

## El acero en la construcción de viviendas de bajo costo y su protección

*Ing. Gladys Maggi V. / Arq. MSc. Alejandra González V.  
IDEC/FAU/UCV*

Desde la década de los años setenta en Venezuela se ha mantenido una demanda sostenida de viviendas que exige la construcción de una cantidad importante de edificaciones de uso habitacional. Para ello es necesario dar respuesta a través del desarrollo de soluciones constructivas que permitan incorporar nuevas técnicas en las cuales se utilicen los recursos materiales y humanos disponibles en el país.

La utilización de un recurso abundante en nuestro país como es el acero, así como la posibilidad de aprovechar la capacidad industrial, siderúrgica y metalmeccánica instalada, constituye uno de los argumentos más importantes para desarrollar componentes y tecnologías constructivas que incidan de forma sustancial en la producción y calidad de dichas edificaciones.

En los últimos años en Venezuela se ha incrementado la aplicación de tecnologías de producción en acero que han desarrollado la capacidad nacional en este campo y ponen a la disposición insumos de variados niveles de calidad y eficiencia. Todo ello propicia la concepción de nuevos componentes constructivos altamente industrializados (perfiles en caliente, en frío, componentes producidos con las tecnologías de electro-soldadura de arco continuo, entre otros) lo cual tiene repercusión en la ampliación de nuevas formas de aplicación en la industria de la construcción.

Las tecnologías constructivas en acero ofrecen ventajas competitivas en relación con los métodos de construcción tradicionales (cabillas, bloques, cemento, etc.) y poseen un gran potencial para la innovación en términos de rapidez de ejecución, limpieza y sencillez en los procesos, menor generación de escombros, etc., factores todos que inciden de manera directa en los costos de producción de las edificaciones.

Cuando analizamos algunas de las respuestas del Estado venezolano a la creciente demanda de edificaciones habitacionales de interés social, observamos que están siendo orientadas a la aplicación de estructuras con tecnologías constructivas en acero. Ante este hecho debemos llamar la atención acerca del uso responsable de este material, tomando en cuenta sus propiedades, comportamiento, estructuras, requerimientos funcionales y ambientales, proceso de producción, mantenimiento, costos de la edificación y la durabilidad y vulnerabilidad de los materiales.

### Aspectos técnicos del acero

Las propiedades mecánicas de los componentes en acero dependen primordialmente del tipo de aleación a que haya sido sometido el hierro como materia prima, procesos de laminado que modifican sus propiedades físico-mecánicas y del tratamiento térmico de los aceros, entre otros aspectos. Las especificaciones de los aceros son codificadas por la Sociedad Americana de Ensayo y Materiales (ASTM, por sus siglas en inglés).



Una de las clasificaciones que nos interesa analizar en este documento es la de perfiles conformados en caliente y en frío. Estas dos categorías de perfiles son las más ampliamente utilizadas en las edificaciones en nuestro país. Los perfiles conformados en caliente incluyen todos los tipos de tubulares y/o perfiles de espesor mayor a 4mm, elaborados a partir del acero producido en hornos a altas temperaturas hasta alcanzar el punto de fusión que permite el moldeado de las piezas. Los perfiles conformados en frío están constituidos por tubulares y/o perfiles a base de chapas de acero de espesor menor a 2mm que por la aplicación de cargas de gran magnitud a partir de prensas moldeadoras son reducidos a espesores menores.

Algunas características de estas dos categorías de perfiles son las siguientes:

a) Perfiles formados en caliente:

- Perfiles extruidos o moldeados que varían en espesores entre 4 mm y 12mm
- Geometrías más utilizadas son I, T, L y los tubulares de secciones rectangular, cuadrada y circular.
- Pueden agruparse en: aceros estructurales al carbono en los cuales se cuenta con el A3; aceros de alta resistencia y baja aleación tales como el A411, acero ASTM A446.
- Las uniones pueden realizarse a base de soldadura o conexiones apernadas.

b) Perfiles formados en frío:

- Perfiles que se conforman por aplastamiento o presión de láminas y/o tiras de planchones de acero previamente formados en caliente, hasta llevarlos a espesores que fluctúan entre 0,18 mm y 2 mm.
- Presentan formas diversas siendo los mas comunes canales, Z, L, T, I miembros tubulares. También existen elementos laminares para paredes y techos, con una diversidad de secciones abiertas y cerradas.
- La adopción de las especificaciones AISI para el diseño de miembros estructurales de lámina delgada formados en frío introduce otro tipo de acero en el diseño de estructuras los cuales son codificados bajo la norma ASTM, acero SAE 1006 y ASTM A366.
- Las uniones, a diferencia de los perfiles formados en caliente, deben realizarse a base de remaches o tornillos, no siendo recomendables las soldaduras debido al bajo espesor de la lámina sobre todo en espesores inferiores a 1 mm.
- Los tratamientos más utilizados para proteger el material de su vulnerabilidad a la corrosión y pandeo local son la aplicación de pinturas antioxidantes y la galvanización.
- El uso de los aceros de calibre delgado en miembros formados en frío aumenta la ductilidad del acero, expresada por su elongación mínima. Como resultado de la operación del formado en frío, las propiedades del producto terminado pueden ser sustancialmente diferentes a las de la lámina original; el proceso de formado en frío (plegado, doblado, etc.) aumenta la resistencia de fluencia y de tensión pero disminuye la ductilidad. Las propiedades mecánicas finales de la pieza o componente no son idénticas en toda su extensión. Se producen zonas «atiesadas» que poseen una resistencia mayor a la original y zonas «no atiesadas» que observan la resistencia original del material.
- Los miembros de lámina delgada presentan un espesor reducido en comparación con su ancho, lo cual permite un pandeo bajo esfuerzos de pequeña intensidad

producidos por cargas de compresión, de corte, de flexión o de aplastamiento. De allí que el pandeo crítico es generalmente de naturaleza local (abollamiento) y precede al pandeo general del componente. Así mismo, los espesores reducidos también resultan vulnerables frente a los procesos de corrosión.

## El acero, la corrosión y formas de protegerlo

Los aceros pueden ser estructurales y comerciales. Los catálogos de productos de Siderúrgica del Orinoco (SIDOR) utilizan esta categorización e incluso la norma ASTM. Si bien no nos parecen los términos más pertinentes, optaremos por utilizarlos para no introducir un elemento de confusión en el lector (ver cuadro 1).

Los aceros estructurales son aquellos que según las características de la aleación y la resistencia cumplen con lo contenido en las normas SAE 1020, ASTM A36, 283, 500, 570, JISG 3101, 3106 y DIN 17100. Dichos aceros también poseen otras propiedades tales como espesores de la chapa entre 2mm y 12mm. Con dichos aceros pueden producirse perfiles formados en caliente, tipo doble T, L, I y perfiles tubulares de sección rectangular, cuadrada o circular.

**Cuadro 1.**  
Ventajas y desventajas de la utilización del acero

### **Aceros no galvanizados**

<i>Aceros Estructurales</i>	<i>Aceros Comerciales</i>
Espesores mayores de 4 mm	Espesores menores de 2 mm
Alto costo por metro lineal	Bajo costo por metro lineal
Alta resistencia a las exigencias	Menor resistencia a las exigencias
Mayor peso por metro lineal	Menor peso por metro lineal
Menor necesidad de mantenimiento	Necesidad periódica de mantenimiento
Menor vulnerabilidad	Mayor vulnerabilidad
Mayor durabilidad	Menor durabilidad
Requiere equipos para su manejo	No requiere equipos para su manejo
Requiere soldadura o pernos en uniones	Permite diversos tipos de fijaciones
Estéticamente aceptado	Estéticamente aceptado
Altamente aceptado por el usuario final	Medianamente aceptado por el usuario

### **Aceros galvanizados**

<i>Aceros Estructurales</i>	<i>Aceros Comerciales</i>
Espesores mayores de 4 mm	Espesores menores de 2 mm
Alto costo por metro lineal	Costo medio por metro lineal
Altísima resistencia a las exigencias	Alta resistencia a las exigencias
Mayor peso por metro lineal	Menor peso por metro lineal
No requiere mantenimiento	No requiere mantenimiento
Escasa vulnerabilidad	Poca vulnerabilidad
Alta durabilidad	Alta durabilidad
Requiere equipos para su manejo	No requiere equipos para su manejo
Requiere uniones apernadas	Permite fijaciones diversas
Estéticamente rechazado	Estéticamente rechazado
Medianamente aceptado por el usuario	Medianamente aceptado por el usuario



Los aceros comerciales son los que responden a lo establecido en las normas SAE, AISI 1006, 1008, 1012, ASTM A569, 366, JIS G 3131 en lo referente a aleaciones y resistencias. Estos aceros poseen espesores de la chapa entre 0,18mm y 2mm, vienen en una gran variedad de formas y son fundamentalmente formados en frío.

El gran enemigo del acero es la corrosión, es decir, el proceso electroquímico mediante el cual la naturaleza devuelve el acero (hierro + carbono) a su estado natural de óxido de hierro por los efectos del agua y el oxígeno.

Los aceros tanto estructurales como comerciales deben ser protegidos de la corrosión y para ello existen dos formas básicas para hacerlo: uno mediante procesos de aplicación de pinturas, fondos antioxidantes (fondo minio y otros) y pinturas epóxicas de las cuales hay diversas calidades y precios, y otro mediante la aplicación de procesos de galvanización, en frío y en caliente.

La galvanización es el proceso mediante el cual se protege al acero de la corrosión mediante la inmersión en un baño de zinc fundido a 448°C de temperatura. Existe la galvanización en frío y en caliente. La galvanización en frío es un proceso de gran complejidad y de altos costos poco aplicable en el campo de la construcción. La galvanización en caliente es un proceso de características mucho más apropiadas para ser aplicado a componentes constructivos.

#### *Ventajas de la galvanización*

Los profesionales siempre se enfrentan a la decisión de elegir el material y los componentes estructurales para cumplir de manera adecuada con una aplicación particular. Usualmente la decisión posee implicaciones económicas y debe tomar en cuenta los costos de los materiales de fabricación, el transporte, la disponibilidad y la rapidez del montaje.

El diseñador, al seleccionar el acero como material estructural, se encuentra con la responsabilidad de hacer la selección adecuada desde el punto de vista de resistencia, la rigidez y el costo. En esta escogencia pasa a ser fundamental la forma en que vamos a proteger ese material para hacerlo resistente y duradero. Limitar la elección del material o componente a un ahorro presente en el costo directo de los materiales, muchas veces conduce al error de elegir un componente de bajo espesor (con las ventajas y desventajas que ello implica) sin una adecuada protección a la corrosión.

En general, el costo de una obra en acero está directamente relacionado con el peso total del acero implicado en la edificación, y aunque factores vinculados con la fabricación, el transporte y el montaje no deben ignorarse, el costo del material se reducirá al mínimo mediante la escogencia del acero más eficiente para cada componente constructivo y, por ende, el costo total de la edificación también podría reducirse.

El mantenimiento es un factor que se debe considerar en el diseño de la tecnología poniendo la atención necesaria para reducir su costo al mínimo, dado que por lo general un componente de acero muy barato es un componente de muy alto costo de mantenimiento en el tiempo.

Al analizar las tecnologías más utilizadas en desarrollos habitacionales de interés social, los aceros comerciales formados en frío son los más favorecidos en la elección, toda vez que por sus características de bajo peso, alta maleabilidad por el bajo espesor, bajo costo, etc. inciden en la disminución de los costos de producción de las edificaciones.

Los aceros estructurales y, en especial, los comerciales, deben ser protegidos con fondos antioxidantes y pinturas epóxicas si se desea realizar una aplicación duradera en el tiempo y resistente a los requerimientos de tipo estructural y ambiental. Es por ello que la utilización de aceros comerciales galvanizados formados en frío podría y quizás debería convertirse en la alternativa más idónea para los componentes estructurales de viviendas de interés social. Sus características de bajo espesor, alta resistencia por forma, bajo peso por metro lineal, bajo requerimiento de mantenimiento, alta durabilidad por resistencia a la corrosión (30 años para 60 micras de protección galvánica), no requerimiento de equipos para su manejo y alto rendimiento de transporte, lo convierte en un material ideal.

Europa, Norteamérica e incluso más cercanamente los países de Centroamérica están llenos de edificaciones producidas con acero galvanizado y así lo exigen las normas internacionales. Desde las edificaciones basadas en esqueletos de bastidores metálicos propios de la vivienda en Norte y Centroamérica, hasta los edificios altos y construcciones emblemáticas como el puente de Brooklyn han aplicado la galvanización como la forma más idónea de proteger el acero.

Efectivamente, utilizar el zinc como protector del acero es y continúa siendo la forma más económica y eficiente frente a la corrosión a largo plazo. Las láminas recubiertas con zinc poseen un comportamiento extremadamente atractivo en razón de su peso: la disminución total del peso de una estructura puede llegar a ser de 40% si lo comparamos con estructuras tradicionales a base de concreto armado. La diversidad de doblado de nuevos perfiles y estampados que hacen al acero galvanizado resistente y estético, es realmente novedosa y su elección podría plantear infinitas opciones en materia de construcción de edificaciones y en especial de viviendas.



## Referencias Bibliográficas

- «La galvanización: aliado contra el óxido» (2001). *Acero al Día* N° 53, año 5, septiembre. Publicación mensual de la Gerencia de Mercadeo de Sidetur.
- Bresler, Boris; Lin, T. Y. y Scalzi, John (1973) *Diseño de estructuras de acero*. Editorial LIMUSA - Wiley S.A., México.
- II Congreso Mundial de la Construcción en Acero (1998) «Abstracts», San Sebastián, España.
- C.V.G. Siderúrgica del Orinoco (SIDOR) Catálogo de productos. Venezuela.
- González, Alejandra (1991) Sipromat. Mimeo. Tesis para optar al grado de Magister Scientiarum en Desarrollo tecnológico de la construcción. Caracas.
- Maggi, Gladys (1994) Sistema de estructura metálica apernada. Concepción, aplicaciones y perspectivas. Mimeo. Trabajo de Ascenso, Categoría Asociado. Caracas.