando de manera concisa cada etapa del proyecto; (En este caso basandome en el proceso constructivo de una estructura de 12 niveles que servirá como Centro Comercial). Como he mencionado antes me he visto involucrado en este proyecto como supervisor de obra revisando, sobre todo, (Detalles de montaje, conexiones, soldadura, aprietes; correcciones en elementos como vigas, placas, columnas, arriostamientos ,etc.); y de lo que me he percatado es que muchas veces los supervisores no tienen una idea clara de porque revisan y supervisan de cierta forma ciertos procesos constructivos.

Por lo cual comenzaré dando una breve explicación de cada etapa del proceso en la obra, profundizando después un poco en los criterios técnicos (Normas Técnicas complementarias, AWS, IMCA) que se deben considerar, así como los criterios teóricos para poder entender mejor el porqué de los muchos elementos adicionales que debe contener la estructura.

Quiero hacer gran hincapié en las uniones de las estructuras, ya que yo lo consideraría una discontinuidad y por lo tanto es un punto crítico de la estructura.

De esta forma uno como Supervisor debe tener presente la importancia de las uniones y revisar que las conexiones de la estructura se hagan únicamente conforme al proyecto estructural y de acuerdo a cualquier detalle que pudiera emitirse después de que se presenten problemas a la hora del montaje y soldadura en la estructura.

En tanto debemos conocer desde un principio los planos de taller, revisar detalles de montaje, diferentes conexiones ; y finalmente habiendo ejecutado el proceso



de atornillado o soldadura respectivos , tener la capacidad de decidir si se ha hecho adecuadamente.

Los proyectos pasan por diferentes etapas o ciclos de vida, entre ellas están: la etapa de inicio, formulación, ejecución, control y cierre del proyecto.

El inicio y formulación del proyecto son etapas de planificación muy importantes, las cuales nos guiarán en todo el proceso. En éstas encontraremos el problema que requiere atención y la búsqueda de una solución.

En el caso de un proyecto en específico como la construcción con estructura metálica, observamos que plantear la construcción de un inmueble siempre será un proceso delicado. Millones de pesos están en juego para obtener lo que debería ser un edificio que perdure el paso del tiempo e inclusive generaciones. Entre las diferentes posibilidades para construir en nuestro país está la opción de hacerlo con estructuras metálicas.

El estudio de factibilidad de un proyecto es una herramienta que se utiliza para guiar la toma de decisiones en la evaluación de un proyecto, esta herramienta se utiliza en la última fase pre-operativa de formulación del proyecto y sirve para identificar las posibilidades de éxito o fracaso de un proyecto de inversión, de esta manera se podrá decidir si se procede o no a la implementación.

### **FACTIBILIDAD DEL PROYECTO:**

Conduce a:

- Realizar un estudio de mercado que ayudará a determinar el tamaño de un proyecto, la ubicación de este y qué tecnología deberá utilizar.
- Determinar y diseñar el modelo administrativo adecuado para procesar cada fase del proyecto.
- Hacer un cálculo de la inversión que será necesaria para los costos de operación y tener un estimado de los ingresos.

## Proceso Constructiva de una Estructura Metálica en la Ciudad de México

- Identificar las fuentes de financiamiento y el nivel participación en el proyecto.
- Definir cuáles serán los términos de contratación y los procesos de licitación para adquirir equipos y si es necesario llevar a cabo construcciones civiles.
- Si llega a ser necesario, poner el proyecto a disposición de las autoridades de planeación y ambientales.
- Determinar la realización del proyecto a través de un análisis financiero incluyendo lo económico, social y ambiental.

*\* Labor Mexicana . (2018). Significado estudio de factibilidad del proyecto. 2020, de Shelter Company  
Sitio web: labormx.com*

### **LOS PRINCIPALES OBJETIVOS DEL ESTUDIO DE FACTIBILIDAD SON:**

- Corroborar que exista un mercado potencial para cubrir una necesidad no satisfecha.
- Determinar la viabilidad y la disponibilidad de recursos humanos, materiales, administrativos y financieros.
- Demostración de la viabilidad técnica y la disponibilidad de los recursos humanos, materiales, administrativos y financieros.
- Tener muy claros los beneficios en materia financiera, económico, social y ambiental, de este modo se podrán designar recursos para la producción de un bien o la prestación de un servicio.

*\* Labor Mexicana . (2018). Principales objetivos del estudio de factibilidad . 2020, de Shelter Company  
Sitio web: labormx.com*

### **DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA**

El impacto que puede tener realizar la construcción de un proyecto con estructuras metálicas es enorme a corto, mediano y largo plazo y es un factor determinante a considerar antes de empezar cualquier construcción de cualquier magnitud .

No sólo brinda grandes beneficios a nivel estructural, sino que aporta elementos importantes a nivel de diseño para poder dar una presencia sobria e imponente a cualquier proyecto.

### **JUSTIFICACIÓN:**

En la construcción en general y en particular en la edificación, la estructura metálica es seleccionada cada vez más sobre otros sistemas de estructuración. Algunos beneficios son:

Gran capacidad de carga – Las cualidades de las estructuras metálicas permiten que sean usadas para soportar una gran cantidad de peso en la construcción de todo tipo de edificios. Son usadas especialmente para proyectos de gran calibre como rascacielos o puentes.

Resistencia y flexibilidad en movimiento – México es un país que se encuentra localizado en una zona sísmica importante. Con movimientos telúricos fuertes, una estructura metálica tiene la flexibilidad para poder resistir estos impactos sin recibir daño y así mantenerse en pie. La tranquilidad de poder tener una inversión que pueda perdurar a este tipo de condiciones extremas es sumamente importante en nuestro país.

Durabilidad y facilidad de reparación – Las propiedades de las estructuras metálicas las hacen mucho más resistentes a factores climáticos, así como al calor. Sin embargo, en caso de necesitar algún tipo de reparación, estas son fáciles de llevar a cabo.

Diseño – El metal permite ser usado en diferentes maneras para poder adaptarse a los requerimientos de diseño por parte de los arquitectos y a la vez cumplir con las exigencias estructurales de los ingenieros. Su capacidad para adoptar distintas formas y sus diferentes acabados lo hacen un material elegante en caso de ser usado en el exterior, y resistente al interior.

Eficiencia y productividad – Muchas de las vigas y demás componentes metálicos son previamente inspeccionados para cumplir con altos estándares de calidad, por lo cual

aceleran gran parte del proceso de construcción y de esta manera abaratan los costos de la obra.

*\* Victor Escalante Cervera. (2003). Introduccion . En Diseño de Estructuras Metalicas (172). Santo Domingo : LRDF.*

### **OBJETIVO GENERAL**

Justificar de forma clara y concisa los procesos constructivos más importantes de una estructura metálica no solo explicando dichos procesos sino analizando los conceptos tanto técnicos y teóricos a considerar con la finalidad de que el Ingeniero Supervisor tenga una visión más profunda cuando supervise una estructura metálica.

### **OBJETIVO ESPECÍFICO**

- Analizar los criterios que deben considerarse al iniciar la supervisión de una estructura metálica.
- Justificar los principales procesos constructivos o actividades relacionadas con el montaje y soldadura de conexiones rígidas, semirrígidas y articuladas.
- Analizar la importancia del pleno conocimiento de los planos de taller y los planos de montaje.
- Explicar la importancia de los distintos métodos y criterios para aplicar soldadura en campo.

### **MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL**

Un proyecto resuelto a través del empleo de estructuras metálicas tiene de manera general las siguientes etapas:

- Proyecto estructural (Diseño estructural)  
Al hablar de un proyecto estructural nos viene a la mente que son actividades que se planifican con la intención de correlacionar, suministrar y medir los elementos

de un sistema estructural de tal manera que puedan soportar una cantidad de cargas sin rebasar las fatigas aceptables de los materiales utilizados.

Conocemos la importancia de los cálculos, planos, indicaciones etc. que soporten el proyecto mediante los cuales un Ingeniero Estructural detalla las etapas de la estructura.

*\*DEFINICIÓN. (2016). Proyectos Estructurales. 2020, de DEFINICIÓN Sitio web: <https://www.definicion.xyz/2017/05/proyectos-estructurales.html>*

- Ingeniería de proyecto

Una ingeniería de proyecto debe contemplar diversos elementos tales como dije anteriormente, planos, especificaciones, descripciones, materiales, equipo, maquinaria, instalaciones y todo lo necesario para trabajar correctamente en un proyecto.

*\*Barquero , C., A. (2005). Administración de Recursos Humanos. (1era Ed). San José, Costa Rica: Editorial Universidad Estatal a Distancia.*

- Abastecimiento de materiales

Se inicia en la etapa de planeación en la cual se elaboran programas donde se utiliza cada uno de ellos, para el caso específico de los materiales, los procesos administrativos se definen en varias fases: la planeación, la negociación, el pedido, la recepción, almacenamiento, uso, pago y el control. En toda obra importante deben de existir estas fases para que se haga la ejecución exitosa de un proyecto de construcción.

*\*Solís Carcaño, R., Zaragoza Grifé, N. y González Fajardo, A. (2009). La administración de los materiales en la construcción. Ingeniería, Revista Académica de la FI-UADY, 13-3, pp. 61-71, ISSN: 1665-529X.*

- Fabricación

Normalmente se hacen en plantas especializadas, con los equipos más modernos y adecuados para cada proceso, con una cuidadosa selección del personal, y se

verifica todo proceso mediante un programa de control de calidad y además se continúa capacitando específicamente a los soldadores.

*\*Oscar Gerardo Villaseñor Ruiz . (1990). Fabricación y Montaje de una Estructura Metálica . México DF: Instituto Tecnológico de la Construcción.*

- Embarque

Después que el encargado del montaje, el de obra civil y la supervisión llegan a un acuerdo en la forma de atacar la obra y se elabora un programa de montaje con fechas de entrega, entonces es responsabilidad del residente el hacer la secuencia de los embarques que el fabricante mandara a la obra. Una de las cosas que debemos tomar en cuenta es el cuidado que se tenga en la coordinación para que no haya interrupción con los embarques de las piezas de la obra.

*\*Oscar Gerardo Villaseñor Ruiz. (1990). Fabricación y Montaje de una Estructura Metálica . México DF: Instituto Tecnológico de la Construcción.*

- Montaje

Aquí es importante conocer claramente los “Los planos de MONTAJE” y los planos de taller, para tener mas claro el orden de las piezas y la forma en que se van colocando, además de tener la seguridad que las piezas se han revisado por un supervisor en la obra avalando la calidad de las piezas.

- Proceso de soldadura

Un tema muy importante, donde debemos conocer los diferentes métodos de soldadura, herramientas a utilizar, los medios disponibles por los cuales se transmite el metal de aporte hacia el metal base para generar una unión deseada.

- Control de calidad y Supervisión.

Un punto también importante donde nosotros que somos Ingenieros debemos tener el criterio para supervisar adecuadamente los procesos constructivos ejecutados en una obra de estructura metálica. El control de calidad es

indispensable ya que nos dice si lo que estamos ejecutando se esta haciendo como indican las normas, manuales y guías que son la base para la realización de cualquier estructura metálica.

### PROCESO CONSTRUCTIVO DE ESTRUCTURAS METÁLICAS

El presente trabajo describe el estado de las fases de DISEÑO, FABRICACIÓN Y MONTAJE de estructuras metálicas. Se incluyen adicionalmente casos que nos permiten visualizar una aplicación particular y destacar los aspectos tecnológicos más importantes en el desarrollo actual de la ingeniería de detalles. Finalmente se presentan algunos comentarios y conclusiones que resumen los principales aspectos del tema que nos convoca.

#### DISEÑO.

- Las etapas previas a la Fabricación y Montaje son desarrolladas en la Ingeniería de Proyecto. En ella se desarrollan los cálculos que definen los elementos estructurales a disponer.
- La forma tradicional era elaborar planos de diseño del proyecto en 2D y 3D respectivamente y enviarlos y revisarlos a nivel de fabricación.
- Debe haber tantas proyectistas a nivel de diseño y a nivel de fabricación.
- En la Ingeniería de Proyecto de los últimos diez años se ha producido un cambio importante en la forma de elaborar planos de diseño y fabricación de estructuras metálicas.
- Se manejan programas como REVIT y últimamente uno muy utilizado en la estructura metálica llamado **TEKLA** de Trimble, el cual permite un modelado preciso y de construcción de cualquier estructura independientemente de su tamaño o material, y nos además nos permite hacer cualquier cambio o corrección directamente en el modelo cambiando los componentes que sean necesarios en la estructura.

*\*Ing. María Emilia Pontón. (2020). Guía Práctica para el Diseño de Estructuras de Acero. 2015, de Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda Sitio web: <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/10/GUIA-3-ACERO.pdf>*

### **Nota:**

*Donde he trabajado actualmente se maneja el programa TEKLA , que aunque es difícil de utilizar cada vez es mayor la demanda de los grandes proyectos de estructura metálica que piden trabajar con este programa ya que resume y reduce el tiempo de elaboración de detalles de conexiones , soldadura a utilizar etc. , y de esta manera se tiene una forma más detallada de visualizar cualquier parte de la estructura además de que el programa calcula las cargas a las que se ve sometida la estructura dependiendo el material que utilicemos y como consideremos las conexiones .*

*Una vez modelada la estructura a construir el programa genera todo tipo de planos generales, de despiece y de fabricación, así como los listados de materiales y de piezas.*

### **CONDICIONES GENERALES ENTRE LA MEMORIA DE CÁLCULO Y PLANOS DISEÑO**

Al incorporar modelos 3D se deben generar listas de chequeo, tanto para ingenieros como proyectistas. Se presentan, a modo de ejemplo, nueve actividades básicas que deben ser incorporadas en la nueva forma de trabajo. En general este proceso se lleva a cabo a través de elaboración de documentos llamados procedimientos, manual de calidad o afines.

En este proceso siempre existe un grupo que maneja muy bien el tema tecnológico y otro grupo que recibe el cambio y que maneja muy bien la parte técnica. La correcta coordinación de estos dos grupos asegura la calidad y el salto tecnológico con éxito.

- Se orientará con un sistema de coordenadas representadas por letras y números.
- Los elementos se representarán con trazado unilineal indicando disposición de los perfiles.
- Los perfiles se denominarán según manual vigente definidos por el proyecto.



- Los perfiles no estandarizados se indicarán con sus características fundamentales (alto, ancho, espesores) agregando una sección ilustrativa.
- Se indicarán las cargas o el N° de pernos necesarios para la conexión o la capacidad de la sección.
- En planta, los perfiles se acotarán desde sus ejes a los sistemas coordinados.
- En elevación, se acotarán a los distintos niveles y se indicará claramente si se están considerando los ejes de los perfiles o los topes superior o inferior de la estructura.
- En cada plano de diseño se dibujará una planta de ubicación del área representada.
- Las dimensiones normalmente son en mm.

*\*Fernando Moyena Ojeda . (2007). Diseño Fabricación Montaje Estructuras de Acero . 2020, de alacero  
Sitio web: <https://slideplayer.es/slide/139485/>*

### **ABASTECIMIENTO DE MATERIAL.**

Es una de las etapas cuyo impacto se ve reflejado en tiempo y costo durante la ejecución del proyecto, de ahí la importancia de la comunicación entre los diseñadores, fabricantes y constructores de estructuras de acero.

#### ***Los factores determinantes son:***

- *Existencia del material seleccionado.*
- *Disponibilidad del mismo.*
- *Tiempos de entrega.*
- *Rutas de suministro.*
- *Medios de transporte*

Es importante en esta parte considerar sobre todo la disponibilidad del material y los tiempos de entrega ya que de esto luego depende los avances de obra; por eso es importante llevar un programa de recepción de materiales semanales y mensuales.

Contar con grúas disponibles en todo momento para descargar rápido el material; en este caso normalmente en una obra de estructura metálica debe haber grúas trepadoras las cuales además de ir montando conforme va avanzando la obra, también deben ayudar a la descarga de materiales cuando arriban las plataformas o existen grúas hidráulicas las cuales son mas fáciles de mover al nivel en el que se encuentre la plataforma.

### **FABRICACIÓN.**

Se realiza en talleres especializados que cuenten con instalaciones y equipos adecuados y una cuidadosa selección de personal.

Al hablar de este tema sabemos que se requiere de un gran control de calidad y soldadores capacitados que garanticen un excelente proceso de ensamblaje, soldadura adecuada (por arco eléctrico), la cual se utiliza en estructuras metálicas, e interpretando los planos de taller, realizar los diferentes tipos de soldadura que pide.

Los planos de taller son planos de trabajo para la colocación y ensamblaje de acero. Estos planos incluyen detalles de cómo colocar y de qué manera el acero en los elementos estructuras que componen la estructura.

Dentro del armado que se realiza en el taller debemos saber que es la etapa más importante dentro del proceso de fabricación de elementos estructurales ya que tiene como objetivo el ensamblado de las piezas elaboradas, en la posición relativa que tendrán cuando se realicen las uniones definitivas.

Un ejemplo muy claro; si vemos que la unión se realizará con tornillos de alta resistencia se deben fijar con tornillos de armado, de un diámetro menor a 2mm menor que el diámetro nominal del agujero, teniendo que colocar los suficientes tornillos apretados fuertemente para que no haya movilidad en las piezas armadas.

Cuando trabajamos en taller con piezas unidas con soldadura, se deben fijar mediante algún medio que garantice la inmovilidad de las piezas durante el proceso de soldadura y enfriarlo inmediatamente después con la finalidad de lograr exactitud en la posición y facilitar el soldeo.

*\*Oscar Gerardo Villaseñor Ruiz. (1990). Fabricación y Montaje de una Estructura Metálica. México DF: ITC.*

### **Características:**

- Procesos industrializados modernos.
- Control de calidad en cada operación.
- Estructuras absolutamente terminadas y prefabricadas

### **Etapas:**

*Trazo:* Se indican sobre el material los cortes que constituyen la forma o contorno del mismo.

*Enderezado:* De preferencia en frío por medios mecánicos Aplicación de calor en zonas locales Mediante taladro, cizalla, sierra o soplete Con equipos guiados mecánicamente Con procesos automatizados (control numérico computarizado.)

*Habilitado:* Se refiere a la preparación del material antes de ser sometido al siguiente proceso, garantizando que esté libre de impurezas, que puedan disminuir la eficiencia de la junta.

*Armado:* Es el proceso que junta entre sí los varios elementos de que se compone una pieza Requiere de habilidades y conocimientos por parte del armador:

- Técnicas de armado.
- Sujeción temporal de elementos.
- Especificaciones de separación entre ellos.
- Alineamiento y soldadura, entre otras.

*Pintura:* El objetivo de la pintura de taller es proteger el acero durante un periodo de tiempo corto y puede servir como base para la pintura final.

*Soldadura:* Es el proceso que consiste en unir dos piezas de metal mediante la aplicación de calor intenso, presión o ambas, fundiendo los bordes del metal permanentemente.

*\*Ana Carolina Gavidia González. (2015). Elaboración de los procedimientos de fabricación y montaje de una estructura de acero . Quito : Escuela Politécnica Nacional .*

### **EMBARQUE.**

Es el proceso que consiste en seleccionar las piezas previamente designadas por el orden marcado en el programa de embarque, cargando con ellas los transportes que llevarán esta carga a la obra.

#### ***Características:***

- Seguimiento de una secuencia lógica para entrega de material.
- Conocimiento de las dimensiones y geometría de las piezas por enviar.
- Programación de los transportes necesarios.
- Conocimiento de las vías de comunicación entre la planta y la obra.
- Conocimiento de los horarios en que es posible entregar el material.
- Conocimiento de las restricciones viales para transportes de carga.
- Manejo cuidadoso y con dispositivos apropiados para la carga del material.

*\*David Rive . (9 de Octubre 2011). Fabricación y Uso del Acero . 2020, de slideshare Sitio web: <https://es.slideshare.net/davidRive/fabricacin-y-uso-del-acero>*

#### ***Nota:***

*Todos estos puntos son importantes y son externos a los procedimientos propiamente de la obra, y se deben prever días antes de la fecha planeada en la cual se debe entregar el material.*

### **MONTAJE.**

Es la unión o ensamble ordenado en el sitio de la obra de los elementos estructurales prefabricados para formar una estructura completa.

#### ***Etapas:***

- Localización de la obra
- Programa de obra
- Tonelaje de la obra
- Datos de la supervisión
- Planos de montaje

#### ***Conocimiento y evaluación de la obra:***

- Identificación de accesos
- Áreas de desembarco de estructura
- Áreas de almacenamiento de estructura
- Áreas disponibles para zona de oficinas y almacén
- Tomas de corriente eléctrica
- Determinación de horarios de desembarco
- Eliminación de obstrucciones para maniobras de montaje y desembarco
- Orden y avance de los trabajos de cimentación
- Reconocimiento topográfico del lugar
- Verificación del banco de nivel
- Verificación de distancia entre ejes
- Ratificación y en su caso rectificación la distribución de anclas y datos de cimentación
- Selección del método de montaje

***Los métodos usados en el montaje de estructuras de acero varían según:***

- Tipo y tamaño de estructura
- Condiciones del lugar
- Disponibilidad del equipo
- Preferencia del montador
- Tiempo para la ejecución de la obra
- Dificultades de montaje
- Planeación del montaje

### **PROCEDIMIENTO DE MONTAJE**

Al empezar con el procedimiento de montaje es necesario tener claros los siguientes puntos:

- Reconocimiento Preliminar
- Colocación del Anclaje
- Montaje y plomeado de Columnas Preliminares
- Montaje de trabes primarias
- Largueros
- Losa Cero
- Inspección Visual

#### ***Reconocimiento Preliminar***

Aquí lo primordial es realizar un programa para coordinar las diversas actividades, que deben llevarse a cabo para el montaje de la estructura considerando todos los puntos anteriores.

### ***Colocación del Anclaje***

Debe coordinarse con el residente a cargo para que el se encargue de la colocación, ya que normalmente deben ir ahogados en concreto. El dimensionamiento de las anclas varía según el diseño que se haya empleado. Estas deben ir correctamente alineadas y con el nivel que indican los planos de montaje.

### **MONTAJE Y PLOMEO DE COLUMNAS DESDE EL DESPLANTE.**

Estas deben ir atornilladas a su base en los pernos de las anclas. Se debe verificar por cada elemento los niveles topográficos para verificar la posición exacta de desplante de las columnas.

El nivel de colado normalmente queda 5 cm debajo del nivel del desplante de cada columna y así se permite nivelar y plomear con precisión estos elementos.

Después de esos se debe sellar con GROUT de alta resistencia, el cual es un mortero especial para rellenar en apoyos para columnas de acero, sin contracción (reducción de volumen al fraguar) normalmente con una resistencia de 750 kg/cm<sup>2</sup>.

### **MONTAJE DE TRABES PRIMARIAS**

Todas las trabes al ingresar a la obra deben inspeccionarse por una supervisión que se encargue que no haya ningún defecto de fabricación y dar el vbo antes de montarse.

Se deben identificar, verificando su colocación de acuerdo a los croquis y planos correspondientes. Siempre debe haber personal capacitado para la utilización de materiales provisionales y dar el nivel requerido y puntear las placas que unen los elementos estructurales, columnas y trabes.

### **Largueros**

Se realiza normalmente después de haber colocado trabes principales ya verificadas su posición en planos de montaje de acuerdo a cálculos de separación especificados en los planos estructurales, y se unen a las trabes por conexiones atornilladas.

### **Losa Cero**

Normalmente en las construcciones con estructura metálica se utiliza este sistema de losa que es más fácil de colocar, más ligero y además se ahorra un tiempo considerable.

Se reducen los tiempos de construcción ya que además se puede colar simultáneamente entrepisos y azoteas.

Además de todo esto brinda una muy buena resistencia estructural y la losa actúa en conjunto con la estructura; esto se debe entre muchas otras cosas a los pernos que van colocados en la lámina de la losa cero en trabes tanto portantes como no portantes.

## **INSPECCIÓN VISUAL**

Al concluir el proceso de montaje se debe realizar una inspección detallada y precisa de todos y cada uno de los elementos colocados. Esto con la finalidad de evitar algún error en la mano de obra, ya que la inspección de los materiales fue realizada anteriormente.

El montaje estructural consiste en tomar diferentes partes de acero que han sido fabricadas a base de placas, ángulos y otros perfiles rolados, y colocarlos en el campo de sus posiciones correctas para formar una estructura.

A continuación, se mencionan algunas actividades que deben ser supervisadas forzosamente en la obra:



- Preparación para presupuestos
- Servicio y uso de las herramientas y del equipo
- Preparación del equipo de campo, colocación de piezas de acero estructural mediante diferentes tipos de montaje
- Operaciones necesarias para terminar el trabajo, tales como el plomeo, los ajustes, nivelación y el uso de tornillería y soldadura; también se debe supervisar en caso de ser necesario alguna corrección que se deba realizar en campo.

*\*Oscar Gerardo Villaseñor Ruiz. (1990). Fabricación y Montaje de una Estructura Metálica. México DF: ITC.*

### **SUPERVISIÓN**

#### **CARACTERÍSTICAS:**

- Debe ser oportuna, ordenada, controlada y programada
- Requiere especial vigilancia en la geometría de la estructura
- Requiere del estricto cumplimiento de las normas que rigen cada proceso
- Se debe tener plena consciencia de la participación humana como constante de dicho proceso
- Es de vital importancia contar con un laboratorio externo además de la división interna dedicada a esta función

#### **VERIFICACIÓN DEL PROGRAMA DE AVANCE DE OBRA**

Este es un método de control que nos permite identificar el cumplimiento de las expectativas planteadas o su desviación, para la toma oportuna de acciones preventivas o correctivas. Es un proceso cuya finalidad es mantener el control de calidad, la seguridad y el correcto desarrollo de los trabajos para la ejecución de la obra.

### CONEXIONES

El diseño y la fabricación de las conexiones tienen por objeto la transmisión de cargas, fuerzas y momentos de manera eficiente y segura.

### SOLDADAS:

Las estructuras se forman mediante conjuntos de perfiles unidos entre si con enlaces capaces de soportar esfuerzos que entre ellas transmiten. El objeto primordial de las uniones es asegurar la continuidad adecuada de las piezas, la cual será mejor aplicada cuando más uniforme sea la transmisión del esfuerzo.

La transmisión de esfuerzos en las uniones se hace en normalmente de modo indirecto, ya que para pasar el esfuerzo de una pieza a otra se la obliga previamente a desviarse de su trayectoria normal. **En el caso de soldadura a tope, la transmisión es directa.**

Los diferentes tipos de soldadura por fusión (En este tipo de soldadura el calor funde los extremos de las piezas y al hacerse solido se produce la unión deseada), son los más utilizados en la estructura metálica.

Existe la soldadura autógena y **por arco eléctrico**, aquí yo me enfocaré en la segunda ya que es la utilizada en las estructuras metálicas.

La función de la soldadura por arco se refiere a que debe haber una corriente entre dos conductores sometidos a una diferencia de potencial, por lo tanto, cuando están soldando y vemos que se separa ese contacto, se provoca una chispa, y entonces el efecto inmediato es ionizar el aire o gas que la rodea y así permite el paso de la corriente, a pesar que los conductores no estén en contacto.

En el circuito eléctrico formado por los electrodos y el arco, la intensidad de corriente depende de la tensión y de la resistencia del circuito. Si los electrodos se acercan o se separan variará la resistencia y la intensidad y así la energía se transformaría en calor por lo tanto la soldadura no será uniforme.

Por lo tanto, desde un punto de vista práctico para obtener soldaduras uniformes es importante mantener constante la separación de los electrodos durante un proceso de soldadura.

Al hablar del procedimiento de soldadura de arco puede agruparse en.

- Electrodo de carbono
- Electrodo de tungsteno
- Soldadura con electrodos metálicos

La primera no se utiliza en la estructura metálica y se complementa con metal de aportación.

*\*Universidad Mexicana. (2014). Uniones Soldadas. En Conexiones Metálicas (58). México DF: SECR.*

### ***Soldadura con electrodo de tungsteno.***

Este calor funde las piezas y permite que se efectúe la soldadura en ausencia del oxígeno y el nitrógeno del aire.

### ***Soldadura con electrodo metálico revestido.***

Este es el que normalmente se utiliza en la construcción metálica. La unión se consigue al provocar un arco eléctrico entre las piezas a unir y un electrodo que sirve de material de aportación.

Se establece un contacto inicial entre el electrodo y la pieza a soldar, con lo que se inicia un flujo de corriente. Después se retira ligeramente el electrodo y se establece por consiguiente un arco, el cual funde el electrodo y los bordes de la pieza a unir así formándose el cordón de soldadura.

*Metal de aportación: Metal que se añade a la soldadura que tiene un punto de fusión aproximadamente igual o por debajo del metal que se está soldando, así teniendo especial cuidado que la resistencia del material depositado con el electrodo sea compatible con la del metal base.*

\*FUENTE: Código para Soldadura Estructural ANSI / AWS

## Tipos de soldaduras

**Soldadura de filete:** Se obtienen depositando un cordón de metal de aportación en el ángulo formado por dos piezas. Su sección transversal es aproximadamente triangular.

**Soldadura de penetración:** Se obtienen depositando metal de aportación entre dos placas que pueden, o no, estar alineadas en un mismo plano. Pueden ser de penetración completa o parcial.

**Soldadura de tapón y de ranura:** Las soldaduras de tapón y de ranura se hacen en placas traslapadas, rellenando por completo, con metal de aportación, un agujero circular o alargado, hecho en una de ellas

## Posiciones del proceso de soldadura

Todas las soldaduras según su posición se clasifican como Plana (F), Horizontal (H), Vertical (V) y sobre cabeza (OH), de acuerdo a una calificación que se realiza para calificar el procedimiento de soldadura (WPS).

- Soldadura de ranura en plancha
- Soldadura de ranura en tubería
- Soldadura de filete en plancha
- Soldadura de filete en tubería

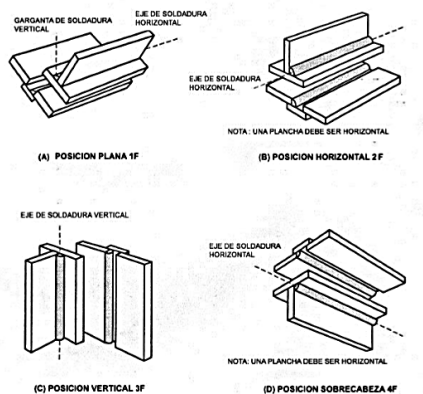


Figura 1.1 – Posiciones para soldadura en ranura \*FUENTE: Código para Soldadura Estructural ANSI / AWS

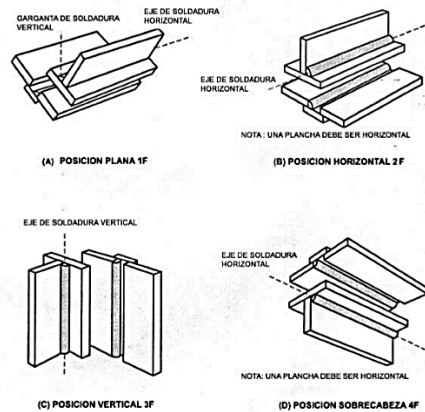


Figura 1.2 – Posiciones para soldadura en filete \*FUENTE: Código para Soldadura Estructural ANSI / AWS

## Tipos de bisel

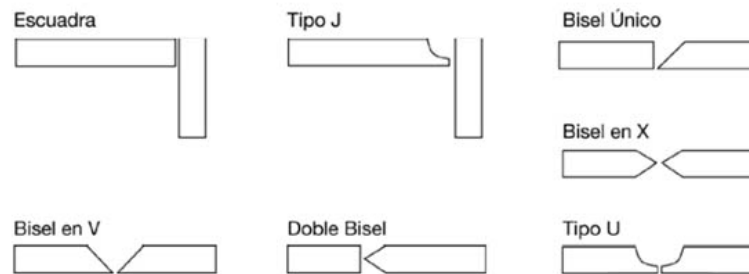


Figura 1.3 – Tipos de bise I \*FUENTE: Uniones y Conexiones Arquitectura en Acero , Uso y Aplicaciones en Acero

La soldadura en bisel tiene por objeto unir piezas de espesores superiores a 3mm, para esto es importante que se efectúe un chaflán o bisel previo a la ejecución de la soldadura, con la finalidad de conseguir la mayor penetración lo que dará a la soldadura una mayor resistencia.

También debemos ser cuidadosos a la hora de escoger al sistema de soldar en donde se requiera menos material de soldadura para depositar, esto además del detalle y

la forma de soldadura. Se tiene que ejecutar con una sola pasada del electrodo y así invertir menos tiempo en la ejecución.

Para escoger el electrodo adecuado, debemos conocer primero las propiedades mecánicas del metal a soldar y su composición química, espesor, forma, diseño de la unión, las posibles posiciones de la soldadura durante la fabricación de la estructura, etc., por lo tanto, es necesario encontrar la mejor forma de realizar el proceso de soldadura y buscando la forma de desperdiciar material.

*UCLM. (2008). Uniones por Soldadura . 2020, de Elementos Construcción Sitio web: [https://previa.uclm.es/area/ing\\_rural/trans\\_const/elementosconstruccion02.pdf](https://previa.uclm.es/area/ing_rural/trans_const/elementosconstruccion02.pdf)*

### **Electrodos SMAW**

Soldadura por arco metálico recubierto (SMAW), el más utilizado en la estructura metálica.

Para tener conocimiento de la clasificación de los electrodos, su capacidad y como difieren unos de otros es importante conocer primero la nomenclatura y después saber las propiedades de cada uno (técnicas de almacenamiento, diámetro del electrodo, composición de la soldadura) etc.

Los más comunes son los de acero suave que se encuentran en la clasificación A5.1 AWS, incluyendo 6010, 6011, 6012, 6013, 7014, 7024, y 7018.

Primero conocemos la nomenclatura y que significa cada sigla para identificar mejor los electrodos SMAW.

Los dos primeros dígitos representan la resistencia a la tracción mínima resultante de la soldadura, medida en libras por pulgada cuadrada (PSI). Así en algún caso por ejemplo tenemos 70 en un electrodo E7018 indica que el electrodo produce un cordón de soldadura con una resistencia mínima a la tracción de 70,000 PSI.

El tercer dígito significa las posiciones de soldar para las cuales puede usarse el electrodo. Por ejemplo, 1 significa que el electrodo puede usarse en todas las posiciones y 2 que éste puede usarse en posición plana y horizontal.

El cuarto dígito representa el tipo de recubrimiento y el tipo de corriente para soldar (CA, CD o ambas) que pueden usarse con el electrodo.

Los electrodos 7014, 7018 y 7024 son los más usados en la estructura metálica, producen la misma penetración de unión que los 6012, y están diseñados en aceros al carbón y de baja aleación. Estos contienen una mayor cantidad de polvo de hierro y así se incrementa la velocidad de depositado de la soldadura y se utilizan en aceros de alta resistencia.

Los 7018 son fáciles de usar y contienen un fundente grueso, estos producen un arco suave y silencioso con poca salpicadura y se usa normalmente para soldar metales gruesos como acero estructural.

*\*ANSI/AWS. (2015). Código para Soldadura Estructural . México DF : Sociedad Americana de Soldadura .*

Así por ejemplo la **7018**:

- Cualquier posición
- C.A o C.D Polaridad directa
- Arco suave de regular penetración
- Escoria regular
- Resistencia a la tracción 70, 000 lb/pulg 2 (4915 kg/cm<sup>2</sup>)

En la obra de estructura metálica en que he estado trabajando normalmente como ya he indicado se trabaja con E7018, pero también en algunos casos donde ocupamos varillas corrugadas para las columnas embebidas de concreto por ejemplo utilizamos otro tipo diferente más resistente conocido como E9018 del cual vamos a hablar después, el cual se distingue por ser un electrodo que da una resistencia mayor a la tracción ya que se reducen al mínimo las posibilidades de agrietamiento en la soldadura.

Se utiliza normalmente en secciones sometidas a grandes esfuerzos y calor, y como ya indiqué anteriormente se utiliza en varillas corrugadas en las uniones a tope (bulbos) o cuando se sueldan a Acero A-36.

*\*Manual de Soldadura INDURA , Manual de Sistemas y Materiales de Soldadura ,INDURA 2011*

### **Desventajas:**

Las conexiones soldadas tienen poca capacidad de deformación, lo que la hace poco segura ante cargas que produzcan fatiga en las conexiones de miembros estructurales importantes.

*Fatiga: El proceso de un permanente cambio estructural sufrido por un material sujeto a condiciones que le producen tensiones y deformaciones en uno o varios puntos y que puede conducir a la producción de grietas o a la rotura después de un cambio progresivo.*

Las recomendaciones que todo Supervisor de Obra debe conocer al utilizar soldadura son:

- La longitud mínima de una soldadura de filete no debe ser menor de 4 veces la dimensión nominal del lado de la soldadura. Si su longitud real es menor de este valor, el grueso de la soldadura considerada efectiva debe reducirse a  $\frac{1}{4}$  de la longitud de la soldadura.
- El tamaño máximo de una soldadura de filete a lo largo de material menor de  $\frac{1}{4}$ " de grueso debe ser igual al grueso del material.
- Los filetes permisibles mínimos varían entre  $\frac{1}{8}$ " para material de  $\frac{1}{4}$ " de espesor o menor y  $\frac{5}{16}$ " para material con espesor mayor de  $\frac{3}{4}$ ".
- En juntas traslapadas el traslape mínimo es igual a 5 veces el espesor de la parte más delgada conectada, pero no debe ser menor de 1".



## Símbolos de la Soldadura








Símbolo complementario	Interpretación
	Soldadura con penetración completa
	Soldadura con respaldo (limpieza de raíz)
	Acabado o contorno cóncavo
	Acabado o contorno convexo
	Acabado o contorno plano
	Soldadura en todo alrededor (perimetral)
	Soldadura a efectuarse en campo (in situ)

Figura 1.4, Símbolos de la Soldadura \*FUENTE: Características de la Soldadura , [www.soldaduraestructural.com](http://www.soldaduraestructural.com)

## CARACTERÍSTICAS

- Sencillas y económicas.
- Requieren menos trabajo en taller.
- Mayor supervisión en obra.
- Mano de obra calificada.
- Dificultad en la inspección visual.
- Aplicación de calor durante el proceso.

## ATORNILLADAS

Se pueden dividir en fijas, de continuidad (rígidas), articuladas (flexibles), semirrígidas y de fuerza las cuales transmiten esfuerzos entre las piezas unidas.

Los dos tipos de tornillo que se emplean para las conexiones son los tornillos (A307), y los tornillos de alta resistencia (A325 y A490).

La resistencia mínima a tensión en los tornillos A325 es de 105 a 120 ksi y para los de alta resistencia es de 150 ksi.

Los tornillos de alta resistencia pueden apretarse hasta que alcanzan esfuerzos de tensión muy altos, de manera que las partes conectadas queden afianzadas entre la cabeza del tornillo y la tuerca de apriete, lo que permite que las fuerzas se transfieran por fricción.

Aquí se deben entender las siguientes definiciones básicas:

- Paso: Es la distancia a centros entre tornillos en una dirección paralela al eje longitudinal del miembro.
- Gramil: Es la distancia a centros entre las hileras de los tornillos perpendiculares al eje longitudinal del miembro.
- Distancia al borde: Es la distancia del centro de un tornillo al borde adyacente de un miembro.
- Distancia entre tornillos: Es la distancia más corta entre tornillos sobre la misma hilera o en diferentes hileras de gramiles.

Los tornillos deben colocarse a una distancia entre sí para permitir su instalación eficiente y prevenir fallas por tensión en los miembros entre los tornillos.

De acuerdo a las normas especifican una distancia mínima a centros para agujeros holgados al menos de tres veces el diámetro del tornillo.

Para agujeros normales, los tornillos deben colocarse muy cerca de los bordes de un miembro, ya que el punzonado de los agujeros muy cercano a los bordes puede ocasionar que el acero opuesto al agujero de agriete.

Normalmente se pide colocar los tornillos a una distancia del borde no menor de 1.5 veces el diámetro del sujetador de manera que el metal en esa zona tenga una resistencia al corte al menos igual al del tornillo.

Si las placas donde se encuentran los tornillos son deformables, los esfuerzos y sus deformaciones decrecerán en los extremos de la conexión hacia el centro. Los tornillos extremos tendrán esfuerzos mucho mayores que los tornillos centrales.

**Entre mayor sea el espaciamiento de los tornillos en una conexión, mayor será la variación de sus esfuerzos debido a la deformación de la placa.**

*\*Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Acero Reglamento de Construcciones del Distrito Federal, 2008..*

### CARACTERÍSTICAS

- Proceso en frío
- Rápida instalación
- Menor mano de obra especializada
- Facilidad en la inspección visual
- Reposición de piezas dañadas
- Requiere de precisión en la fabricación de las conexiones
- Manejo de piezas pequeñas
- Vigilancia y organización en almacén tanto de obra como de planta

### UNIONES RÍGIDAS, SEMIRRÍGIDAS Y ARTICULADAS

- Unión Rígida: Son aquellas que transmiten en su totalidad los esfuerzos de axial, momentos y cortantes en el extremo de la viga, en sí no se debería presentar ningún giro relativo y mantener los 90° de posición con respecto a la viga.
- Unión Articulada: Son aquellas que en teoría deberían de transmitir solamente cortantes y axiales, pudiendo desprestigiar el esfuerzo flexor es decir que no transmiten momentos, por lo que la viga debe proyectar un giro relativo con

respectos a la columna sin afectarla, , la rigidez es tan mínima que en teoría la rigidez es nula en el extremo.

- Unión Semirrígida: Son las uniones cuyo comportamiento es intermedio a las anteriores, sin embargo, el comportamiento real de las uniones anteriores es un comportamiento semirrígido ya que es un comportamiento.

\*UPC.EDU. (2013). *Las Uniones en Estructuras de Acero* . 2020, de ESTSA Sitio web: <file:///C:/Users/Carlos/Desktop/est%20met.pdf>

### PRUEBAS DESTRUCTIVAS Y NO DESTRUCTIVAS

Una prueba destructiva es aquella que deteriora la pieza o elemento que se inspecciona, dependiendo del tipo de ensayo la pieza experimentara desde una leve imperfección, a una deformación permanente o incluso su rotura parcial o total. inspecciona. La prueba no destructiva hace referencia a cualquier tipo de prueba practicada a un material y no altere de forma permanente o deteriore sus propiedades físicas, químicas o mecánicas.

\*Andres Velázquez Hernández. (2014). *Pruebas Destructivas y No Destructivas*. 2020, de PREZI Sitio web: <https://prezi.com/g3p4o5ya2mb3/pruebas-destructivas-y-no-destructivas/>

### EJEMPLOS DE PRUEBAS DESTRUCTIVAS:

#### ***Ensayo de Tracción:***

Este ensayo de un material consiste en someter una probeta a un esfuerzo axial de tracción hasta que se produce la rotura. Este ensayo mide la resistencia de un material a una fuerza estática o aplicada lentamente.

En este ensayo se puede determinar diversas características del elemento en cuestión, tales como el módulo de elasticidad, coeficiente de Poisson, límite de proporcionalidad, límite de fluencia, límite elástico y resistencia a tracción.

Este ensayo es muy importante ya que los datos obtenidos se pueden utilizar para comparar los materiales entre sí y para saber si una pieza de cierto material podrá soportar determinadas condiciones de carga.

### ***Ensayo de Impacto:***

Los ensayos de impacto se llevan a cabo para determinar el comportamiento de un material a velocidades de deformación más elevadas. Existe normalmente la prueba de impacto con flexión y la prueba de impacto con flexión y muesca.

### ***Ensayo de Torsión:***

Torsión es la sollicitación que se presenta cuando se aplica un momento sobre el eje longitudinal de un elemento constructivo o prisma mecánico, como pueden ser ejes o, en general elementos donde una dimensión predomina sobre las otras dos, aunque es posible encontrarla en situaciones diversas.

### ***Ensayo de Flexión:***

La prueba de flexión en un material es una prueba estática que determina el módulo de flexión, el esfuerzo de flexión y la deformación por flexión en una muestra en específico.

Ventajas de los ensayos destructivos:

- Permite identificar de una forma aproximada algunas propiedades mecánicas
- El costo es menor que los no destructivos
- Permite identificar de una forma aproximada el tipo de fallo o ruptura que puede sufrir cierto material durante su vida en uso.

*\*Andres Velázquez Hernández. (2014). Pruebas Destructivas y No Destructivas. 2020, de PREZI Sitio web: <https://prezi.com/g3p4o5ya2mb3/pruebas-destructivas-y-no-destructivas/>*

### EJEMPLOS DE PRUEBAS NO DESTRUCTIVAS

#### ***Inspección Visual:***

Se utiliza generalmente para determinar aspectos como acabado de la superficie de una pieza, alineamiento de superficies que se unen, para demostrar o evidenciar la presencia de una fuga, este método suele utilizarse mediante técnicas diferentes.

#### ***Inspección por líquidos penetrantes:***

Es un tipo de ensayo que se utiliza para detectar e identificar discontinuidades presentes en la superficie de los materiales examinados.

Generalmente se emplea en aleaciones no ferrosas, aunque también se puede utilizar para la inspección de materiales ferrosos cuando la inspección por partículas magnéticas es difícil de aplicar.

Básicamente aplican un aerosol con un líquido blanco, y visualmente si después de unos minutos aparecen varios puntos rojos significa (poros) hay discontinuidad; después de esto se debe interpretar los resultados obtenidos.

### ***Radiografías:***

Se emplea para detectar discontinuidades internas en uniones soldadas y piezas formadas o fundidas.

Es un proceso similar a la fotografía, con la diferencia que la radiografía emplea rayos X, o Gamma, cuya naturaleza es similar a la luz visible, pero de menor longitud de onda y mayor energía.

### ***Ultrasonido:***

Este método volumétrico permite encontrar discontinuidades internas de los materiales. Se produce mediante un impulso rectangular el cual se genera con una tensión eléctrica de alto voltaje. Las vibraciones producidas en el cristal pasan de ser eléctricas a ser mecánicas, ya que hay un movimiento en la pieza.

### ***Partículas magnéticas:***

Se utiliza tanto para el control superficial como sub superficial. Se utiliza en materiales ferromagnéticos permitiendo detectar grietas y otras discontinuidades tanto superficiales como próximas a la superficie. La sensibilidad es máxima en las discontinuidades superficiales y disminuye rápidamente a medida que aumenta su profundidad.

*\*Andres Velázquez Hernández. (2014). Pruebas Destructivas y No Destructivas. 2020, de PREZI Sitio web: <https://prezi.com/q3p4o5ya2mb3/pruebas-destructivas-y-no-destructivas/>*

## **SUPERVISIÓN EN OBRA.**

Un supervisor al principio debe ver y plantear los problemas que se pueden tener a la hora de montar la estructura, así como también los riesgos que se pueden

originar. Esto es porque cualquier detalle puede traer como consecuencia la pérdida de un ser humano, errores de montaje y provocaría un retraso en la obra.

Para evitar esto debe haber una supervisión correcta y controlada contratada que tenga maquinaria y equipo ideal para el trabajo y con experiencia.

Es por esto que el ejecutor y el ingeniero civil residente debe contar con los planos para supervisar que los elementos ya sea vigas, columnas arriostres etc. queden situados con exactitud en el lugar correspondiente, antes de proceder a soldar estos elementos, deberán estar alineados, emplomados y nivelados.

Después se deben revisar los planos de montaje para ver el tipo de soldadura, sujeción de anclas, como debe ir la soldadura en las conexiones etc.

Lo más común es que después de eso el contratista debe solicitar una liberación son otra supervisión para que se le pueda dar vbo a la soldadura en las conexiones, montaje realizado, torque, posición de las piezas de acuerdo a los planos principales etc. y si no está listo se debe asentar de manera documental el error encontrado y su inmediata solución.

### **PRINCIPALES FUNCIONES DEL SUPERVISOR:**

- Verificar que los materiales que se reciben en obra son almacenados y manipulados adecuadamente.
- Verificar que los materiales son nuevos, sin daños y no presentan deformaciones. Rechazar todo material que no cumpla las especificaciones.
- Verificar que todo el acero se almacene asilado del suelo y cubierto para evitar su contacto con el agua.



- Verificar que el material que va a ser soldado esté libre de materiales que puedan dañar la adherencia de la soldadura.
- Verificar que los electrodos utilizados sean los apropiados de acuerdo a las especificaciones o al tipo de material a soldar.
- Mantener inspección constante durante el proceso de soldadura y rechazar toda aquella que presente exceso de carbón o que no se ejecute conforme a lo especificado.
- No permitir la unión definitiva de los elementos hasta que no se verifique y apruebe su horizontalidad, verticalidad e inclinación de acuerdo a proyecto.
- Verificar la colocación de arandelas en las uniones apernadas, sobre todo si están sometidas a esfuerzos dinámicos o vibraciones, además que se hallan colocado contratueras o cualquier otro procedimiento que permita el aseguramiento del perno.
- Verificar que las vigas metálicas, columnas u elemento de acero que no quedará embebido en concreto, sea pintado de acuerdo con lo establecido en las especificaciones.
- Verificar que las columnas y las vigas metálicas se fabriquen, ensamblen y se coloquen de acuerdo a lo establecido en los planos, asegurándose de que se han usado los anclajes apropiados y material adecuado.
- Rechazar cualquier elemento de acero que visualmente presente defectos en su alineamiento grietas o cualquier signo de deformación después de haber sido cortado y preparado para su instalación.
- Verificar que todo el óxido, escamas o materiales extraños sean removidos antes de aplicar pintura o anticorrosivo.
- Verificar que los andamios sean los apropiados y ofrezcan seguridad a los trabajadores, y que se empleen grúas y demás elementos de carga apropiados para las cargas que van a actuar.

### **REVISIÓN DE PLANOS DE MONTAJE Y SOLDADURA**

**Errores más Comunes**

Defecto	Daño
Falta de recubrimiento o pintura	Expone los elementos de acero a los efectos del agua, aire, intemperie en general, ocasionando corrosión que lleva a la disminución de su resistencia
Defecto en las uniones, soldaduras defectuosas (grietas, mordeduras, discontinuidad, impureza)	Puede ocasionar grandes problemas en las estructuras, ya que las uniones representan un elemento fundamental. Desplazamientos indeseados, disminución de la resistencia, colapso total o parcial de la estructura.

**Fallas en Columnas**

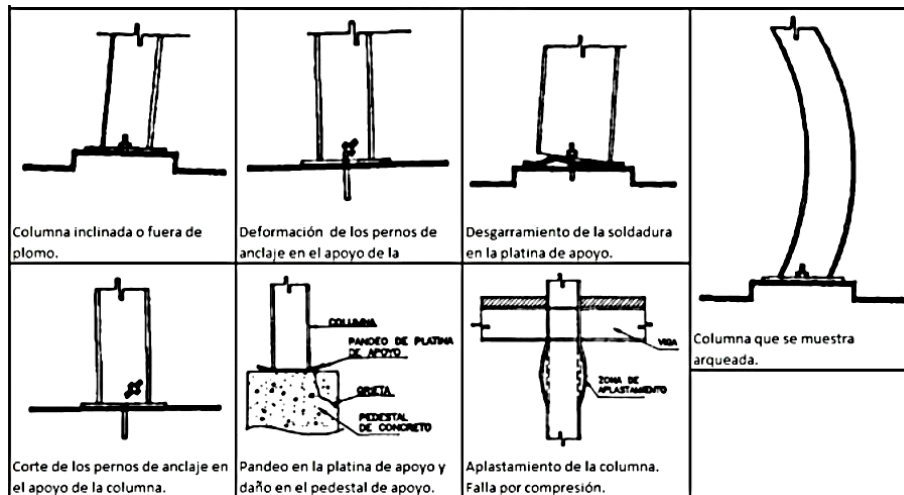


Figura 1.5 Fallas en columnas FUENTE :

[http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lic/murillo\\_j\\_cg/capitulo4.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lic/murillo_j_cg/capitulo4.pdf)

### Fallas Unión Viga- Columna

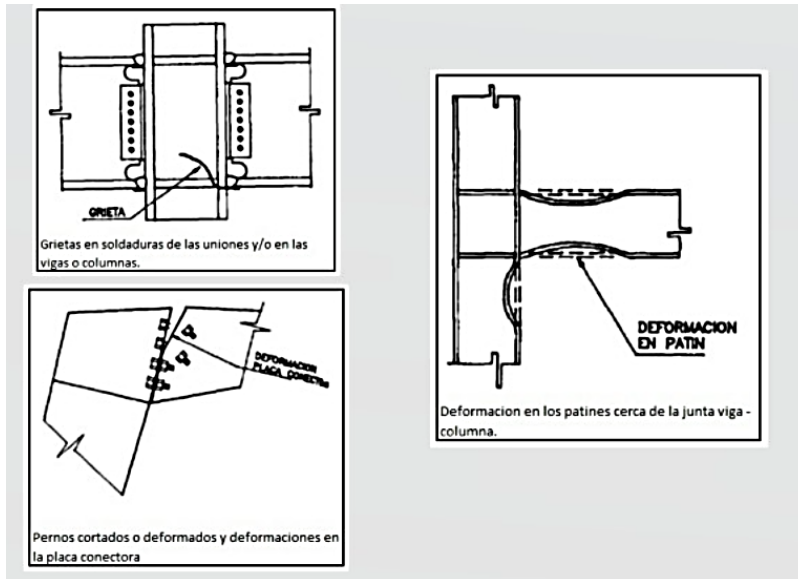


Figura 1.6 Fallas Uniones Viga-Columna FUENTE : Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural

### Fallas Arriostramientos

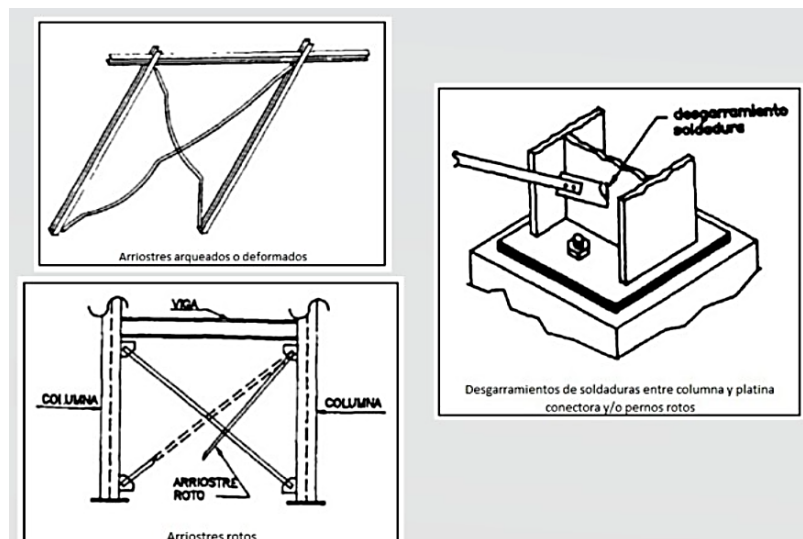


Figura 1.7 Fallas Arriostramientos FUENTE : Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural

## Fallas Vigas

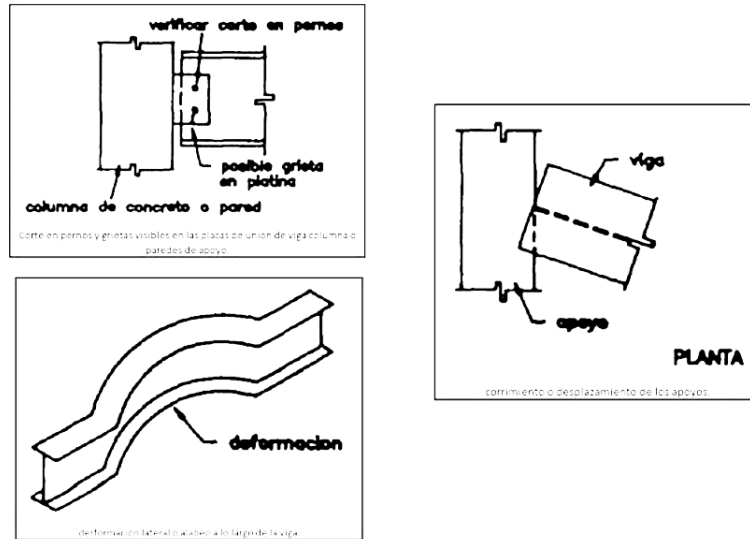


Imagen 1.8 Fallas vigas FUENTE : Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural

## MIEMBROS A TENSIÓN

Estos elementos se encuentran sometidos únicamente a carga axial de tensión. Los perfiles comúnmente usados son perfiles angulares y barras. Se encuentran normalmente en armaduras, arriostramientos y en miembros utilizados como tirantes.

Normalmente los miembros a tensión son los más fáciles de supervisar y revisar ya que no se presenta el problema del pandeo, sin embargo, hay que tener cuidado y revisar adecuadamente las uniones (Soldadas y Atornilladas).

Aquí nos damos cuenta en estos elementos que cuando tenemos un miembro atornillado, a veces los tornillos deben ir escalonados o en tresbolillo para tener el máximo de área neta en cualquier sección para resistir la carga.

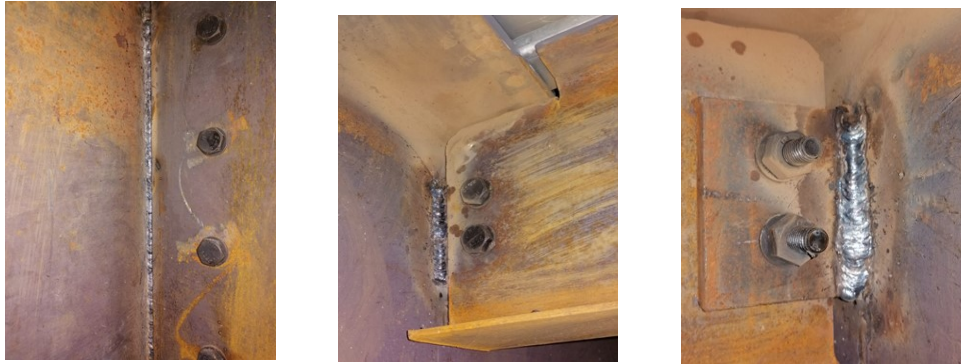
\*Octavio Alvarez Valadez. (2015). *Miembros en Tensión* . 2020, de GERDAUCORSA Sitio web: <https://www.gerdau.com/gerdaucorsa/es/productservices/products/Document%20Gallery/miembros-en-tension.pdf>



## Proceso Constructiva de una Estructura Metálica en la Ciudad de México

El momento torsionante que con el cual se ha calculado se ha descompuesto en un par de fuerzas que actúan sobre los cordones en las cuales producen la tensión tangencial longitudinal y la cual es considerada uniformemente distribuida a lo largo de los cordones.

### **Corrección:**



*Figura 1.10 Corrección de soldadura FUENTE: De Reporte indicando las correcciones que se hicieron, detalle  
Obra Ciudad de México*

### **FALTA DE SOLDADURA Y CORTES MAL EJECUTADOS**

En revisión de puente de estructura metálica se detectaron los siguientes problemas



*Figura 1.11 Falta de soldadura en cartabones de ménsula FUENTE: Fotos detalles indicados por Supervisión,  
Obra Ciudad de México*

## Proceso Constructiva de una Estructura Metálica en la Ciudad de México

Como mencionamos anteriormente es necesario cumplir con todas las especificaciones del proyecto y esto incluye agregar soldadura donde indique y no podemos permitir que se presenten esos problemas al entregar algún elemento estructural.



Figura 1.12 Cortes en almas de trabe debido a un mal proceso de **despatinado** FUENTE: Fotos detalles indicados por Supervisión, Obra Ciudad de México

*Despatinado: Es el proceso mediante el cual cortamos el patín de una viga para que embone en otra viga o se superponga en otra viga como vemos en la imagen.*

Como vemos en la imagen al realizar el corte dañaron considerablemente la viga correspondiente; Aquí es muy importante revisar el daño estructural que esto pueda causar ya que normalmente al cortar de esa manera la viga se tiene que retirar y colocar otro elemento nuevo.



### FALTA DE LINEALIDAD EN COLUMNA DEBIDA A UN MAL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA

En revisión de un clúster (estructura de 3 niveles columnas 60x60) se detectó que el empate de columnas, correspondiente a un nivel 72.6 m tiene defectos de soldadura, así como de linealidad en el empate de elementos.



*Figura 1.13 Detalles vistos en obra FUENTE: Fotos detalles indicados por Supervisión, Obra Ciudad de México*

En las imágenes del reporte de supervisión podemos apreciar que primeramente no esta a plomo la columna (no tiene linealidad) por lo cual es un problema que se debe prevenir a la hora de empezar la soldadura.

Es muy importante que las columnas tengan linealidad ya que al considerarse las excentricidades que se generen en las conexiones, debemos verificar que el centro de gravedad del grupo de soldaduras colocadas en un punto de un miembro sometido a una acción de una carga axial debe coincidir con el eje de gravedad del miembro en cuestión.



En el IMCA en el capítulo 7 se considera que cada tramo de columna está a plomo si la desviación de la vertical de su línea de trabajo no excede de 1:500, con algunas limitantes como son:

En caso de tener columnas adyacentes a cubos de elevadores no debe haber variación de 25 mm de su eje teórico en los primeros 20 pisos de un edificio; a mayores alturas se puede incrementar la desviación en 1mm por cada piso adicional, sin sobrepasar los 50 mm.

En campo se comete mucho el error de considerar el 1:500 en varios niveles, y es erróneo ya que se debe considerar por cada nivel.

Además, que dicha columna tiene mas de 50 mm de grueso y también se ve sujeto a esfuerzos primarios de tensión, así también debemos asegurarnos que se ha precalentado el material y sobre todo la inspección superficial del miembro inicial cortado con un equipo de corte.

Los problemas que pueden ocasionar este tipo de conexiones mal soldadas y luego que no tenga linealidad la columna puede ocasionar un desgarramiento parcial de la columna.

Por efecto del sismo principalmente se debe trabajar de tal manera que no se generen grandes contracciones en las soldaduras, y mas de ese tamaño de espesor como vemos en las imágenes.

## DETALLES MAL EJECUTADOS EN TALLER.

En la revisión de la estructura de un domo que llevamos en la estructura se detecto que dos placas banderas correspondientes a traves W30X90 no corresponden con las disposiciones de proyecto.

La placa bandera en obra tiene 50cm de longitud y 8 agros, en proyecto la placa bandera debería tener 62 cm de longitud y 9 agros en total.

Este problema se suele presentar normalmente cuando no hay una comunicación exigente por parte de los diseñadores estructurales y la ejecución en obra, ya que se puede presentar que cada quien tenga diferentes especificaciones del proyecto



LARGUERO	DIMENSIONES					PLACA	TORNILLOS			SOLAPADURA	
	A mm	B mm	C mm	D mm	E mm		E al (°)	N mm	# mm		TPO
M10112	25	40	62	40	200	10	3	19	A-325	A	8
M10114	25	40	62	40	200	10	4	19	A-325	A	8
M10122	40	40	62	40	200	10	4	19	A-325	A	8
M10128	40	40	62	40	200	10	3	19	A-325	A	8
M10130	40	40	62	40	200	10	3	19	A-325	A	8
M10132	40	40	62	40	200	10	3	19	A-325	A	8
M10134	40	40	62	40	200	10	3	19	A-325	A	8
M10136	40	40	62	40	200	10	3	19	A-325	A	8
M10138	40	40	62	40	200	10	3	19	A-325	A	8
M10140	40	40	62	40	200	10	3	19	A-325	A	8
M10142	40	40	62	40	200	10	3	19	A-325	A	8
M10144	40	40	62	40	200	10	3	19	A-325	A	8
M10146	40	40	62	40	200	10	3	19	A-325	A	8
M10148	40	40	62	40	200	10	3	19	A-325	A	8
M10150	40	40	62	40	200	10	3	19	A-325	A	8
M10152	40	40	62	40	200	10	3	19	A-325	A	8
M10154	40	40	62	40	200	10	3	19	A-325	A	8
M10156	40	40	62	40	200	10	3	19	A-325	A	8
M10158	40	40	62	40	200	10	3	19	A-325	A	8
M10160	40	40	62	40	200	10	3	19	A-325	A	8
M10162	40	40	62	40	200	10	3	19	A-325	A	8
M10164	40	40	62	40	200	10	3	19	A-325	A	8
M10166	40	40	62	40	200	10	3	19	A-325	A	8
M10168	40	40	62	40	200	10	3	19	A-325	A	8
M10170	40	40	62	40	200	10	3	19	A-325	A	8
M10172	40	40	62	40	200	10	3	19	A-325	A	8
M10174	40	40	62	40	200	10	3	19	A-325	A	8
M10176	40	40	62	40	200	10	3	19	A-325	A	8
M10178	40	40	62	40	200	10	3	19	A-325	A	8
M10180	40	40	62	40	200	10	3	19	A-325	A	8
M10182	40	40	62	40	200	10	3	19	A-325	A	8
M10184	40	40	62	40	200	10	3	19	A-325	A	8
M10186	40	40	62	40	200	10	3	19	A-325	A	8
M10188	40	40	62	40	200	10	3	19	A-325	A	8
M10190	40	40	62	40	200	10	3	19	A-325	A	8
M10192	40	40	62	40	200	10	3	19	A-325	A	8
M10194	40	40	62	40	200	10	3	19	A-325	A	8
M10196	40	40	62	40	200	10	3	19	A-325	A	8
M10198	40	40	62	40	200	10	3	19	A-325	A	8
M10200	40	40	62	40	200	10	3	19	A-325	A	8
M10202	40	40	62	40	200	10	3	19	A-325	A	8
M10204	40	40	62	40	200	10	3	19	A-325	A	8
M10206	40	40	62	40	200	10	3	19	A-325	A	8
M10208	40	40	62	40	200	10	3	19	A-325	A	8
M10210	40	40	62	40	200	10	3	19	A-325	A	8
M10212	40	40	62	40	200	10	3	19	A-325	A	8
M10214	40	40	62	40	200	10	3	19	A-325	A	8
M10216	40	40	62	40	200	10	3	19	A-325	A	8
M10218	40	40	62	40	200	10	3	19	A-325	A	8
M10220	40	40	62	40	200	10	3	19	A-325	A	8
M10222	40	40	62	40	200	10	3	19	A-325	A	8
M10224	40	40	62	40	200	10	3	19	A-325	A	8
M10226	40	40	62	40	200	10	3	19	A-325	A	8
M10228	40	40	62	40	200	10	3	19	A-325	A	8
M10230	40	40	62	40	200	10	3	19	A-325	A	8
M10232	40	40	62	40	200	10	3	19	A-325	A	8
M10234	40	40	62	40	200	10	3	19	A-325	A	8
M10236	40	40	62	40	200	10	3	19	A-325	A	8
M10238	40	40	62	40	200	10	3	19	A-325	A	8
M10240	40	40	62	40	200	10	3	19	A-325	A	8
M10242	40	40	62	40	200	10	3	19	A-325	A	8
M10244	40	40	62	40	200	10	3	19	A-325	A	8
M10246	40	40	62	40	200	10	3	19	A-325	A	8
M10248	40	40	62	40	200	10	3	19	A-325	A	8
M10250	40	40	62	40	200	10	3	19	A-325	A	8
M10252	40	40	62	40	200	10	3	19	A-325	A	8
M10254	40	40	62	40	200	10	3	19	A-325	A	8
M10256	40	40	62	40	200	10	3	19	A-325	A	8
M10258	40	40	62	40	200	10	3	19	A-325	A	8
M10260	40	40	62	40	200	10	3	19	A-325	A	8
M10262	40	40	62	40	200	10	3	19	A-325	A	8
M10264	40	40	62	40	200	10	3	19	A-325	A	8
M10266	40	40	62	40	200	10	3	19	A-325	A	8
M10268	40	40	62	40	200	10	3	19	A-325	A	8
M10270	40	40	62	40	200	10	3	19	A-325	A	8
M10272	40	40	62	40	200	10	3	19	A-325	A	8
M10274	40	40	62	40	200	10	3	19	A-325	A	8
M10276	40	40	62	40	200	10	3	19	A-325	A	8
M10278	40	40	62	40	200	10	3	19	A-325	A	8
M10280	40	40	62	40	200	10	3	19	A-325	A	8
M10282	40	40	62	40	200	10	3	19	A-325	A	8
M10284	40	40	62	40	200	10	3	19	A-325	A	8
M10286	40	40	62	40	200	10	3	19	A-325	A	8
M10288	40	40	62	40	200	10	3	19	A-325	A	8
M10290	40	40	62	40	200	10	3	19	A-325	A	8
M10292	40	40	62	40	200	10	3	19	A-325	A	8
M10294	40	40	62	40	200	10	3	19	A-325	A	8
M10296	40	40	62	40	200	10	3	19	A-325	A	8
M10298	40	40	62	40	200	10	3	19	A-325	A	8
M10300	40	40	62	40	200	10	3	19	A-325	A	8
M10302	40	40	62	40	200	10	3	19	A-325	A	8
M10304	40	40	62	40	200	10	3	19	A-325	A	8
M10306	40	40	62	40	200	10	3	19	A-325	A	8
M10308	40	40	62	40	200	10	3	19	A-325	A	8
M10310	40	40	62	40	200	10	3	19	A-325	A	8
M10312	40	40	62	40	200	10	3	19	A-325	A	8
M10314	40	40	62	40	200	10	3	19	A-325	A	8
M10316	40	40	62	40	200	10	3	19	A-325	A	8
M10318	40	40	62	40	200	10	3	19	A-325	A	8
M10320	40	40	62	40	200	10	3	19	A-325	A	8
M10322	40	40	62	40	200	10	3	19	A-325	A	8
M10324	40	40	62	40	200	10	3	19	A-325	A	8
M10326	40	40	62	40	200	10	3	19	A-325	A	8
M10328	40	40	62	40	200	10	3	19	A-325	A	8
M10330	40	40	62	40	200	10	3	19	A-325	A	8
M10332	40	40	62	40	200	10	3	19	A-325	A	8
M10334	40	40	62	40	200	10	3	19	A-325	A	8
M10336	40	40	62	40	200	10	3	19	A-325	A	8
M10338	40	40	62	40	200	10	3	19	A-325	A	8
M10340	40	40	62	40	200	10	3	19	A-325	A	8
M10342	40	40	62	40	200	10	3	19	A-325	A	8
M10344	40	40	62	40	200	10	3	19	A-325	A	8

## DETALLE DE FABRICACIÓN

Se localizó que un elemento cuenta con un empate entre dos secciones de trabe W30X90 que tienen diferencias geométricas de consideración.

De acuerdo con el IMCA el elemento estaría al límite de la tolerancia permitida. Al ser una zona de máximos esfuerzos y se debe revisar y descartar que existan elementos que incumplan con las tolerancias aceptables.



Figura 1.15 El empate de una W30X90 con patín  $b_f = 265$  mm de acuerdo con el IMCA, del empate hacia la parte superior el elemento cumple con tolerancias, pero del empate de abajo, el elemento se encuentra al límite de la tolerancia permitida. FUENTE: Fotos detalles indicados por Supervisión, Obra Ciudad de México.

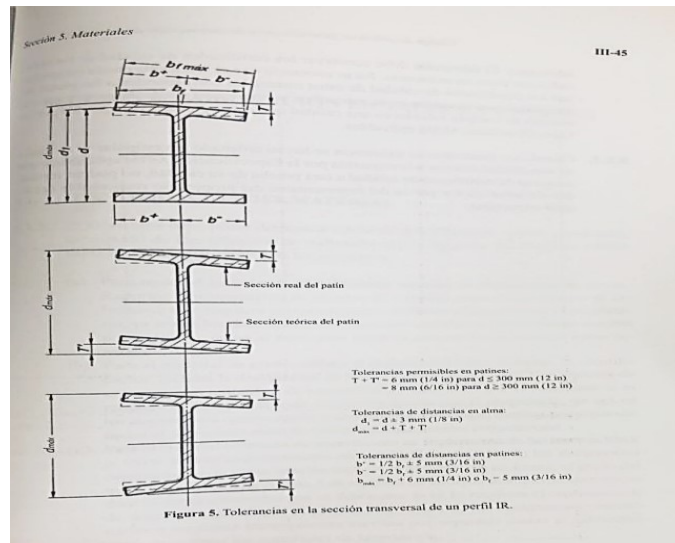


Figura 1.16 Tolerancias permitidas por el IMCA FUENTE: IMCA

Como hemos mencionado anteriormente, se permite una variación de 1mm a lo largo total de miembros con extremos alisados por contacto.

En la sección **6.4.3** indica que los miembros terminados no tendrán torceduras dobles ni juntas abiertas. Los defectos muy notables de este tipo serán motivo de rechazo de la pieza.

Cuando no se especifica una contra flecha determinada para vigas y armaduras, se procurará fabricarlas de forma tal que, en caso de existir flecha en los materiales laminados, al montarse las piezas, la curvatura quede como contra flecha.

*\*I.M.C.A. "MANUAL DE CONSTRUCCIÓN EN ACERO" (Segunda Edición, vol. 1) Editorial Limusa, Noriega Editores, 1992 (c 1987), 236 p.*

### **FALTA DE TORNILLERÍA EN VIGAS SECUNDARIAS:**



*Figura 1.17 Falta de tornillería en trabe secundaria. FUENTE: Fotos detalles indicados por Supervisión, Obra Ciudad de México*

Este problema es muy común en la construcción de estructuras metálicas y por eso debe haber una supervisión muy rigurosa detectando este tipo de problemas y que se corrijan a la brevedad ya que en algunos casos ya tenemos coladas las losas (los acero), y ya tenemos montados algunos niveles superiores de la estructura y es de cierto modo peligroso.

### **MALA COLOCACIÓN DE TRABES:**

En revisión de unas ménsulas metálicas para recibir un puente, se encuentra que la trabe de borde W24x131 no tiene contacto completo con la ménsula metálica. Dado que la función de la viga de borde que se conoce normalmente como trabe riel, es que la trabe no pierda contacto, y en la posición actual no se garantiza un correcto trabajo, por lo cual será necesario corregir la ubicación de esa trabe.



*Figura 1.18 Trabe riel fuera de la ménsula , 15 cm afuera FUENTE: Fotos detalles indicados por Supervisión, Obra Ciudad de México*

En este caso la solución fue ajustar la conexión de las dos vigas para que la viga riel tuviera contacto con la ménsula y esto es básicamente lógico ya que de esa forma los esfuerzos y la fuerza puntual que esa viga transmite a la ménsula se distribuyen adecuadamente.

### **CORTES NO AUTORIZADOS:**

En revisión de trabajos de habilitado de estructura para un puente se encontraron cortes no autorizados en la punta de la trabe en volado. Derivado de los cortes se retira atieizador que corresponde a una de las vigas existentes.

## Proceso Constructiva de una Estructura Metálica en la Ciudad de México



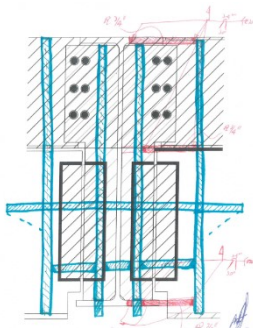
Figura 1.19 Detalle trabe En azul se marca los cortes generados de la trabe , en amarillo se señala la trabe a la que se le retiro un atieizador afuera FUENTE: Fotos detalles indicados por Supervisión, Obra Ciudad de México



Figura 1.20 Se marca zona donde tenemos estos detalles . FUENTE: Plano indicando donde se ubican los detalles Obra Ciudad de México

### Solución

Se realizó una reparación anexando detalle, en el cual se adicionan placas horizontales que abarcarán la ménsula de apoyo y servirán para evitar el giro de la trabe.



*Figura 1.21 Detalle solución para esa conexión .*



*Figura 1.22 Solución en físico .*

### **Justificación**

Sabemos que los atizadores sirven principalmente para dar estabilidad a la sección transversal de un elemento estructural, (en este caso las trabes).

Conocemos que los esfuerzos internos de las vigas son la flexión, torsión, y esfuerzo cortante, donde las tensiones normalmente pueden determinarse a partir de los esfuerzos internos, donde si conocemos el sistema de ejes principales de inercia de la viga, podemos calcular la flexión, cortante y en este caso la **torsión**.

En este caso esta viga de este puente se diseñó también por torsión, y los atizadores sirven para trabajar a torsión, por lo tanto, se debe revisar adecuadamente esta condición cuando se retiran esos atizadores.

También se revisa para evitar pandeo en el alma, lo cual alguna vez hemos visto en la sección 3.3.2.3 del NTC.

**MÉNSULAS NO CUMPLEN CON LONGITUD MÍNIMA DE PROYECTO:**



## Proceso Constructiva de una Estructura Metálica en la Ciudad de México

Revisando las ménsulas de una Cubierta se detectó que al menos dos elementos no cumplen con la longitud mínima requerida para un nivel en particular, (1500 mm de longitud: 750 mm de junta constructiva, 750 mm de apoyo).

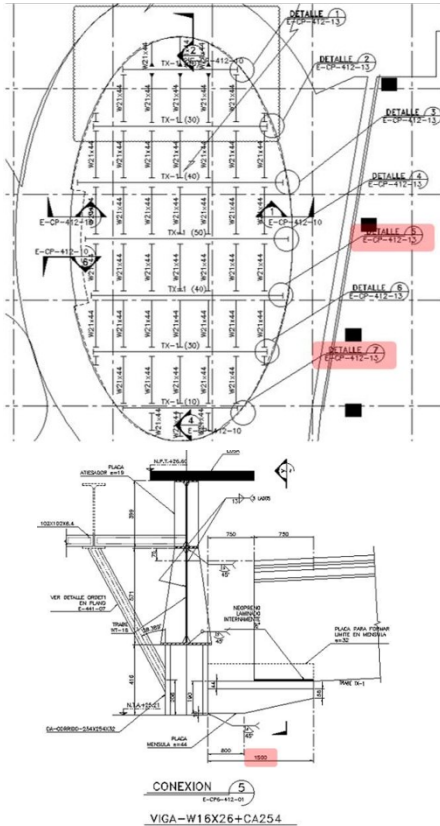
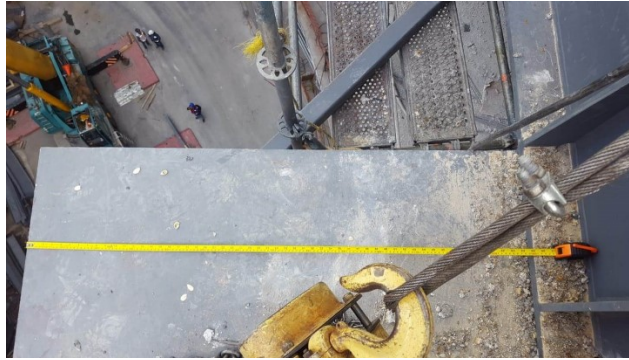


Figura 1.23 Detalles marcados en rojo , FUENTE : Detalles marcados por supervisión indicados posición donde se encuentran los problemas .



Figura 1.24 Detalles marcados en rojo , cota requerida por proyecto estructural 1500 mm y en físico tiene 1300 mm FUENTE : Detalles marcados por supervisión indicados posición donde se encuentran los problemas Obra Ciudad de México .





*Figura 1.25 Se observa que en su sentido mas corto dicha ménsula tiene 1400 mm cuando debería tener 1500 mm como lo indican los planos estructurales FUENTE : Detalles marcados por supervisión indicados posición donde se encuentran los problemas Obra Ciudad de México .*

### **Justificación**

En este caso sabemos primeramente que debemos cumplir completamente con todas las disposiciones e indicaciones de los planos estructurales, independientemente si tenemos holguras o que alguna conexión o apoyo este sobrado con respecto a otro elemento estructural.

Sabemos que existen ménsulas cortas y ménsulas largas las cuales trabajan normalmente a flexión; estos elementos normalmente se usan en la construcción de puentes.

Existen en la obra normalmente dos tipos los cuales son los de tipo móvil y los de tipo fijo, por esto es importante revisar medidas en planos estructurales con dedicación a la hora de montar estos elementos, ya que si una ménsula quedo corta como en el caso que estamos revisando y dicha ménsula era el lado móvil, cuando el elemento que desplante en la ménsula tenga movimiento puede que no tenga suficientemente espacio o el requerido para hacerlo.

Los apoyos fijos normalmente son al contrario no necesitan medidas tan largas en el lado corto y el largo.

Estas ménsulas normalmente ocupan atiesadores en la parte inferior, sobre todo cuando no está trabajando correctamente a torsión.

Es importante saber también el uso del NEOPRENO en este tipo de apoyos móviles ya que son muy susceptibles al daño debido al constante uso y movimiento sísmico cuando se presente.

La función principal de los apoyos es proveer una conexión entre la base y la estructura para poder controlar las vibraciones y distintos movimientos que normalmente tienen estas estructurales .

### **CONTRAVIENTOS**

Es un elemento estructural que se usa para aumentar rigidez lateral de un edificio. Los marcos con contravientos se clasifican básicamente en dos grupos: marcos con contravientos concéntricos y con contravientos excéntricos.

Normalmente es recomendable que el contraviento tenga aproximadamente la misma capacidad en ambos ejes principales, por lo que en la práctica es común que los contravientos tengan secciones cajón.

Pero el diseño del contraviento queda usualmente definido por la capacidad del contraviento por pandeo global en compresión en plano perpendicular al eje del marco.

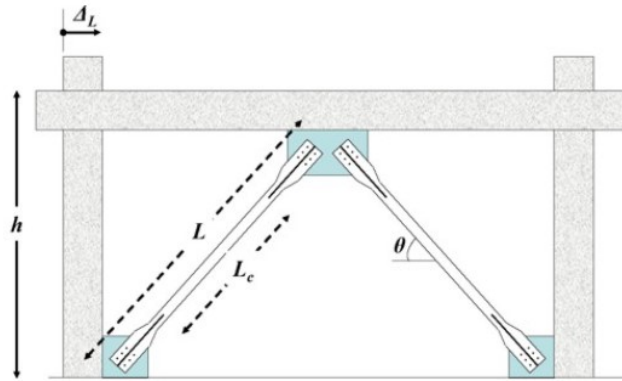


Figura 1.26 Contraviento FUENTE : [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0185-092X2009000100001](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-092X2009000100001)

### PLACAS GUSSET:

Una forma de reforzar estructuras es mediante contravientos de acero. Esta placa es una placa para conectar vigas a columnas, una placa puede ser soldada, atornillada, o una combinación a mientras permanentemente. No solo sirven como un método para unir miembros de acero sino también para reforzar la articulación.

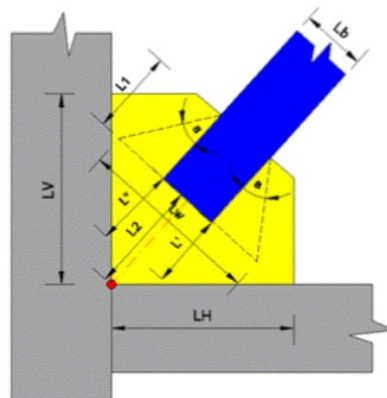


Figura 1.27 Placa Gusset (Amarillo) FUENTE : Diseño de contraviento y placas gusset de conexión para soportar disipadores de energía .

Estas placas son usadas para conectar vigas y columnas principalmente. Son muchas veces la única forma de conectarlos mediante tornillería o soldadura.

El material y tamaño varia dependiendo de la estructura. Muchas veces requerimos placas de hasta mas de 2m de alto y mas de 2" de espesor.

Su principal función es proveer una forma fácil de reforzar estructuras que no pueden soportar a largo plazo las cargas principales.

### **CRITERIOS TÉCNICOS**

En construcción al analizar y revisar los procesos constructivos de estas conexiones nos podemos dar cuenta que a veces tenemos estos problemas.

1.- La distancia L1 que podemos ver en la figura es muy importante, la podemos llamar coloquialmente (longitud de empotre de la viga en la placa gusset), y se debe tener principal cuidado que la distancia que indica los planos de diseño sea exactamente la que tengamos en obra.

2.- La soldadura que aplicamos en la placa gusset (unión con columna, contraviento) debe ser del grosor que indican los planos de diseño) ya que mediante la soldadura se transmiten las cargas de los marcos correspondientes y debe tener la capacidad de transmitir las.

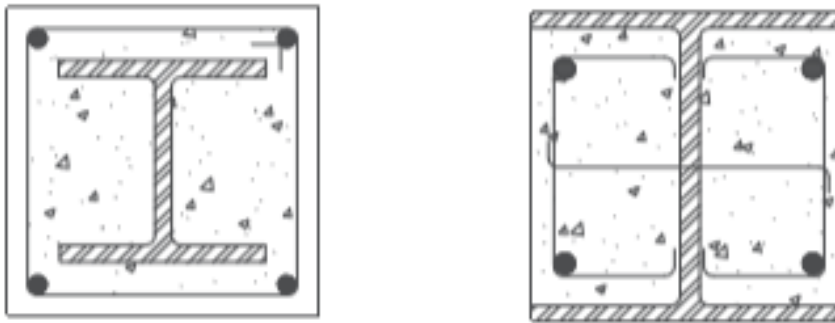
3.- Al ser placas para unir los contravientos con las vigas de la estructura debemos tener presente que se usan en el proceso general para aumentar la rigidez lateral de un edificio. Al modificar la rigidez (proporción entre los esfuerzos y las deformaciones) , en forma indirecta ayudan a controlar las deformaciones de la estructura ante movimientos laterales ( sismos , viento etc. ) .

Por lo tanto, se debe revisar adecuadamente y detalladamente este tipo de conexiones.

## CONSTRUCCIÓN COMPUESTA

Es importante que toquemos este tema ya que normalmente en muchas construcciones se diseñan miembros estructurales formados por perfiles de acero que trabajan con elementos de concreto reforzados.

En este caso me he visto involucrado en este tipo de construcciones compuestas; ya sea con columnas híbridas (como les suelen llamar) , losa cero , vigas compuestas etc. .



*Ejemplo de columnas compuestas.*

*Figura 1.28 FUENTE : Construcción Compuesta Acero Concreto*

Podemos trabajar con columnas metálicas embebidas en concreto o vigas compuestas libremente apoyadas o continuas ligadas con la losa de concreto por medio de conectores de cortante o ahogados en concreto.

Este tipo de construcciones nos ayudan a tener mayor resistencia a la corrosión; el concreto reforzado en el caso de elementos estructurales en una sección de acero recubierta de concreto da una protección adicional ante la corrosión.

Otro factor a favor es la rapidez en la construcción ya que al avanzar con el montaje de la estructura de acero no se necesita esperar el fraguado del concreto reforzado.

### ***Desventajas:***

- Lograr que el concreto y el acero trabajen en conjunto requiere el uso de conectores especiales (Tipo Nelson, por ejemplo), y trabajo adicional respecto al caso de la construcción convencional en acero o de concreto reforzado por separado.
- Durante el proyecto la resistencia despreciable a la tensión del concreto agrega un grado de complejidad a la hora de determinar la rigidez de los elementos estructurales.
- Durante la construcción es necesario ver las especificaciones tanto de concreto reforzado como de construcción en acero.
- La construcción compuesta implica dos materiales que conforman un elemento estructural o dos elementos de diferente naturaleza que trabajan conjuntamente.

De esta forma los dos materiales deben trabajar como uno solo y trabajan conjuntamente para resistir las solicitaciones.

Para que ocurra acción compuesta es necesario una transmisión de esfuerzos entre el acero y el concreto y viceversa.

Existen diversos tipos de construcción compuesta; los principales son dos. El primer tipo consiste en la utilización de elementos compuestos hechos de acero y concreto reforzado, en que ambos materiales responden como uno ante diversas solicitaciones.

Se debe asegurar que las cargas pueden transmitirse del acero al concreto reforzado y viceversa.

El segundo se refiere a sistemas estructurales que combinan elementos estructurales de acero, de concreto, e incluso compuestos, los que se conectan entre sí para resistir las sollicitaciones que trabajan en la estructura.

La falla del concreto reforzado en compresión ocurre cuando la tensión en la fibra externa del concreto, iguala el esfuerzo de ruptura en la zona de compresión  $f'_c$ , antes de que el perfil de acero haya experimentado fluencia significativa.

Es una falla repentina que se caracteriza porque se desprende el concreto en el área de falla. La capacidad del elemento se ve reducida a la capacidad de la viga de acero.

### **PERFILES DE ACERO AHOGADOS EN CONCRETO REFORZADO**

En el caso de columnas mixtas, existen dos tipos de miembros; perfiles de acero embebidos en hormigón y perfiles tubulares rellenos de hormigón; en este caso solo hablaremos el primero.

Debido a su forma constructiva, se diseñan únicamente para las cargas gravitacionales, por ejemplo, es práctica común interrumpir la columna en el nodo y dejar la viga pasar en forma continua.

En el caso de columnas mas importantes en tamaño, puede ejecutarse una unión soldada de la viga a la columna en taller, dejando los empalmes de viga alejados de la unión.

Las columnas embebidas en concreto deben estar sujetas a las siguientes limitaciones.

- El área de la sección del núcleo del acero debe ser por lo menos 1% de la sección compuesta
- Deberá ser reforzado con barras longitudinales continuas y estribos o ganchos

### ***Criterios Técnicos:***

En columnas de este tipo las principales consideraciones a revisar son.

- Mala colocación de estribos en pernos adosados al perfil metálico.
- Revisión de los nodos donde se concentra la mayor cantidad de esfuerzos, (Conexión adecuada y/o colocación de estribos y ganchos)
- Conexión de uniones intermedias en columnas. Revisar que estén apretados los tornillos (torque) antes de colocar estribos.
- Vibrado a la hora de colocación de concreto.

### **LOSA CERO**

Cuando hablamos de los elementos en flexión, debemos analizar las losas conectadas a las vigas de acero las cuales proveen soporte lateral continuo al patín superior bajo un momento positivo. Si el alma no es esbelta, entonces es posible aprovechar la capacidad plástica completa de la sección. Si es esbelta, es necesario ver la posibilidad de pandeo del alma por flexo torsión del patín inferior de la viga de acero.

En el caso de las vigas que soportan una losa de concreto reforzado es necesario definir adecuadamente el ancho de losa de concreto que actuará en la resistencia de la sección.

Se entiende que en el diseño se considera un ancho efectivo sobre el que actúa un esfuerzo uniforme cuyo efecto se asemeja al de la verdadera distribución de esfuerzos sobre todo el ancho.



Uno de los problemas que tenemos al colar la (losa cero) es la retracción que es el acortamiento que ocurre en el concreto que es independiente de la carga externa. Se genera debido a la evaporación y absorción de agua durante el fraguado del concreto.

Se genera un momento flexionante positivo en la viga compuesta, debido a que el concreto de la losa trata de acortarse. Este fenómeno tiene a aumentar las deformaciones de la viga.

*\*JLYM NMPA. (2012). Estructura Metálica . 2020, de TERNIUM Sitio web: <http://estructura-metalica.blogspot.com/2012/11/losacero-generalidades-es-una-lamina-de.html>*

### **CRITERIO A CONSIDERAR (APUNTALAMIENTO Y NO APUNTALAMIENTO)**

Durante el proceso de diseño se debe revisar este factor ya que durante el método constructivo se detecta que afecta la distribución de esfuerzos y la deformación de los elementos compuestos.

Cuando no tenemos una acción compuesta (sección de acero) el concreto y el acero resisten por separado parte de la carga. La carga puede aumentarse hasta que se genera la ruptura del concreto en compresión.

Cuando tenemos una sección compuesta y no se aplica el apuntalamiento la viga de acero debe inicialmente resistir el peso propio más el de la losa de concreto. Una vez se ha endurecido el concreto la sección compuesta toma el resto de las cargas muertas y las cargas vivas. La capacidad es mayor que la de la viga sin acción compuesta y las deformaciones menores una vez que el concreto ha fraguado, debido a que una buena parte de la sección aporta a la resistencia y la rigidez.

Cuando se aplica el apuntalamiento, la viga de acero está soportada adicionalmente durante la construcción hasta que el concreto reforzado haya alcanzado un porcentaje específico de su resistencia. El apuntalamiento asegura que la carga muerta del concreto es soportada por la sección compuesta de mayor rigidez en lugar de considerar solo la sección de acero.

La capacidad de la sección es la misma independiente del apuntalamiento, sin embargo, las deformaciones son menores debido a que la sección que resiste las cargas muertas es mayor.

### **Conectores de Cortante.**

En el caso de vigas que soportan una losa de concreto reforzado bajo un momento positivo la capacidad de transmisión de cortante a través del acero-concreto esta dada principalmente a la capacidad de los conectores de cortante usualmente conocidos como pernos Nelson).

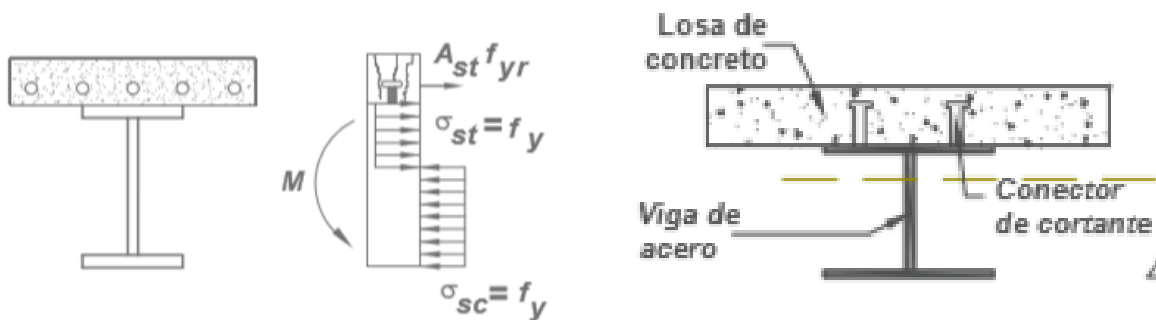


Figura 1.29 Conectores a Cortante. FUENTE : Construcción Compuesta

Si fueran vigas que soportaran una losa bajo momento negativo la capacidad de transmisión de cortante a través de acero-concreto se daría por la plastificación del acero solamente y no por la plastificación del bloque de concreto (en el caso vigas trabajando bajo un momento positivo).

La resistencia nominal de un conector está controlada por la resistencia del material del conector, la unión conector-acero y por la resistencia del concreto reforzado en contacto con el perno conector de cortante.

La resistencia del conector de cortante está afectada por la disposición de los conectores. En el caso de perfiles de acero embebidos o rellenos de concreto, esos efectos no son de importancia y ambos factores son iguales a uno. Cuando tenemos losas apoyadas sobre vigas de acero tenemos diferentes resistencias.

### ***Criterios Técnicos:***

En la construcción tenemos algunos problemas cuando utilizamos losacero; los más importantes son los siguientes.

- Mala disposición de conectores de cortante; (Si se colocan a distancias que no vengán a proyecto podemos tener problemas con las resistencias de cortante).
- Soldadura mal ejecutada; aquí tenemos un criterio que hemos visto en las normas de soldadura en este tipo de conexiones; al colocar la losa cero sobre las vigas de borde principalmente tenemos disposiciones para colocar la losa cero; normalmente aplicamos soldadura en la unión (5cm, espacio 10 cm, 5cm , espacio 10 etc.)
- Aplicar pernos con perneadora o a mano; aquí debemos tener cuidado ya que con la perneadora es más fácil y más rápido colocarlos, pero en algunos casos es mejor colocarlos a mano ya que al hacer las pruebas de doblez de pernos nos podremos encontrar que con la perneadora se caen muchos.

### IMPORTANCIA DE LAS NORMAS Y MANUALES

Es necesario recalcar la importancia que tienen algunos manuales o reglamentos que existen y regulan principalmente todas las cuestiones y procedimientos constructivos en estructuras de acero.

**AISC:** Organización de fabricantes de acero estructural principalmente y se encarga de la investigación al uso de productos de acero.

**AWS:** Sociedad Americana de Soldadura, Las especificaciones de la AWS se consideran como autoridades y generalmente con suplementarias a las especificaciones generales de diseño.

**IMCA:** Instituto Mexicano de la Construcción en Acero. Sus Principales objetivos son; Promover y realizar estudios e investigaciones de carácter científico, técnicos y económico, así como colaborar en la normalización de sus insumos y procurar la racionalización de estos.

*\*Este manual que considero es el más importante; incluye tablas de dimensiones, propiedades de perfiles, montaje de estructuras de acero, especificaciones de diseño, fabricación, soldadura, tornillería, uniones con tornillería, soldadura, etc.*

### CONCLUSIONES

Es de gran importancia tener conocimiento como ya he mencionado anteriormente de todos los Criterios tanto Técnicos, como Teóricos ya que al tener presente lo mas importante de cada uno podremos supervisar adecuadamente cualquier proyecto de Estructuras Metálicas.

Al conocer y analizar estas dos partes nos podremos dar cuenta que conocemos la forma adecuada de revisar el procedimiento constructivo de una estructura metálica.

Dentro de las estructuras ningún elemento tiene menor importancia que otro. Cada miembro desempeña una tarea específica y con esto se logra el funcionamiento adecuado de toda la estructura. Por tal motivo, el ingeniero supervisor debe tener la obligación de revisar y supervisar el procedimiento constructivo apegándose a las normas, reglamentos y manuales correspondientes.

La aportación mas importante de esta tesina es principalmente dar una idea clara al Ingeniero de los problemas y factores que se encontrará al supervisar cualquier obra de estructura metálica.

Para comprender la información referida en este trabajo no es necesario tener conocimientos muy teóricos, pero si los básicos que hemos visto en la Carrera de Ingeniería Civil.

El Ingeniero Supervisor antes de considerar el procedimiento constructivo en una obra, debe tener una idea clara de que procesos se han llevado a cabo, qué criterios se consideraron, reglamentos a considerar, normas generales; antes que las piezas fabricadas lleguen a su destino.

Es bueno señalar que este trabajo podría ser ampliado de manera que su alcance fuera mayor. Podríamos profundizar mas en el tema de la soldadura que es un tema muy importante en las conexiones de una estructura metálica, y podríamos ver las diferencias mas importantes con las conexiones atornilladas.

Finalmente creo necesario recalcar que las consideraciones expuestas en esta tesina nos pueden brindar una forma mas clara de visualizar el trabajo de supervisión en

la estructura metálica, y las consideraciones técnicas mas importantes en las cuales debemos enfocarnos si nos vemos involucrados.

### BIBLIOGRAFÍA

*NTC, Normas Técnicas Complementarias para diseño y construcción de estructuras de acero.*

*IMCA, Instituto Mexicano de la Construcción en Acero, A.C. Editorial LIMUSA., 4ª Edición 2003.*

*GERDAU CORSA, publicaciones, libros “Construcciones Compuestas”*

*AISC 341-16 (2016), “Seismic provisions for structural steel buildings”, American Institute of Steel Construction, Chicago, IL.*

*AWS, Código para soldadura estructural acero, ANSI, Norma Nacional Americana, Sociedad Americana de Soldadura, Calificación, Tipos de soldadura.*

*NTCM-04, (2004), “Normas técnicas complementarias sobre criterios y acciones para el diseño y construcción de estructuras metálicas”, Gaceta Oficial del Distrito Federal”.*

*[https://es.slideshare.net/RICHARD\\_SANCHEZ13/estructuracion-de-edificios-en-marcos-de-acero-pdf](https://es.slideshare.net/RICHARD_SANCHEZ13/estructuracion-de-edificios-en-marcos-de-acero-pdf).*

*Diseño de Estructuras Metálicas. Williams & Harris – C.E.C.S.A, 2a Edificación – Junio de 1979.*

*[https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-50732014000200001](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-50732014000200001)*

*<https://www.esab.com.ar/ar/sp/education/blog/dilatacion-y-contracion-de-los-metales-en-la-soldadura.cfm>*

*<http://www.cjeingenieros.com/2018/01/25/conexion-rigida-o-articulada/>*

[https://previa.uclm.es/area/ing\\_rural/trans\\_const/elementosconstruccion02.pdf](https://previa.uclm.es/area/ing_rural/trans_const/elementosconstruccion02.pdf)

*El-Tawil, S., y Harries, K. (2007), "Recommendations for seismic design of hybrid coupled walls", Proceedings ASCE Structures Congress 2007.*