



**CLIENTE:** AES ANDES

**PROYECTO:** OBRA DE AMPLIACIÓN SUBESTACIÓN SANTA CLARA  
220 kV

**TÍTULO:** ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE FABRICACIÓN DE  
ESTRUCTURAS

**DOCUMENTO:** 25SSC-SE-AP-ET-002-0

VERSIÓN	FECHA	TBA CONSULTING			CLIENTE	DESCRIPCIÓN
		PREPARÓ	REVISÓ	APROBÓ	APROBÓ	
C	21/07/2025	ING	MAR/EBM	EBM		Propuesta final
0	08/09/2025	ING	MAR/EBM	EBM		Para uso

## CONTENIDO

1	Alcance .....	3
2	Normas Aplicables.....	3
3	Definiciones.....	4
4	Etapas Previas Al Inicio De Fabricación .....	4
5	Materiales .....	4
6	Armado De Prueba .....	5
7	Fabricación .....	6
7.1	Dimensiones De Los Materiales .....	7
7.2	Tolerancias De Fabricación.....	8
8	Escalines .....	9
9	Marcas.....	9
10	Galvanizado .....	9
11	Inspección En Fábrica .....	10
12	Recepción en Fábrica.....	10
13	Embalaje y Transporte.....	10

## 1 ALCANCE

---

El presente documento establece las condiciones que deberán cumplir el suministro y fabricación de estructuras metálicas para las OBRAS.

## 2 NORMAS APLICABLES

---

Las Normas que se señalan a continuación deberán ser utilizadas en su última versión vigente a la fecha de inicio del proceso de Licitación:

- ASTM A6, General requirements for rolled structural steel bars, plates, shapes and sheet piling.
- ASTM A36, Especificación normalizada para el acero estructural.
- ASTM A123, Standard Specifications for Zinc (hot galvanized) Coating On Products Fabricated from Rolled, Pressed and Forged Steel Shapes, Plates, Bars and Strips.
- ASTM A143, Standard Practice for Safeguarding against embrittlement of Hot-Dip Galvanized Structural. Steel Products and Procedure for detecting embrittlement.
- ASTM A153, Standard specification for Zinc Coating (Hot - Dip) on Iron and Steel Hardware.
- ASTM A193 Grade 7, Standard Specification for Alloy-Steel and Stainless Steel Bolting for High Temperature or High Pressure Service and Other Special Purpose Applications.
- ASTM A370, Standard Test Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products.
- ASTM A384, Standard Practice for Safeguarding Against Warpage and Distortion During Hot-Dip Galvanizing of Steel Assemblies.
- ASTM A394, Steel transmission tower bolts zinc coated and bare (Pernos).
- ASTM F436, Standard Specification for Hardened Steel Washers.
- ASTM A563, Standard Specification for Carbon and Alloy Steel Nuts.
- ASTM A572, Standard specification for High-Strength Low-Alloy Columbium - Vanadium.
- ASTM A780, Standard Practice for Repair of Damaged and Uncoated Areas of Hot-Dip Galvanized Coatings.
- ASTM B6, Standard Specification for Zinc.
- AWS D1.1, American Welding Society - Structural Welding Code.
- B.1.1., Unified Screw Threads.
- B.18.2.1, Heavy Hex Structural Bolts.
- B.18.2.2, Square and Hex Nuts.
- B18.21.1, Helical Spring Lock Washers

### 3 DEFINICIONES

---

Las siguientes definiciones aplican solo a lo señalado en la presente Especificación Técnica:

- Escuadría: Dimensiones y calidad de acero que caracterizan los perfiles o planchas que componen el suministro.
- Planos Como Fabricado: Corresponden a los planos de fabricación y montaje modificados por el FABRICANTE en base a los cambios de escuadría y a las modificaciones levantadas durante el Armado de Prueba y que deben ser entregados al MANDANTE.

### 4 ETAPAS PREVIAS AL INICIO DE FABRICACIÓN

---

Previo a iniciar la fabricación del suministro, el Fabricante deberá entregar al MANDANTE:

- Planificación detallada de las actividades a realizar indicando duración, herramientas, equipos y personal que participará en ellas. Esta planificación deberá ser entregada al MANDANTE con el nivel de detalle (diario, semanal y/o mensual) que permitan hacer un seguimiento del proceso.
- Cronograma General donde se incluyan entre otros, las fechas de los Armados de Prueba de cada tipo de estructura, el inicio y término de la fabricación de cada tipo de estructura, el despacho y cualquier otro Hito relevante para el correcto seguimiento del cumplimiento de los plazos.
- Plan de Aseguramiento de Calidad señalado en la cláusula 6 de la presente Especificación Técnica.
- Listado de perfiles propuestos como reemplazo a los señalados en los planos de fabricación, indicando: plazo de fabricación considerando los perfiles de reemplazo y plazo de fabricación considerando los perfiles originales de los planos. La fabricación no podrá iniciarse hasta que el MANDANTE haya aprobado una u otra situación.
- En ningún caso se aceptarán modificaciones a la conformación de perfiles, es decir, si los planos señalan perfiles laminados, no se aceptarán modificaciones a perfiles plegados.

### 5 MATERIALES

---

- a. Previo a iniciar la fabricación del suministro, el Fabricante deberá realizar un chequeo de que todos los materiales son nuevos, libres de defectos y que cumplen con las normativas señaladas en la cláusula 2 del presente documento.
- b. Todos los perfiles del suministro deberán ser perfiles ángulos de alas iguales laminados en calientes, salvo que los planos particulares señalen otro tipo de perfiles.

- c. El material deberá estar recto, sin óxido suelto o en escamas, sin grasa ni otras suciedades. No se aceptará el uso de piezas de acero que hayan sido previamente enderezadas, por cualquier método o sometidas a otros procesos de reparación.
- d. Todo el material deberá ser suministrado galvanizado salvo que los planos particulares señalen otro tipo de protección contra la corrosión.
- e. No se aceptará suministro con aceros diferentes a los señalados en la cláusula 2 del presente documento. Cualquier modificación a esta condición deberá ser propuesta por el Fabricante al MANDANTE y con todos los antecedentes que demuestren que la propuesta de reemplazo tiene características y propiedades iguales o mejores que las señaladas en las normas de la cláusula 2, el MANDANTE se reserva el derecho a no aceptar la modificación.
- f. Los perfiles deberán ser de una sola pieza, libres de soldadura, libres de deformaciones fisuras y aristas cortantes, libres de defectos de laminación.
- g. Los perfiles y planchas deberán tener resiliencia garantizada de 27 [Joule] a 0 [°C], salvo que los planos particulares del proyecto señalen una temperatura menor. Esto deberá ser demostrado en ensayo Charpy V-Notch según norma ASTM E-23.
- h. Los pernos serán de cabeza hexagonal, con tuercas hexagonales con sus bordes redondeados en ambas caras. Se considerará que los pernos llevarán arandela de presión según norma ANSI B18.21.1 (Tabla 3), y en los casos que sea necesario, cuando el hilo del perno no llegue a la plancha, arandela plana circular según norma ASTM F436.
- i. No se aceptará bajo ninguna circunstancia piezas que tengan reparaciones mediante rellenos con soldadura.
- j. La utilización de soldaduras estará restringida a la unión de los marcos en la parte superior de las estructuras de soporte de equipos y a las placas bases que anclan estructuras metálicas mediante pernos de anclaje. Esta soldadura deberá realizarse con soldadores calificados.
- k. Durante el proceso de fabricación, el FABRICANTE deberá entregar los Certificados que acrediten que los materiales cumplen con las normas indicadas en la cláusula 2 y las exigencias indicadas en el presente documento; así como los Certificados de Calificación de los soldadores cuando corresponda.

## 6 ARMADO DE PRUEBA

---

Antes de comenzar la fabricación en serie de cada tipo de estructura se deberá fabricar un prototipo para realizar un Armado de Prueba de la estructura.

El Armado de Prueba tiene por finalidad asegurar el correcto calce de las piezas y la factibilidad del montaje y deberá hacerse de acuerdo con los planos de fabricación y montaje correspondientes, previo al inicio de la fabricación en serie.

El Armado de Prueba deberá hacerse con las piezas en negro cuya fabricación deberá cumplir con las presentes ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.

Estos prototipos deberán quedar apoyados de forma tal que no se produzcan deformaciones que afecten sus montajes.

Los pernos para el prototipo deberán ser suministrados por el Fabricante y deberán tener las mismas características dimensionales que las indicadas en los planos de montaje de las estructuras.

Si es necesario efectuar nuevas perforaciones, estas solo se harán en piezas nuevas. No se aceptará bajo ninguna circunstancia la reparación de perforaciones mediante rellenos de soldadura y reperfusión.

Podrán efectuarse cortes menores en las puntas de las alas en las mismas piezas.

Será responsabilidad del FABRICANTE la Inspección de los Armados de Prueba en fábrica. El personal del FABRICANTE a cargo de la Inspección de Armado de Prueba deberá ser un profesional con experiencia en este tipo de labores, experiencia que el FABRICANTE deberá demostrar al MANDANTE.

Sin perjuicio de lo anterior, el MANDANTE podrá participar en la Inspección de Armado de Prueba, si así lo estima conveniente, para lo cual el Fabricante deberá informar oportunamente las fechas de ejecución de los Armados de Prueba programados por la fábrica.

La participación del MANDANTE en la Inspección de Armado de Prueba no libera al FABRICANTE de la responsabilidad en esta Inspección ni de la calidad de la fabricación del suministro.

Dentro de los siete (7) días siguientes a la fecha del término del Armado de Prueba de cada tipo de estructura, el FABRICANTE deberá enviar al MANDANTE un informe con los resultados de la inspección, indicando las modificaciones realizadas y su justificación.

Las modificaciones motivadas tanto por los cambios de escuadría de suministro como por el Armado de Prueba deberán ser incorporadas por el FABRICANTE a los planos de fabricación antes de comenzar la fabricación en serie y deberán contar con la aprobación del MANDANTE.

Forma parte de los entregables del FABRICANTE los “planos como fabricado”, los que deberán ser entregados en formato DWG.

## 7 FABRICACIÓN

---

La fabricación de cada estructura sólo podrá comenzar una vez que el MANDANTE lo autorice mediante comunicación escrita, comunicación que emitirá después de verificar que las modificaciones solicitadas durante el Armado de Prueba han sido incorporadas en los planos correspondientes que debe entregar el FABRICANTE.

La fabricación deberá hacerse de acuerdo a lo indicado en los planos de fabricación y montaje actualizados después del Armado de Prueba, considerando lo siguiente:

- No se aceptará el uso de calor para enderezar el material que se empleará en la fabricación.
- En los casos especiales que sea necesario durante la fabricación usar calor para doblar piezas o para llevarlas a la geometría especificada, el fabricante deberá proponer un método de aplicación de calor en forma localizada y un sistema de control de las temperaturas en la zona calentada.
- Todas las planchas dobladas y los angulares en las crucetas y cantoneras que soporten esfuerzos calculados deberán ser doblados en caliente y enfriados al natural.
- Los cortes que se ejecutarán al material deberán quedar limpios, sin rebabas y sin deformaciones.
- Se podrán perforar mediante punzonado sólo hasta espesores de  $\frac{1}{2}$ ". Las perforaciones en material de mayor espesor deberán ejecutarse con taladro. No deberán presentar rebabas, las que, en caso de producirse, deberán ser eliminadas.
- Las perforaciones deberán ser circulares y perpendiculares a las caras del elemento elaborado.
- En los casos de piezas con dobleces importantes se ejecutará primero el doblado y a continuación las perforaciones cercanas al doblado.
- No se aceptará bajo ninguna circunstancia la reparación de perforaciones mediante rellenos con soldadura y reperfusión. Las piezas con perforaciones fuera de tolerancia serán rechazadas y deberá volver a fabricarse.
- Los procesos de fabricación y acabado deben obedecer a las mejores prácticas de producción de torres metálicas, independientemente de cualquier omisión de estas ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.

Será responsabilidad del FABRICANTE la Inspección en Fábrica durante el proceso de fabricación y de embalaje de las estructuras para su despacho.

Para garantizar la calidad del suministro, el FABRICANTE:

- Deberá contar con un Plan de Aseguramiento de Calidad bajo estándares internacionales validados en Chile, tales como ISO.
- Deberá entregar como parte del plan, las actividades del proceso y parámetros para el control de calidad de las mismas, basado en sus propios estándares y las exigencias requeridas. Dicho plan deberá contener como mínimo la identificación de: actividad, variables a controlar, tolerancia, tipo de inspección y/o ensayo, frecuencia de control, registro asociado, equipo de inspección, medición y ensayo.
- Deberá entregar el Cumplimiento de las Características Técnicas Garantizadas (CTG) acordadas en el contrato.
- Deberá entregar un Plan de Inspección y Ensayos.

## 7.1 DIMENSIONES DE LOS MATERIALES

- a. Los perfiles y planchas serán laminados y deberán cumplir con las tolerancias geométricas que establece la norma ASTM A6, última edición.

- b. Las dimensiones y tolerancias de los pernos y tuercas deberán cumplir con lo especificado en las normas ANSI B18.2.1 para pernos tipo “Heavy Hex Structural Bolts” y ANSI B18.2.2 para tuercas “Heavy Hex Nuts”.
- c. El hilo deberá ser “Unified Coarse Thread Series” de la norma ANSI B1.1 y deberá tener tolerancia clase 2A para pernos y clase 2B para tuercas. Si los pernos llevan arandelas planas, éstas deberán ser de la serie “NARROW” definida por la tabla 1 de la norma ANSI B18.22.1, exceptuando el espesor de la arandela, cuya dimensión se indicará en los planos.
- d. Si los pernos llevan arandelas de presión, éstas deberán ser del tipo definido por la tabla 3 de la norma ANSI B18.21.1.

## 7.2 TOLERANCIAS DE FABRICACIÓN

<b>a. Distancia entre perforaciones</b>	
Para distancias mayores a 0.60 metros	± 1.5 mm
Para distancias menores o iguales a 0.60 metros	± 0.8 mm
En un conjunto de perforaciones	± 0.8 mm
<b>b. Gramiles</b>	
	± 0.8 mm
<b>c. Distancia de perforaciones a bordes cortados a tijera</b>	
	± 1.5 mm
<b>d. Diámetro de perforaciones de conexión</b>	
El diámetro nominal de la perforación será igual al diámetro nominal del perno más 1.6 mm con una tolerancia de	+ 0.5 mm - 0.0 mm
En caso de producirse en el agujero defectos de conicidad entre ambas caras de la pieza y/o de ovalado, la tolerancia será un 10% del espesor de la plancha, con un límite de 1.0 mm.	
<b>e. Rectilineidad</b>	
La flecha en una pieza no puede ser mayor que donde L = largo de la pieza	$F = L / 1000$
La flecha máxima en cualquier sentido y en cualquier trozo de la barra no podrá exceder un 0.2% de la longitud de la cuerda en el trozo considerado.	
<b>f. Doblez</b>	
Ubicación del vértice del dobléz	± 1.5 mm
Tangente ángulo del dobléz	± 1 / 250
<b>g. Cortes</b>	
Dimensiones y ubicación	± 1.5 mm



## 8 ESCALINES

---

Para cada torre deberán suministrarse escalines o peldaños empernados galvanizados por inmersión en caliente según normas ASTM A153 y ASTM A143, con las características indicadas en los planos de fabricación.

Los escalines en las estructuras autosoportantes se instalarán en dos (2) montantes de esquina (cantoneras) diametralmente opuestos y situados al lado derecho de las caras frontales de los pórticos (transversal al eje longitudinal de la línea), en las ubicaciones que indican los planos de fabricación y montaje.

Los escalines serán de diámetro 16 mm o 5/8" con una longitud de 7" y deberán ser fabricados según la norma ASTM A394 Tipo 0.

Cada escalin llevará dos tuercas, una arandela plana y una arandela de presión. Los hilos, dimensiones y tolerancias.

## 9 MARCAS

---

Todas las piezas se marcarán a estampa de acuerdo con la nomenclatura indicada en los planos de fabricación. Las marcas deberán tener una altura mínima de 12 mm y una profundidad no mayor de 1.5 mm. Esta marca se ubicará de forma que no quede tapada después del montaje.

## 10 GALVANIZADO

---

Una vez terminada la fabricación en negro, las piezas componentes de las estructuras deberán ser galvanizadas. La galvanización se efectuará por inmersión en caliente y deberá cumplir con las últimas ediciones de las normas ASTM A123 y ASTM A143.

Los pernos, tuercas y arandelas serán galvanizados por el proceso de inmersión en caliente y deberán cumplir con las normas ASTM A153 y ASTM A143 última edición.

Una vez galvanizados los pernos y tuercas, ambos se deberán atornillar y se les aplicará aceite.

El proceso de galvanizado deberá garantizar que las piezas finales deberán estar libres de: burbujas, áreas sin revestimiento, depósitos de escoria, manchas negras, excoiaciones, grasa, suciedad y cualquier otro tipo de inclusiones que puedan causar interferencia en el uso del producto o que puedan causar dudas al MANDANTE en cuanto a la calidad del suministro.

Se deberá hacer inspección visual de los materiales galvanizados cuando estén listos para despacho, con el objeto de verificar el cumplimiento de los requisitos establecidos.

## 11 INSPECCIÓN EN FÁBRICA

---

El MANDANTE podrá disponer de un Inspector en Fábrica, en adelante el INSPECTOR, para supervisar la calidad de la fabricación en serie y despacho del suministro, para lo cual el FABRICANTE deberá dar todas las facilidades que permitan al INSPECTOR desarrollar esta Inspección, tales como amplio acceso a los talleres del fabricante, quien además deberá proporcionar, sin cargo, personal auxiliar adecuado para ejecutar la inspección.

El FABRICANTE deberá informar oportunamente el calendario de fabricación y despacho de estructuras programados por la fábrica.

La participación del MANDANTE en la inspección de fabricación no libera al FABRICANTE de la responsabilidad de que el suministro cumpla con la presentes ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.

El INSPECTOR:

- indicará los problemas encontrados en la fabricación y deberá dar su aceptación a los métodos propuestos para la reparación;
- deberá dar la aprobación a las piezas reparadas y la autorización para el despacho;
- rechazará todas las piezas que no cumplan con las tolerancias indicadas en este documento;
- podrá presenciar todos los análisis y ensayos que el Fabricante tenga que realizar de acuerdo con lo indicado en las normas de los materiales empleados y deberá recibir copia de los certificados respectivos y de los protocolos de inspección;

## 12 RECEPCIÓN EN FÁBRICA

---

El INSPECTOR emitirá un certificado de recepción provisional del suministro, el cual deberá enviar al MANDANTE. Esta recepción provisional no disminuye la responsabilidad del FABRICANTE en caso de detectarse cualquier defecto de fabricación en las etapas de montaje, puesta en servicio o durante el periodo de garantía.

Durante el periodo de recepciones parciales o final de la carga, el INSPECTOR inspeccionará listas de empaque, cantidad y calidad visual de las estructuras, no liberando al FABRICANTE de responder en caso de detectar errores en la línea de diseño, fabricación (anticorrosivo o galvanizados defectuosos) o transporte durante el periodo venidero de montaje de las estructuras.

## 13 EMBALAJE Y TRANSPORTE

---

El Fabricante deberá embalar los diversos elementos del suministro de modo que no sufran deformaciones ni daños durante el transporte.

Se deberá incorporar un 5% adicional de pernos junto al embalaje de cada estructura.

La codificación de los bultos (paquetes de estructuras y/o cajones) deberá ser con etiqueta firmemente adherida a los bultos, resistente al agua y de clara interpretación. Además, deberá

existir una lista de empaque la cual guardará estricta relación con lo indicado en cada bulto, señalando el número de bulto, pallets, cajones, número de transporte y otras disposiciones generales que colaboren con la rápida clasificación.

El Fabricante deberá procurar mantener o adecuar los embalajes de tal forma que resistan todas las solicitudes que puedan producirse durante la descarga y almacenamiento.

En caso de fabricación en el extranjero los embalajes de madera deberán cumplir con la Resolución N° 4782/2023 del Ministerio de Agricultura que establece regulaciones cuarentenarias para el ingreso de embalajes de madera.

El embalaje y el método de transporte deberán ser sometidos a la revisión, comentarios y aprobación del MANDANTE.