

## IV FABRICACIÓN

### IV.1 Planos de taller

El fabricante de la estructura, basándose en los planos de Proyecto asignados para la fabricación de la estructura, realizará los planos de taller para definir completamente todos los elementos de la estructura metálica, debiendo comprobar en obra las cotas de proyecto y la compatibilidad con el resto de la construcción.

Los planos de taller contendrán en forma completa:

Las dimensiones necesarias para definir claramente todos los elementos de la estructura, las cuales generalmente están dadas en mm (milímetros).

Las contra-flechas de las vigas cuando estén previstas.

La disposición o arreglo de las uniones, incluso las provisionales.

El diámetro de los agujeros de los tornillos, con la clara indicación de la forma o método como deben de realizarse (cizalla, taladro u otro método), se deberá indicar también la clase y diámetro de los tornillos.

La forma y dimensiones de las uniones soldadas, preparación de bordes, procedimientos y posición de la soldadura, las características del material de aportación y orden de ejecución si es este necesario.

Las indicaciones de los métodos o tratamientos especiales que se le deba de dar a un elemento en particular.

Todos los planos de taller deberán de llevar indicados normalmente en forma de tabla como se muestra en la tabla IV.1 los perfiles, tipo de acero, pesos y

marcas de cada uno de los elementos de la estructura representados en él, así como un CUADRO DE NOTAS en donde se indicarán las características particulares requeridas para la fabricación de la estructura.

TABLA DE TRABES					
	NPT	T-1	T-2	T-3	T-4
N-3	10.42	IR 460 X 52	IR 460 X 74	IR 410 X 67	2 CF 203 X 12
N-4	14.35	IR 460 X 52	IR 460 X 74	IR 410 X 67	2 CF 203 X 12

Donde:

NPT: Nivel de Piso Terminado dado en metros.

N-3: Número de Nivel.

T-1: Número o Marca de Trabe proporcionado por el fabricante de la estructura para su montaje.

IR 460 x 52: IR (Perfil Tipo I Rectangular), 460 es el Peralte o altura del perfil en milímetros y 52 es el peso en kilogramos por metro lineal.

## NOTAS

- 1.- Acotamiento en milímetros.
- 2.- Niveles en metros.
- 3.- Verificar niveles, acotaciones, paños y ejes con planos arquitectónicos definitivos.
- 4.- La designación de los perfiles es de acuerdo con la última edición del manual IMCA (Instituto, Mexicano de la Construcción en acero).
- 5.- Las trabes serán perfiles laminados tipo "IR" (Tipo W según AISC.) de acero A-572 grado 50 con  $f_y=3515 \text{ Kg/cm}^2$ .
- 6.- Las placas de conexión y atiesadores serán de acero ASTM A-36 con  $f_y=2530 \text{ Kg/cm}^2$ .
- 7.- Los tornillos para las conexiones serán de alta resistencia A-325 de tensión controlada y llevarán una arandela plana endurecida.
- 8.- La soldadura para unir placas y perfiles laminados será con electrodos E-70 y cumplirá con las especificaciones A.W.S.
- 9.- La soldadura para unir placas con varilla corrugada será con electrodos E-90 y cumplirá con las especificaciones A.W.S.
- 10.- Los perfiles se protegerán con un recubrimiento que sea anticorrosivo e ignífugo. En caso de dañarse dicho recubrimiento en el transporte o en el montaje deberá de resanarse.

**TABLA IV.1 Cuadro de notas:**

### **IV.1.1 Revisión y modificaciones.**

El fabricante de la estructura, deberá antes de comenzar con la ejecución o fabricación de la estructura en el taller, realizar la entrega de al menos dos copias de los planos de taller a la Dirección o Gerencia de Obra, quien los revisará y devolverá una copia autorizada firmada en la que, si existen, señalará las correcciones que deben efectuarse. Y cuando suceda este caso, el fabricante entregará nuevas copias de los planos de taller corregidos para su fabricación definitiva.

Si el proyecto se modifica durante el proceso de ejecución de los trabajos, los planos de taller se rectificarán durante el proceso de obra, para que al fin de la obra terminada quede exactamente definida por estos planos.

Si durante la ejecución fuese necesario introducir modificaciones de detalle respecto a lo definido en los planos de taller, se harán con la aprobación de la Gerencia de Obra, y se incluirá en los planos todo lo que se modifique.

## **IV.2 Materiales**

### **IV.2.1 Compra de Materiales**

El proceso de fabricación iniciara desde el momento de la recepción de los materiales pero antes de esto se deberá realizar la compra de los materiales, la cual generalmente y por conveniencia del fabricante estará antecedida de un estudio de mercadeo dentro del cual se deberá considerar su abundancia o escasez, los precios de adquisición, el tipo de suministro, los acarreos, fletes, mano de obra, etc. Para finalmente realizar la compra.

Los materiales a utilizar estará formado principalmente por perfiles laminados y placas de acero y elementos secundarios tales como tornillos, soldaduras, pintura, etc, y serán solicitados de diferentes maneras (por etapas, por contratos o de un solo pedido), y dependerá principalmente de cuestiones económicas o financieras, es decir, en algunas ocasiones la variación de precios es tan inestable que mediante un contrato o convenio con el proveedor se realizara la compra total de los materiales y dependiendo de la capacidad de almacenamiento, estos serán suministrados.

Una vez suministrados los materiales se considerara que en algunas ocasiones presentan desperfectos, los cuales se deberán eliminar mediante métodos apropiados, los cuales en general son defectos superficiales de los productos como rebabas, abolladuras, torceduras, etc. Para evitar este tipo de trabajos, ajustes o reparaciones, se recomienda que en el momento del suministro se realice una revisión exhaustiva de cada uno de los materiales suministrados antes de ingresar al almacén y firmar su recepción. Por este motivo si en el momento de la recepción de los materiales se llegan a observar alteraciones que puedan alterar la calidad de los mismos, tales como torceduras y abolladuras excesivas, las cuales ocasionaran mermas, y medidas fuera de tolerancia, etc. Entonces se procederá a reconsiderar la recepción de dichos materiales.

#### **IV.2.2 Almacenamiento.**

En el almacenamiento se cuidará especialmente que las piezas no se vean afectadas por las condiciones climáticas, por lo cual se recomienda no colocarse a la intemperie, para evitar estar en contacto; como por ejemplo con las acumulaciones de agua en temporadas de lluvias, ni en contacto directo con el terreno por lo que se recomienda que se preparen camas o tarimas de madera para el apile de los materiales y de esa manera se mantendrán las condiciones de durabilidad y calidad de los materiales.

Asimismo se tomarán las precauciones pertinentes para el almacenamiento de los elementos auxiliares tales como tornillos, electrodos, pinturas, etc., para los que se seguirán las instrucciones dadas por el fabricante de los mismos.



**Fig. IV.1 Almacenamiento de material en el taller**

### **IV.3 Proceso de Fabricación.**

#### **IV.3.1 Marcado o identificación.**

Antes de iniciar con el proceso de fabricación es importante hacer referencia al marcado o identificación de las piezas y elementos componentes de la estructura, ya que este facilitara tanto el proceso de fabricación como el de montaje, en todas las fases de fabricación las piezas deberán ser identificadas con un marcado adecuado, duradero y distinguible, acorde con el sistema de representación ya especificado en los planos de taller.

El marcado deberá ser realizado preferiblemente con pintura de esmalte que resista y sea legible durante el proceso de obra. En ocasiones existirán piezas las cuales estarán sometidas a solicitaciones de fatiga o fuertes tensiones y por tal motivo la marca mediante pintura no será suficiente para su identificación, el fabricante de la estructura solicitara a la Gerencia de Obra la autorización del marcado de las piezas mediante prensa o troquel.



**Fig. IV.2 Preparación de borde para la aplicación de soldadura**

### **IV.3.2 Enderezado.**

Previamente a la ejecución de otras actividades debe asegurarse que los perfiles o elementos a utilizar no estén torcidos, chuecos o abollados por lo cual cabe la posibilidad de que sea necesario corregir las desviaciones mediante enderezado.

Para ello se utilizarán prensas, máquinas de rodillos para placas y perfiles u otros procesos más rudimentarios pero eficaces para el enderezado. Para perfiles ligeros de gran esbeltez puede también utilizarse el estirado.

Si el enderezado no pudiese ser realizado en frío mediante los procedimientos antes indicados, este se recomienda realizar por medio de aplicación de calor o medianas temperaturas, el cual, deberá realizarse con la precaución de no alterar las propiedades mecánicas del elemento, y generar los mejor conocido como esfuerzos residuales.

### **IV.3.3 Corte.**

El corte debe realizarse por medio, entre otros de sierra, cizalla y oxicorte. Siempre que el acabado quede libre de irregularidades y no

reproduzcan endurecimientos locales que alteren las características mecánicas del material.

Se recomienda que el equipo utilizado en el corte sea revisado periódicamente de modo que se garantice la máxima calidad en los cortes y así evitar los trabajos secundarios en la reparación de las irregularidades.

Para evitar los efectos antes mencionados se recomienda y son preferibles los procedimientos de sierra, plasma y oxicorte automático frente al de cizalla y oxicorte manual, la cizalla puede ser utilizada hasta espesores máximos de 25mm. Y la eliminación de rebabas y partes dañadas es obligatoria a menos que sean fundidas en una operación de aplicación de soldadura posterior.



**Fig. IV.3 Corte de placa por medio de un carro automatizado y soplete.**

#### **IV.3.4 Contra flechas, curvado o formación de Secciones especiales.**

Esta operación puede realizarse por doblado o plegado hasta que se obtenga la forma requerida tanto en frío como en caliente, siempre que



las características físicas y mecánicas del material no sean afectadas de acuerdo a las especificadas del proyecto.

Cuando se realice el doblado o curvado en frío, se deberá especificar, si es posible, un procedimiento específico en el que se indique el tratamiento térmico a aplicar y las medidas de control a considerar, como por ejemplo la duración y velocidad tanto del trabajo mecánico como del enfriamiento, los cuales deben ser los adecuados para evitar la aparición de los esfuerzos residuales, aunque generalmente las correcciones por medio de temperaturas altas se realizan mediante la aplicación controlada de calor por soplete que de acuerdo al IMCA no deberá sobrepasar los 650 grados.

#### **IV.3.5 Barrenación.**

Los agujeros para tornillos pueden realizarse mediante taladrado o punzonado. La perforación deberá hacerse 1/8" más grande al diámetro del tornillo especificado cuando esta sea por medio de punzón y de 1/16" mayor cuando se realice por medio de taladro, esto debido a la deformaciones que sufre el material al ser agujerado y a la holgura que requieren los tornillos para no dañar los hilos de la cuerda, y cuando sea posible se recomienda taladrar a la vez los agujeros de las dos piezas de una misma unión para facilitar el proceso de unión en campo. Durante este tipo de proceso se deberá poner particular atención en las indicaciones que dictan los reglamentos (en este caso el IMCA) en cuanto a los diámetros de agujeros, separaciones y distancias de bordes, sistemas de apretado y estado de superficies entre otros datos, y los cuales deben figurar en los Planos de Fabricación.

Es importante que las rebabas sean eliminadas por cualquier método de los agujeros antes de armado, excepto cuando los agujeros están taladrados en una sola operación a través de las piezas unidas firmemente entre que no necesitan separarse después del taladrado.



**Fig. IV.4 Barrenación de placa con taladro automatizado.**

#### **IV.3.6 Ensamblado previo en taller.**

Esta operación consiste en presentar las piezas elaboradas en taller y proceder a su ensamblado previo al montaje en obra. Se deberá obtener una coincidencia de uniones dentro de las tolerancias, sin forzar o dañar las piezas, para así detectar desigualdades de elementos y uniones en el campo, y realizar las reparaciones en el taller.

Se deberá comprobar el ajuste de las superficies de apoyo por contacto en cuanto a dimensiones, ortogonalidad (escuadras) y nivelación.

Los agujeros desalineados o no coincidentes se pueden corregir mediante escariado o rimado sin exceder los límites permitidos, en caso contrario se rechazarán las piezas afectadas las cuales sin duda generarían problemas posteriores. Para evitar estos inconvenientes se recomienda el uso de plantillas o el taladrado conjunto como se especificó anteriormente.

En todas las uniones o piezas provisionales utilizadas en el armado en taller se adoptarán y se aplicarán los mismos criterios como si se tratasen de elementos definitivos a instalar en obra.

Se pondrá particular atención en todos los elementos con características especiales, contra flechas o ajustes, previamente indicados en los planos de taller.



**Fig. IV.5 Ensamblado y preparación de armadura para su montaje.**

#### **IV.3.7 Proceso de soldadura.**

El tipo y aplicación de la soldadura deberá ejecutarse de acuerdo a lo especificado en los planos de fabricación, con uno de los procedimientos o métodos calificados según la AWS (Sociedad Americana de Soldadura).

- a).- Soldadura por arco eléctrico manual con electrodo revestido.
- b).- Soldadura por arco con hilo tubular si protección gaseosa.
- c).- Soldadura por arco sumergido con hilo.
- d).- Soldadura por arco sumergido con electrodo desnudo.

Para asegurar la calidad de la soldadura es importante que la mano de obra cuente con una certificación que sea avalada por un organismo oficial que respalde y asegure su legalidad, la cual nos asegura que la persona está capacitada para realizar los diferentes tipos de soldadura especificadas en el proyecto, se deberá tener cuidado en considerar las condiciones climáticas en el momento que se realice la aplicación de la soldadura, es decir tanto las piezas a soldar como el soldador deberán estar protegidos del viento, nieve y lluvia, en general es recomendable que todas las actividades de soldadura se lleven a cabo en taller. Se deberá tener cuidado en la calidad y condiciones del metal de aportación (electrodos) especialmente en los revestidos, así como mediante un laboratorio certificado se presenten pruebas de la calidad de las soldaduras, por cualquiera de los métodos mencionados en el tema número 2.

Se recomienda que cuando se especifique algún método diferente o fuera de lo común, este deberá ser claramente descrito y detallado para su aplicación.



**Fig. IV.3.8 Preparación y ejecución de la soldadura**

#### **IV.3.8 Preparación de bordes.**

La preparación de bordes de las piezas a unir con soldadura a tope tiene por objeto asegurar la penetración completa adaptándose a las

diferentes condiciones de tipo técnico y económico existentes en cada caso concreto. La superficie de las piezas y los bordes propiamente dichos estarán exentos de fisuras y entalladuras visibles.

Las superficies a soldar deberán estar secas y libres de cualquier material que pueda afectar negativamente la calidad de la soldadura (grasas, óxidos, polvos, etc), se deben evitar cualquier corrección de defecto debido a entalladura o error en la geometría de la junta mediante recargue o aportación excesiva de soldadura.



**Fig. IV. 6** Típica preparación de borde para la aplicación de soldadura.

#### **IV.3.9 Pintura.**

La pintura deberá ser aplicada de acuerdo a las especificaciones solicitadas por el proyectista de la estructura, a las necesidades del propietario y a las condiciones naturales donde se vaya a edificar la construcción, ya que por norma no se puede establecer el tipo de pintura debido a los factores antes mencionados.

La superficie de los elementos a pintar deberá estar limpia y preparada de acuerdo a las especificaciones solicitadas por el fabricante de pinturas, la limpieza y preparación consistirá en eliminarse la suciedad, las rebabas, cascarillas producto de la laminación, escorias de soldadura, de la grasa, óxidos y de la humedad. Y en caso de existir recubrimientos anteriores de pintura igualmente deberán ser removidos.

Es recomendable que la preparación de la superficie de los elementos a pintar se realice en condiciones ambientales libres de humedades y polvos excesivos, así como de una temperatura media, de tal manera que no perjudiquen en el acabado de los elementos.

En caso de solicitar la aplicación de pintura con ciertas características, estas deberán indicar el proceso que se deberá seguir para su aplicación, tales como:

- a) Tipo de preparación de la superficie.
- b) Tipo y espesor de la capa de primario anticorrosivo si lo llevase.
- c) Tipo y espesor de las capas siguientes
- d) Tipo y espesor del acabado si lo llevase.

Se recomienda que para realizar el análisis del precio unitario referente a la pintura se haga constar claramente el tipo de pintura a aplicar como sistema de protección contra la corrosión.

Deberá considerarse que para la aplicación de pintura en taller, de elementos que serán soldados en campo, estos deberán estar libres de pintura en una franja de ancho mínimo de 150 mm para evitar la contaminación del proceso de soldadura.

#### **IV.3.10 Almacenamiento.**

El almacenamiento y proceso de maniobras en taller y obra deberán realizarse de manera que se minimicen los riesgos de daños a elementos de unión y piezas terminadas, principalmente durante los procesos de carga, izaje y descarga. En caso de sufrir algún daño durante el proceso de almacenamiento este deberá reportarse para su inmediata reparación si es posible sin alterar sus dimensiones y calidad, y en caso contrario reemplazar el elemento por uno nuevo.

#### **IV.4 Traslados.**

El traslado de las piezas deberá de realizarse de una manera y secuencia lógica, es decir iniciaremos con las piezas o elementos que estarán involucrados en los trabajos de cimentación y posteriormente con los elementos que le deben seguir como columnas, vigas o armaduras, elementos secundarios y de apoyo, considerando que en ocasiones habrá elementos que se tendrán que trasladar a la obra con anticipación para su habilitado, generalmente por exceso de dimensiones en su estado real y que no se pueden trasladar en una sola pieza. Es por esto que para hacer el traslado de los elementos prefabricados en taller se deberán considerar varios factores para determinar el equipo, tales como grúas, camiones de carga, peso de cada pieza, longitud máxima permisible para su traslado, mano de obra especializada en maniobras, horarios, capacidad de almacenamiento en la obra, condiciones físicas de la obra y sus alrededores para realizar.

Igual que en el punto anterior se deberán tomar las precauciones necesarias para minimizar los riesgos de daños en las piezas durante su traslado.