

FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA

UNIVERSIDAD CENTRAL DEL  
ECUADOR

**MEMORIA TECNICA**  
**DE CALCULO Y DISEÑO ESTRUCTURAL**

EDIFICIO ADMINISTRATIVO  
Y  
LABORATORIO DE OPERACIONES UNITARIAS

OCTUBRE 2011

## **CONTENIDO**

- **Antecedentes**
- **Modelo Matemático**
- **Diseño de elementos estructurales**
- **Recomendaciones**
- **Especificaciones Técnicas**
- **Precios Unitarios**
- **Presupuesto**

## 1 ANTECEDENTES

Buscar la solución técnica y económicamente adecuada para la ejecución del proyecto que pueda brindar a sus ocupantes la seguridad de desempeñar sus actividades en una estructura que de las garantías sismoresistentes necesarias así como la funcionalidad que dará la misma, nos permitirá desarrollar un proyecto óptimo que en funcionamiento no presente problemas de índole estructural.

Al analizar minuciosamente la estructura, se contemplara todos los parámetros descritos en las normativas empleadas, elaborando los modelos estructurales tridimensionales con la ventaja de obtener resultados más exactos y se realizará análisis dinámicos para la estructura, incluyendo en el análisis varias opciones para ir determinando los aspectos más relevantes en cada uno de los modelos realizados, encontrando y solucionando los problemas y falencias que se presenten en la estructura debido a la ubicación geográfica como es la zona sísmica en la cual se encuentra, las características del subsuelo, también se solucionará problemas propios de la estructura debido a la configuración arquitectónica, estructural y funcional. Soluciones a problemas muy particulares como el de la cimentación y la torsión en planta; que se resolverá con elementos estructurales que permiten una mayor eficiencia de la estructura.

Se ha evaluado la mejor opción para el diseño estructural; determinando la alternativa más adecuada y que mejor se adaptó al diseño arquitectónico.

## 2 MODELO MATEMÁTICO TRIDIMENSIONAL

Para el análisis y diseño de la estructura se utilizó el programa de SAP2000, el cual realiza el análisis estructural en base al método matricial de los desplazamientos para encontrar las acciones internas de la estructura, adicionalmente utiliza la teoría de elementos finitos para una mejor calidad de presentación de resultados y mayor exactitud en el cálculo de los mismos.

Se realizó un modelo matemático en tres dimensiones que se ajusta fielmente al diseño arquitectónico presentado por el Departamento de Planificación de la Universidad Central del Ecuador, lo cual nos permitirá encontrar un diseño que se adapte a la realidad y que contemple todas las peculiaridades que presenta la geometría de la estructura.

El edificio administrativo tiene dos elementos especiales que merecen mucha atención en el análisis estructural, por un lado hay un elemento muy esbelto que en planta baja esta destinado a ser un área de información de aproximadamente 6 m<sup>2</sup> en planta que sube hasta el cuarto piso sin conexión en el segundo y tercer pisos, para conectarse nuevamente en la terraza accesible, por tal motivo se rigidizo a esta zona concentrando cuatro columnas y vigas descolgadas en los dos sentidos de tal manera de disminuir considerablemente los desplazamientos y además tratar de centrar el centro de rigideces del edificio para de esta manera evitar al máximo la torsión en planta, de todos modos los ejes E y F que son los más alejados si experimentan una ligera torsión que es absorbida con el direccionamiento de las columnas y las dimensiones de las mismas.

Por otro lado tenemos en la losa del Nivel + 12.92 un volado de 4.50 m al cual se ha rigidizado colocando unas vigas de borde y a lo largo del volado peraltadas hacia arriba de tal manera de disminuir las deflexiones en el extremo del volado, además es necesario colocar unos tensores consistentes en un cable de acero galvanizado de una pulgada de diámetro puesto que sin este elemento la altura de las vigas seria excesiva y antiestética. Es importante que en el proceso constructivo se provea de una contra flecha de 2 cm en el extremo del volado.

En cuanto al Laboratorio de Operaciones Unitarias por su naturaleza de funcionamiento arquitectónicamente se proveyeron de volúmenes amplios que originan columnas bastante altas, por lo cual fue necesario proveerlas de una sección transversal tan grande como en el edificio administrativo para evitar problemas de esbeltez y pérdida de capacidad de carga a compresión. Dadas las luces relativamente grandes que se tienen en la primera parte de la edificación se opto por diseñar una losa con placa metálica de 0.70 mm y 6 cm de hormigón sobre la cresta del deck, dando una altura total de 11 cm.

Esto nos permite un ahorro considerable de peso logrando volúmenes menores de hormigón en vigas y cimentación

## 2.1 Materiales

Los materiales que se ha empleado son básicamente dos:

Hormigón armado de  $f'c = 240$  para la cimentación, columnas, muros, escaleras y losas según se indica en los planos, es decir casi la totalidad de la estructura, solamente el hormigón de la losa con deck metálico será de  $210 \text{ Kg/cm}^2$ .

Acero A-36 para las correas que son tipo I soldadas de las losas de cubierta y losa de entrepiso en el laboratorio de operaciones unitarias, las mismas que están constituidas por deck metálico que descansa en las correas y una loseta de hormigón de  $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$  que incluye una malla electro soldada con varilla de  $4.5 \text{ mm}$  de diámetro y una separación de  $15 \text{ cm}$  en cuadro.

## 2.2 Filosofía de diseño

En lo referente al hormigón se trabajó con el ACI 318 del 2005 para el diseño de cada uno de los elementos, tales como: vigas de cimentación, columnas, escaleras, vigas y losas. Para ello se utilizó la teoría de última resistencia es decir mayorando las cargas tanto de peso propio como las cargas vivas de acuerdo al uso de cada ambiente

En lo referente al acero se utilizó el código de diseño AISC LRFD-93 y se realizó un chequeo por pandeo local de los elementos.

## 2.3 Carga Muerta

Las cargas muertas se estimaron en base a las dimensiones definitivas de los elementos estructurales y no estructurales pero de carácter permanente, para la cubierta se tomó un peso de  $200 \text{ Kg/m}^2$  para representar la carga de los equipos especialmente de las instalaciones mecánicas.

El peso propio de la estructura se lo puede hacer calcular directamente al programa de acuerdo a los elementos que se han modelado en la estructura con sus dimensiones apropiadas.

## 2.4 Carga Viva

Para los distintos pisos se tomó como base la carga de  $250 \text{ Kg/m}^2$ , para las cubiertas accesibles el valor de  $200 \text{ Kg/m}^2$  y para las cubiertas inaccesibles  $100 \text{ Kg/m}^2$ .

## 2.5 Sismo estático y dinámico

Para la estimación de las cargas tanto de los sismos estáticos y dinámicos se lo realizó en base al CEC 2001 que es ley de la república y se encuentra su cálculo al detalle en los anexos, en el programa de cálculo se coloca un valor de aceleración del suelo el cual se multiplica por la masa que se encuentra en cada nodo de tal forma que genera una fuerza, la fuerza sísmica, en cada sentidos X y Y que se han considerado. En cuanto al análisis dinámico se hizo un análisis modal espectral considerando que la ciudad de Quito se encuentra en Zona IV, es decir la de máximo riesgo sísmico, en la cual se espera una aceleración máxima probable de  $0.4g$ . Del análisis en el SAP2000 se puede verificar que los dos primeros modos de vibración son traslacionales como se recomienda que deben ser, ya que el objetivo principal es evitar la torsión en planta porque esta nos conduce a momentos torsores en columnas sobretodo, que se los puede absorber sin duda pero a un alto costo económico y en perjuicio del partido arquitectónico.

En este punto cabe recalcar que del estudio de suelos realizado por el Ing. Pablo Gómez se concluye que el suelo donde se va a cimentar la edificación es un suelo blando y por lo tanto se tomaron los valores respectivos para el cálculo del periodo de vibración de la estructura lo que redundará en un mayor valor de la acción sísmica.

Se consideraron los factores modificatorios por irregularidad en planta y en elevación dándole a cada uno el valor de 0.9 que corresponde a una irregularidad moderada.

### **3 DISEÑO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES**

El diseño de los elementos estructurales se ha realizado tomando en cuenta que el país se encuentra en una zona sísmica, con lo cual se incrementa los factores de diseño y los factores de modificación de carga para las combinaciones de diseño.

#### **3.3 CIMENTACIÓN**

El estudio de Mecánica de Suelos obtiene como resultado un suelo blando con una resistencia de apenas 3 t/m<sup>2</sup> lo cual es una cantidad insignificante para un proyecto de la importancia como el que está en estudio; la única solución viable sería una losa de cimentación lo cual es sumamente costoso y además perjudica bastante la ubicación de canalizaciones tanto para las instalaciones hidrosanitarias como eléctricas y electrónicas que tienen que hacerse por debajo del nivel de piso terminado. Por esta razón el mismo estudio de Suelos recomienda hacer una reposición de suelo mejorado que nos permitiría mejorar la capacidad portante del estrato de fundación, llegando a un esfuerzo admisible de 12 t/m<sup>2</sup> lo cual ya es manejable y nos permite trabajar con un sistema de vigas de cimentación en las dos direcciones formando lo que se conoce como una parilla de cementación que es más eficiente para disminuir la presión de contacto así como las deformaciones diferenciales dejándolas a estas en un margen aceptable y totalmente seguro para la estabilidad de toda la estructura

#### **3.4 COLUMNAS**

Las columnas son en su totalidad de hormigón armado con un  $f'c = 240 \text{ Kg/cm}^2$  y el principal problema que hubo que solventar con estos elementos es la deriva de piso la cual por norma no debe exceder del 2%.

#### **3.5 VIGAS**

Las vigas son de hormigón armado y su resistencia a la compresión también es de 240 Kg/cm<sup>2</sup>. Como es sabido el modulo de elasticidad del hormigón es función de la resistencia  $f'c$  de tal manera que al mejorar el modulo de elasticidad controlamos de mejor manera los desplazamientos absolutos y sobre todo relativos lo cual es lo principal para ubicar la deriva de piso dentro del valor máximo permitido por el CEC2000.

#### **3.6 LOSA DE ENTREPISO**

Las losas de entrepiso son las convencionales es decir bidireccionales alivianadas con bloque prensado ligero, el espesor de la losa es de 20 cm con alivianamientos de 15 cm, siendo suficiente a pesar de la luz de 6.30 m en un sentido pero las luces menores en el otro sentido permite este ahorro considerable en costo y peso.

#### **3.7 CUBIERTAS**

El sistema de cubierta está constituido por un deck metálico y una loseta de 5cm de espesor sobre la cresta del deck, esto significa una altura total de 10 cm. El hormigón será de  $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$  y

deberá incluir una malla electrosoldada de 5mm de diámetro por 15 cm de separación en cuadro. Toda esta estructura descansará sobre correas metálicas formadas por perfiles livianos laminados en frío de acero A36.

En el laboratorio de operaciones unitarias tenemos luces mayores y por ello se utiliza como correas vigas de acero I cortadas y soldadas, también A36.

### **3.8 MUROS**

Es del tipo conocido como muro-pared que es parte de la estructura ya que está vinculado a las columnas y cimentación de la edificación formando un solo cuerpo, lo cual le da más rigidez a la edificación y por lo tanto se obtienen desplazamientos menores en el caso de un evento sísmico.

## **4 RECOMENDACIONES DEL ESTUDIO**

### **4.1 Estudio de suelos**

Si bien es cierto que en los planos de las cimentaciones se encuentra expresamente dibujado y especificado, es necesario insistir en la necesidad de realizar una excavación de un metro adicional al nivel de cimentación y luego reponer el suelo no apto para cimentar estructuras con un material de mejoramiento tipo subbase clase III convenientemente compactado en capas de 20 cm de espesor. Aunque el Ingeniero responsable del estudio de suelos realizó 5 perforaciones SPT, no estaría demás realizar alguna verificación una vez replanteado y nivelado el proyecto.

### **4.2 Experiencia del personal encargado de suelda**

En el laboratorio de operaciones unitarias tenemos vigas principales de acero estructural por lo que considero necesario resaltar en que el personal encargado de la suelda estructural debe ser calificado y aprobado por fiscalización, no se puede encargar un trabajo de tanta responsabilidad a un cerrajero común y corriente sin afán de menospreciar la importancia de cada uno de los trabajadores de la construcción.

### **4.3 Contraflecha**

En el nivel +12.92 existe un volado bastante grande, por lo que se recomienda proporcionar una contraflecha de 2 cm. Para que compense la deformación proveniente de la carga muerta y de esta manera evitar defectos visuales que afecten a la estética del proyecto.

ING. ESTUARDO PEÑAHERRERA G  
CONSULTOR ESTRUCTURAL  
LP 01-17-3983

# ANEXOS

# ESPECIFICACIONES TECNICAS PARA LA CONSTRUCCION DE LA ESTRUCTURA

## 1. MOVIMIENTO DE TIERRAS

### 1.1 Replanteo y Nivelación

Se realizará en el terreno el replanteo de todas las obras de estructura y albañilería señaladas en los planos y nivelación para las cimentaciones, entrepisos y cualquier otro elemento estructural; todos los trabajadores de replanteo y nivelación deberán realizarse con aparatos de precisión como Gps, teodolitos, niveles, cintas métricas, etc., debiendo conservarse las estacas y puntos de referencia establecidas.

### 1.2 Excavaciones

Se entiende por excavaciones en general el remover y quitar la tierra u otros materiales, con el fin de conformar espacios para alojar cimentaciones y cualquier otro trabajo especificado en las secciones correspondientes a sistemas sanitarios, eléctricos, etc., se harán de acuerdo a los volúmenes, dimensiones y límites indicados en los planos y especificaciones correspondientes, excepto si se encuentran inconvenientes e imprevistos que tenga que ser superados de conformidad con el criterio de Fiscalización o Supervisión. Las excavaciones deberán ampliarse lo suficiente para que permitan el ensamble correcto de los encofrados.

El trabajo final de las excavaciones deberá realizarse con la menor anticipación posible con el fin de evitar que el terreno se debilite o altere, por la intemperie, además las excavaciones no podrán realizarse con presencia de agua, cualquiera que sea su procedencia o en tiempo lluvioso, por tanto se deberán tomar las debidas precauciones y protecciones, además los fondos deberán ser apisonados y compactados.

Los materiales producto de la excavación serán dispuestos temporalmente en sitios que no obstaculicen la realización de los trabajos hasta que sean utilizados en rellenos siempre que sean apropiados para dicho efecto.

Si el contratista sin autorización profundiza las excavaciones más de lo indicado en los planos, el exceso no será pagado como trabajo extra, debiendo llenar el exceso profundizado con hormigón de  $f'c$  140 kg/cm<sup>2</sup> a su costo.

Terminada y aprobada la cimentación se rellenará el resto de la excavación usando tierra libre de materiales de desperdicio.

En el precio unitario deberá contemplarse la protección de taludes para evitar deslizamientos, utilizando entibados, polietileno, etc., según determine conjuntamente el Contratista con el Fiscalizador.

### **1.3 Desalojo**

El desalojo de materiales comprenderá el retirar de los sitios ocupados aledaños a las obras las basuras o desperdicios y los materiales sobrantes. Para el transporte fuera de obra de los desperdicios en general, se deberá considerar un 25% adicional como valor de esponjamiento o aumento de volumen de las tierras arrancadas del terreno.

### **1.4 Rellenos de compactación**

Se efectuará el relleno y nivelaciones necesarias para alcanzar los niveles requeridos y previstos en los planos, para lo cual previamente el terreno deberá estar libre de escombros y de todo material que no sea adecuado para el mismo.

El material utilizado para la formación de rellenos deberá estar libre de troncos, ramas, etc., y en general de toda materia orgánica y podrá ser producto de las excavaciones efectuadas para alojar la estructura de acuerdo a lo dispuesto por Fiscalización o supervisión y a los planos correspondientes.

Se efectuará el relleno compactado, o sea aquel que se forma colocando las capas sensiblemente horizontales, de espesor no mayor de 20 cm y con la humedad que requiera el material para que cumpla con las especificaciones de la técnica "proctor" en toda su superficie mediante el empleo de pizones de mano y neumáticos o compactadores hasta obtener la máxima compactación.

La tierra y cualquier material sobrante, después de rellenar las excavaciones, serán acarreadas hasta el lugar de desperdicios fijado.

En el caso de que se requiera material de préstamo para el relleno, este será suministrado por el contratista y su costo será igual al caso de que se utilice el material producto de la excavación de la cimentación.

Se exigirá una compactación no menor al 95% del proctor standard.

## **2. HORMIGÓN ARMADO**

### **Aspectos generales**

En las especificaciones que son materia del presente análisis, se incluyen todos los elementos necesarios que intervienen para una correcta ejecución y trabajabilidad del hormigón armado, a fin de conseguir un óptimo comportamiento estructural acorde con las normas de diseño existentes para el efecto (INEN y ASTM), así como también acabados de primera calidad.

### **2.1 Cemento**

El cemento a emplearse será Portland tipo I, que satisfaga todas las normas existentes. Se utilizará la misma marca de cemento para una misma fundición.

El almacenamiento del cemento deberá efectuarse en sitios adecuados a fin de evitar cualquier problema de humedad. En caso de detectarse daño del cemento por cualquier razón, el fiscalizador rechazará el uso de dicho cemento. El cemento deberá guardarse en un lugar cubierto, suficientemente ventilado, sobre una tarima de madera seca, y en rumas no mayores de 10 sacos c/u.

## **2.2 Agregados**

### **2.2.1 Agregado grueso**

La granulometría está regulada de acuerdo a las normas ASTM, debiéndose anotar que la piedra para la estructura de hormigón no debe ser mayor de 3cm., y que para las cimentaciones no deberá exceder de 4cm.

El agregado estará libre de cualquier elemento extraño y orgánico; debe componerse de roca triturada conformada por partículas duras y libres de cualquier impureza.

### **2.2.2 Agregado fino**

La granulometría estará regulada por las normas ASTM C-330 e INEN CO 0203-40. Debe recalarse que el agregado fino deberá estar libre de cualquier elemento extraño, materia orgánica u otras sustancias blandas. Deberá estar constituido por granos limpios y fuertes, de preferencia arena azul de mina o arena lavada de río.

## **2.3 Agua**

El agua deberá ser de preferencia potable, libre de materias orgánicas, sales minerales, aceites, y de impurezas en general.

## **2.4 Aditivos**

Los aditivos como los inclusores de aire, cumplirán con las especificaciones ASTM C-260. Los aditivos aceleradores, retardadores, si se usan, cumplirán con las especificaciones para aditivos químicos para concreto ASTM C-494 o C-233.

El empleo de aditivos estará condicionado a la aprobación de la correspondiente fiscalización, y serán utilizados acorde a los instructivos del fabricante.

## **2.5 Resistencia**

Los materiales descritos anteriormente servirán para preparar el hormigón a usarse en las estructuras armadas cuya resistencia a la compresión a los 28 días será de 280 kg/cm<sup>2</sup> o 240 kg/cm<sup>2</sup> según lo indiquen los planos.

## **2.6 Consistencia**

El hormigón será de consistencia uniforme. Su límite de asentamiento permisible será de 2.5 a 7.5, siempre que sea suficiente para permitir una manipulación práctica del hormigón.

## **2.7 Control de Calidad**

Las pruebas de resistencia del hormigón se registrarán según las normas ASTM. C-13 y C-39. Las muestras se tomarán al azar con un mínimo de 6 cilindros por cada 130 m<sup>3</sup> o 450 m<sup>2</sup> de superficie, serán probados 3 cilindros por ensayo, 3 a los 7 días y 3 a los 28 días.

El hormigón podrá ser aceptado, desde el punto de vista de cumplimiento de la resistencia a la compresión, cuando el promedio de los resultados de los 6 cilindros iguale o exceda la resistencia de diseño y cuando además ningún resultado sea menor que la resistencia especificada en más de 35 kg /cm<sup>2</sup>.

Si el resultado obtenido no estuviere acorde con la calidad especificada, las medidas a adoptarse quedarán a criterio del Fiscalizador o Supervisor de la obra; los eventuales ensayos adicionales pruebas de carga y otros gastos correrán a cargo del contratista.

## **2.8 Mezclado y Vaciado del Hormigón**

Los áridos para las mezclas de hormigón serán dosificados por peso y el agua medida por volumen.

El mezclado del hormigón se realizará, en mezcladoras de carga con superficies interiores libres de hormigón o mortero endurecido, hasta que exista una distribución de materiales uniformes y será descargado completamente antes que la mezcladora sea cargada nuevamente. La mezcla a mano no se permitirá en ningún caso.

Cuando se utilice hormigón premezclado, este deberá ser mezclado y entregado de acuerdo con los requisitos establecidos en la norma C-90 de la A.S.T.M.

Previo al vaciado del hormigón todo el equipo para el mezclado y transporte deberá ser limpiado, todo escombro será retirado, los encofrados deberán ser completamente humedecidos o aceitados y el acero de refuerzo deberá estar libre de cualquier revestimiento, asegurado y centrado.

El vaciado del hormigón se realizará evitando la segregación y pérdida de materiales para lo cual no se permitirá vaciar el hormigón dejándolo caer desde una distancia mayor de 1.20 m., ni la colocación de una gran cantidad en cualquier punto. No se depositará en la obra ningún hormigón que haya sido fraguado parcialmente o haya sido contaminado por materiales extraños o remezclado.

## **2.9 Consolidación**

Todo el hormigón será minuciosamente consolidado por vibración, el vibrador será aplicado siempre verticalmente y a intervalos horizontales que no excedan de 75cm y por períodos de 5 a 15 segundos inmediatamente después de que el hormigón ha sido vaciado.

El apisonado, varillado o paleteado será ejecutado a lo largo de todas las caras para mantener el árido grueso alejado del encofrado y obtener superficies lisas. Se prohíbe el arrastrado del hormigón por medio del vibrador.

## **2.10 Curado**

El curado del hormigón se realizará pasada cuatro horas de haberlo vaciado y en forma continua por un mínimo de 7 días, excepto para hormigón de alta resistencia inicial y endurecido rápido que solo requerirá de tres días de curado.

## **2.11 Juntas de Hormigonado**

Al interrumpir el hormigonado, es necesario que las juntas queden orientadas lo más perpendicularmente posible a la dirección de las tensiones de compresión y se deberán colocar en puntos donde el esfuerzo de corte resulte mínimo; en términos generales, en las vigas y losas conviene situar las juntas en las proximidades del cuarto de la luz dándoles un trazado a 45°; antes de reanudar el hormigón, las superficies de las juntas de construcción se limpiarán de toda suciedad y material que quede suelto utilizando cepillo de alambre, se saturarán con agua y se deberán cubrir completamente las superficies con una capa de mortero rico (lechada de cemento) inmediatamente antes de verter el nuevo hormigón, mejor aún si se utiliza un ligante químico.

## **2.12 Encofrados**

Los encofrados deberán usarse para confinar y dar forma al hormigón de acuerdo a lo indicado en los planos, deberán ser apuntalados adecuadamente y poseer la suficiente resistencia para aguantar la presión de colocación del hormigón y la vibración sin desplazamiento, además serán construidos y conservados lo suficientemente estancos para evitar escape de la pasta de cemento.

Todos los tableros deberán estar limpios y ser lisos y libres de irregularidades y serán revestidos con aceites mineral o líquido impermeabilizante que no manche antes de ser vaciado el hormigón.

Se deberán prever aberturas y otros medios adecuados en los encofrados de columnas para permitir el vaciado del hormigón; además, se preverán aberturas temporales en las bases de los mismos para facilitar la limpieza e inspección, aberturas que serán de 15cm de alto a través de una cara completa de la columna y que serán cerradas posteriormente con injertos ajustados.

Los encofrados serán retirados previa autorización de la fiscalización y de tal manera que se prevenga daños al hormigón y que asegure la estabilidad completa de la estructura. Los encofrados podrán ser removidos así: laterales de vigas y dinteles a los dos días, encofrados de columnas a los tres días y fondos de vigas y encofrados de losas a los 21 días. Cuando se utilicen acelerantes el desencofrado será en menor tiempo de acuerdo a las especificaciones del producto químico utilizado.

### 2.13 Reparación de Fallas

Tan pronto como se hayan removido los encofrados y luego de la inspección del fiscalizador, se procederá a reparar los defectos que puedan apreciarse, para lo cual se limpiarán de todo material suelto se humedecerán y serán remendados con mortero de cemento en proporción 1:2 la superficie será alisada y protegida contra un secado prematuro.

En el caso de "hormigueros" excesivos, si el Fiscalizador lo ordena, el Contratista desalojará y reemplazará por su propia cuenta el trabajo defectuoso hasta que este de acuerdo con los planos y especificaciones.

### 2.14 Tolerancias

El contratista será responsable de la colocación y mantenimiento del encofrado de tal manera que obtenga las piezas fundidas dentro de las tolerancias permitidas, así, cualquier elemento de hormigón cuya ubicación o dimensión excedan de aquellas deberá ser arreglado o removido y reemplazado a costo del Contratista y por indicación de la fiscalización.

Las tolerancias permitidas en hormigón armado en todas las estructuras son:

- Desviación de la disposición geométrica construida con respecto a la establecido en el replanteo:

En 6m	-	hasta 1.2
En 12m	-	hasta 2cm

- Desviación en las dimensiones desde los puntos de referencia hasta los componentes de la estructura:

En 25m	-	hasta 3cm
--------	---	-----------

Bajo tierra se permite el doble

- Desviación de la plomada en las líneas y superficies de columnas, muros y esquinas verticales visibles:

En 3m	-	1.2 cm
-------	---	--------

En 6m - 2 cm

Bajo tierra se permite el doble

- Desviación en las longitudes de los lados de las secciones transversales de columnas, vigas y miembros semejantes:

En menos - 0.6cm

En más - hasta 1.2cm

### 2.15 Acero de Refuerzo

Las varillas de refuerzo de todas las estructuras serán de grado intermedio con un límite de fluencia de 4.200 kg/cm<sup>2</sup>.

Las varillas serán dobladas en frío y con los siguientes diámetros mínimos:

- Ganchos hasta diámetro de 18mm. – 6 cm
- Para estribos hasta diámetro 10mm. – 4cm

Antes de colocar las varillas deberán estar limpias y carecer de escamas, herrumbre y otros recubrimientos que puedan destruir su adherencia con el hormigón, condición que se conservará hasta el hormigonado.

Las varillas se colocarán de acuerdo con los planos estructurales, el amarre se realizará con alambre galvanizado No.18, serán colocadas en posición mediante soportes de hormigón o material similar y espaciadores metálicos.

En las estructuras principales se evitará los empalmes de varillas en puntos de máximo esfuerzo. La longitud mínima de empalme será no menor a 40 diámetros de la varilla. Los empalmes soldados deberán desarrollarse a una tensión igual a por lo menos 125% del límite de fluencia de la varilla.

Todo el acero de refuerzo para las estructuras de hormigón será inspeccionado y aprobado por el Director del Proyecto o Fiscalizador antes de que se vierta el hormigón en cada sección.

Las tolerancias permitidas para la colocación del acero de refuerzo son:

- Desviación del recubrimiento de hormigón:

Hasta 5cm de recubrimiento - 0.6cm

Para 7cm de recubrimiento - 1.2cm

- Desviación del espaciamiento indicado - hasta 1.2cm

### **2.16 Columnetas de Arriostramiento**

Se construirán en los sitios que los determinen los planos y de acuerdo a las indicaciones que para tal efecto se impartan: en todo caso, tendrán una sección transversal cuadrada con lados iguales al espesor de las paredes sin el recubrimiento y se asentarán sobre las cadenas inferiores de amarre.

Para efectos de medición y pago de la cantidad de hierro se estimará en kilogramos con aproximación a un decimal, y el hormigón en m<sup>3</sup> con aproximación a un decimal, en este último se considerará el encofrado correspondiente a los diferentes elementos estructurales dentro del metraje de medición indicado.

En paredes cuya altura supere los 3.50 m deberá colocarse riostras horizontales a una altura máxima de 3 m, se armara con dos varillas longitudinales de 10 mm de diámetro y vinchas de 6 mm de diámetro cada 20 cm, tendrá un espesor de 10 cm y se lo hará con hormigón de 180 kg/cm<sup>2</sup>.

## **3. ACERO ESTRUCTURAL**

### **Descripción**

Este trabajo consistirá en la construcción de estructuras de acero, de acuerdo a los detalles indicados en los planos, en la forma establecida en estas especificaciones y en las disposiciones especiales.

El Contratista suministrará, fabricará y erigirá las estructuras de acero, construirá y retirará todas las construcciones provisionales, y realizará todos los trabajos requeridos para la terminación total de las estructuras de acero.

Los detalles de las conexiones satisfarán las normas y especificaciones de la AISC en vigencia y las estipulaciones de las disposiciones especiales.

### **3.1 Materiales**

La clase de acero estructural, remaches, pernos, pernos calibrados, pernos de alta resistencia y todo material concerniente a estructuras de acero, estará de acuerdo con lo indicado en los planos respectivos.

### **3.2 Condiciones generales**

El Contratista notificará al Fiscalizador, por lo menos con 10 días de anticipación, el inicio de la construcción de cualquier pieza de acero estructural. Antes de empezar la construcción, entregará al Fiscalizador los certificados de cumplimiento que comprueben la calidad de todo el acero estructural por utilizarse, a menos que se especifique de otra manera; suministrará también al Fiscalizador un juego completo de todos los pedidos de materiales estructurales. El

Contratista dará su total cooperación al Fiscalizador, suministrando el material y la mano de obra necesarios, para realizar las pruebas de los materiales utilizados en la estructura de acero. Se harán los arreglos necesarios y se darán todas las facilidades del caso para que el Fiscalizador o sus representantes tengan libre acceso a cualquier parte de la fábrica o talleres donde se realicen trabajos relacionados con la fabricación de los elementos de la estructura de acero.

La aprobación en la fábrica de cualquier material o elemento terminado, no impedirá el reclamo posterior, si se les encuentra defectuosos en el sitio de la obra.

El Contratista, salvo si en los documentos contractuales o disposiciones especiales se indica otra cosa, está obligado:

- A comprobar en obra las cotas fundamentales de replanteo de la estructura de acero.
- A la ejecución, en taller, de la estructura.
- Al almacenaje, transporte, manejo y montaje de aquella.
- Al suministro y erección de todos los andamios y elementos de elevación y auxiliares que sean necesarios, tanto para el montaje como para la realización de las inspecciones.
- A la prestación del personal y materiales necesarios para la prueba de carga de la estructura, si esta estuviera especificada en los documentos o disposiciones especiales.
- A enviar al Contratista de las obras de hormigón, en caso de ser otro distinto, dentro del plazo previsto en el contrato, todos aquellos elementos de la estructura que deban quedar anclados en la obra no metálica.

### **3.3 Mano de obra**

La mano de obra y el acabado estarán conformes a las mejores prácticas generales de las fábricas o talleres modernos de estructuras de acero.

Las partes que estarán expuestas a la vista tendrán un acabado nítido. El cizallamiento, los cortes a soplete y el martilleo o cincelamiento, se ejecutarán en forma precisa y cuidadosa. Todas las esquinas y filos agudos, así como los filos que se produzcan por cortes y asperezas durante el manejo o erección, serán debidamente redondeados con esmeril o métodos adecuados.

### **3.4 Fabricación**

Las placas de acero serán cortadas y fabricadas de tal manera que la dirección primaria de laminación de las placas sea paralela a la dirección en la cual se produzca el principal esfuerzo en el elemento fabricado, durante el servicio.

### **3.5 Enderezada de materiales y corte a soplete**

Todo material laminado estará completamente recto antes de ser colocado o trabajado. Si fuera necesario enderezar algún elemento en la obra, se lo hará utilizando métodos que no dañen el metal y que sean aprobados por el Fiscalizador.

El acero o hierro forjado podrá ser cortado a soplete, siempre que el metal a cortarse no esté soportando esfuerzo alguno durante esa operación. El corte producirá una superficie lisa y regular, usando una guía mecánica.

### **3.6 Uniones**

### 3.6.1 Agujeros

Todos los agujeros para pernos o remaches podrán ser punzonados o perforados al diámetro nominal, o bien punzonados o perforados con diámetro menor que el nominal, y luego escariados o fresados hasta obtener el diámetro correcto.

Como norma general, los agujeros para remaches y pernos se ejecutarán con taladro; queda prohibida su ejecución mediante soplete o arco eléctrico.

El punzonamiento, perforado y escariado o fresado se conformará a lo siguiente:

- a) Cuando el material sea de un espesor mayor a 20 mm., no se permitirá el punzamiento del acero estructural.
- b) La perforación al diámetro total se hará con las partes ensambladas o con una plantilla de acero; también podrá hacerse con equipo de taladro múltiple, si el Fiscalizador lo aprueba. Cuando los agujeros sean perforados para luego ser fresados, se los hará de un diámetro 6 mm. menos que el diámetro que tendrá el agujero terminado.
- c) El escariado se hará después de que las piezas que forman un elemento compuesto sean ensambladas y firmemente empernadas, de tal manera que las superficies se hallen en íntimo contacto, o después que las plantillas hayan sido aseguradas en su posición sobre dicho elemento. De ser necesario, se separarán las piezas antes de realizar el empernado y se eliminarán las virutas del taladrado. Cuando sea necesario separar los elementos para el embarque o el manejo, las piezas que fueron fresadas en conjunto, llevarán marcas de coincidencia, de manera que sean reensambladas en la misma posición.

### 3.6.2 Uniones remachadas

Los remaches, antes de su calentamiento, tendrán el tamaño indicado en los planos. Las cabezas de los remaches tendrán forma estándar, a no ser que se especifique otra cosa; y serán de tamaño uniforme para el mismo diámetro. Serán macizos, bien construidos, concéntricos con los agujeros de los remaches, y estarán en total contacto con la superficie del miembro.

### 3.6.3 Uniones con pernos

Las uniones con pernos se usarán únicamente si así se indica en los planos o disposiciones especiales. Los pernos tendrán una sola tuerca autotrabada o dos tuercas, a no ser que se indique otra cosa en los planos o disposiciones especiales.

Se colocará una arandela bajo la tuerca. Si las superficies exteriores de las partes unidas son inclinadas, se empleará arandela de espesor variable, con el ángulo conveniente para que la apertura sea uniforme.

Las tuercas se apretarán a fondo, preferentemente con medios mecánicos. Es recomendable bloquear las tuercas en las estructuras no desmontables, empleando un sistema adecuado.

### 3.6.4 Uniones con pernos de alta resistencia

A menos que se especifique de otra manera, las uniones empernadas se harán utilizando pernos de acero de alta resistencia y uniones que trabajen a base de fricción, que estén de acuerdo a lo exigido en las especificaciones para pernos. AASHTO M164 (ASTM A325) o AASHTO M253 (ASTM A490).

Todos los pernos serán instalados con una arandela endurecida, colocada debajo de la cabeza del perno y de la tuerca. Las superficies de contacto de cabezas de pernos y tuercas estarán

limpias y libres de cualquier defecto o sustancia extraña que puede impedir el agarre adecuado.

Las superficies de las piezas por unir deberán acoplarse perfectamente entre sí, después de realizada la unión. Estas superficies estarán suficientemente limpias y sin pintar. La grasa se eliminará con disolventes adecuados.

Los pernos se ajustarán, por cualquier método aprobado a la tensión requerida. Los pernos de una unión se apretarán al ochenta por ciento del momento torsor final, empezando por los situados en el centro. Se terminarán de apretar en una segunda vuelta.

### **3.6.5 Uniones soldadas**

Toda la soldadura estará de acuerdo a lo estipulado en la última edición de la publicación AWS D 2.0, "Standard Specifications for Welded Highway and Railway Bridges", de la "American Welding Society", además de las estipulaciones de las presentes especificaciones y de las disposiciones especiales.

La soldadura se hará de acuerdo a las mejores prácticas modernas, con personal de soldadores calificados y aceptados por el Fiscalizador. El Contratista será responsable de la calidad de la soldadura realizada, tanto en fábrica como en obra. Cualquier soldadura que en la opinión del Fiscalizador no sea satisfactoria será rechazada, pero en ningún caso esto implicará que el Contratista sea relevado de su responsabilidad por la calidad de las soldaduras efectuadas.

Las superficies a soldar serán lisas, uniformes, carentes de rebabas, desprendimientos, grasas y otros defectos que podrían afectar la calidad de la soldadura. Las superficies que se extiendan dentro de 5 centímetros de cualquier zona a soldar, no estarán pintadas ni cubiertas con otro material que podría afectar la calidad, o producir vapores o gases inconvenientes durante la realización de este trabajo.

Queda prohibido rellenar con soldaduras los agujeros practicados en la estructura para pernos o remaches provisionales de montaje.

Los miembros por soldarse serán alineados correctamente y sujetos firmemente en su posición por medio de cualquier dispositivo adecuado, incluyendo puntos de soldadura hasta que se haya completado el trabajo de soldadura; se permitirá unir estos puntos con la soldadura definitiva siempre que no presenten fisuras ni otros defectos y hayan quedado perfectamente limpios de escoria. El orden de ejecución de los cordones y la secuencia de soldadura dentro de cada uno de ellos y del conjunto será tal que, después de unidas las piezas, obtengan su forma y posición relativas definitivas, sin necesidad de un enderezado o rectificación posterior, al mismo tiempo que se mantenga dentro de límites aceptables, las tensiones residuales causadas por la contracción.

Para unir dos piezas de distinta sección, la mayor sección se adelgazará en la zona de contacto, con pendientes no superiores al 25%, para obtener una transición suave de la sección.

La soldadura no será hecha en superficies húmedas, o expuestas a la lluvia, o a vientos fuertes, tampoco cuando los soldadores estén expuestos a condiciones climáticas desfavorables.

Después de ejecutar cada cordón elemental y antes de depositar el siguiente, se limpiará la superficie con piqueta y cepillo de alambre, eliminando todo rastro de escorias.

Se tomarán las debidas precauciones para proteger los trabajos de soldadura contra el viento y especialmente contra el frío. Se suspenderá el trabajo cuando la temperatura baje de los cero grados centígrados, para evitar un enfriamiento excesivamente rápido de la soldadura.

Cuando se especifique en los planos o en las disposiciones especiales, se practicará el alivio de los esfuerzos inducidos en los miembros por la soldadura, mediante el tratamiento a calor. El tratamiento por seguir deberá contar con la aprobación del Fiscalizador, pero el Contratista será el único responsable de que los resultados sean satisfactorios.

Queda prohibido acelerar el enfriamiento de las soldaduras con medios artificiales.

De acuerdo con las instrucciones del Fiscalizador, el Contratista, a su costo, realizará por el método de radiografía la comprobación de todas las soldaduras a tope de las juntas en tensión, del 25 por ciento de las soldaduras a tope de las juntas en compresión y del 25 por ciento de las soldaduras a tope de las juntas de las vigas longitudinales de los elementos estructurales principales.

Si más del 10 por ciento de las soldaduras de las vigas a compresión radiografiadas resultan defectuosas, el Contratista estará obligado a radiografiar todo el resto de las soldaduras aún no ensayadas. Lo anterior se aplica igualmente tanto a las soldaduras en taller como en obra. Los procedimientos, equipos y materiales radiográficos estarán de acuerdo a los requerimientos estipulados en la publicación AWS D 2.0 de la "American Welding Society".

Las soldaduras se ceñirán lo más estrictamente posible a los requerimientos de los planos, y las superficies descubiertas de la soldadura serán razonablemente lisas y regulares. Sólo cuando lo autorice el Fiscalizador, se permitirán soldaduras significativamente mayores en longitud y tamaño a las especificadas en los planos.

Las soldaduras serán firmes y uniformes en toda su extensión. No existirán porosidades ni grietas en la superficie soldada. Habrá completa fusión entre el metal de soldadura y el material base, y entre los pasos sucesivos a lo largo de la junta. Las soldaduras estarán exentas de traslape y el metal base sin hendiduras.

### **3.7 Pasadores y rodillos**

Los pasadores y rodillos se tornearán a la dimensión exacta indicada en los planos y serán rectos, lisos y sin defectos. Los pasadores y rodillos serán forjados y endurecidos al calor de acuerdo con los requerimientos de los documentos contractuales.

Los agujeros para pasadores serán perforados a los diámetros especificados, lisos y rectos, en ángulo recto con el eje del miembro y paralelos entre sí, a no ser que se indique otra cosa. La perforación de los agujeros para pasadores de miembros ensamblados se realizará después de que la operación de remachado o empernado se haya completado.

Los agujeros para los pasadores en los elementos compuestos se perforarán después del ensamblaje del elemento. Podrán perforarse antes del ensamblaje, siempre que se sigan los procedimientos autorizados por el Fiscalizador y el resultado será tal que los agujeros tengan el mismo grado de precisión en su colocación, como el que se hubiera obtenido si los agujeros hubieran sido perforados después del ensamblaje.

### **3.8 Alisado de las superficies de contacto**

Las superficies metálicas de apoyo que van a estar en contacto con otra igual, con superficies de hormigón o con otros materiales, serán alisadas a máquina con una tolerancia de 1 milímetro en 40 centímetros, y una tolerancia total de 1.5 milímetros. Las superficies metálicas de apoyo que estarán en contacto con los apoyos preformados, apoyos elastoméricos o con

mortero, serán alisadas a máquina con una tolerancia de 1 milímetro en 10 centímetros, y con una tolerancia total de 5 milímetros. Las planchas de acero que no estarán en contacto con otras superficies metálicas de apoyo, podrán ser sometidas al proceso de enderezamiento al calor, a opción del Contratista, siempre que se mantenga las tolerancias arriba indicadas.

### **3.9 Planchas dobladas**

Las planchas de acero laminado no soldadas, dobladas en frío, cumplirán los siguientes requisitos:

- a) La línea de doblado estará en ángulo recto a la dirección del laminado.
- b) El proceso de doblado debe ser tal que no produzca la ruptura de la plancha
- c) Antes de doblar las placas, las orillas serán redondeadas a un radio de 1.5 milímetros, en donde se realice el doblado.

### **3.10 Ajuste de los rigidizadores**

Los rigidizadores en los extremos de las vigas y los rigidizadores destinados a soportar cargas, serán esmerilados o fresados para que puedan apoyarse uniformemente sobre las alas de la viga, o ser soldados, de acuerdo con los detalles indicados en los planos. Cualquier espacio libre entre los rigidizadores y las alas, no excederá de 1.5 milímetros, a no ser que se especifique otra cosa en los planos.

### **3.11 Pintura**

Todas las superficies de acero o hierro se limpiarán y pintarán a menos que por las características del acero no se requiera, y sea aprobado por escrito por el Fiscalizador.

### **3.12 Transporte, manejo y almacenamiento**

Las manipulaciones necesarias para la carga, descarga, transporte y almacenamiento en obra, se realizarán con el cuidado necesario para no producir solicitaciones en ningún elemento de la estructura, y para no dañar ni a las piezas ni a la pintura. Se cuidarán especialmente, protegiendo, si fuera necesario, las partes sobre las que hayan de fijarse las cadenas, cables o ganchos por utilizar en la elevación o sujeción de las piezas de la estructura.

El peso de cada elemento estará indicado en las órdenes de despacho de taller a obra. Los elementos estructurales cuyo peso exceda de tres toneladas, llevarán una marca indicativa de su peso.

Las partes salientes de cada elemento que corran peligro de doblarse o dañarse, serán embaladas y empacadas con madera u otro material que les proteja de cualquier daño posible.

Los pasadores, elementos pequeños y los paquetes de pernos, remaches roscas y arandelas, serán despachadas en cajas o barriles cuyo peso bruto no excederá de 135 kilogramos. Una lista del material contenido en cada embalaje acompañará a cada embarque.

### **3.13 Montaje**

#### **3.13.1 Método y equipo**

Previo el inicio de los trabajos de erección, el Contratista informará al Fiscalizador sobre el método, cantidad y tipo de equipo que usará, los cuales estarán sujetos a su aprobación. La aprobación del Fiscalizador no relevará, de ninguna manera, la responsabilidad del Contratista sobre los trabajos a realizarse. Ningún trabajo se realizará antes de la aprobación del Fiscalizador.

### **3.13.2 Apoyos y anclajes**

Todos los apoyos se colocarán en las cotas indicadas en los planos.

De conformidad con los detalles indicados en los planos, las placas de los apoyos se colocarán sobre cojines elastoméricos o sobre una capa de mortero, y se apoyarán sobre toda su superficie inferior. Los cojines elastoméricos estarán de acuerdo con lo estipulado en los planos o en las disposiciones contractuales.

El mortero que se coloque por debajo de las placas de apoyo y en las mangas de los pernos de anclaje, tendrá una proporción en volumen de una parte de cemento Portland y tres partes de arena limpia.

Para colocar el mortero se verificará que las áreas de hormigón que estarán en contacto con él, estén exentas de todo material flojo u objetable, que pudiera impedir la adherencia entre el mortero y la superficie de hormigón; además, estas se mantendrán totalmente húmedas por un período no menor a 24 horas, antes de la colocación del mortero.

El Contratista perforará los agujeros en el hormigón para colocar los pernos de anclaje, y luego los asegurará con lechada de cemento, o los hormigonará conjuntamente con los apoyos, de acuerdo a lo que se indique en los planos o especifique el Fiscalizador.

Se tomará en cuenta cualquier variación de la temperatura ambiental en la colocación de los anclajes y rodillos, ajustando las posiciones horizontales de los apoyos para esta temperatura.

Se tendrá cuidado de no restringir el libre movimiento en los apoyos móviles, por causa de una colocación o ajuste deficientes de los apoyos o de los pernos de anclaje y tuercas.

### **3.13.3 Montaje en general**

Para el ensamblaje en la obra, las partes estarán cuidadosamente ensambladas como se indique en los planos, y se seguirán todas las marcas de coincidencia. El material será cuidadosamente manejado, de manera que ninguna parte resulte doblada, rota o dañada en ninguna forma. No se realizará el martilleo que pueda dañar o deformar algún miembro. Las superficies de apoyo y las superficies que estarán en permanente contacto, se limpiarán antes que los miembros sean ensamblados. Se cuidará de no pintar, ni engrasar en modo alguno, las superficies de contacto de uniones con pernos de alta resistencia.

A no ser que se utilice para el montaje el método en voladizo, las celosías se ensamblarán sobre entramados de madera provisionales, ubicados de tal manera que den a los montantes del tramo el apoyo con la contraflecha adecuada. Los entramados se dejarán en su sitio hasta que los empalmes del cordón de tracción hayan sido completamente emperrados o remachados, y todas las conexiones en los nudos restantes ensambladas con sus respectivos pasadores y pernos.

Los pernos o remaches en los empalmes de juntas de tope de los miembros a compresión, así como los pernos o remaches de los barandales, no serán puestos o ajustados sino cuando se haya completado el montaje del cordón inferior.

Los empalmes y las conexiones en obra llevarán en la mitad de los agujeros, pernos y pasadores cilíndricos de erección (50% pernos y 50% pasadores), antes de iniciar el remachado o empernado con pernos de alta resistencia. Cuando se trate de empalmes y conexiones que tengan que soportar el tránsito durante el montaje, en los 3/4 del total de agujeros se colocarán pernos y pasadores.