

SISTEMA CONSTRUCTIVO STEEL FRAMING

1. CARACTERÍSTICAS GENERALES

El Steel Framing es un conjunto de técnicas constructivas de vanguardia, ampliamente utilizadas en numerosos países, que permiten ejecutar cualquier tipo de construcción en forma mucho más rápida, económica, segura y confortable obteniendo calidades finales superiores a la mejor construcción tradicional.

El Steel Framing es un sistema constructivo liviano, ya que no necesita equipos y maquinaria pesada para su uso, y abierto, dado que permite ser utilizado en cualquier proyecto, con cualquier tipo de terminación exterior e interior.

El concepto de Steel Framing parte del término "Frame" que quiere decir esqueleto estructural compuesto por elementos livianos diseñados para dar forma a un edificio y soportar las cargas que actúan sobre el mismo. "Framing" es el proceso por el cual se unen y vinculan estos elementos.

El Steel Framing posee una gran cantidad de ventajas que se describen a continuación:

- **Flexibilidad de diseño:**

Se puede realizar cualquier proyecto, desde los más simples a los más complejos: desde viviendas unifamiliares a edificios de varios pisos. Asimismo permite la ampliación posterior de la construcción, facilitando inclusive esta tarea respecto de la construcción tradicional al no necesitarse materiales húmedos. Si bien el sistema posee una modulación natural de 400 ó 600 mm entre montantes, dada por las dimensiones de las placas de yeso y cementicias disponibles en Argentina, nada impide al proyectista el desarrollar paneles de cualquier longitud no múltiplo de los valores antes mencionados. Para esto sólo es necesario separar los montantes del extremo del panel la distancia requerida.

- **Confort:**

La utilización de aislaciones térmicas y acústicas hace a este tipo de construcción apta para cualquier clima y uso de locales, reduciendo en forma significativa los gastos de energía para calefacción y aire acondicionado, reducción que puede alcanzar un 40%. Como ejemplo basta mencionar que una pared realizada con este sistema utilizando lana de vidrio de 10 cm de espesor brinda aproximadamente 14 veces más resistencia térmica que una mampostería de ladrillo común de 15 cm y casi 7.5 veces más que una de ladrillo hueco.

- **Facilidad de ejecución de instalaciones:**

Los caños de distribución de agua caliente y fría, gas, electricidad, telefonía, etc. se pasan por aberturas existentes en el alma de los perfiles, sin necesidad de romper paredes. Se pueden utilizar caños de conducción plásticos o de cobre, eliminando la posibilidad de ataques por álcalis de morteros y empotramientos que restrinjan la dilatación de los conductos.

- **Rapidez de construcción:**

Los plazos de obra se reducen drásticamente con respecto a la construcción tradicional, ya que gran cantidad de tareas se pueden realizar en forma simultánea y una vez cerrada la estructura. No es necesario construir paredes que luego se romperán para permitir el pasaje de instalaciones. Esta rapidez de terminación permite un rápido giro del capital invertido, haciendo a la construcción atractiva a los inversores. Como valor medio, el sistema permite construir una vivienda individual en la tercera parte del tiempo que demandaría hacerla con construcción tradicional, a igualdad de recursos.

- Rápida capacitación de mano de obra necesaria:

La capacitación de la mano de obra se realiza en poco tiempo ya que implica adquirir habilidad en el uso de muy pocas herramientas de alto rendimiento. Adicionalmente, no se requiere ningún tipo de experiencia previa para el aprendizaje de las técnicas de montaje.

- Menor costo:

Para igualdad de terminaciones, los costos de terminaciones, los costos de construcción se reducen apreciablemente respecto de la construcción tradicional. Adicionalmente, al racionalizar las tareas y existir mayor independencia del clima tanto el costo de construcción como el precio de venta resultan valores exactos, a diferencia de la construcción tradicional donde éstos son generalmente inciertos.

La reducción de costos se hace más significativa si se consideran los ahorros correspondientes a la reducción del tiempo de obra y a la disminución de los gastos operativos (ahorro energético).

Asimismo, en el caso de barrios con gran cantidad de viviendas, los costos se reducen aún más al aprovechar la estandarización de piezas y tareas.

- Durabilidad:

La utilización de acero galvanizado por inmersión en caliente con recubrimiento Z275 en la estructura junto con técnicas constructivas más eficientes que en la construcción tradicional, aseguran al propietario una vida útil superior a la de una vivienda tradicional.

2. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

- Estructura:

La estructura resistente está constituida por perfiles de acero galvanizado conformados en frío según Normas IRAM - IAS U500-205; en secciones C (PGC de la Norma) –montantes- y U (PGU de la Norma) –soleras- unidos entre sí mediante tornillos autoperforantes formando paneles. Los montantes están separados a una distancia de 40 ó 60 cm, en función de los revestimientos externos e internos que se utilizarán. Cada panel corresponde en general a la altura de un piso y su longitud está relacionada con la facilidad de transporte y manipuleo.

El funcionamiento estructural es muy sencillo: las cabriadas o cabios de la cubierta, realizadas en ambos casos con perfiles PGC, toman las cargas externas, y las transmiten a los paneles verticales, descargando axialmente en los montantes de los mismos. Las cargas horizontales (viento, sismo) que actúan sobre las caras de los paneles se transmiten directamente hacia la fundación a través de arriostramientos colocados en el plano de los paneles, tales como cruces de San Andrés de chapa galvanizada ó placas de multilaminado fenólico u OSB (Oriented Strand Board) de 10 mm atornilladas a los montantes. Estas placas que rigidizan los paneles en su plano para recibir los revestimientos exteriores; cumplen además la función de estabilizar los montantes ante las cargas axiales.

La estructura se reviste exteriormente con una gran diversidad de materiales:

- Revoques aplicados sobre la placa de rigidización (S.A.E.R.E. - Sistema de Aislación Exterior y Revestimiento Elastoplástico). Consiste en revestir los paneles con placas de poliestireno expandido de 25 mm de espesor y 15 kg./m³ de densidad fijadas con arandelas de plástico y tornillos autoperforantes, permitiendo con facilidad crear buñas, molduras y cualquier otro tipo de ornamentación en la fachada. Para lograr la resistencia y dureza deseada al tacto y al impacto, se aplica un revoque de base de 3 mm de espesor, embebido en una malla de fibra de vidrio resistente a los álcalis, doble en planta baja y simple en planta alta. La terminación se logra mediante un coating final (material elastoplástico que posee diferentes tipos de texturas y colores aplicado con llana ó pistola, en un espesor de 3 mm).

- Siding de madera, metal, vinílico o cementicio.
- Ladrillo a la vista. Se coloca una barrera impermeable entre la placa de rigidización y el revestimiento externo, formada por un fieltro asfáltico, asegurando la estanqueidad al agua y al viento de la construcción, pero permitiendo el pasaje de vapor de agua.
- Placa cementicia tipo Superboard® de Eternit®, junta tomada o junta abierta
- Revoque elastoplástico sobre malla plástica o de fibra de vidrio resistente a los álcalis, sobre barrera impermeable.

En la cara interna de las paredes perimetrales y locales húmedos, entre el perfil y placa de roca de yeso se coloca una barrera de vapor (film de polietileno de espesor mayor que 100.) para impedir el pasaje del mismo hacia la cavidad de la pared, evitando la condensación en la condición de invierno y con el interior calefaccionado.

En la cara externa de los paneles exteriores es imprescindible la colocación de una membrana impermeable al agua y al viento pero permeable al vapor de agua, normalmente constituida por fibras de polietileno de alta densidad no tejidas.

- Paredes interiores y cielorrasos:

Interiormente, las paredes y cielorrasos se resuelven con placas de yeso fijadas con tornillos autoperforantes a los perfiles de acero galvanizado. En locales húmedos se coloca placa de roca de yeso resistente a la humedad, aplicando luego los revestimientos cerámicos.

- Aislaciones térmicas y acústicas:

Las paredes exteriores poseen aislación térmica en lana de vidrio de espesor suficiente para asegurar excelentes condiciones de habitabilidad y confort, difíciles de alcanzar en las construcciones convencionales sin aislar. Esta aislación permite reducir en forma significativa los requerimientos de energía de calefacción y aire acondicionado.

Las paredes interiores poseen una aislación acústica también a base de lana de vidrio que asegura adecuada insonorización entre ambientes.

La aislación térmica de la cubierta puede colocarse en el plano de la misma ó sobre el cielorraso, realizando un ático ventilado.

En determinadas condiciones, es conveniente la colocación de un aislante térmico exterior, normalmente poliestireno expandido, de espesor de acuerdo a estas condiciones, que actúa como ruptor del puente térmico.

- Cubiertas:

Los techos se resuelven con

- Cabios metálicos PGC colocados cada 1.30 m, sobre los que se aplica la chapa metálica de cubierta. Se atornillarán transversalmente a estos cabios omegas separados no más de 40 cm, a los cuales se fijarán las placas de yeso del cielorraso. En caso de querer materializar un cielorraso horizontal, se deberá realizar la estructura del mismo con perfiles de acero galvanizado, siguiendo las indicaciones de los fabricantes de la placa de yeso.
- Cabriadas metálicas formadas por perfiles PGC, separadas no más de 60 cm. La rigidización de estas cabriadas deberá realizarse mediante los arriostramientos longitudinales que indique el cálculo estructural. Si la separación entre cabriadas no es mayor de 40 cm, se podrá realizar un cielorraso de placas de yeso de junta tomada, fijadas directamente al cordón inferior de la cabriada. Si esta separación es mayor de 60 cm, deberá proveerse un sistema de fijación de placas de cielorraso (montantes, omegas) separados no más de 40 cm.

3. PROCESO CONSTRUCTIVO

- Fundaciones y estructura

La forma más usual de realizar la fundación es mediante una platea de hormigón armado de aproximadamente 10 cm. de espesor -dependiendo de las características del suelo del lugar-, que se construye en forma tradicional, teniendo la precaución de asegurar una nivelación ajustada para permitir el correcto asiento de los paneles.

El plano de estructura brinda luego toda la información necesaria para ejecutar el proyecto. Los cursos de capacitación permiten también adquirir los conocimientos necesarios para el montaje.

Los paneles pueden ser realizados a pie de obra comprando los perfiles a los conformadores en forma directa, o también pueden comprarse directamente armados a una empresa panelizadora, disminuyendo en este último caso los tiempos de montaje.

- Revestimiento externo

La realización del revestimiento externo no plantea dificultades especiales, ya sea se trate de un muro de ladrillos a la vista, huecos, revoque sobre placas de rigidización o S.A.E.R.E. (Sistema de Aislación Exterior y Revestimiento Elastoplastico); la realización de un siding de madera, metálico, vinílico o cementicio; la realización de un revestimiento con placas cementicias o un revoque directo sobre membrana impermeable con malla plástica. En todos los casos se requiere la colocación de una barrera impermeable al agua y al viento pero permeable al pasaje del vapor de agua (DuPont Tyvek® o similar). No se deben colocar barreras impermeables al vapor tales como films de polietileno, o PVC. Se deberá consultar al fabricante sobre los procedimientos de aplicación de los revestimientos exteriores.

- Aislaciones

Actualmente se provee la lana de vidrio en los anchos usuales entre perfiles de la estructura, no requiriéndose cortes especiales. Cada fabricante brindara asesoramiento técnico sobre los espesores recomendados de lana de vidrio para cumplir con los requisitos de aislación térmica necesaria de acuerdo a la zona bioclimática. En el caso de colocarse lana de vidrio con barrera de vapor incorporada en una de sus caras (foil de aluminio o papel Kraft siliconizado), se deberá garantizar la continuidad de la misma, solapando las láminas y sellando las uniones con cinta adhesiva especial para este fin, de modo de asegurar la continuidad de la barrera de vapor e impedir la infiltración del mismo hacia el interior del panel.

- Instalaciones

Su realización no difiere de la convencional, con la ventaja de que el instalador trabaja con mayor comodidad al estar la pared “abierta”, eliminando la ayuda de gremio y pudiendo probar la instalación completa antes de emplacar.

- Tabiques interiores y cielorrasos

Su ejecución puede subcontratarse a instaladores de placa de yeso o utilizar la misma mano de obra que para el montaje de la estructura.

- Revestimientos

Su colocación es similar a los de una construcción tradicional, con la ventaja de que las superficies sobre las que se aplican son perfectamente lisas. La aplicación de cerámicos es sumamente sencilla, sin necesidad de ejecutar revoques finos para preparar la superficie.

- Cubiertas

Una forma usual de resolver el techo es atornillando directamente a las cabriadas un multilaminado fenólico de 10 mm de espesor, sobre el mismo se aplica un fieltro asfáltico impermeable al agua pero no al vapor- asegurando la estanqueidad de la construcción. Se colocan luego los elementos de cerramiento elegidos: tejas cerámicas, pizarras, tejas asfálticas, chapas metálicas, etc.

Otra forma de ejecución de cubierta es colocando correas sobre las cabriadas, y fijando los elementos de cerramiento en forma directa, por ejemplo chapas metálicas, ó placas de fenólico sobre las que se aplica la cubierta. La construcción puede estar a cargo del constructor (chapas metálicas, pizarra, tejas asfálticas). En el caso de cubiertas de tejas es más usual subcontratar la colocación de las mismas a un techista.

4.Secuencia fotográfica de construcción de una vivienda con Steel Framing

Ejecución de paneles



Platea de fundación





Montaje de paneles



Detalle de vanos y dinteles



Rigidización de paneles



Paneles interiores



Entrepisos

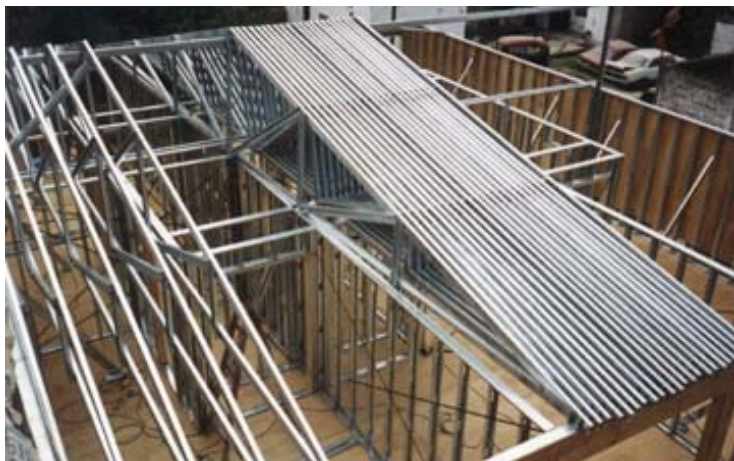


Escaleras



Cabriadas





Instalaciones





Aislaciones térmicas y acústicas



Aislación hidrófuga y al viento



Perfiles de acero galvanizado conformados en frío estructurales

1. Definición

Los perfiles de acero galvanizado conformados en frío estructurales son ampliamente utilizados en la construcción civil en Argentina desde hace muchos años, habiéndose popularizado su uso en las últimas dos décadas en las construcciones de naves industriales, principalmente como correas y elementos de sujeción de cerramientos laterales, en reemplazo de los más pesados perfiles de acero laminados en caliente.

En su definición más general, se trata de perfiles obtenidos a partir del conformado progresivo en frío de un fleje, cortado de una chapa de acero cincada (= galvanizada) por inmersión en caliente, que pasa por una serie de rodillos de formas adecuadas, o por golpes de prensa, pudiendo en general ser de formas variadas y complejas. Estos perfiles tienen sus caras planas y zonas dobladas a diferentes ángulos, formando una sección transversal constituida por una composición de figuras geométricas simples que se mantiene en todo su largo.



Sus características principales están definidas en las Normas IRAM IAS U 500-205 y 206, a las cuales nos referiremos frecuentemente de ahora en adelante.

2. Función

Estos perfiles permiten realizar estructuras de edificios, ya que por su forma, espesor de chapa y dimensiones son aptos para soportar cargas. La norma IRAM IAS U 500-205 se ocupa de normalizar los perfiles destinados a la construcción de edificios, entresijos y fachadas del sistema constructivo más conocido como "Steel Framing", mientras que la 206 abarca todos los perfiles estructurales, galvanizados o no, destinados fundamentalmente a ser utilizados como correas y elementos de estructura secundaria de edificios, principalmente industriales. En el presente apunte nos referiremos a los perfiles alcanzados por la IRAM IAS U 500-205

3. Materia prima.

1. Características del acero galvanizado

Los perfiles se fabrican a partir de chapa de acero cincada –también denominada galvanizada en caliente- la cual se obtiene procesando una bobina de chapa de acero laminada en frío en una línea de galvanizado continuo.

La galvanización por inmersión en caliente es un proceso siderúrgico por el cual la chapa de acero base, usualmente denominada chapa negra, recibe en ambas caras una capa de zinc fundido que inmediatamente solidifica creando un revestimiento que protege al acero base contra la corrosión. Es un material de gran utilización en la industria de la construcción, fundamentalmente en la realización de chapas conformadas sinusoidales y trapezoidales para la ejecución de cubiertas y cerramientos laterales de edificios, silos y elementos de movimiento de granos, conductos de ventilación y aire acondicionado y perfiles estructurales además de partes de carrocerías y electrodomésticos. La capa de zinc adherida al acero base asegura a este producto gran resistencia a la corrosión atmosférica, dependiendo la vida útil del producto de aspectos tales como la humedad relativa, frecuencia de lluvias, grado de acidez o alcalinidad de las mismas, temperatura promedio, exposición a nieblas salinas, etc.

Se produce en nuestro país desde principios de siglo, primeramente a través de procesos discontinuos y actualmente mediante líneas continuas de galvanización por inmersión en caliente que aseguran uniformidad de recubrimiento y estrecho control de las características mecánicas.

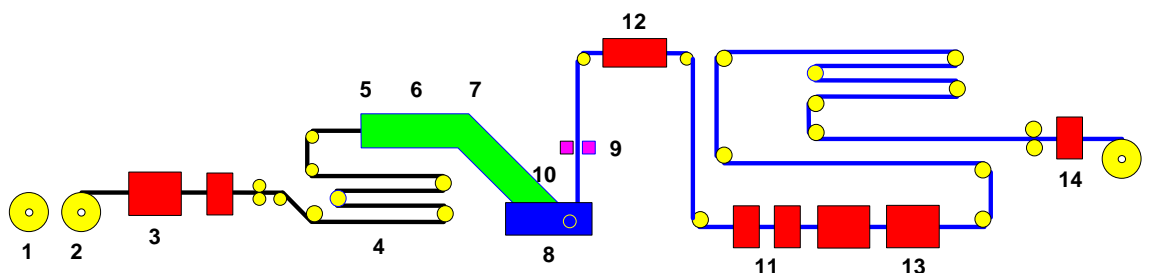
Los primeros procesos de galvanización, cuyo origen se remonta a fines del siglo XIX se realizaban sumergiendo las chapas de acero a recubrir en una cuba, denominada pote, que contenía el zinc fundido y retirándolas luego. El zinc quedaba depositado en la chapa, pero el proceso presentaba algunos inconvenientes: difícil control de la cantidad de zinc depositada, espesores de recubrimiento variables, presencia de colgajos de zinc y ceniza superficial depositada. Asimismo, la cantidad de zinc depositada varía entre 800 y 1200 gr/m² en ambas caras.

Este proceso se sigue utilizando cuando se debe galvanizar chapa de acero de más de 3.20 mm de espesor, por ejemplo para el recubrimiento de piezas de torres de alta tensión y alcantarillas de chapa de corrugada.

La galvanización por inmersión en caliente mediante línea continua, denominada también proceso Sendzimir surge a mediados de este siglo y deja capas de zinc depositadas sobre el acero en valores comprendidos entre 100 y 650 gr/m² en ambas caras, con una gran uniformidad de espesor y características controladas. Debe marcarse la diferencia entre la galvanización por inmersión en caliente y la electrogalvanización, que es un proceso realizado mediante deposición electrolítica que deja capas mucho más finas: de aproximadamente 40 gr/m², produciendo recubrimientos no aptos para usos en construcción civil.

2. Proceso de fabricación del acero galvanizado por inmersión en caliente

El acero galvanizado utilizado en la fabricación de perfiles estructurales y para la construcción en seco para se fabrica en forma continua en una línea descrita a continuación.



3. La materia prima base es acero laminado en frío, que proviene a su vez de acero laminado en caliente.

Este material se entrega en bobinas de anchos 1000 ó 1220 mm.(1). Las bobinas se cargan en el debobinador de entrada (2). Cuando una bobina finaliza se debe unir a la siguiente para asegurar la continuidad del proceso. Esto se realiza en la cabina de soldadura (3) en la cual se une la cola de la bobina que finaliza con la cabeza de la bobina nueva. Este proceso se ejecuta en forma automática mediante soldadura de punto o continua. La ejecución de la soldadura implica la detención de la línea por aproximadamente 1 1/2 minutos. Para que el pasaje de chapa por el pote de galvanización no se detenga, se recurre a un acumulador de entrada (4) que suministra chapa al horno mientras se efectúa la soldadura. Una vez terminada la misma, se recupera la chapa dentro del acumulador.

Antes de ingresar al baño de zinc fundido, la chapa debe estar perfectamente limpia, y a temperatura adecuada (475°). Esto se logra mediante el paso por los hornos de precalentamiento, de reducción y dos enfriadores.

La chapa negra posee escamas de óxido invisibles a simple vista, producidas por su exposición al medio ambiente y aceites como resultado de su laminación en frío, que deben ser eliminados antes de recibir el recubrimiento de zinc.

En el horno de precalentamiento (5) la chapa es sometida a la acción de quemadores de gas que elevan paulatinamente su temperatura hasta los 720° aproximadamente, limpiándola de aceites e impurezas.

En el horno de reducción (6) se produce la reducción del óxido de hierro en una atmósfera controlada de Nitrógeno e Hidrógeno a 840° de temperatura. Asimismo este tratamiento brinda a la chapa una rugosidad superficial adecuada para recibir el recubrimiento de zinc.

La chapa deja el horno de reducción a 720° y debe ser enfriada hasta los 475° antes de ingresar al baño de zinc. Esto se logra mediante el paso a través de enfriadores de corriente de aire.(7)

El proceso de revestido se efectúa en el pote (8). Esta es la parte fundamental del proceso: el momento en que la chapa negra, ya limpia y con la rugosidad y temperatura adecuadas entra el baño de zinc fundido a 450°C. El baño es en realidad una aleación de zinc y otros metales como antimonio y aluminio. La adición de estos metales en el baño influye en características tales como la forma en que solidifican los cristales de zinc, llamada flor; la mayor resistencia de la chapa revestida al ennegrecimiento y a la pérdida de brillo.

Durante la permanencia de chapa dentro del zinc fundido se produce la formación de una capa de aleación intermetálica hierro-zinc que garantizará la futura adherencia del recubrimiento de zinc a la chapa de acero base. Asimismo, esta aleación hierro-zinc es de características frágiles, por lo tanto su espesor debe ser controlado a fin de que no provoque inconvenientes en las operaciones de formado posteriores. Se debe tener en cuenta que es común que la chapa galvanizada sea plegada a 180° con radio cero, con lo cual se requiere excelente adherencia del recubrimiento.

El espesor de aleación se controla con la temperatura y composición del baño, el tiempo de permanencia en el mismo (que depende de la velocidad del proceso) y la rugosidad de la chapa base.

La cantidad de zinc depositada depende además de estos mismos factores, de la acción de las cuchillas de aire (9) que eliminan el exceso de zinc mediante un chorro de aire.

Es necesario observar que una vez acondicionada, es decir limpia y a temperatura adecuada, la chapa no debe estar en contacto con aire para evitar su oxidación que afectaría la adherencia del recubrimiento.

Es por ello que a la salida del horno del enfriador del horno existe una trompa (10) que se introduce dentro del baño para el evitar el contacto de la chapa con la atmósfera.

Una vez salida de las cuchillas de aire, la chapa debe ser enfriada antes de pasar a la planchadora (11). Para ello se la hace pasar por enfriadores de aire (12) ubicados por encima.

Luego la chapa pasa a través de un equipo de planchado que elimina tensiones y asegura la planaridad y luego por un equipo de aplicación de pasivado (13). La aplicación de un recubrimiento pasivante a la chapa revestida le permite retardar la formación de óxido en los productos conformados o entre espiras de bobina. Finalmente se efectúa el bobinado del producto final (14) que requiere detener el proceso mientras se corta la chapa, se retira la bobina y se enhebra la chapa nuevamente. El corte de la chapa se produce para lograr bobinas de hasta 9.000 kg y eliminar los puntos de empalme soldados para dar continuidad al proceso.

4. Características mecánicas.

La resistencia a la tracción de un acero galvanizado depende, además de las características químicas de su composición (contenido de carbono y otros elementos), de las modificaciones sufridas durante el proceso de laminación en frío y galvanizado.

En la Argentina (2007), todos los aceros galvanizados se fabrican bajo la Norma IRAM IAS U 500-214, que establece sus características mecánicas. Por lo tanto todos los aceros galvanizados por inmersión en caliente son estructurales.

Esta norma clasifica a los aceros galvanizado por su fluencia mínima en los siguientes grados (1 Mpa = 10,2 kg/cm²)

Grado según IRAM IAS U 500-214	Fluencia mínima en Mpa	Fluencia mínima en Kg/cm ²
ZAR 230	230	2346
ZAR 250	250	2550
ZAR 280	280	2856
ZAR 340	340	3468

Esta clasificación es la que permite realizar el proceso de dimensionamiento de las secciones resistentes.

4. Proceso de fabricación de los perfiles

Se fabrican deformando plásticamente en frío la chapa de acero galvanizado. Esta deformación es permanente, y se puede producir por dos métodos:

1. Prensado

La fabricación de perfiles mediante prensa implica producir la deformación permanente mediante golpes efectuados a chapa con una prensa hidráulica. Es un método ya no utilizado corrientemente por su baja productividad.



Prensa para fabricación de perfiles

2. Conformación continua

La conformación continua es el método de fabricación utilizado hoy en nuestro país. La chapa de acero en bobinas debe ser flejada al ancho correspondiente al desarrollo de cada perfil. Este flejado implica cortar la bobina en fajas (flejes) mediante un equipo especial.

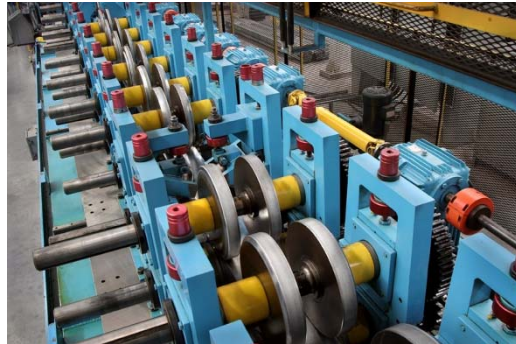
Los flejes se cargan luego en la máquina conformadora o roll-former. La misma consta de las siguientes partes:

- i. Debobinador: es un equipo en el cual se coloca la bobina de fleje a eje horizontal. El debobinador gira y mantiene una tensión determinada en el fleje de modo que no se produzcan acumulaciones de chapa al ingreso de la conformadora.



- ii. Conformadora propiamente dicha: el fleje ingresa a la máquina y, por pasaje a través de una serie de rodillos superiores e inferiores, es sometido a una deformación plástica progresiva. Los rodillos están organizados en estaciones o “stands” formados por un rodillo superior y uno inferior. Los rodillos son motores, es decir, traccionan la chapa para que circule de un stand a otro. En cada stand la chapa es deformada de modo que cuando termina de pasar por todos los rodillos el perfil tiene la forma final requerida. Obviamente, cada perfil requiere una serie de rodillos específica para producir su sección. El cambio de una sección a otra requiere un cambio de rodillos –los mismos pueden cambiarse deslizándose por el eje. Este cambio puede requerir de unos pocos segundos a varios minutos dependiendo del cambio de sección requerido. Antes de volver a hacer circular la chapa, los rodillos son ajustados manualmente. Durante el proceso de conformado la chapa es lubricada mediante la aplicación en spray de un aceite emulsionado en base acuosa que facilita el proceso. Dicho aceite debe ser de rápida evaporación para evitar depósitos permanentes en los perfiles.





Conformadora de rodillos

- iii. Estación de corte y punzonado. Existen diferentes sistemas de corte a largo de los perfiles, desde la primitiva sierra circular hasta los sistemas de corte hidráulicos por matrices de corte. El primero es un sistema sumamente lento, que produce cortes con rebabas que pueden ser peligrosas en el manipuleo. El segundo, más ampliamente utilizado en la actualidad, consiste en hacer pasar al perfil ya conformado por una matriz de corte compuesta por guillotina accionada hidráulicamente. Es un sistema mucho más rápido y que produce cortes netos sin rebaba. Cuando el perfil requiere de perforaciones, las mismas pueden hacerse antes o después del conformado mediante matrices hidráulicas adosadas a la línea. (Ver tamaño normalizado de perforaciones en el punto 12). Las velocidades de las líneas de conformado actuales (2007) varían desde 20 m/min hasta los 120 m/min.



Estación de corte y punzonado

- iv. Máquina conformadora de bancada móvil: En este tipo de máquina los rodillos se encuentran armados sobre ejes que permiten el deslizamiento de los mismos, de modo que moviendo los rodillos a lo largo del eje se puede cambiar la conformación de los mismos y por consiguiente la sección a fabricar. Esto permite cambiar de una sección a otra en segundos, y no minutos u horas como en las máquinas convencionales. Este ajuste se realiza en forma automática, una vez indicadas al equipo las dimensiones de los perfiles a fabricar. Normalmente estas máquinas permiten fabricar secciones de tipo C y U únicamente, aunque existen ya tecnologías en las que se puede fabricar cualquier tipo de sección: C, U, Z, Z rigidizado, etc. con sólo indicar a la computadora que comanda el sistema hidráulico de rodillos la forma del perfil que se quiere obtener y sus dimensiones.



Bancada móvil



Máquina conformadora de bancada móvil

- v. Zunchado de paquetes: este proceso puede hacerse en forma manual, formando así paquetes que facilitan el manipuleo de los perfiles.

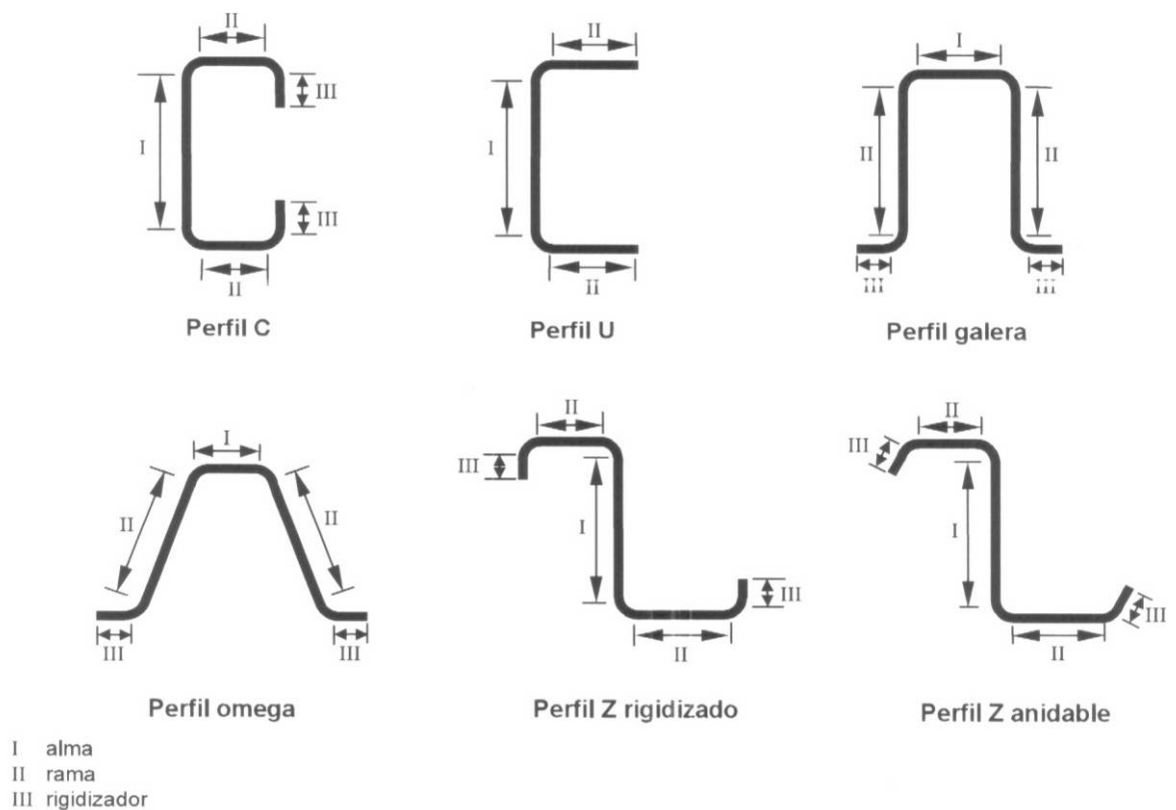


5. Características de los perfiles

Como antes habíamos mencionado, la IRAM IAS U 500-205 “Perfiles abiertos de chapa de acero cincada, conformados en frío, para uso en estructura portante de edificios” establece las características principales de los perfiles destinados a la construcción de edificios. Pasaremos a describir los demás aspectos fundamentales de la Norma.

1. Formas

Los perfiles conformados en frío galvanizados estructurales pueden tener las siguientes formas:

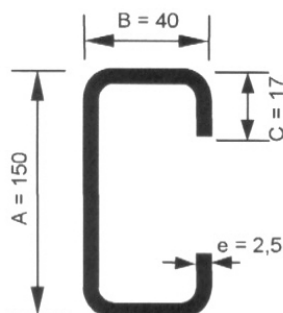


Rama: Se denomina Rama a la zona del perfil comprendida entre dos pliegues o entre un pliegue y el borde.

Rigidizador: En perfiles C, galera, omega y Z, rama del perfil comprendida entre un pliegue y el borde del perfil

2. Designación

Los perfiles considerados en esta norma se designan con las letras PG (perfil galvanizado) seguidas de la letra que identifica la sección transversal de cada perfil y, a continuación, las medidas en milímetros de todas sus ramas, comenzando por la altura, tomadas en el sentido de las agujas del reloj. A continuación se indica el espesor y el tipo de acero según norma IRAM IAS U 500-214.



La designación de este perfil es
PGC 150 x 40 x 17 x 2,5 x ZAR 280

3. Propiedades mecánicas del acero base:
Los perfiles se deberán fabricar con acero galvanizado que cumpla con la IRAM IRAS U 500-214, es decir, de tipo estructural, y el fabricante deberá indicar qué tipo de acero provee, para realizar el dimensionamiento de las secciones.
4. Revestimiento de zinc
Dado que se trata de perfiles estructurales, la Norma establece que el recubrimiento mínimo deberá ser el Z 275 de la IRAM IAS U 500-43, es decir, 275 gramos de zinc por metro cuadrado, como suma de ambas caras. La determinación de la masa de recubrimiento deberá realizarse por los métodos descriptos en dicha norma.
5. Espesor
Los perfiles se conforman con chapa galvanizada de los siguientes espesores (2007) 0,9; 1,25; 1,60; 2,00; 2,50 mm. Estos espesores se refieren a la chapa base, sin recubrimiento. El recubrimiento galvanizado suma al espesor anterior 0,04 mm, por lo tanto los espesores finales serán 0,94; 1,29; 1,64; 2,04 y 2,54 mm. La realización de perfiles estructurales con espesores menores de 0,90 mm puede ocasionar abollamiento de la sección, y debe ser evitada.
6. Discrepancias en dimensiones
La siguiente tabla muestra las discrepancias admitidas por la norma:

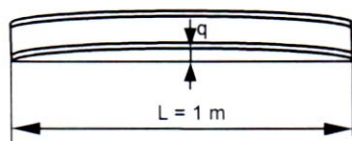
Designación del perfil	Discrepancias en las medidas de las ramas del perfil en mm			
	A	B	C	D
PGC	0 / -2	+/- 1	+/- 3	-
PGU	+2 / 0	+/- 2	-	-
PGG	+/- 1	+2 / 0	+/- 3	-
PGO	+/-2	+/-2	+/-2	+/-2
PGZ	0/-2	+/-1	+/-3	+/-1

7. Radios de acuerdo
Es el radio de curvatura de la esquina, donde se unen dos ramas. Deberá estar ser entre 1 y 2 veces el espesor de la chapa.
8. Largos
Los perfiles se entregan normalmente en dos largos fijos: 6 m y 12 m, pero por acuerdo con los fabricantes se pueden entregar en largos a medida. Es muy común que en caso de perfiles PGC que serán montantes de una vivienda, se suministren los mismos con un largo de 2,6 ó 2,7 m por ejemplo. Las tolerancias en los largos fijos son:

Largo fijo Nominal L en m	Discrepancias en mm
≤ 6	+/- 2
$6 < L \leq 10$	+/- 3
$L > 10$	+/- 5

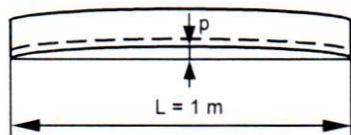
9. Falta de rectitud

La falta de rectitud admitida es de 0,5 mm por metro.



10. Alabeo

El alabeo máximo permitido es de 0,5 mm por metro



11. Torsión

Para determinar la torsión se apoya el perfil con un plano horizontal, con un extremo fijo al mismo bajo presión y se deja el otro extremo libre.

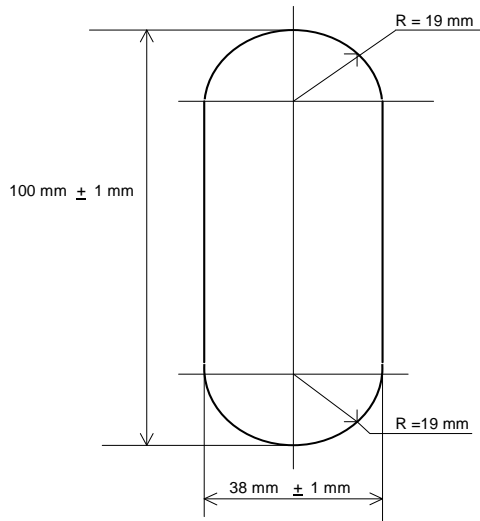


Las discrepancias por torsión se indican en la tabla siguiente:

Distancia i (mm)	Discrepancias de torsión i máxima admitida por metro (mm)
$i \leq 40$	0,7
$40 < i \leq 65$	0,8
$65 < i \leq 100$	1
$100 < i \leq 150$	1,2
$150 < i \leq 200$	1,4
$200 < i$	1,5

12. Perforaciones

Cuando los perfiles se solicitan con perforaciones destinadas al pasaje de instalaciones de gas, electricidad, agua, etc, las mismas deberán cumplir con las siguientes dimensiones:



La distancia entre centros de perforaciones no podrá ser menor de $600 \pm 2\text{ mm}$ y la distancia entre un extremo y el centro de la primera perforación no podrá ser menor que $300 \pm 2\text{ mm}$.

13. Recomendaciones de estibaje y manipulación.

- Los perfiles deben estibarse preferentemente bajo techo. En caso de que se debiera estibarlos a la intemperie, hacerlo protegiéndolos con un elemento impermeable, pero que permita la ventilación de la pila. La misma deberá tener una inclinación respecto de la horizontal tal que permita que el eventual agua que moje los perfiles escurra inmediatamente.
- No permitir el contacto permanente con cañerías de cobre, utilizar un protector de PVC o aislar el caño con algún elemento no conductor. No existe problema de contacto con hierro o aluminio, aunque en este último caso es preferible interponer un material aislante.
- Manipular con cuidado, evitando abolladuras
- Cortar los perfiles preferentemente con sierra para metales, de modo de dañar lo menos posible el recubrimiento y evitar rebabas.

6. Control de calidad

1. Revestimiento

Debido a la forma y dimensión de los perfiles, es imposible determinar la masa de recubrimiento mediante los métodos tradicionales establecidos en la IRAM IAS U 500-43, dado que los mismos requieren disponer de una muestra plana de grandes dimensiones, debido a que están pensados para determinación de masa de recubrimiento de bobinas.

Pueden emplearse equipos de ensayos no destructivos por procedimientos magnéticos basados en la ASTM B 499 o ISO 2178. Estos métodos utilizan medidores de espesor suficientemente exactos como para determinar el espesor de la capa de zinc.

El fabricante puede emitir un certificado en el que consigne el valor obtenido por el método clásico aplicado sobre el fleje con el que se produjeron los perfiles.

2. Medidas

Las medidas de los perfiles se verifican de acuerdo con el catálogo del productor, verificándolas con calibradores que permitan apreciar si los valores se encuentran dentro de las discrepancias permitidas.

i. Rectitud

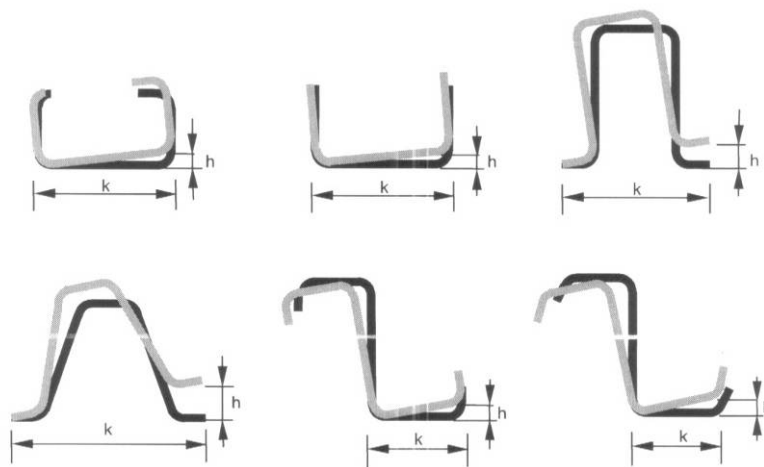
Se apoya el perfil sobre un plano horizontal con el alma perpendicular al mismo y se lo deja en estado libre. Luego se mide la flecha máxima con respecto al plano de apoyo. Se verifica que cumpla lo indicado en 4.9.

ii. Alabeo

Se apoya el perfil sobre un plano horizontal con el alma perpendicular al plano de apoyo. Se verifica que cumpla lo indicado en 4.10.

3. Torsión

Se apoya el perfil con un plano horizontal, con un extremo fijo al mismo bajo presión y se deja el otro extremo libre, como se indica en la siguiente figura.



Se verifica que cumpla lo indicado en 4.11.

7. Dimensionamiento de las secciones

Los perfiles conformados en frío en general, por su relación de esbeltez no pueden ser calculados bajo el reglamento CIRSOC 301 de estructuras metálicas pesadas. Es por ello que deben ser calculados de acuerdo al reglamento CIRSOC 303, que tiene en cuenta diversas consideraciones tales como pandeos localizados, pandeo por torsión, etc. Existen tablas de carga publicadas por el Instituto Argentino de Siderurgia donde se encuentran tabuladas las cargas admisibles para las más usuales condiciones de uso:

1. PGC usados como vigas sometidas a flexión (entrepisos)
2. PGC usados como montantes en muros cortina, sometidos a flexión por viento, sin carga axial.
3. PGC usados como montantes en muros perimetrales de viviendas, sometidos a flexión por viento + carga axial.

Estas tablas permiten efectuar en forma rápida el predimensionamiento de secciones ante los usos más frecuentes.

8. Certificado de Aptitud Técnica (CAT)

El sistema cuenta con este certificado, emitido por la Subsecretaría de Vivienda de la Nación, y cuyo titular es la firma Ternium Siderar, fabricante argentino de la chapa de acero galvanizado.

9. Certificado Sismorresistente (CAS)

Asimismo el sistema cuenta con este certificado, emitido por el Instituto Nacional de Prevención Sísmica.