

GENERACIÓN DE REGLAMENTOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS DE ALUMINIO EN ARGENTINA

María H. PERALTA¹; Irene E. RIVAS²; María I. MONTANARO²; María L.GODOY¹

Título Profesional: ¹Ingeniero Civil, ²Ingeniero en Construcciones
Docentes Investigadoras Área Estructuras – Facultad de Ingeniería - UNCPBA

RESUMEN

La Cámara Argentina de la Industria del Aluminio y Metales Afines (C.A.I.A.M.A.) tiene entre sus objetivos la estimulación de acciones que tiendan a generar nuevas aplicaciones para el Aluminio ya sea por la penetración en nuevos mercados o por la ampliación de los existentes.

Es creciente el uso del aluminio en el mundo con fines estructurales, no existiendo en el país reglamentos o recomendaciones que permitan su aplicación en obras civiles. Dada esta situación, a partir de 2006 un grupo de estudio perteneciente al Área Estructuras de la Facultad de Ingeniería de la UNCPBA con el apoyo de la CAIAMA, impulsaron acciones tendientes a generar normativas argentinas que regulen su uso. A tal fin, se planteó ante la Comisión Permanente de Estructuras Metálicas del CIRSOC la inquietud lográndose el acuerdo para comenzar a trabajar en ese sentido. A partir de agosto de 2007 se trabaja en la redacción del Proyecto de Reglamento Argentino de Estructuras de Aluminio y en actividades tendientes a difundir las acciones a efectos de impulsar su uso.

Este trabajo tiene como objetivo describir las acciones mencionadas y el estado de avance de la redacción del Proyecto de Reglamento Argentino de Estructuras de Aluminio CIRSOC 701.

ABSTRACT

The Argentine Camera of Aluminum Industry and Similar Metals (C.A.I.A.M.A) has among its objectives to encourage actions to generate new applications for Aluminum by the creation of new markets or expansion of existing ones.

The use of Aluminum with structural purposes is increasing in the world and there are not regulations or recommendations in Argentina that allow its application in Civil Works. For this reason, a group of study belonging to the Area of Structures of the Faculty of Engineering, with the support of the CAIAMA, has been promoting actions tending to generate Argentine rules that regulate its use in the country, since 2006. This intention was presented before the Permanent Committee of Metallic Structures of CIRSOC and they gave the agreement to start working in the project. Since August 2007, the group of study is working in the writing of the project of Argentine Standard of Aluminum Structures and in activities directed to spread actions to promote its subsequent use.

The objective of this work is to describe the above mentioned actions and the level of advance in the writing of the project of Argentine Standard of Aluminum Structures, including comparative comments about the behavior with structures of traditional use in our country.

INTRODUCCIÓN

La Cámara Argentina de la Industria del Aluminio y Metales Afines (CAIAMA), tiene entre sus objetivos la estimulación de acciones que tiendan a generar nuevas aplicaciones para el Aluminio ya sea por la penetración en nuevos mercados o por la ampliación de los existentes. Es por esto que, ante el creciente uso del aluminio con fines estructurales en el mundo, y conociendo que diversos países cuentan con normativas¹ para este fin, mientras que en Argentina no existen reglamentos o códigos que permitan y especifiquen su aplicación en obras civiles, a partir de 2006 un grupo de estudio perteneciente al Área Estructuras de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, con el apoyo de la CAIAMA, impulsaron acciones tendientes a generar normativas que regulen el dimensionado y cálculo de elementos estructurales de aluminio para las obras civiles en nuestro país.

Por lo expuesto anteriormente, y teniendo en cuenta que cuando CIRSOC decide efectuar la actualización de los reglamentos nacionales de seguridad estructural, sobre la base de lineamientos internacionales de reconocido prestigio, encara su reconversión propiciando la incorporación a su Comité Ejecutivo de las empresas constructoras y de servicios, fabricantes y elaboradores, cámaras e institutos de investigación, asociaciones profesionales, etc., con el fin de que el Estado y la actividad privada compartan solidariamente el esfuerzo y los beneficios de establecer bases comunes de sana y clara competencia, dado que los reglamentos de seguridad estructural son, en definitiva, un acuerdo social sobre el nivel o grado de seguridad que la sociedad está dispuesta a aceptar y exigir (CIRSOC 301²); y considerando que ése es el ámbito en el que se debe generar una nueva reglamentación, se planteó la inquietud ante la Comisión Permanente de Estructuras Metálicas del CIRSOC, lográndose el acuerdo para comenzar a trabajar en ese sentido.

Esto dio lugar, por un lado a la firma de un Acuerdo Específico entre la CAIAMA y la Facultad de Ingeniería de la UNCPBA, el que tiene por objeto la redacción del Proyecto de Reglamento Argentino de Estructuras de Aluminio, por parte de la Facultad. Por otro lado se firmó un Acuerdo Complementario entre la CAIAMA, la Facultad de Ingeniería e INTI-CIRSOC, quien interviene dando la conformidad para la adecuada validación legal y administrativa. El Plan de Trabajo incluye la recopilación de información: normativa base, otras normativas de consulta, bibliografía; y la elaboración del Proyecto que se presentará como propuesta al INTI – CIRSOC. Es así que a partir del mes de agosto de 2007 el grupo de estudio trabaja, con el asesoramiento del Ing. Gabriel Troglia, Coordinador de la Comisión de Estructuras Metálicas del CIRSOC, en la redacción del Proyecto de Reglamento Argentino de Estructuras de Aluminio CIRSOC 701. Paralelamente se encuentra en etapa de redacción el Proyecto de Reglamento Argentino para la Soldadura de Estructuras de Aluminio CIRSOC 704, la misma está a cargo del Ing. Eduardo Asta.

El nuevo Proyecto de Reglamento CIRSOC 701 adopta como lineamiento internacional la especificación norteamericana Aluminum Design Manual. Specifications & Guidelines for Aluminum Structures³ of the Aluminum Association versión 2005, Part I-B y Part II-B que utilizan el denominado método de los factores de carga y resistencia LRFD (Load and Resistance Factor Design), también conocido como Método por Estados Límites Últimos, adaptando y orientando la

misma al formato y esquema general del cuerpo de los Reglamentos Argentinos: de Estructuras de Acero para Edificios CIRSOC 301², de Elementos Estructurales de Tubos de Acero para Edificios 302⁴, y de Estructuras de Acero de Sección Abierta Conformados en Frío CIRSOC 303⁵.

Comprende el estudio por estados límites últimos y estados límites de servicio.

Este Proyecto de Reglamento se complementará con las normas IRAM vigentes a la fecha de ejecución. Es de destacar que las normas IRAM e IRAM-IAS nacionales de materiales y productos se encuentran actualmente en proceso de revisión e integración con las de los restantes países del MERCOSUR. Hasta tanto no estén disponibles se podrán utilizar las normas ASTM o ISO correspondientes.

Es importante mencionar que el aluminio tiene una historia comercial más breve que el acero, basta con mencionar que la primera producción significativa de aluminio en Estados Unidos data de 1890, mientras que la primera aplicación estructural se da alrededor de 1930. Es por ello que también los orígenes de las especificaciones del aluminio estructural resultan más cercanos en el tiempo que los orígenes de las especificaciones del acero. La especificación³ para estructuras de aluminio, que se ha tomado como base del Proyecto de Reglamento CIRSOC 701, fue publicada por primera vez en 1967, y ha sido revisada y modificada en 1971, 1976, 1982, 1986, ha sido modificada sustancialmente en su sexta edición (1994), produciéndose otras revisiones en 2000, y en 2005.

ESTRUCTURA DEL PROYECTO DE REGLAMENTO CIRSOC 701

Al igual que los Reglamentos CIRSOC para las estructuras de acero, el Proyecto de Reglamento para estructuras de Aluminio CIRSOC 701 consta de dos cuerpos: el Proyecto de Reglamento propiamente dicho, cuyos capítulos constituyen la parte prescriptiva del Proyecto de Reglamento y se deben aplicar integralmente para lograr los propósitos de seguridad y servicio, y los Comentarios al Proyecto de Reglamento que sólo constituyen una ayuda para la comprensión de las prescripciones, presentando los antecedentes y los fundamentos en los cuales aquellas se basan.

A continuación se efectúa una descripción general de los contenidos de cada uno de los capítulos del Proyecto de Reglamento.

- **CAPÍTULO A: *Disposiciones Generales y Bases del Proyecto***

En este capítulo se establecen el campo de validez y los alcances del Proyecto de Reglamento, y se presentan las principales características y propiedades mecánicas para aleaciones de aluminio.

Este Proyecto de Reglamento Nacional de Seguridad establece los requisitos mínimos para el proyecto, fabricación, montaje, protección, control de calidad y conservación de las estructuras de aluminio para edificios. Es de aplicación a todos los elementos estructurales resistentes de aluminio, extrusados o armados con perfiles extrusados y/o chapas, y sus uniones, que formen parte de las estructuras de aluminio de edificios destinados a vivienda, locales públicos, depósitos e

industrias (incluso las que tengan carácter provisorio como andamios cimbras, puntales, etc.), y que sean necesarias para soportar los efectos de las acciones actuantes. Es aplicable a los elementos con cargas predominantemente estáticas. Asimismo es de aplicación para las estructuras resistentes de carteles, marquesinas y similares.

Tipos de Estructuras: a los fines de este Proyecto de Reglamento se permiten dos tipos de estructuras básicas, con sus respectivas hipótesis de proyecto y cálculo asociadas. Cada una de ellas define de una manera específica la resistencia de las barras estructurales y los tipos y resistencia de sus uniones. Ellas son: Estructura tipo TR (totalmente restringida), usualmente designada como "pórtico rígido" (o entramado continuo), en la cual se supone que las uniones tienen suficiente rigidez para mantener invariables los ángulos entre las barras que a ellas concurren, y Estructura tipo PR (parcialmente restringida), en la cual se supone que las uniones no tienen suficiente rigidez como para mantener invariables los ángulos entre las barras que a ellas concurren.

En este capítulo se incluyen tablas que presentan las propiedades mecánicas mínimas para aleaciones de aluminio, y para aleaciones de aluminio soldadas.

Se puede decir que el aluminio como material estructural tiene todas las ventajas asignadas a las estructuras metálicas, tales como rapidez para su montaje, requerimiento casi nulo de obra húmeda, seguridad, confortabilidad, etc. Permite diseños de estructuras utilizando tipologías apropiadas para cubrir grandes luces. En la Figura 1 se presenta una comparación entre los diagramas de tensión-deformación del aluminio (aleación 6061-T6) y del acero (A36)⁶.

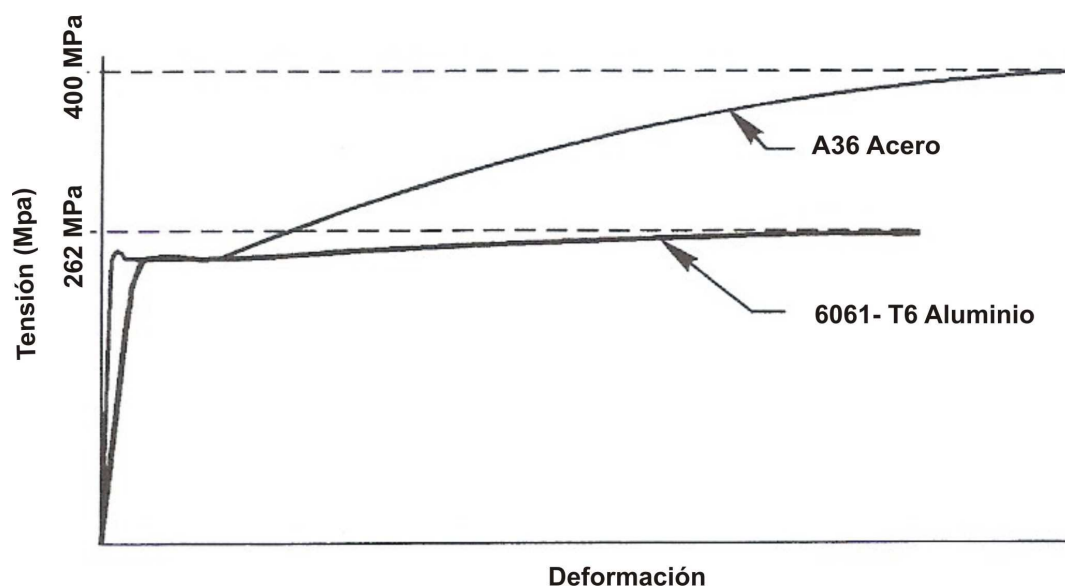


Figura 1: Comparación de las curvas tensión-deformación

Las características y las propiedades del aluminio varían en función de los diferentes tipos de aleaciones y del tratamiento térmico (temple) correspondiente. Presentan diferente comportamiento a tracción que a compresión. En el cuadro que se muestra en la Figura 2, obtenida desde referencia⁷, se describen las

modificaciones que se pueden producir en las propiedades al alear el aluminio con otros metales.

Las aleaciones más usadas para la ejecución de elementos estructurales de acero son las de las series 6000 y 7000. En perfiles, las aleaciones mas usadas son: 6063 y 6061 (casi exclusivamente).

AL	+	ZN Zinc	Aumenta la resistencia y la dureza. Posibilidad de corrosión. Combinada con Mg proporciona aleaciones tratables térmicamente
Mg Magnesio	Si Silicio	Cu Cobre	Proporciona aleaciones tratables. Aumenta la dureza y la resistencia. Reduce la resistencia a la corrosión.
Aumenta la resistencia y la dureza. Buena resistencia a la corrosión. Aumenta la soldabilidad.	Combinado con Magnesio proporciona aleaciones tratables. Buena resistencia a la corrosión.	Mn Manganeso	Aumenta el límite elástico y la carga de rotura. Buena resistencia a la corrosión.

Figura 2: Propiedades que se pueden obtener al alear el aluminio

En el proyecto de estructuras de aluminio y sus elementos componentes, para la estimación de las acciones que actúan y de sus correspondientes intensidades mínimas son de aplicación los siguientes Reglamentos CIRSOC 101⁸, 102⁹, y 104¹⁰. Entre otras, las principales acciones que contempla son:

Acciones permanentes: considera como tal a las que tienen pequeñas e infrecuentes variaciones, durante la vida útil de la construcción, con tiempos de aplicación prolongados.

Acciones variables: son las que tienen elevada probabilidad de actuación, variaciones frecuentes y continuas no despreciables en relación a su valor medio.

Acciones Accidentales: son las que tienen pequeña probabilidad de actuación, pero con valor significativo, durante la vida útil de la construcción, cuya intensidad puede llegar a ser muy importante para algunas estructuras.

La resistencia requerida de la estructura, y de sus distintos elementos estructurales se debe determinar en función de la combinación de acciones mayoradas más desfavorable (combinación crítica). Se tendrá en cuenta que muchas veces la mayor resistencia requerida resulta de una combinación en que una o más acciones no están actuando.

Emplea el método por estados límites que es un método de proyecto y dimensionado de estructuras en el cual la condición de Proyecto es que ningún estado límite sea superado cuando la estructura es sometida a todas las combinaciones apropiadas de acciones. Estableciendo que todo estado límite relevante debe ser investigado. Las expresiones de las combinaciones de acciones,

con sus correspondientes factores de carga, que se deberán analizar son las mismas que emplea el Reglamento CIRSOC 301².

Los estados límites se clasifican en:

- Estados Límites Últimos, son aquellos que se establecen con el fin de lograr seguridad y definir una capacidad máxima de transferencia de carga. Para este estado límite la resistencia de diseño ϕR_n de cada elemento estructural, de sus uniones, o de la estructura en su conjunto, debe ser igual o mayor que la resistencia requerida R_u (ésta se debe obtener a partir de los esfuerzos determinados mediante análisis estructural para la combinación de acciones mayoradas crítica). El coeficiente ϕ es el denominado factor de resistencia.

- Estados Límites de Servicio, son los que se establecen con el fin de que la estructura presente un comportamiento normal y aceptable bajo condiciones de servicio. La estructura en su conjunto, sus elementos estructurales y sus uniones serán verificadas para condiciones de servicio (las deformaciones o flechas que afecten negativamente a la apariencia, o a la efectividad del uso previsto de la estructura, o causen daño a elementos no estructurales, etc.).

Para el Análisis Estructural, y en relación con los Métodos de Análisis, el Proyecto de Reglamento establece que: en estructuras isostáticas las reacciones de vínculo y las solicitaciones de sección se deberán obtener usando las leyes y ecuaciones de la estática; mientras que en estructuras hiperestáticas las reacciones de vínculo y las solicitaciones de sección se deberán obtener por Análisis global Elástico. No permitiendo el uso del Método global Plástico.

Las hipótesis realizadas para el análisis global de la estructura deben ser consistentes con el tipo de estructura adoptado, y el correspondiente comportamiento de las uniones, y las hipótesis realizadas para el proyecto de las barras de la estructura deben ser consistentes con el método de análisis global utilizado, y con el tipo de comportamiento previsto para las uniones según el tipo de estructura adoptado.

Por otra parte el análisis estructural se puede efectuar mediante: un Análisis Global Elástico, para el cual el Proyecto de Reglamento se basará en la hipótesis de que el diagrama tensión-deformación del aluminio es lineal, sea cual fuere el nivel de tensión. Esta hipótesis podrá ser mantenida, tanto para análisis elástico de primer orden como de segundo orden, aún cuando la resistencia de la sección transversal esté basada en la reserva de capacidad flexional inelástica. O bien se deberá considerar el efecto de las deformaciones, efectos de Segundo Orden ($P-\Delta$ y $P-\delta$) cuando los mismos incrementen las Resistencias Requeridas.

- **CAPÍTULO B: *Requerimientos de Proyecto***

Este Capítulo contiene especificaciones generales que son de aplicación para todo el Proyecto de Reglamento.

En él se establecen las condiciones para determinar los valores de las diferentes áreas a considerar de acuerdo al estado límite que se deba comprobar. Es así que se pueden obtener las denominadas:

Área Bruta A_g : en secciones formadas por elementos planos, el área bruta de una barra en cualquier punto, es la suma de los productos de los espesores por los anchos brutos de cada elemento de la sección, medidos en la sección normal al eje

de la barra. Valen las especificaciones de la Sección B.1 del Reglamento CIRSOC 301².

Área Neta A_n : en secciones formadas por elementos planos el área neta de una barra es la suma de los productos de los espesores por los anchos netos de cada elemento de la sección. Valen las especificaciones de la Sección B.2. del Reglamento CIRSOC 301².

Área Neta Efectiva A_e : cuando la fuerza de tracción se transmite directamente por cada uno de los elementos de la sección transversal, mediante pasadores (bulones o remaches) o cordones de soldadura, el área neta efectiva es igual al área neta A_n . Pero cuando la fuerza de tracción se transmite a través de algunos, (y no de todos) los elementos de la sección transversal, se debe aplicar un coeficiente de reducción. El mismo resulta ser menor o igual que 1, y afecta al área neta cuando la fuerza de tracción se trasmite sólo por pasadores; mientras que cuando la fuerza de tracción se trasmite a un elemento (que no sea una chapa plana) sólo mediante cordones longitudinales de soldadura, o mediante cordones de soldadura longitudinales combinados con cordones transversales, afecta al área bruta. Valen las especificaciones de la Sección B.3. del Reglamento CIRSOC 301², y las especificaciones de la Sección 2.1. del Reglamento CIRSOC 302².

- **CAPÍTULO C: Reglas Generales de Diseño**

Este capítulo resulta ser el compendio de los lineamientos necesarios para efectuar la determinación de las diferentes resistencias de diseño, y por ende se convierte en el cuerpo principal para la verificación y el dimensionado de todos los elementos que componen una estructura (columnas, vigas, elementos componentes de la sección transversal, etc.).

Presenta tablas que contienen fórmulas que permiten hallar los valores de las constantes de pandeo para productos en función del templado, y del tipo de elemento y sollicitación. Para esto últimos considera: Compresión en columnas y alas de vigas, Compresión axial: en elementos planos y en elementos curvos, Compresión por flexión: en elementos planos y en elementos curvos, y Corte en elementos planos. Estas constantes de pandeo forman parte de las expresiones que permiten determinar las resistencias de diseño y los denominados límites de esbeltez que permiten ubicar la zona o campo en que está trabajando el elemento que se analiza.

En la Figura 3 se muestra un diagrama resistencia – esbeltez del elemento en el que se presentan las regiones para pandeo local de los elementos de columnas, gráfico obtenido de referencia⁶. Es importante destacar que el Proyecto de Reglamento identifica como S_1 y S_2 a las esbelteces límite.

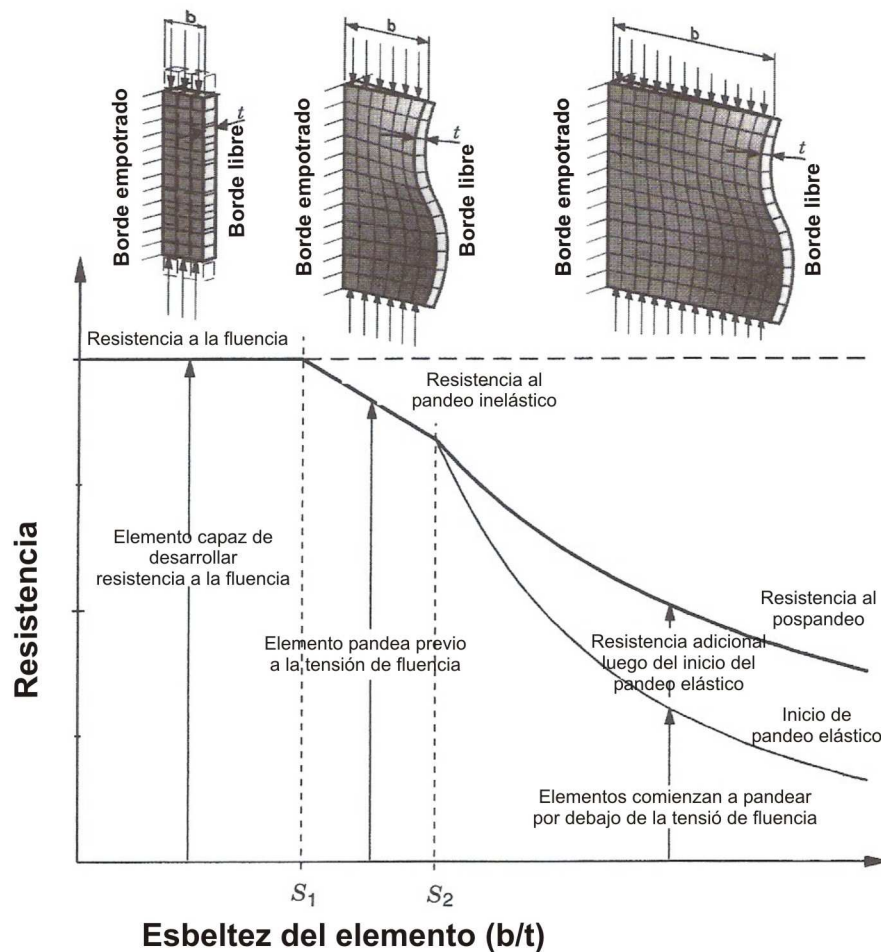


Figura 3. Zonas de pandeo local para elementos de columna.

Se presenta a continuación una breve síntesis de la forma en que el Proyecto de Reglamento direcciona el tratamiento del dimensionado y/o la verificación, indicando en función de qué solicitaciones se determina el tipo de resistencia. A tal fin considera: Resistencia de diseño a:

- Tracción Axial
- Compresión Axial
- Flexión Simple que entre otros comprende el estudio de los estados límites de: plastificación de la fibra extrema a tracción; pandeo lateral torsional; pandeo local de la fibra extrema comprimida
- Corte

Por otra parte efectúa el tratamiento de las barras de ángulo simple solicitadas a flexión. En este punto es importante destacar que el tratamiento de esta tipología de barras de aluminio tiene amplia coincidencia con el tratamiento, de las barras angulares de acero, que efectúa el Reglamento CIRSOC 301².

En la parte final del capítulo se presenta a modo de síntesis una tabla que incluye todas las fórmulas generales para determinar las resistencias de diseño comprendidas dentro del presente capítulo. La mencionada tabla resulta muy útil al momento de comenzar a trabajar con el Proyecto de Reglamento para resolver un caso concreto. Es así que, con el objetivo de determinar las resistencias de diseño ϕ

R_n se puede ingresar a la tabla en función del tipo de sollicitación resultante, de la forma de la sección transversal, del tipo de elemento considerado, etc.. Allí se puede encontrar referenciado el correspondiente ítem del capítulo en el que se efectúa el desarrollo del tema y, además, en la misma tabla se presentan las expresiones de los límites de esbeltez.

- **CAPÍTULO D: *Reglas de Diseño Especiales***

Este Capítulo se aplica a barras sometidas a esfuerzos combinados, tratando en particular las combinaciones de carga axial y de flexión. Torsión y flexión en perfiles abiertos. Combinación de corte, compresión y flexión.

Establece que para la determinación de las resistencias requeridas a flexión de miembros sometidos a flexión y a compresión se deberán considerar los efectos de segundo orden $P-\delta$ y $P-\Delta$. Efectúa un tratamiento similar al planteado por el Proyecto de Reglamento CIRSOC 303⁵.

Contempla la presencia de rigidizadores longitudinales propios de algunos perfiles, o bien la necesidad de disponer de rigidizadores transversales. Éstos últimos pueden ser: para resistir el pandeo por corte en el alma de vigas, o bien pueden estar colocados en la zona de apoyos, o en los puntos de aplicación de cargas concentradas.

Utiliza el concepto de ancho efectivo (mediante la sección efectiva) para el cálculo de la deformación por flexión, en particular se emplea para determinar el momento de inercia que debe usarse para calcular las deformaciones para secciones con elementos esbeltos.

Se efectúa el tratamiento de la abolladura de almas planas: para reacciones y cargas concentradas interiores, y para reacciones y cargas concentradas en los extremos. Presenta una ecuación que permite el análisis de la combinación de abolladura del alma y flexión en almas planas (combinaciones de diseño de reacciones y cargas concentradas interiores más flexión).

- **CAPÍTULO E: *Uniones Mecánicas***

Este capítulo comprende el tratamiento de cuatro tipos de uniones: abulonadas, remachadas, con tornillos autoroscantes o autoperforantes, y las de las chapas de aluminio usadas para revestir techos y fachadas. Se fijan disposiciones generales en lo referente a distancias entre pasadores y distancias de éstos a los bordes y dimensiones de los orificios; además presenta las expresiones para determinar resistencias de diseño a la rotura en bloque de corte.

En particular para cada una de las uniones se presenta el cálculo de las resistencias de diseño según el siguiente detalle:

- Uniones abulonadas: tracción, corte, y aplastamiento. Están incluidas dentro de este ítem los bulones de seguridad y las uniones de deslizamiento crítico.

- Uniones remachadas: corte y aplastamiento. Establece que no se deberán usar remaches para soportar cargas de tracción e incluye el tratamiento de remaches ciegos y de punta hueca.

- Uniones con tornillos autoroscantes o autoperforantes: tracción, arrancamiento del tornillo y material conectado, corte y aplastamiento.

En lo referente a uniones de chapa para revestimiento, se fijan solapes, tamaño y separación de los pasadores utilizados, y características de las canaletas empleadas.

En este capítulo se incluyen tablas que permiten encontrar los valores de tensiones de diseño para todos los medios de unión mencionados, y los solapes mínimos para chapas de recubrimiento.

- **CAPÍTULO F: *Uniones Soldadas***

Son de aplicación a este Proyecto de Reglamento, y a este capítulo en particular, las especificaciones del Proyecto de Reglamento Argentino para la Soldadura de Estructuras de Aluminio CIRSOC 704 que se encuentra en etapa de redacción.

Este capítulo contempla el estudio de elementos estructurales soldados, y las disposiciones generales para el cálculo de las uniones soldadas.

Para ello resulta notable la influencia que tiene la presencia de uniones soldadas sobre los elementos estructurales de aluminio. Motivo de esto es que se presentan expresiones para determinar la resistencia de diseño de elementos estructurales con parte de su sección transversal afectada por una soldadura. Debido al bajo punto de fusión del aluminio, el calor de la soldadura reduce el valor de las tensiones de fluencia y de rotura del aluminio. Esto hace que, tal como se ha indicado en la descripción del capítulo A, se presenten dos tablas que contienen las propiedades mecánicas mínimas para aleaciones de aluminio diferenciando para soldadas y no soldadas. Resulta representativa la comparación gráfica que presenta la referencia⁶ y que muestra en la Figura 4.

Comprende el tratamiento de soldaduras de ranura: de penetración total y parcial; soldaduras de filete, soldaduras de perno también denominada de muesca. Estableciendo para todos estos casos las áreas efectivas y las resistencias de diseño.

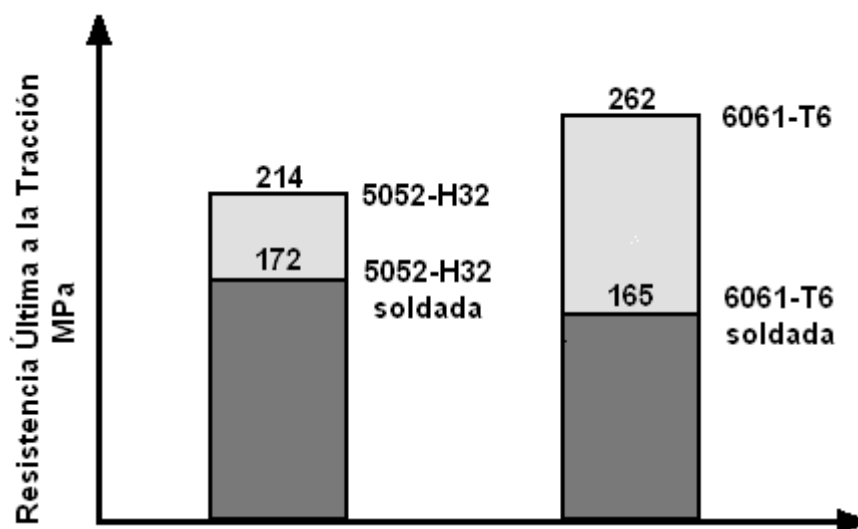


Figura 4: Efecto de la soldadura sobre la tensión de rotura

- **CAPÍTULO G: *Fabricación y Montaje***

En este capítulo se fijan disposiciones generales, estableciendo:

- los métodos para realizar los cortes, la calidad de los bordes, etc.

- los métodos para la ejecución de orificios.
- los requerimientos en las dimensiones de la cabezas de remaches.
- el acabado y la preparación de las superficies.
- Tolerancias en la fabricación y en el montaje.

Indica los requerimientos a cumplir cuando el aluminio está en contacto con otros materiales tales como: acero, madera, madera aglomerada, materiales porosos, hormigón o mampostería.

- **CAPÍTULO H: *Condiciones de Servicio***

Este Capítulo provee especificaciones y recomendaciones cuando se proyecte para condiciones de servicio, incluyendo el tema durabilidad para las estructuras de aluminio.

Establece que ningún estado límite de servicio podrá ser superado bajo los efectos de la combinación más desfavorable de las acciones de servicio, fijando como estados límites de servicio a:

- Las deformaciones, desplazamientos o flechas que afecten la apariencia o el uso eficaz de la estructura (incluyendo el mal funcionamiento de máquinas o servicios).
- Las vibraciones, oscilaciones o inclinaciones que causen incomodidad a los ocupantes de un edificio o daño a sus contenidos.
- Los daños a revestimientos o elementos no estructurales debidos a deformaciones, flechas, desplazamientos, vibraciones, oscilaciones o inclinaciones de la estructura o de alguno de sus elementos estructurales.

Los valores límites para asegurar la condición de servicio (por ejemplo deformaciones máximas, aceleraciones, etc.) deberán ser elegidos teniendo en cuenta la función para la cual es proyectada la estructura y los materiales de los elementos vinculados a ella.

Con respecto al tema durabilidad, presenta una tabla en la que se categorizan las aleaciones de aluminio en tres niveles de durabilidad identificados como A, B y C en orden descendente. Estos niveles son usados para determinar la necesidad y el grado de protección requerido contra la corrosión de estructuras de aluminio, de acuerdo con el ambiente.

- **CAPÍTULO I: *Piezas de Aluminio Fundido***

Se establecen las resistencias mínimas de las piezas de aluminio fundido y las inspecciones radiográficas que se deben realizar para aceptar un lote. La tensión de fluencia por compresión de las piezas fundidas se deberá tomar igual a la tensión de fluencia por tracción. El procedimiento de diseño y verificación se realiza de acuerdo con los capítulos C y D de este Proyecto de Reglamento, al igual que se aplica para cualquier otra pieza de aluminio. Se establecen también los materiales de aporte para las soldaduras de piezas de aluminio fundido.

- **CAPÍTULO J: *Ensayos***

Presenta las disposiciones generales para la realización de ensayos. Considera que los ensayos representan un método aceptable para efectuar el diseño de elementos estructurales, elementos compuestos o uniones de aleaciones de aluminio cuyas resistencias no se puedan determinar de aplicando los lineamientos de los capítulos anteriores del Proyecto de Reglamento.

Contiene requisitos específicos para ensayos de revestimientos exteriores de aluminio para cubiertas y fachadas, chapas de diferentes espesores.

CONSIDERACIONES FINALES

El desarrollo del presente trabajo posibilitará la incorporación de un nuevo material para los diseños estructurales en el país, los que se podrán realizar dentro de un marco de seguridad apropiado y avalado por el CIRSOC. Asimismo, permitirá la adopción de nuevas tipologías estructurales acordes al comportamiento particular del aluminio. En este sentido las obras existentes en el mundo muestran lo adecuado de su uso en obras de grandes luces, tales como domos destinados a estadios, salones para exposiciones, gimnasios, templos de gran atractivo estético.

El comportamiento conceptual de las estructuras de aluminio no difiere de las estructuras metálicas en general con particularidades acorde a las propiedades del material, y las características propias de los perfiles.

Cabe destacarse esta actividad como ejemplo de trabajo integrado entre organismos estatales y empresas, en este caso particular nucleadas en la CAIAMA, con el fin de aunar esfuerzos y criterios en pos del beneficio general.

AGRADECIMIENTOS

El grupo de trabajo agradece a la CAIAMA y a CIRSOC por impulsar y posibilitar el desarrollo de este Proyecto de Reglamento Argentino para las Estructuras de Aluminio.

REFERENCIAS

1. M. Peralta, M. Montanaro y C. Castellano. El Aluminio como Material Estructural. XIX Jornadas Argentinas de Ingeniería Estructural. AIE 2006.
2. Reglamento Argentino de Estructuras de Acero para Edificios. CIRSOC 301, Buenos Aires, 2005.
3. Aluminium Design Manual. Specifications & Guidelines for Aluminum Structures of the Aluminum Association. Parte I-B y II-B. Edición 2005.
4. Reglamento Argentino de Elementos Estructurales de Tubos de Acero para Edificios. CIRSOC 302, 2005.
5. Proyecto de Reglamento CIRSOC 303. Reglamento Argentino de Elementos Estructurales de Acero de Sección Abierta Conformados en Frío, 2007.
6. Kissell, R. , Ferry, R., Aluminum Structures. A Guide to their Specifications and Design. Second Edition, editorial John Wiley & Sons, Inc., 2002.
7. Extrusión. Manual para el Diseño de Perfiles de Extrusión de Aluminio. Hydro Aluminium. www.hydroaluminio.com.ar.
8. Reglamento Argentino de Cargas Permanentes y Sobrecargas Mínimas de Diseño para Edificios y otras Estructuras. CIRSOC 101, 2005.

9. Reglamento Argentino de Acción del Viento sobre las Construcciones. CIRSOC 102, 2005.
10. Reglamento Argentino de Acción de la Nieve y del Hielo sobre las Construcciones Proyecto de Reglamento Argentino para Construcciones Sismorresistente CIRSOC 104, 2005.