

**ESPECIFICACIÓN TÉCNICA PARA PROVISIÓN DE**

**ESTRUCTURAS METÁLICAS DE PÓRTICOS Y SOPORTE DE EQUIPOS**

**COCHABAMBA - BOLIVIA**

**TABLA DE CONTENIDO**

[1 ALCANCE 3](#_Toc530067918)

[2 NORMAS 3](#_Toc530067919)

[3 DISEÑO 5](#_Toc530067920)

[3.1. INFORMACIÓN DE REFERENCIA 5](#_Toc530067921)

[3.2. CARGAS 5](#_Toc530067922)

[3.3. COMBINACIONES DE CARGA Y FACTORES DE SOBRECARGA 7](#_Toc530067923)

[3.4. DISEÑOS ESTRUCTURALES 8](#_Toc530067924)

[3.5. RECOMENDACIONES PARA EL DISEÑO ESPECÍFICO DE COLUMNAS Y SOPORTES DE EQUIPOS 12](#_Toc530067925)

[3.6. INFORMACIÓN PRODUCIDA 13](#_Toc530067926)

[3.7. MATERIALES DE FABRICACIÓN 15](#_Toc530067927)

[4. FABRICACIÓN 16](#_Toc530067928)

[4.1. GENERALIDADES 16](#_Toc530067929)

[4.2. TOLERANCIAS DIMENSIONALES 17](#_Toc530067930)

[4.3. TORNILLOS, PERNOS DE ANCLAJE, PERNOS DE ESCALERA, TUERCAS Y ARANDELAS 18](#_Toc530067931)

[4.4. SOLDADURAS 19](#_Toc530067932)

[4.5. PREPARACIÓN DEL MATERIAL A SOLDAR 19](#_Toc530067933)

[4.6. MARCAS PARA MONTAJE 19](#_Toc530067934)

[4.7. GALVANIZACIÓN 20](#_Toc530067935)

[4.8. PLACAS DE IDENTIFICACIÓN DE ESTRUCTURAS 21](#_Toc530067936)

[4.9. PRUEBAS E INSPECCIÓN 22](#_Toc530067937)

[4 INFORMACIÓN TÉCNICA COMPLEMENTARIA 26](#_Toc530067938)

# ALCANCE

Este documento especifica los requerimientos detallados para el diseño, fabricación, pruebas, inspección y suministro de las estructuras metálicas de pórticos y soportes para equipos que conforman la subestación.

El Contratista deberá realizar todas las labores de diseño, incluyendo los planos detallados para la fabricación de las estructuras metálicas y las listas de materiales de los elementos, para ello deben elaborar los planos guías de diseño correspondientes a la disposición física de estructuras, isométrico, siluetas de estructuras, cargas y especificaciones generales de diseño.

Las estructuras metálicas deben cumplir con las características requeridas en las características técnicas garantizadas anexas a las especificaciones del proyecto y deben ser suministradas completas con pernos de escalera, pernos de anclaje, placas de identificación y demás accesorios, de acuerdo con los requerimientos y especificaciones estipulados en los planos guías de diseño y de taller.

# NORMAS

Todos los aspectos de diseño, fabricación, pruebas, inspección, materiales y suministros descritos en estas especificaciones deben ser ejecutados conforme a los requerimientos de la última revisión de las siguientes normas:

1. Publicación ASCE: American Society of Civil Engineers
	* ASCE 10-97: Design of Latticed Steel Transmission Structures
	* Manual No. 74: Guidelines for Electrical Transmission Line Structural Loading
2. Publicación AISC: American Institute of Steel Construction
	* Manual of Steel Construction: Load and Resistance Factor Design.
3. Publicación AISI: American Iron and Steel Institute
	* Design Specification for Cold-Formed Steel Structural Members
4. Publicación AWS: American Welding Society
	* D1.1 Structural Welding Code - Steel
	* D1.3 Structural Welding Code - Sheet Steel
5. Publicación ANSI: American National Standards Institute
	* B.1.1 Unified Screw Threads
	* B.18.2.1 Heavy Hex Structural Bolts
	* B.18.2.2 Square and Hex Nuts
	* B.18.5 Round Head Bolts
6. Publicación ASTM: American Society for Testing and Materials
	* A-6: Specification for General Requirements for Delivery of Rolled Steel, Plates, Sheet Piling and Bars for Structural Use.
	* A-36: Specification for Structural Steel
	* A-90: Weight of Coating and Zinc Coated (Galvanized) Iron or Steel Articles
	* A-123: Standard Specification for Zinc (Hot Dip) Galvanized Coatings on Steel Products
	* A-143: Practice for Safeguarding Against Embrittlement of Hot-Dip Galvanized Structural Steel Products and Procedure for Detecting Embrittlement.
	* A-153: Standard Specification for Zinc Coating (Hot-dip) on Iron and Steel Hardware
	* A-239: Test Method for Location the Thinnest Spot in a Zinc (Galvanized) Coating on Iron or Steel Article by the Preece Test (Cooper Sulfate Dip).
	* A-242: Standard Specification for High - Strength Low - Alloy Structural Steel
	* A-370: Mechanical Testing of Steel Products
	* A-384: Recommended Practice for Safeguarding Against Warpage and Distortion During Hot Dip Galvanizing of Steel Structures.
	* A-394: Specification for Galvanized Steel Transmission Tower Bolts
	* A-441: High Strength Low-alloy Structural Manganese Vanadium Steel
	* A-563: Specification for Carbon and Alloy Steel Nuts
	* A-572: Specification for High-Strength Low-Alloy Columbium-Vanadium
	* A-780: Standard Practice for Repair of Damaged and Uncoated Areas of Hot-Dip Galvanized Coatings.
	* B-6: Standard Specification for Zinc (Slab Zinc)
	* B-695: Coatings of Zinc Mechanically Deposited on Iron and Steel Magnetic Particle Examination
	* B-201: Standard Practice for Testing Chromate Coatings on Zinc and Cadmium Surfaces
7. Publicación SSPC: Steel Structures Painting Council
	* • SSPC-SP1 Solvent Cleaning
	* • SSPC-SP2 Hand Tool Cleaning
	* • SSPC-SP3 Power Tool Cleaning
	* • SSPC-SP5 White Blast Cleaning

# DISEÑO

El Contratista debe configurar, dimensionar y diseñar las diferentes estructuras tanto de los soportes de equipos como de los pórticos que componen las subestaciones, de acuerdo con las dimensiones y requerimientos de los equipos, los requerimientos eléctricos en cuanto a distancias de seguridad, disposición física, alturas de conexión y niveles de adecuación del terreno, entre otros. Los diseños deben estar conformes con las dimensiones nominales, cargas y siluetas mostradas en los planos guías de diseño igualmente elaborados por el contratista.

Para garantizar seguridad en las maniobras de operación de los patios de las subestaciones se debe considerar una altura mínima de soportes de equipos de 2,25 m, en los casos donde aplique se puede considerar la parte metálica en la base que poseen algunos equipos para cumplir con esta altura mínima.

La rigidez de las estructuras de soporte será tal que el alineamiento de los aparatos a los cuales soporta, no será perturbado por las fuerzas a las que estarán sujetas. Las estructuras serán suministradas con todo lo necesario para acomodar los equipos y accesorios provistos en el proyecto, permitiéndose sin problemas asegurar las estructuras a la fundación.

Para cada tipo de estructura antes de la fabricación el Contratista debe someter a aprobación de ENDE CORPORACIÓN las memorias de cálculo, el método de cálculo utilizado y los esfuerzos máximos admisibles en el material utilizado, de acuerdo con los requerimientos estipulados en esta sección del documento.

## INFORMACIÓN DE REFERENCIA

Los diseños de las estructuras deben considerar la información contenida en los siguientes documentos, cuya obtención o elaboración es de entera responsabilidad del contratista:

* Disposición física de la subestación.
* Informe meteorológico del proyecto
* Estudio y planos de adecuación del lote del proyecto
* Estudio de amenaza sísmica realizado para la zona del proyecto
* Cartas técnicas de los equipos que se suministrarán para el proyecto

## CARGAS

Las estructuras metálicas para los pórticos y los soportes de equipos de patio de las subestaciones del proyecto estarán sometidas a cargas de tensión estática y electrodinámica de cortocircuito sobre los conductores en templas y barrajes, cables de guarda y conductores de conexionado entre los equipos; cargas asociadas a las estructuras como equipos, accesorios de anclaje (cadenas de aisladores y herrajes), plataformas, mandos, cargas de accionamiento de equipos y las cargas de peso propio, viento, sismo, montaje y mantenimiento.

### CARGAS DE CONEXIÓN SOBRE ESTRUCTURAS DE PÓRTICOS Y SOPORTES DE EQUIPOS

El cálculo de las tensiones (cargas) básicas de diseño de los barrajes deberá realizarse partiendo del criterio de que la flecha máxima para condición EDS del barraje sea del 3% del vano correspondiente.

Los efectos mecánicos debidos al corto circuito deberán calcularse según las indicaciones de la Publicación Cigré “The mecahanical effects of short circuit currents in open air substations” 1996 y 2002 (Publicaciones 105 y 214) o en su defecto bajo la Norma IEC 865 “Short Circuit cuerrents Calculations effects”. Se debe verificar las distancias mínimas fase- fase durante corto circuito y de ser necesario ajustar la tensión EDS básica con el fin de cumplir las distancias mínimas para el nivel de tensión requerido.

### CARGAS DE PESO PROPIO

Se deben estimar las cargas de peso propio de las estructuras de acuerdo con las propiedades asignadas en la etapa de diseño a los elementos que conformarán las columnas y soportes de equipos, adicionando el peso de las platinas, elementos de conexión y galvanizado.

Los pesos propios de los equipos que serán soportados por las estructuras deben ser determinados con base en las propiedades de los equipos a suministrar. Así mismo se deben considerar los pesos propios y la ubicación de las cajas de mando y de los mecanismos de accionamiento, entre otros.

### CARGAS DE VIENTO

Para la estimación de las cargas de viento sobre las estructuras se debe seguir la metodología ilustrada en el documento de "Guidelines for Electrical Transmission Line Structural Loading", Manual No 74 de la ASCE.

Se debe considerar la máxima velocidad del viento de acuerdo con la normatividad de construcción que rige para la zona del proyecto.

### CARGAS DE SISMO

Los cálculos de las cargas sísmicas deben ejecutarse con el espectro sísmico de diseño construido para la zona del proyecto.

Para el cálculo de las cargas de sismo sobre las estructuras se debe utilizar preferiblemente el procedimiento de la fuerza horizontal equivalente, utilizando los espectros últimos de diseño para el 5% de amortiguamiento.

Las componentes verticales de los movimientos sísmicos de diseño se deben tomar como las dos terceras partes de los valores correspondientes a los efectos horizontales y se aplicarán tanto en la dirección de la gravedad como en la dirección contraria a ésta.

Para pórticos y soportes de equipos, el coeficiente de disipación de energía R debe tener un valor máximo de 2.5 y 1,0 respectivamente, salvo un análisis elastoplástico de conexiones de la estructura que permita estimar la magnitud de la disipación de la energía.

### CARGAS DE MONTAJE Y MANTENIMIENTO

Se tendrán en cuenta dentro del diseño de las estructuras las cargas debidas al montaje y mantenimiento de los conductores, cables de guarda y equipos.

En columnas el castillete será diseñado para resistir, además de las otras solicitaciones indicadas, la acción de un hombre con herramienta de montaje que equivale a aplicar verticalmente un peso aproximado de 150 daN.

En vigas el nodo donde llega cada barraje, será diseñado para resistir, además de las otras solicitaciones indicadas, la acción de dos hombres con herramienta de montaje que equivale a aplicar verticalmente un peso aproximado de 250 daN.

Así mismo, todos los miembros de las estructuras cuyo eje longitudinal forme un ángulo con la horizontal menor que 45 grados tendrán suficiente sección para resistir una carga adicional de 150 daN vertical, aplicada en cualquier punto de su eje longitudinal.

En el territorio boliviano se deberá considerar la normatividad aplicable para el trabajo en alturas.

## COMBINACIONES DE CARGA Y FACTORES DE SOBRECARGA

Todas las estructuras metálicas para las subestaciones del proyecto deben ser diseñadas para la combinación más crítica de carga a tiro unilateral. Los eventos de carga correspondientes a las combinaciones de peso propio, viento, tiro, cortocircuito y sismo horizontal y vertical, deben tener los siguientes factores de sobrecarga:

P1= 1,5 Pp + 2 Ct

P2= 1,5 Pp + 1,3 Ct + 1,3 Cvx,y

P3= 1,2 Pp + 1,3 Ct + 1,0 Csx,y + 0,3 Csx,y  +/- 1,0 Csv

P4= 1,2 Pp + 1,1 Cc + 1,1 Ct + 1,1 Cvx,y

Las cargas para el evento de montaje de las estructuras deberán tenerse en cuenta en la combinación de cargas correspondiente a P1, las cargas por operación del equipo se deben tener en cuenta en todas las combinaciones.

Para los estimativos de las deflexiones máximas y cargas en servicio a nivel de fundación en las estructuras, se deben considerar las siguientes combinaciones:

P5= 1,0 Pp + 1,0 Ct

P6= 1,0 Pp + 1,0 Ct + 1,0 Cvx,y

P7= 1,0 Pp + 1,0 Ct + 0,7 Csx,y + 0,21 Csx,y +/- 0,70 Csv

P8= 1,0 Pp + 1,0Cc

El diseño de las columnas de pórticos debe limitar el desplazamiento máximo horizontal del extremo superior, para las condiciones de cargas de servicio más críticas (sin factores de sobrecarga), a un valor de H/150.

Para el diseño de vigas en el caso que se requieran, se debe limitar a un valor de L/200 las deflexiones máximas horizontales y L/300 para deflexiones máximas verticales.

En el caso de los soportes de equipos, el diseño debe limitar el desplazamiento horizontal del extremo superior a un valor de HS/200 a no ser que el fabricante del equipo exija un límite de desplazamiento diferente.

Dónde:

Pi: Combinación de carga

Pp: Peso propio de la estructura, equipos, accesorios y conductores de la conexión

Cv: Cargas de viento sobre equipos y estructuras

Ct: Cargas por tiro de los conductores de conexión, se debe considerar tiro unilateral (un solo sentido, caso más desfavorable).

Cc: Cargas sobre conductores por efecto de cortocircuito

Cs: Cargas por sismo horizontal sobre conductores, equipos y estructuras, obtenidos con coeficientes sísmicos últimos.

Csv: Cargas por sismo vertical sobre conductores, equipos y estructuras, obtenidos con coeficientes sísmicos últimos.

H: Altura de la estructura de columnas para pórticos

HS: Altura de la estructura de soporte para equipos

## DISEÑOS ESTRUCTURALES

El diseño de las estructuras será tal que se busque la sencillez de construcción y por consiguiente la facilidad de transporte, montaje e inspección. Se evitarán las cavidades y depresiones en donde se pueda acumular el agua. En caso de que algunas no puedan ser evitadas, se proveerán orificios de drenaje apropiados.

En el diseño de las estructuras se debe adoptar preferiblemente un sistema completo de estructura en celosía con distribución geométrica de elementos igual en todas las caras.

En los casos en que se requieran diseños especiales como soportes para interruptores es posible la utilización de perfiles de alma llena, proporcionando la rigidez necesaria para el adecuado funcionamiento de los equipos.

Se deben evitar donde sea posible, las platinas de conexión, utilizando preferiblemente las conexiones directas. Cuando se requiera utilizar juntas se diseñarán platinas de conexión que produzcan uniones concéntricas.

El ángulo mínimo entre miembros que se intercepten debe ser de veinte grados (20), salvo en casos especiales.

Las estructuras deben tener sus caras opuestas iguales. El diseño de las estructuras debe adoptar preferiblemente un sistema completo de estructuras arriostradas en forma triangular. Se deben analizar las topologías más convenientes desde el punto de vista de eficiencia estructural, funcionamiento del equipo, de fabricación y de economía.

La determinación de los esfuerzos unitarios máximos permisibles a compresión, tensión, flexión, cortante y aplastamiento se deben basar en los numerales aplicables de la norma ASCE 10-97 "Design of latticed steel transmission strucutures” de la ASCE (American Society of Civil Engineers).

Para la definición de los elementos metálicos los límites de las relaciones de esbeltez serán los siguientes:

1. Para miembros principales sometidos a compresión: 150
2. Para otros miembros: 200
3. Para miembros redundantes sin esfuerzos calculados: 250
4. Para miembros sometidos sólo a tensión: 350

Los miembros a compresión compuestos de dos ángulos o canales espalda con espalda en contacto o separados por una distancia pequeña deben conectarse en tal forma que la máxima relación de esbeltez L/R de cada miembro entre conexiones no sea mayor de 40 o mayor del 60% de la relación de esbeltez del miembro como conjunto tomada con relación a su radio de giro mínimo.

En ningún caso, la relación entre el ancho nominal libre de la aleta y el espesor (b/t), debe exceder lo descrito en la norma ASCE 10-97.

Para la definición de los elementos estructurales se considerarán las siguientes dimensiones mínimas:

Espesores mínimos para los perfiles, platinas, tornillos y arandelas deben ser:

1. Miembros principales o secundarios con esfuerzos calculados: 4,8 mm
2. Miembros secundarios redundantes sin esfuerzos calculados: 3,2 mm
3. Tamaño mínimo de perfiles de aletas iguales: 38 x 38 x 3,2 mm
4. Espesor mínimo para platinas de conexión: 4,8 mm
5. Espesor mínimo de láminas para base de estructuras soporte de equipo: 12,7 mm
6. Espesor mínimo de láminas para base de columnas de pórticos: 25,4 mm

Diámetro mínimo de tornillos:

1. Pernos que conecten elementos principales o secundarios con esfuerzos calculados: 15,9 mm
2. Pernos que conecten elementos secundarios redundantes sin esfuerzos calculados: 12,7 mm

Las arandelas deben ser fabricadas de conformidad con la norma ANSI B18.2.1

Los miembros redundantes se deben diseñar por lo menos para resistir el dos punto cinco por ciento (2,5%) de las fuerzas máximas del miembro que arriostran.

Todas las partes metálicas de las estructuras deben ser conectadas preferiblemente por medio de tornillos, tuercas y arandelas que deben cumplir con la última versión de las normas ASTM A-394 y ASTM A-563.

Las tuercas y cabezas de los tornillos deben ser hexagonales. No se aceptarán conexiones con remaches y soldaduras, excepto en las estructuras donde con previa aprobación de los diseños se requiera conexiones soldadas para la unión de platinas extremas de los soportes de equipos, los accesorios metálicos para la fijación de los equipos y los nervios rigidizantes.

Los miembros a compresión compuestos de dos ángulos o canales espalda con espalda deben conectarse en los extremos con dos tornillos como mínimo y deben disponerse por lo menos dos conexiones adicionales espaciados uniformemente en toda su longitud.

Los miembros sometidos a esfuerzos calculados se unirán por lo menos con dos tornillos por conexión. Dichos miembros se podrán conectar con un solo tornillo, únicamente en el caso en que constructivamente sea más adecuado y, según los cálculos, ese tornillo único esté cargado a menos del cincuenta por ciento de su capacidad. Los miembros diagonales se unirán en el punto de intersección por uno o más tornillos.

La superficie de presión será perpendicular al eje roscado. La cabeza del tornillo y la tuerca correspondiente tendrán las mismas dimensiones. La parte roscada del tornillo estará por fuera del plano de corte.

Los tornillos se diseñarán utilizando la capacidad a la tensión y a la cizalladura de la parte no roscada del tornillo. El tornillo tendrá una longitud tal que sobresalgan de la tuerca, después de colocada, al menos tres roscas sin exceder de 10 mm.

Las conexiones y sus perforaciones estarán de acuerdo a los requerimientos de las últimas versiones de la norma del AISC en su publicación “Load and Resistance Factor Design”, y de la norma ASCE 10-97.

Para las conexiones el Proponente adjudicado, debe presentar las recomendaciones del método más apropiado para el control de la tensión requerida por los tornillos de alta resistencia, de acuerdo con los requerimientos de las normas ASTM A-394 y RCSC “Research Council on Structural Connection”.

Cada columna debe estar provista de una escalera de pernos que se extenderá en toda su altura en uno de sus montantes, pero se deben proveer perforaciones en todos los montantes. Las escaleras deben quedar del lado exterior del pórtico.

Los pernos de la escalera deben ajustarse a lo especificado en los numerales relativos a tornillos y arandelas, tuercas y contratuercas para uniones y conexiones y deben dimensionarse para soportar una carga de 150 daN en su extremo libre.

Todas las estructuras se deben fijar a la fundación por medio de pernos de anclaje, diseñados según la norma 10-97 de la ASCE o mediante el código ACI 318-05 Apéndice D “Anclaje al concreto”.

Los pernos de anclaje deben tener arandela en ambas caras de la placa de asiento, tuerca de nivelación y arandela de presión, tuerca y contratuerca, y su longitud roscada debe ser tal que permita la adecuada colocación de todos los elementos, incluida la platina de asiento de la estructura y una holgura de 50 mm para nivelación.

Las juntas soldadas deben diseñarse según las publicaciones de la AWS D.1 “Structural Welding Code Steel”,de tal forma que tengan la suficiente resistencia para soportar las cargas a las cuales estarán sometidas.

Las soldaduras a tope de juntas con penetración parcial no deben estar sujetas a flexión alrededor del eje longitudinal de la soldadura, si la tensión se produce en la raíz de la soldadura.

Los esfuerzos admisibles para el metal base y los esfuerzos admisibles en la sección de la soldadura deben ser los siguientes:

* Soldadura a tope y de filete: Resistencia a la tensión y compresión igual al metal base
* La capacidad de cizalladura debe ser la menor entre 0,4 Fy del metal base y 0,3 Fu del metal de soldadura.

Los máximos espesores de los cordones de soldadura a utilizar deben ser los siguientes:

* 1,6 mm menor que el espesor del elemento, para elementos menores que 6,4 mm de espesor
* El tamaño máximo de soldadura que se puede colocar en un solo paso es de 8 mm

## RECOMENDACIONES PARA EL DISEÑO ESPECÍFICO DE COLUMNAS Y SOPORTES DE EQUIPOS

Para cada columna o soporte a diseñar se deben tener en cuenta aspectos y recomendaciones específicos de cada uno de los equipos.

Los soportes para equipos de maniobra (ejemplo: seccionadores e interruptores), deben suministrarse con escaleras del tipo de travesaño con agarraderas laterales para el acceso fácil y seguro. En el extremo superior de la escalera de acceso deberán proveerse barandas de seguridad. El diseño de las escaleras debe someterse a la aprobación de ENDE CORPORACIÓN.

A continuación se presentan algunas de las recomendaciones más importantes a tener en cuenta en el diseño de columnas para pórticos y de soportes de equipos.

### INTERRUPTORES

El Contratista debe configurar, dimensionar y diseñar las estructuras de soporte de los interruptores teniendo en cuenta la información general presentada en este documento y las características de los interruptores a suministrar. Así mismo debe tener en cuenta los siguientes aspectos:

1. Consideración adecuada de las cargas de apertura y cierre de los interruptores en el análisis estructural.
2. Se debe definir la geometría y el diámetro del perno adecuado que permita la fijación del interruptor a la fundación. Así mismo definir la separación entre pernos para anclaje del interruptor y coordinarlos con las fundaciones a diseñar para estos soportes.
3. Se debe definir la disposición de los pernos de conexión que permita la fijación del interruptor a la estructura.
4. Se debe considerar las cargas de conexión entre equipos presentadas en los planos guías de diseño de la estructura dependiendo del tipo de conductor rígido o flexible de la conexión.
5. Se debe tener en cuenta la posición de cárcamos y detalles especiales que se requieren para el funcionamiento del equipo.

### SECCIONADORES

Los diseños para las estructuras de soporte de los seccionadores de puesta a se deben realizar teniendo en cuenta la información presentada en este documento y además se debe considerar:

1. La altura mínima del soporte debe ser de 2,25 m.
2. El ancho superior del soporte está limitado por las características físicas del equipo, dado que se debe garantizar el libre accionamiento del seccionador. Por lo tanto este parámetro debe ser considerado en la definición de las siluetas.
3. Para la definición de la geometría de los soportes se debe considerar la separación entre el eje del equipo y el eje de los tubos de mando del seccionador.
4. Se deben considerar distancias límites de las estructuras según los requerimientos de anclaje y detalles de conexión del equipo, tubos de los mandos y cajas de mando.
5. En el análisis estructural se debe considerar que la posición del centroide varía de acuerdo con la posición del equipo abierto o cerrado.
6. El diseño del soporte debe limitarse a la disposición de pernos de anclaje presentada en los planos de guías.

### MANDOS DE SECCIONADORES

Para la definición de estructuras o dispositivos para la fijación de mandos de seccionadores en soportes para equipos, se debe realizar un estudio detallado de los equipos para cumplir con los requerimientos necesarios para un adecuado funcionamiento.

1. Se deben diseñar soportes que proporcionen suficiente estabilidad a las cajas de mando, ya que estas cajas tienen una excentricidad apreciable del centro de masa y muchas veces tienden a girar.
2. Se debe considerar en el diseño las solicitaciones dinámicas y vibraciones causadas por la operación de los equipos.
3. La ubicación de cada una de las estructuras deberá ser definida teniendo en cuenta su estabilidad y la interferencia con elementos de las estructuras principales.
4. Deben suministrarse apoyos suficientes para el adecuado funcionamiento de los tubos de mando.

## INFORMACIÓN PRODUCIDA

El Proponente adjudicado, debe presentar de acuerdo con los requisitos y formatos establecidos en las especificaciones técnicas y deberá contener como mínimo los documentos que se relacionan a continuación.

### PLANOS

El Contratista adjudicado, debe elaborar los planos de taller y montaje para cada una de los soportes con la información suficiente para la fabricación de las estructuras para soportes de equipos.

1. Dimensiones y masas de los elementos estructurales
2. Identificación de los elementos componentes de las estructuras
3. Planos de taller y montaje
4. Lista de despiece, incluyendo tornillería y accesorios

### MEMORIAS DE CÁLCULO

El Contratista adjudicado, debe presentar los fundamentos generales y resultados de la evaluación de las cargas a que serán sometidas las columnas para pórticos y los soportes de equipos.

Las memorias de cálculo incluirán los siguientes aspectos:

1. Se debe incluir todos los diagramas de cargas, cálculo de las masas de las columnas para pórticos o de los soportes de equipos, las cargas de viento y sismo sobre todas las estructuras.
2. Predimensionamiento de todos los miembros, principales y secundarios, de la estructura.
3. Análisis de fuerzas para todas y cada una de las hipótesis de carga requeridas, comprenderá una distribución de fuerzas axiales entre los miembros principales de la estructura, equivalente a la obtenida al suponer la estructura como un conjunto espacial de elementos rectos, prismáticos, esbeltos y elásticos, conectados entre si mediante nudos articulados.
4. Se deben presentar las verificaciones donde se demuestre la estabilidad cinemática del conjunto estructural.
5. Se deben presentar las verificaciones a las magnitudes de los desplazamientos en los nudos, obtenidas a partir de la rigidez de la estructura y de la hipótesis de carga considerada.
6. Se deben presentar las verificaciones a las magnitudes de las fuerzas axiales obtenidas a partir de la deformación axial del miembro según los desplazamientos de sus nudos extremos.
7. Dimensionamiento de cada uno de los miembros principales.
8. Dimensionamiento de todas las uniones atornilladas y soldadas junto con su justificación en las memorias de cálculo.
9. Se debe incluir para cada uno de los miembros la siguiente información:
* Identificación del miembro
* Esfuerzos máximos de tensión y compresión
* Hipótesis de carga
* Perfil utilizado y sus dimensiones
* Tipo de acero
* Área bruta y neta
* Longitud libre
* Radio de giro
* Relación de esbeltez
* Esfuerzos actuantes (tensión, compresión, corte, aplastamiento, flexión)
* Esfuerzos admisibles (tensión, compresión, corte, aplastamiento, flexión)
* Cantidad de tornillos en las uniones
* Esfuerzos cortantes y de aplastamiento en los tornillos de cada unión
* Porcentaje de utilización de cada elemento
* Número de perforaciones en la sección transversal
* Verificación de pernos de anclaje a la fundación, cuando se requiera

## MATERIALES DE FABRICACIÓN

Las estructuras metálicas deben fabricarse con aceros de resistencia normal (ASTM A 36) o alta resistencia de acuerdo con las fuerzas axiales resultantes en los miembros de las estructuras, provenientes de las hipótesis de carga y el aprovechamiento más económico del material.

La composición química y propiedades físicas y mecánicas de los materiales empleados en la fabricación de todas las estructuras metálicas de pórticos, soportes de equipos y cubiertas compuestas por elementos de lámina delgada formados en frío, deben cumplir con las siguientes especificaciones:

1. El acero de resistencia normal debe estar como mínimo en concordancia con la Publicación ASTM A-36.
2. El acero de alta resistencia debe cumplir con las características mecánicas y químicas especificadas en las siguientes Publicaciones.
* ASTM A-572 Grado 50
* ASTM A-242 para acero de alta resistencia, baja aleación y resistente a la corrosión atmosférica
* ASTM A-441 para acero de alta resistencia y baja aleación
1. Los tornillos y tuercas deben cumplir como mínimo con lo especificado en las Publicaciones ASTM A-394 y ASTM A-563.
2. Los pernos de anclaje deben cumplir con las Publicaciones SAE 1016 ó SAE 1020
3. Los electrodos a utilizar para soldaduras de acero de alta resistencia deben ser E70XX y para acero A36 deben ser E60XX o sus equivalentes en procesos no manuales.

Para cada uno de los aceros suministrados, el Contratista adjudicado, debe entregar informes certificados de las pruebas de fábrica, los métodos de prueba y el análisis de la colada (laddle analysis). Las pruebas mecánicas deben realizarse conforme a la Publicación ASTM A-370.

No se permitirán sustituciones en la calidad de los materiales sin la previa autorización escrita de ENDE CORPORACIÓN, quien podrá exigir la ejecución de análisis físico-químico de los materiales antes de su aprobación. Dichas pruebas, deben ejecutarse en un laboratorio aprobado por ENDE CORPORACIÓN.

# FABRICACIÓN

## GENERALIDADES

El Contratista no puede iniciar la fabricación de los distintos tipos de estructuras mientras no haya recibido la aprobación de ENDE CORPORACIÓN, tanto de las memorias de cálculo como de los planos de fabricación correspondientes.

La mano de obra debe ser de primera calidad y el fabricante debe emplear las mejores técnicas de fabricación.

La ejecución, el acabado y las tolerancias deben corresponder a prácticas de fabricación de elementos de alta calidad.

Una vez terminadas, todas las partes deberán quedar libres de abolladuras, torceduras, dobleces u otras deformaciones del material que dificulten el montaje de las estructuras o puedan herir las manos del personal que las maneje.

Los huecos, que deben ser cilíndricos y perpendiculares al plano del material, podrán ser taladrados o troquelados en materiales con un espesor máximo de 20 milímetros para acero de resistencia normal y 14 milímetros para acero de alta resistencia. En ningún caso un hueco podrá ser perforado completamente por medio de troquel, cuando el espesor del material exceda el diámetro del hueco a perforar.

En materiales de más de 20 milímetros de espesor en acero de resistencia normal o 14 milímetros para acero de alta resistencia, los huecos deben ser hechos con taladro o alternativamente troquelados a un diámetro 5 milímetros menor que el diámetro nominal del tornillo y posteriormente escariados.

El diámetro de los huecos para los tornillos deberá ser igual al diámetro del tornillo más 1,6 mm.

Los huecos para tornillos localizados cerca de los dobleces, deben hacerse después de hecho el doblez, para evitar su distorsión. Cualquier rebaba que quede después del troquelado o taladrado debe ser removida con una herramienta de biselar adecuada, antes de la galvanización.

Los dobleces deben hacerse preferiblemente en frío. Si para doblar el material se requiere calentarlo, por la dificultad que presentan los elementos de determinado espesor, debe tener previa autorización escrita de ENDE CORPORACIÓN. Para el efecto, se debe controlar la temperatura de calentamiento del material de tal forma que no sobrepase los 620 °C.

Para elementos conformados en frío, el radio interno de doblez mínimo debe ser el espesor de la lámina. Si el espesor de la lámina es menor de 12,7 mm, la abertura del dado utilizado en el proceso de doblado debe ser ocho veces el espesor de la lámina.

Los cortes deben hacerse normalmente con cizalla y deben quedar limpios, sin rebaba ni bordes salientes o cortantes. No se aceptarán cortes con soplete.

Salvo aprobación escrita de ENDE CORPORACIÓN o que se indique lo contrario, la presencia de soldaduras como relleno o suplemento en un miembro de las estructuras en celosía será razón suficiente para que éste sea rechazado.

Cada miembro de las estructuras debe ser fabricado de una sola pieza de forma tal que su longitud no exceda de 9 metros.

Para revisar la calidad de la mano de obra, el Contratista debe presentar para inspección una muestra total del lote, debiendo ser seleccionados de común acuerdo y ensamblados formando una parte de la estructura completa, en presencia del representante de ENDE CORPORACIÓN y en la planta del fabricante.

Si las estructuras o los tornillos para las estructuras son fabricados o galvanizados por subcontratistas, el Contratista debe, si así lo requiere ENDE CORPORACIÓN, sin costos extras al Contrato, suministrar un inspector residente en las plantas de cada subcontratista durante el tiempo que esté fabricando o galvanizando el material.

Los trabajos de soldadura deben ser ejecutados por personal calificado conforme a los requerimientos exigidos por la publicación “Structural Welding Code” de la AWS (American Welding Society).

## TOLERANCIAS DIMENSIONALES

Todos los materiales deben cumplir como mínimo con todas las tolerancias de fabricación estipuladas en la Publicación ASTM A-6, antes de la fabricación de la estructura.

La longitud de los miembros no puede variar en más de 1,6 milímetros (1/16") en miembros desde 1,0 hasta 6,0 metros de longitud. Para otras longitudes superiores se tendrá un límite proporcional al anteriormente indicado y 1,0 milímetro para miembros menores a 1,0 metro de longitud.

Los miembros terminados que trabajarán a tracción no podrán tener distorsión lateral que exceda el 2/1000 de la longitud no apoyada del miembro.

Todos los miembros que estén sometidos únicamente a tensión deben ser fabricados más cortos que la longitud teórica requerida. Los miembros de 4,5 metros de longitud o menores, deben ser fabricados 3,0 milímetros más cortos para proveer la holgura necesaria durante el montaje.

Para miembros con longitudes mayores de 4,5 metros, la reducción de la longitud debe ser de 3,0 milímetros más 1,5 milímetros por cada 3,0 metros de longitud adicional. Todos los planos de taller deben indicar la cantidad en la cual cada miembro ha sido recortado.

La curva entre dos puntos laterales de soporte de un elemento recto, debe ser inferior a 1/500 de la distancia entre los puntos de soporte del elemento.

Las tolerancias para el espesor mínimo de elementos fabricados en lámina delgada que sean conformados en frío deben estar conforme a lo descrito a la publicación AISI “LRFD Design Specification for Cold-Formed Steel Structural Members”.

## TORNILLOS, PERNOS DE ANCLAJE, PERNOS DE ESCALERA, TUERCAS Y ARANDELAS

Las dimensiones, tolerancias, tipo y material de los tornillos, tuercas y arandelas para las estructuras descritas en estas especificaciones deben estar en conformidad con las Publicaciones ASTM A-394 para tornillos tipo 0 y ASTM A-563 para arandelas y tuercas.

En la fabricación de los tornillos el fabricante debe tener especial cuidado con el tratamiento térmico a que son sometidos por las pérdidas de resistencia mecánica que ocasiona el proceso de fabricación, por esto, el Contratista adjudicado debe garantizar por medio de certificados de pruebas de laboratorio que las propiedades mecánicas son las requeridas según la norma.

El suministro de estructura metálica debe incluir todos los tornillos, tuercas y arandelas requeridos para el correcto armado de las estructuras; todos los pernos de escalera de acuerdo con los requerimientos y especificaciones estipulados en los planos de taller y todos los pernos de anclaje para la fijación de las estructuras a la fundación, teniendo en cuenta lo siguiente:

1. Las longitudes de los tornillos para estructuras se deben seleccionar dependiendo de los espesores de las partes conectadas, de tal manera que la parte roscada de los mismos esté fuera del plano de cizalladura. Así mismo, para esta longitud se debe cumplir que sobresalgan al menos tres roscas sin exceder de 10 mm una vez colocada la tuerca, en forma tal que la longitud no roscada permita apretar adecuadamente las partes que une.
2. Las dimensiones diametrales de las roscas y del vástago de los tornillos debe estar conforme a las Publicaciones ANSI B1.1, B18.2.1 y B18.2.2.
3. Las cabezas de los tornillos y tuercas deben ser de forma hexagonal
4. Adicionalmente con cada tornillo deben suministrarse una tuerca hexagonal y una arandela plana y de presión
5. Las arandelas deben ser fabricadas en conformidad con la Publicación ANSI B 18.2.2
6. Los pernos de escalera deberán ajustarse a lo especificado en los numerales relativos a tornillos, arandelas, tuercas y contratuercas para uniones y conexiones.

Cuando se requieran arandelas adicionales para los tornillos, éstas podrán ser arandelas galvanizadas simples fabricadas en acero ANSI 1024 y en conformidad con la Publicación SAE J 403.

Todos los tornillos deben llevar en la cabeza una marca legible que indique la calidad del acero.

Es necesario suministrar un 5% adicional de la cantidad total de tornillería y pernos de escalera para el total de las estructuras.

Las dimensiones, tolerancias, tipo y material de los pernos de anclaje para las estructuras deben estar en conformidad con las Publicaciones SAE 1016 o SAE 1020 y su diseño estará de acuerdo con la norma ASCE 10-97.

## SOLDADURAS

Para conexiones soldadas en las cuales el menor espesor de los elementos conectados sea mayor de 4,6 mm, la soldadura debe aplicarse según la Publicación de la AWS D1.1 “Structural Welding Code - Steel”, y para el caso que el menor espesor de los elementos conectados sea menor o igual a de 4,6 mm, debe utilizarse la Publicación de la AWS D1.3 “Structural Welding Code - Sheet Steel”.

Una vez haya sido removido de sus cajas originales, el material de soldadura debe ser protegido o almacenado, según las indicaciones del fabricante del electrodo, fuera de la humedad y a una temperatura constante entre 120 y 200 grados centígrados de tal forma que no se afecten adversamente las propiedades especificadas y las características de la soldadura. Los electrodos que no han sido utilizados luego de dos horas de exposición a la atmósfera deben ser sometidos a una temperatura entre 370 y 426 grados centígrados durante una hora antes de ser reutilizados, este proceso debe realizarse sólo una vez, de lo contrario los electrodos deben ser desechados. Los electrodos que se humedezcan serán rechazados.

## PREPARACIÓN DEL MATERIAL A SOLDAR

Las superficies a ser soldadas deben ser uniformes, limpias y libres de cascarillas, grietas y otros defectos que alteren adversamente la calidad o la resistencia de la soldadura. La limpieza de escoria, óxido, pintura, grasa, humedad y otros materiales extraños debe ejecutarse en una zona comprendida en dos pulgadas alrededor de la soldadura.

Los defectos de la soldadura deben ser reparados de la siguiente forma:

* El defecto debe ser expuesto removiendo el material encima de éste y reemplazándolo por metal de soldadura.
* Todos los trabajos de soldadura deben ser ejecutados por personal calificado

## MARCAS PARA MONTAJE

Antes de galvanizar todos los miembros incluyendo todas las platinas y conjuntos soldados, deben ser estampados con los números y letras definitivos, debiendo corresponder con los planos de fabricación aprobados y la lista de materiales.

Las marcas para montaje deben ser de la siguiente forma: un prefijo que indica el tipo de subestación a la que pertenece el conjunto, uno (1) para subestaciones a 115 kV, seguida por dos campos en los cuales se da el nombre del tipo de estructura (viga, columna o soporte de equipo) y a continuación el número correspondiente a la posición en el plano de fabricación, por último para designar la calidad del acero se adicionará la letra “H” sólo en el caso de aceros de alta resistencia.

Los números y las letras deben ser por lo menos de 20 mm de altura y ser claramente legibles después de la galvanización.

Las piezas cuya longitud sea mayor de 3,50 m, deben llevar marcas en los dos extremos, en caras alternas.

Las secciones transversales de los dos extremos de cada miembro deben ser pintadas con un color indeleble, que debe ser igual para todos los perfiles del mismo tipo de estructura.

## GALVANIZACIÓN

Después de terminados todos los trabajos de fabricación de las estructuras metálicas para pórticos y soportes de equipos, todas las piezas de acero deben limpiarse de óxido, escamas, polvo, grasa, aceite y cualquier otra sustancia extraña antes de ser galvanizadas en caliente, el espesor de la capa de galvanizado estará definido en la tabla de características técnicas garantizadas.

Los trabajos de preparación del galvanizado y el proceso de galvanización en sí, no deben afectar en forma adversa las propiedades mecánicas del acero. Se debe evitar que se presenten pandeos o torceduras en los elementos, al ser sumergidos en el baño de zinc de acuerdo con lo especificado en la Publicación ASTM A-384.

Para evitar pérdidas en la ductilidad y en la resistencia del acero que puedan producirse a causa del proceso de galvanización, deben seguirse las recomendaciones consignadas en la Publicación ASTM A-143.

Los perfiles, platinas y elementos similares para las estructuras de pórticos y soportes de equipos deben ser galvanizados de acuerdo con lo especificado en la Publicación ASTM A-123, así mismo, los dispositivos antiescalatorios, tornillos, tuercas, y arandelas deben ser galvanizadas de acuerdo con las Publicaciones ASTM A-153 y ASTM B-695 según el tipo de tornillo. Las superficies galvanizadas deben cumplir con el recubrimiento mínimo especificado, en las características técnicas garantizadas, para el nivel de corrosión correspondiente al sitio del proyecto.

Los pernos de anclaje deben ser galvanizados sólo en el sector roscado de acuerdo con la Publicación ASTM A-153 y cumpliendo con el recubrimiento mínimo especificado.

Las roscas de las tuercas deben repasarse después de la galvanización y posteriormente deben lubricarse con aceite. La tuerca debe girar fácilmente, sin flojedad excesiva, a todo lo largo de la rosca del tornillo, permitiendo su atornillado a mano.

El galvanizado debe quedar liso, limpio, uniforme, continuo y libre de defectos. El exceso de zinc en tornillos, tuercas, arandelas debe ser removido por centrifugado.

Los defectos tales como variaciones excesivas en el espesor de la capa de zinc, falta de adherencia, aspereza excesiva, constituirán causa suficiente para que las piezas afectadas sean rechazadas.

Los daños al galvanizado que originen pérdida de la capa de zinc hasta el punto de dejar expuesto al acero y que se causen durante las operaciones de fabricación, transporte, manejo, descargue y entrega del material, serán causa suficiente para que las piezas afectadas sean rechazadas.

Cualquier elemento cuyo galvanizado se vuelva a dañar después del segundo baño, será rechazado definitivamente y no podrá solicitarse una nueva inspección ni formar parte de otros lotes.

Todas las piezas que se tuerzan o pandeen durante el proceso de galvanización deben enderezarse sin causar daño al galvanizado, en caso contrario serán rechazados.

Una vez terminado el proceso de galvanización las piezas de acero que sean almacenadas a la intemperie deben protegerse mediante la aplicación de una capa de dicromato de zinc con una concentración de 1,7 gr/l la cual debe cumplir con la publicación ASTM B-201.

Los trabajos de preparación y aplicación del dicromato no deben afectar en forma adversa las propiedades mecánicas del acero. Se debe evitar que se presenten pandeos o torceduras en los elementos al ser sumergidos en el baño de dicromato de zinc.

ENDE CORPORACIÓN se reserva el derecho de rechazar sin costo alguno, cualquier elemento de la estructura que no cumpla con los requisitos de galvanización estipulados en estas especificaciones.

La calidad del material empleado en el proceso de galvanización, debe cumplir con los requisitos de la Publicación ASTM B-6.

## PLACAS DE IDENTIFICACIÓN DE ESTRUCTURAS

El Contratista debe suministrar las placas de identificación para los pórticos y para las estructuras de soporte de equipos tal como se muestra en los planos guías respectivos. La nomenclatura será definida y suministrada por ENDE CORPORACIÓN.

Los huecos requeridos para la fijación de todas las placas deben fabricarse en todos los elementos respectivos de la estructura antes de galvanizarlos. Todos los elementos para fijación de las placas se deben galvanizar en caliente según lo especificado. Las arandelas que van en contacto con las placas deben ser de nylon, resina sintética o similar para evitar dañar el acabado de las placas.

## PRUEBAS E INSPECCIÓN

Todas las piezas suministradas por el Contratista deben permitir el correcto ensamble de las estructuras. Cualquier inconveniente o retraso en la etapa de montaje debido a piezas mal fabricadas, será responsabilidad del Contratista e ENDE CORPORACIÓN podrá imputar penalidades en dicho caso.

Los procedimientos de control de calidad incluyen, pero no están necesariamente limitados a los presentados en este documento.

### INSPECCIÓN

Durante el proceso objeto de estas especificaciones, ENDE CORPORACIÓN designará un Inspector que en su representación, vigilará y acompañará al fabricante mediante visitas sistemáticas en las actividades pertinentes.

Este Inspector tendrá libre acceso a todas las zonas de taller, almacenamiento y despacho de las instalaciones de la fábrica para la verificación de las disposiciones aquí presentadas.

El Inspector de ENDE CORPORACIÓN que visite las instalaciones de fabricación debe estar acompañado por un representante del Contratista sin ningún costo extra por ello, quien debe tener la potestad y responsabilidad de cualquier decisión.

Es responsabilidad del Contratista y a su cargo, los costos por la ejecución de todas las pruebas incluidas en este documento y debe someter a aprobación del Inspector de ENDE CORPORACIÓN los certificados correspondientes a los reportes de prueba.

Los procedimientos a usarse en todas las pruebas y los lugares en donde se realicen, serán aprobados por ENDE CORPORACIÓN antes de las mismas.

El Contratista debe presentar al Inspector todas las especificaciones técnicas usadas para la compra de la materia prima y suministro de componentes por subcontratistas, así como los correspondientes certificados de aceptación y reportes de prueba.

### PRUEBAS DE ARMADO DE PROTOTIPOS

Deben presentarse antes del galvanizado, prototipos armados para verificación dimensional y aprobación por parte de ENDE CORPORACIÓN, quien supervisará además, que el armado, las marcas, la calidad de materiales, los elementos de fijación, las dimensiones, etc., utilizados en el prototipo, cumplan con lo especificado.

El Contratista debe informar con un día de anticipación, la iniciación de los trabajos de armado de prototipo. ENDE CORPORACIÓN podrá designar uno o varios Inspectores adicionales durante esta etapa.

Estos prototipos armados deben estar conformados por la totalidad de los elementos presentados en los planos de taller, incluyendo tornillería (tornillo, tuercas, arandela y arandela de presión), pernos de escalera y rellenos especificados en los mismos. La ausencia de éstos o el uso de elementos diferentes a los especificados en los planos de taller, es razón suficiente e imperativa para la no aprobación de los prototipos.

El Contratista se hará cargo de los costos adicionales que por la reprogramación de las inspecciones debido al incumplimiento de estas especificaciones, incurra ENDE CORPORACIÓN y su personal designado para tal fin.

El Contratista adjudicado, debe presentar un prototipo por cada tipo de estructura ajustándose al Cronograma.

En los pórticos, debe presentar además prototipos de todas las conexiones viga-columna, con el fin de verificar el correcto armado de las mismas. Para el caso de los pernos de anclaje y las plantillas de colocación de pernos de anclaje, el prototipo estará conformado por la plantilla totalmente armada y los pernos respectivos ubicados en ella con todos sus accesorios.

Para las inspecciones y pruebas, deben respetarse las siguientes disposiciones:

1. Antes de la visita de inspección, el Contratista debe tener armado en su totalidad el prototipo a inspeccionar y proveer a ENDE CORPORACIÓN de una fotografía o vídeo de dicho prototipo el día antes de la visita. ENDE CORPORACIÓN podrá decidir si se realiza o no la visita, en caso de no recibir dicha información.
2. El prototipo debe ser armado en un lugar amplio, limpio y de fácil acceso, que no represente peligros para la seguridad del Inspector de ENDE CORPORACIÓN y para el personal del Contratista.
3. Durante la inspección, deben respetarse las condiciones de seguridad a nivel industrial. El Contratista debe proveer al Inspector de los Equipos de Protección Personal especiales que según el plan de seguridad de las instalaciones de la fábrica se requieran.
4. El prototipo debe armarse en posición horizontal y apoyado en suficientes soportes de madera que eviten su deformación excesiva.
5. Los prototipos no pueden armarse en posición vertical o diagonal; no están permitidos trabajos en altura.
6. El prototipo no debe ser desarmado parcial ni totalmente antes de la aprobación del mismo.

### PRUEBAS DE ACEPTACIÓN

Salvo que se haga un acuerdo diferente, las pruebas presentadas en las Tabla 1, 2, 3 y 4, deben ser realizadas en las instalaciones del fabricante o en un laboratorio de reconocida experiencia y en presencia del Inspector designado por ENDE CORPORACIÓN para tales efectos. El fabricante debe suministrar todos los instrumentos, medios y equipos necesarios para la realización de las pruebas, con su registro actualizado de su calibración y mantenimiento.

Después de cada serie de pruebas, el fabricante debe presentar al Inspector, reportes de pruebas completos para su aprobación. Ningún material se puede liberar para transporte antes de recibir estos reportes, a menos que específicamente se indique por escrito para cada caso.

Muestras representativas de todos los elementos deben ser seleccionadas al azar de cada lote por el Inspector y sometidas a las pruebas e inspecciones especificadas en este documento. El Inspector puede seleccionar a su criterio, un número de muestras mayor al especificado de cualquier lote de material y someterlas a pruebas.

Un lote es considerado como un conjunto de elementos de los cuales se toman las muestras para verificar su conformidad con los requisitos de estas especificaciones. Cada lote se compone de elementos del mismo tipo, grado, clase, forma y composición, fabricados esencialmente bajo las mismas condiciones y en el mismo turno de trabajo y presentado para aceptación una sola vez.

En el caso de pruebas de galvanizado en donde más de un tipo de elementos se galvaniza al mismo tiempo, el lote puede ser considerado como todos los materiales galvanizados bajo idénticas condiciones, en el mismo punto y por el mismo operario, durante un período de trabajo continuo. En el caso de tornillos y tuercas un lote se compone de tornillos de un mismo diámetro nominal y longitud.

Cada lote rechazado, debe ser debidamente marcado por el inspector, separado en un sitio señalizado y destinado para tal fin, con el objeto que se asegure que no haya una mezcla con el material aprobado.

Todas las soldaduras defectuosas o imperfectas deben destruirse por medios mecánicos hasta descubrir el metal original y deben hacerse nuevamente de forma que sean aceptadas por escrito por ENDE CORPORACIÓN.

Tabla 1. Plan general de pruebas

| **Tipo de elemento** | **Definición del lote** | **Pruebas a realizar** | **Número de pruebas por lote** | **Norma aplicable** |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Perfiles y platinas | Perfiles de igual dimensión, despacho y colada | Análisis químico | Por colada | ASTM A36, A572-50, A242, A441 |
| Análisis mecánico | Según norma | ASTM A36, A572-50, A242, A441, A370 |
| Control dimensional e inspección visual | Ver tabla 2 | ASTM A6 y planos de taller |
| Galvanizado | Ver tabla 3 | ASTM A123 |
| Tornillería y accesorios, pernos o tornillos de escalera, pernos de anclaje | Totalidad de elementos de un mismo diámetro y longitud por cada fabricante (contratista o sub-contratista), galvanizados en un mismo turno y por un mismo operador | Análisis Químico | Ver tabla 2 | ASTM A394, A563,  |
| Análisis mecánico | Ver tabla 3 | ASTM A394, A370 |
| Control dimensional e inspección visual | Ver tabla 2 | ASTM A394, 563, ANSI B1.1, B.18.2.1 y B.18.2.2 y planos de taller |
| Galvanizado y Preece | Ver tabla 3 | ASTM A153, A239 |
| Soldadura | Suministro | Inspección visual y porosidad | 100% | AWS D1.1 |
| Tintas penetrantes | 100% (hasta un 50% para tintas penetrantes) | ASTM E165, E1417 |
| Mezcla para galvanización | Según norma | Análisis Químico | Según norma | ASTM B6, B201 y B695 |

Tabla 2. Plan de muestreo simple para inspección dimensional de elementos estructurales en subestaciones

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Tamaño lote** | **Tamaño muestra** | **Número permitido de defectuosos** |
| Hasta 25 | 2 | 1 |
| 26 a 50 | 3 | 1 |
| 51 a 90 | 5 | 1 |
| 91 a 150 | 8 | 1 |
| 151 a 280 | 13 | 1 |

Tabla 3. Plan de muestreo para tornillos, tuercas y arandelas

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Tamaño lote** | **Muestra propiedades mecánicas** | **Pruebas de galvanizado** | **Número permitido de defectuosos** |
| Hasta 800 | 1 | 3 | 1 |
| 801 a 8000 | 2 | 3 | 1 |
| 8001a 35000 | 3 | 3 | 1 |
| 35001 a 150000 | 8 | 5 | 1 |
| Más de 150001 | 13 | 8 | 1 |

Tabla 4. Plan de muestreo para inspección de perfiles estructurales y herrajes galvanizados (para ensayos no destructivos)

| **Tamaño del lote** | **Tamaño de la muestra** | **Número permitido de defectuosos** |
| --- | --- | --- |
| 1 a 20 | Todo | 0 |
| 21 a 280 | 20 | 0 |
| 281 a 1200 | 80 | 1 |
| 1201 a 3200 | 125 | 2 |
| 3201 a 10000 | 200 | 3 |
| 10001 a 35000 | 315 | 5 |

# INFORMACIÓN TÉCNICA COMPLEMENTARIA

El proponente adjudicado, deberá presentar la siguiente documentación complementaria, misma que será evaluada (aprobada o rechazada) por ENDE CORPORACIÓN durante la Reunión de Mejores Condiciones Técnicas.

Al presentar la oferta, se entiende que el proponente revisó y se compromete a cumplir con los requerimientos mínimos presentados en la siguiente tabla.

Los datos técnicos complementarios, de manera excepcional podrían ser modificados para compatibilizar con el resto de los sistemas y bajo aprobación de ENDE TRANSMISION.

| **ÍTEM** | **DESCRIPCIÓN** | **UNIDAD** | **REQUERIDO** |
| --- | --- | --- | --- |
| 1 | Fabricante |  | *A informar en la CMCT\** |
| 2 | País |  | *A informar en la CMCT\** |
| 3 | Certificado de conformidad con norma del fabricante |  | Sí |
| 4 | Perfiles |  |  |
|   | a) Acero normal |  |  |
|   |  Normas aplicables para características |  | ASTM A-36 |
| ASTM A-6 |
|   |  Productor |  | *A informar en la CMCT\** |
|   |  Utilización |  | *A informar en la CMCT\** |
|   | b) Acero de alta resistencia |  |  |
|   |  Normas aplicables para características |  | ASTM A-572 |
| Gr 50 |
| ASTM A-441 |
| ASTM A-242 |
| ASTM A-6 |
|   |  Productor |  | *A informar en la CMCT\** |
|   |  Utilización |  | *A informar en la CMCT\** |
| 5 | Tornillos y tuercas |  |  |
|   | a) Norma para características |  | ASTM A-394 |
| ASTM A-563 |
|   |  Productor |  | *A informar en la CMCT\** |
|   |  Utilización |  | *A informar en la CMCT\** |
| 6 | Pernos de anclaje, norma del material |  | SAE 1020. Calibrado |
|
| 7 | Soldadura, normas aplicables |  | AWS D1.1 |
| AWS D1.3 |
| 8 | Galvanizado |  |  |
|   | a) Norma del galvanizado en perfiles |  | ASTM A-123 |
| ASTM A-143 |
| ASTM A-384 |
| ASTM B-6 |
|   | b) Espesor mínimo de la capa en perfiles |  |  |
|   |  Nivel de contaminación medio y pesado | µ | 130 |
|   | c) Norma del galvanizado en tornillos, tuercas, arandelas y pernos de anclaje  |  | ASTM A-153 |
| ASTM A-394 |
| ASTM B-6 |
|   | d) Espesor mínimo de la capa en tornillos, tuercas, arandelas y pernos de anclaje | µ | 71 |
|   | e) Norma para prueba del galvanizado |  | ASTM A-90 |
| ASTM B-6 |
|   | Dicromato de zinc |  |  |
| 9 | a) Norma para prueba del dicromato de zinc |  | ASTM B-201 |
|   | b) Concentración de la solución de dicromato de zinc | gr/l | 1.7 |
|   | c) Número de capas | Un | 1 |
| 10 | Pintura para reparar galvanizado |  | *A informar en la CMCT\** |
|   | a) Normas aplicables |  | *A informar en la CMCT\** |
|   | b) Espesor de la capa | µ | *A informar en la CMCT\** |
|   | c) Número de capas | Un | *A informar en la CMCT\** |

\* Los valores de estas casillas deberán ser presentados por el proponente adjudicado durante la Reunión de Concertación de Mejores Condiciones Técnicas (CMCT), posterior a la adjudicación.