10

Placas láminas

Instituto Técnico
de la Estructura
en Acero



ITEA

ÍNDICE DEL TOMO 10

PLACAS Y LÁMINAS

Lección 10.1: Introducción al Comportamiento y Diseño de placas . 1

1 INTRODUCCIÓN 4
2 COMPORTAMIENTO BÁSICO DE UN ELEMENTO PLACA 5
2.1 Condiciones geométricas y de contorno 5
2.2 Carga en el plano 5
2.3 Carga fuera del plano 6
2.4 Determinación de la carga del elemento placa 6
2.5 Variaciones en el modo de pandeo 7
2.6 La analogía del enrrejado para el pandeo de placas 8
2.7 Comportamiento posterior al pandeo y anchuras eficaces 9
2.8 Influencia de las imperfecciones en el comportamiento de placas reales 10
2.9 Comportamiento elástico de placas con carga lateral 11
3 COMPORTAMIENTO DE PLACAS RIGIDIZADAS 14
4 RESUMEN FINAL 16
5 BIBLIOGRAFÍA ADICIONAL 16

Lección 10.2: Comportamiento y Diseño de Placas no Rigidizadas .. 17

1 INTRODUCCIÓN 20
2 PLACAS NO RIGIDIZADAS BAJO CARGAS EN EL PLANO 21
2.1 Distribución de las cargas 21
2.1.1 Distribución derivada de la teoría de membrana 21

2.1.2 Distribución derivado de la teoría lineal-elástica, empleando la hiótesis de Bernouilli 21
2.1.3 Reparto derivado de los métodos de elementos finitos 22
2.2 Estabilidad de placas no rigidizadas 22
2.2.1 Teoría de pandeo lineal 22
2.2.2 Resistencia a la rotura de una placa no rigidizada 26
3 PLACAS NO RIGIDIZADAS SOMETIDAS A CARGAS FUERA DEL PLANO 34
3.1 Distribución de la carga 34
3.1.1 Distribución derivado de la teoría de placas 34
3.1.2 Distribución derivada de los métodos de elementos finitos ("finite element methods" (FEM)) 36
3.2 Flecha y resistencia a la rotura 36
3.2.1 Flechas 36
3.2.2 Resistencia a la rotura 37
4 INFLUENCIA DE LA CARGA FUERA DEL PLANO EN LA ESTABILIDAD DE PLACAS NO RIGIDIZADAS 38
5 RESUMEN FINAL 39
6 BIBLIOGRAFÍA 39

Lección 10.3: Comportamiento y Diseño de Placas Rigidizadas 43

1 INTRODUCCIÓN 44
2 PLACAS RIGIDIZADAS SOMETIDAS A CARGAS EN EL PLANO 46
2.1 Distribución de la carga 46
2.1.1 Distribución derivada de la teoría de membrana 46
2.1.2 Reparto de la carga derivada de la teoría lineal-elástica empleando la hipótesis de Bernouilli 46
2.1.3 Reparto derivado de los métodos de elementos finitos 46
2.2 Estabilidad de las placas rigidizadas 47
2.2.1 Teoría de pandeo lineal 47
2.2.2 Resistencia a la rotura de placas rigidizadas 51
3 PLACAS RIGIDIZADAS SOMETIDAS A CARGAS FUERA DEL PLANO 56
3.1 Reparto de la carga 56
3.1.1 Reparto derivado de la teoría de placas 56

3.1.2 Reparto derivado de un emparrillado con carga lateral, rellenado con elementos secundarios no rigidizados 56
3.1.3 Reparto derivado de métodos de elementos finitos (FEM) 56
3.2 Flechas y resistencia a la rotura 56
4 INFLUENCIA DE LA CARGA FUERA DEL PLANO EN LA ESTABILIDAD DE LAS PLACAS RIGIDIZADAS 57
5 RESUMEN FINAL 58
6 BIBLIOGRAFÍA 58

Lección 10.4.1: Comportamiento y Diseño de Vigas Armadas I 59

1 INTRODUCCIÓN 62
1.1 Tipos 62
1.2 Dimensiones 63
2 CONCEPTOS DEL DISEÑO 67
3 INFLUENCIA DEL PANDEO EN EL DISEÑO 67
3.1 Pandeo del alma por cizalladura 67
3.2 Pandeo de la viga por torsión lateral 67
3.3 Pandeo local del ala comprimida 67
3.4 Pandeo del alma por flexión 67
3.5 Pandeo vertical del ala comprimida 68
3.6 Pandeo local del alma 68
4 RESISTENCIA DEL ALMA POSTERIOR AL PANDEO 69
5 PLANTEAMIENTOS DEL DISEÑO 70
6 RESUMEN FINAL 71
7 BIBLIOGRAFÍA 71
8 BIBLIOGRAFÍA ADICIONAL 71

Lección 10.4.2: Comportamiento y Diseño de Vigas Armadas II 73

1 INTRODUCCIÓN 76
2 RESISTENCIA AL PANDEO POR CIZALLADURA 77
2.1 Cálculo de la resistencia al pandeo por cizalladura mediante el método post-crítico simple 77

2.2 Cálculo de la resistencia al pandeo por cizalladura mediante el método de campo de tensión 79
3 INTERACCIÓN ENTRE CORTANTE Y FLEXIÓN 83
3.1 Interacción entre cortante y flexión en el método post-crítico simple 83
3.2 Interacción entre cortante y flexión en el método de campo de tensión 84
4 RESUMEN FINAL 85
5 BIBLIOGRAFÍA 85
6 BIBLIOGRAFÍA ADICIONAL 85

Lección 10.4.3: Diseño de vigas Armadas-Particularidades 87

1 INTRODUCCIÓN 90
2 RIGIDIZADORES DE ALMA TRANSVERSALES 91
3 ELEMENTOS EXTREMOS Y DIAGONALES 94
4 "INESTABILIDAD LOCAL" DEL ALMA 97
5 RIGIDIZADORES DE ALMA LONGITUDINALES 99
6 VIGAS DE ALMA CON ABERTURAS 100
7 RESUMEN FINAL 101
8 BIBLIOGRAFÍA 101
9 BIBLIOGRAFÍA ADICIONAL 101

Lección 10.5.1: Diseño de Vigas Cajón 103

1 INTRODUCCIÓN 106
2 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LAS VIGAS CAJÓN COMPARADAS CON LAS VIGAS ARMADAS 108
3 ANÁLISIS GLOBAL 109
4 DISEÑO DE RIGIDIZADORES 110
5 PANDEO DEL ALMA 111
6 TORSIÓN 112
7 DIAFRAGMAS 113

7.1 Función y descripción generales 113
7.2 Diafragmas intermedios 113
7.3 Diafragmas de apoyo 113
8 DETALLES 114
9 RESUMEN FINAL 116
10 BIBLIOGRAFÍA ADICIONAL 116

Lección 10.5.2: Métodos Avanzados para Puentes de Vigas Cajón .. 117

1 INTRODUCCIÓN 120
2 MÉTODOS DE ANÁLISIS GLOBAL 121
3 EMPARRILLADO 122
3.1 Selección del emparrillado 122
3.2 Puentes esviados 122
3.3 Efectos locales sobre los tableros 122
3.4 Rigidez de los elementos del emparrillado a la torsión y a la flexión . 123
3.5 Elementos longitudinales del emparrillado 124
3.6 Interpretación del resultado de un análisis de emparrillado 124
4 ANÁLISIS DE PLACA ORTOTRÓPICA 125
5 ANÁLISIS DE PLACA PLEGADA 126
5.1 Análisis de placa plegada: viga de alma llena sobre cimientos elásticos 126
6 ANÁLISIS DE ELEMENTOS FINITOS 127
7 DISTORSIÓN DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL 128
7.1 Cálculo de las fuerzas en los diafragmas 128
7.2 Diafragmas sobre pilas 129
8 DEFORMACIÓN POR CORTANTE 131
9 RESUMEN FINAL 132
10 BIBLIOGRAFÍA ADICIONAL 132

Lección 10.6: Introducción a las Estructuras de Láminas 133

1 INTRODUCCIÓN 136
2 POSIBLES MODOS DE COMPORTAMIENTO 139

3 IMPORTANCIA DE LAS IMPERFECCIONES 141
4 RESUMEN FINAL 144
5 BIBLIOGRAFÍA 144

Lección 10.7: Análisis Básico de Estructuras de Láminas 145

1 INTRODUCCIÓN 148
2 FLEXIÓN Y ESTIRAMIENTO DE LÁMINAS DELGADAS 149
3 PANDEO DE LÁMINAS-TEORÍA DE PANDEO LINEAL Y NO LINEAL 151
4 COMPORTAMIENTO DE LÁMINAS DELGADAS POSTERIOR AL PANDEO 153
5 ANÁLISIS NUMÉRICO DEL PANDEO DE LÁMINAS 155
6 COMPORTAMIENTO DE PANDEO Y POSTERIOR AL PANDEO DE BARRAS, PLACAS Y LÁMINAS 157
7 SENSIBILIDAD A LAS IMPERFECCIONES 161
8 RESUMEN FINAL 164
9 BIBLIOGRAFÍA 164
10 BIBLIOGRAFÍA ADICIONAL 164

Lección 10.8: Diseño de Ciindros No Rigidizados 165

1 INTRODUCCIÓN 168
2 CILINDROS NO RIGIDIZADOS SOMETIDOS A COMPRESIÓN AXIAL 169
3 CILINDROS NO RIGIDIZADOS SOMETIDOS A PRESIÓN EXTERNA 175
4 CILINDROS NO RIGIDIZADOS SOMETIDOS A COMPRESIÓN AXIAL Y PRESIÓN EXTERNA 178
5 RESUMEN FINAL 179
6 BIBLIOGRAFÍA 179

Lección 10.9: Diseño de Láminas Cilíndricas Rigidizadas 181

1 INTRODUCCIÓN 184
2 PANDEO DE LÁMINAS RIGIDIZADAS 185

3 LÁMINAS CILÍNDRICAS CON RIGIDIZADORES LONGITUDINALES Y SOMETIDAS A COMPRESIÓN MERIDIONAL 187
4 LIMITACIÓN DE LAS IMPERFECCIONES 188
5 CONDICIONES DE RESISTENCIA 189
6 PANDEO DE PANEL LOCAL 190
7 PANDEO DE ELEMENTO RIGIDIZADO 191
8 PANDEO LOCAL DE LOS LARGUEROS 194
9 RESUMEN FINAL 195
10 BIBLIOGRAFÍA 195

ESDEP TOMO 10
PLACAS Y LÁMINAS

Lección 10.1: Introducción al Comportamiento y Diseño de placas

OBJETIVOS/CONTENIDO

Servir de introducción a la serie de lecciones sobre placas, mostrando sus diferentes usos para el soporte de cargas en el plano y fuera del plano y los principales modos de comportamiento, como placas simples y como montajes de placas rigidizadas.

CONOCIMIENTOS PREVIOS

Ninguno.

LECCIONES AFINES

Lección 10.2: Comportamiento de Placas no Rigidizadas

Lección 10.3: Comportamiento de Placas Rigidizadas

RESUMEN

Esta lección sirve de introducción al empleo de placas y de montajes de placas en estructuras de acero. Se describe el comportamiento básico de elementos placa sometidos a una carga en el plano y fuera del plano, subrayando la importancia de la geometría y de las condiciones de contorno. Se presentan los modos básicos de pandeo y la interacción de las mismas. Se presenta el concepto de anchura eficaz y se describe la influencia de los defectos en el comportamiento práctico de las placas. También se hace una introducción al comportamiento de las placas rigidizadas.

1. INTRODUCCIÓN

Las placas son elementos muy importantes en las estructuras de acero. Pueden montarse formando cuerpos completos mediante el proceso básico de laminado (como secciones laminadas en caliente), mediante flexión (como secciones conformadas en frío) y mediante soldadura. La eficacia de estas secciones se debe a la utilización de la elevada rigidez en el plano de un elemento placa para sostener el borde del elemento contiguo, controlando así el comportamiento fuera del plano de este último.

El tamaño de las placas en las estructuras de acero varía de unos 0,6 mm de espesor y 70 mm de anchura en una placa de acero ondulada, a 75 mm de espesor y 3 m de anchura en una gran estructura industrial o de plataforma petrolífera. Cualquiera que sea la escala de la construcción, el elemento placa tendrá un espesor t mucho menor que la anchura b, o la longitud a. Como se verá más adelante, el parámetro geométrico más importante de las placas es b/t y este variará, en una estructura de placas eficaz, dentro de un margen entre 30 y 250.

2. COMPORTAMIENTO BÁSICO DE UN ELEMENTO PLACA

La comprensión de una estructura de placas ha de comenzar con la compresión de los modos de comportamiento de un elemento placa.

2.1 Condiciones geométricas y de contorno

Los parámetros geométricos importantes son el espesor t, la anchura b (medida por lo general transversalmente a la dirección de la mayor tensión directa) y la longitud a, ver figura 1a. La relación b/t, denominada a menudo esbeltez, influye en el pandeo local del elemento placa; la relación a/b también puede influir en los modelos de pandeo y tener un efecto significativo sobre la resistencia.

Además de por las dimensiones geométricas, la resistencia de la placa se rige por las condiciones de contorno. La figura 1 muestra cómo la respuesta a distintos tipos de carga está influenciada por diferentes condiciones de contorno. La respuesta a una carga en el plano que no causa pandeo de la placa se ve influenciada únicamente por condiciones de contorno en el plano, de tensión planal, figura 1b. En principio, la respuesta a una carga fuera del plano solo está influenciada por las condiciones de contorno para movimiento transversal y momentos de borde, figura 1c. Sin embargo, con cargas mayores las respuestas a ambas condiciones de carga están influenciadas por las cuatro condiciones de contorno. Las condiciones fuera del plano influyen en el pandeo local de la figura 1d; las condiciones en el plano influyen en el efecto membrana que desarrolla grandes desplazamientos (> t) bajo cargas laterales, figura 1e.

2.2 Carga en el plano

Como se muestra en la figura 2a, los tipos básicos de carga en el plano aplicada en el borde de un elemento placa son la carga repartida, que puede aplicarse a todo un lado, y la carga por zonas, que puede aplicarse localmente.

Cuando una placa se pandea es especialmente importante distinguir entre los desplazamientos aplicados, figura 2b, y las tensiones aplicadas, figura 2c. Los primeros permiten una redistribución de la tensión por elemento; la zona central, más flexible, deja escapar las tensiones

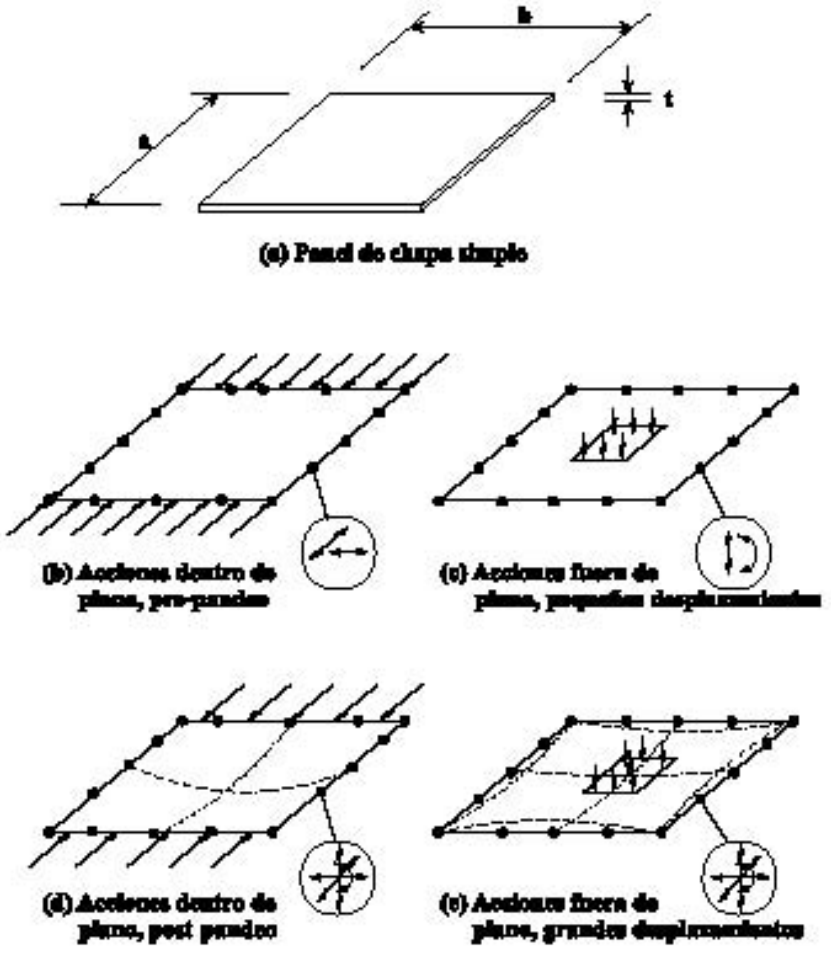


Figura 1 Condiciones de borde significativas para paneles de chapa

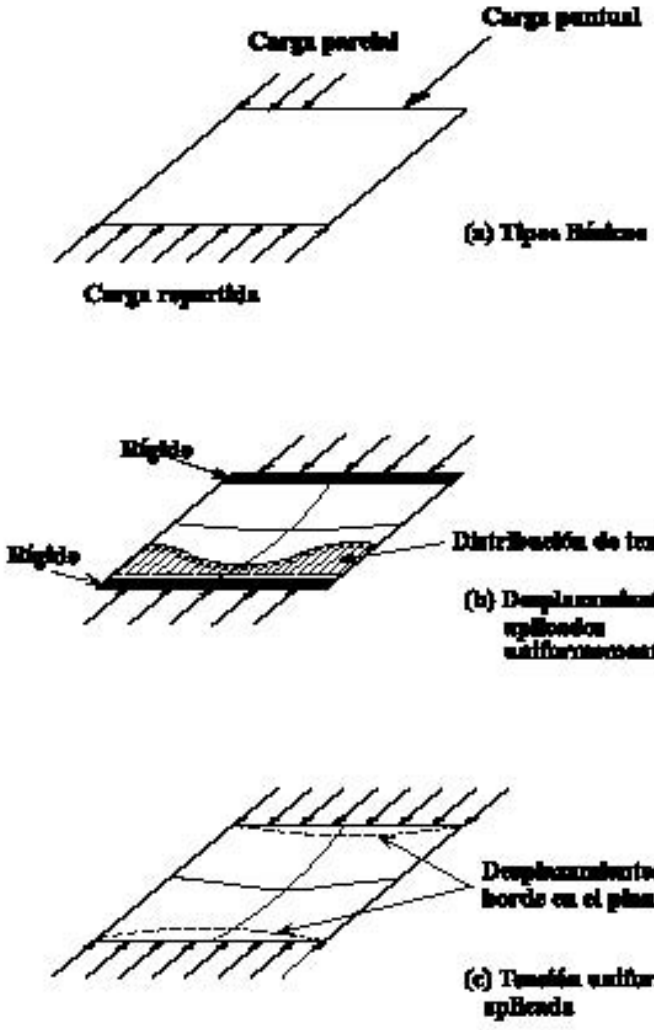


Figura 2 Tipos de acción en el plano

hacia los bordes proporcionando una valiosa resistencia posterior al pandeo. Las segundas, más raras, conducen a un colapso más temprano de la zona central de la placa, con una deformación en el plano por parte de los bordes sometidos a carga.

2.3 Carga fuera del plano

La carga fuera del plano puede ser:

- Uniforme por todo el elemento, figura 3a, por ejemplo la base de un depósito de agua.
- Variable por todo el elemento, figura 3b, por ejemplo un lado de un depósito de agua.

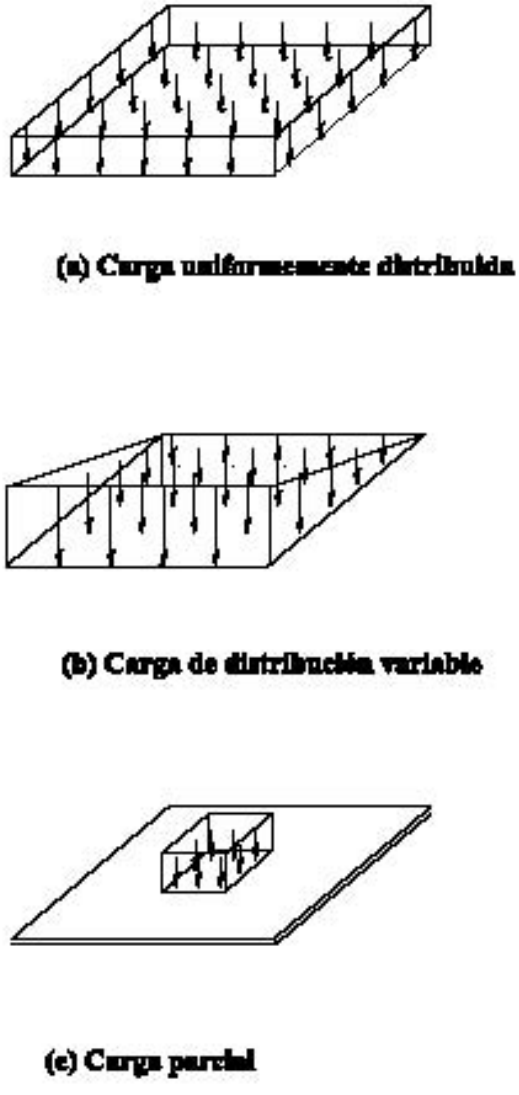


Figura 3 Tipos de acciones fuera de plano

- Una zona localizada en parte del elemento, figura 3c, por ejemplo la carga de una rueda sobre un tablero de puente.

2.4 Determinación de la carga del elemento placa

En algunos casos, como en el de la figura 4a, el reparto de las cargas de borde en los elementos de una estructura de placas es obvia. En otros, las flexibilidades en el plano de los elementos dan lugar a unos repartos de las tensiones que no pueden predecirse desde la simple teoría. En la viga cajón de la figura 4b, la flexibilidad a cizalladura en el plano de las cabezas conduce a una deformación en el plano de cara

superior. Cuando éstas se interrumpen, por ejemplo al cambiar de dirección el esfuerzo cortante en el diafragma central, el cambio resultante en la deformación a cizalladura da lugar a un reparto no lineal de la tensión directa en la cara superior; esto se denomina "deformación por cizalladura" ("shear lag").

En cuerpos constituidos por elementos placa, como la viga cajón de la figura 5, muchos de los componentes de la placa están sometidos a más de un componente de efecto activo en el plano. Solo el elemento A carece de cizalladura coincidente con la compresión longitudinal.

Si el sistema de viguetas EFG fuera un medio de introducir acciones adicionales en la caja, habría también tensiones directas transversales derivadas de la interacción entre la placa y los rigidizadores.

2.5 Variaciones en el modo de pandeo

i. Relación de dimensiones a/b

En un elemento placa largo, como el que muestra la figura 6, la mayor inhibición inicial al pandeo es la rigidez transversal a la flexión de la placa, entre bordes no cargados. (Al moverse la placa más hacia el régimen posterior al pandeo, los efectos membrana transversales se hacen importantes al deformarse la placa en una forma no desarrollable).

Como ocurre con cualquier inestabilidad de un medio continuo, es posible más de un modo de pandeo, en este caso con una semionda transversalmente y semiondas longitudinalmente. Conforme aumenta la relación de dimensiones el modo crítico cambia, tendiendo a una situación en la que la longitud de la semionda a/m = b. El comportamiento de un elemento placa largo puede por tanto diseñarse de

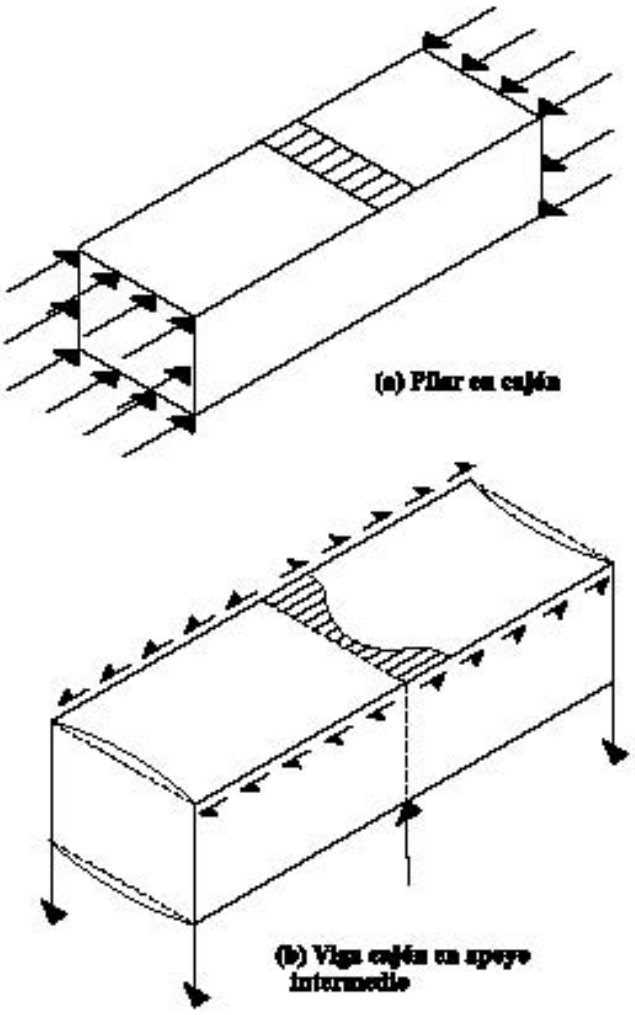


Figura 4 Efecto de desfase de cortante en la distribución de la tensión en perfiles de chapas

forma precisa tomando un elemento cuadrado, de apoyo simple.

ii. Condiciones de flexión

Como muestra la figura 7, las condiciones de contorno influyen en las formas de pandeo y en las tensiones críticas de las placas elásticas. La mayor influencia la ejerce la presencia o ausencia de apoyos simples, por ejemplo la retirada del apoyo simple a un borde entre la casilla 1 y la 4 reduce la tensión de pandeo en un factor de 4,0/0,425 o 9,4. Por el contrario, la introducción de embridado rotacional en un borde entre la casilla 1 y la 2

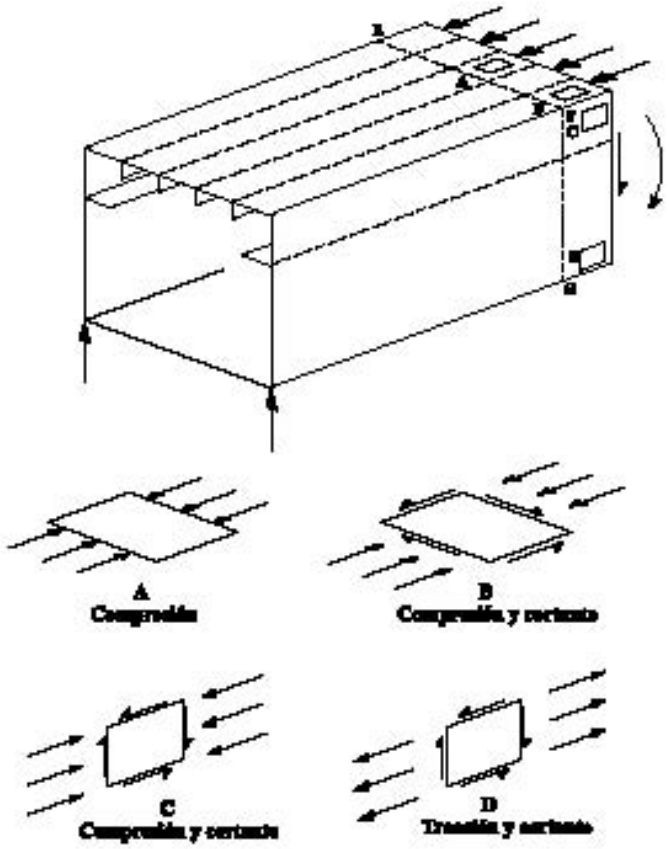


Figura 5 Ejemplos de los componentes de la acción en placas de viga cajón

aumenta la tensión de pandeo en 1,35.

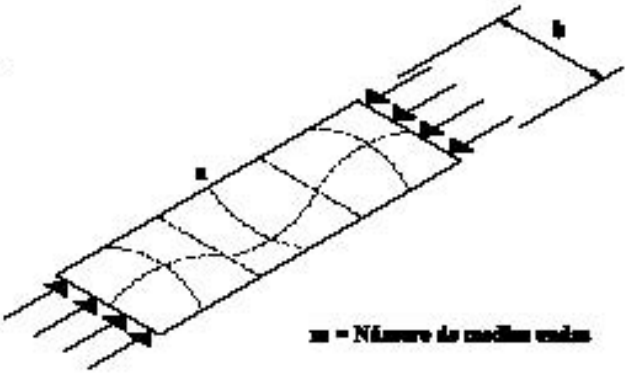
iii. Interacción de modos

Cuando haya más de un componente de efecto activo habrá más de un modo, y por ello puede haber interacción entre los modos. Así, en la figura 8b(i) la presencia de una compresión transversal pequeña no modifica el modo de pandeo. Sin embargo, como se muestra en la figura 8b(ii), una compresión transversal elevada hará que el panel se deforme en una sola semionda. (En algunas circunstancias este forzamiento a un modo más alto puede aumentar la resistencia; por ejemplo, en el caso 8b(ii) la compresión transversal/de deformación previa puede aumentar la resistencia a la compresión longitudinal). El pandeo cizalladura, según se muestra en la figura 8c, es básicamente la interacción entre la compresión diagonal desestabilizadora y la tensión estabilizadora de la otra diagonal.

Cuando existen modos de pandeo similares sometidos a efectos activos distintos, las tensiones de pandeo bajo las acciones combinadas son menos que las que hay bajo acciones individuales. La figura 9 muestra las interacciones de pandeo bajo compresión combinada, y bajo compresión uniaxial y esfuerzo cortante.

2.6 La analogía del enrejado para el pandeo de placas

Una forma útil de plantearse el comportamiento de pandeo de una placa es en



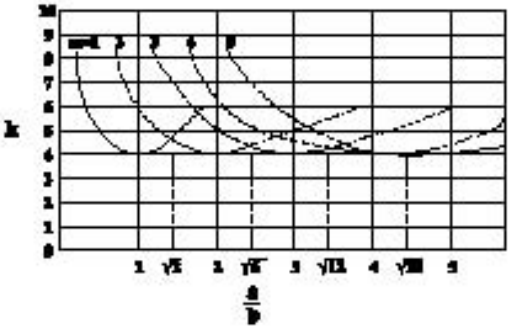


Figura 6 Variaciones en el modo de pandeo respecto a la relación largo/ancho para una placa con compresión longitudinal

$$\sigma_{cr} = k \frac{\pi^2 E t^2}{12(1-\nu^2)b^2}$$

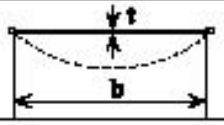
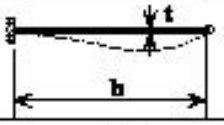
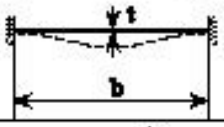
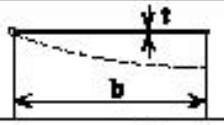
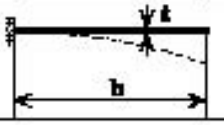
Caso	Forma de soportación de viga		k
1	Placa biapoyada		4,00
2	Placa empotrada-apoyada		5,42
3	Placa biempotrada		6,97
4	Placa apoyada-libre		0,425
5	Placa empotrada-libre		1,277

Figura 7 Coeficiente de pandeo de placa en compresión para varias condiciones de borde

la forma del enrejado de la figura 10. Una serie de pilares longitudinales soportan las acciones longitudinales. Cuando se pandean, las más próximas al borde poseen un mayor embridado que las cercanas al centro desde los miembros de flexión transversales. Poseen por ello una mayor rigidez posterior al pandeo y soportan una mayor proporción de la carga. Conforme el enrejado se mueve más hacia el régimen posterior al pandeo, la acción de membrana transversal incrementa el embridado de pandeo transversal.

2.7 Comportamiento posterior al pandeo y anchuras eficaces

Las figuras 11 a, b y c describen con más detalle la variación del reparto de las tensiones conforme la placa se pandea siguiendo la trayectoria de equilibrio que muestra la figura 11d. Cuando la placa comienza a pandearse las tensiones se redistribuyen hacia los bordes rigidizados. Según prosigue el pandeo esta redistribución se hace más extrema (la franja central de placas esbeltas puede traccionarse antes de que la placa falle). También se forman tensiones de membrana transversales. Estas se autoequilibran salvo que la placa tenga bordes en el plano empotrados; a la tracción en la zona central, que restringe el pandeo, se opone la compresión en los bordes, que quedan empotrados a consecuencia del movimiento fuera del plano.

El examen de las tensiones longitudinales no lineales de las figuras 1a y c demuestra que es posible reemplazar estas tensiones por bloques de tensión rectangulares que poseen la misma tensión máxima y el mismo efecto de acción. Esta anchura eficaz de la placa (inclu-

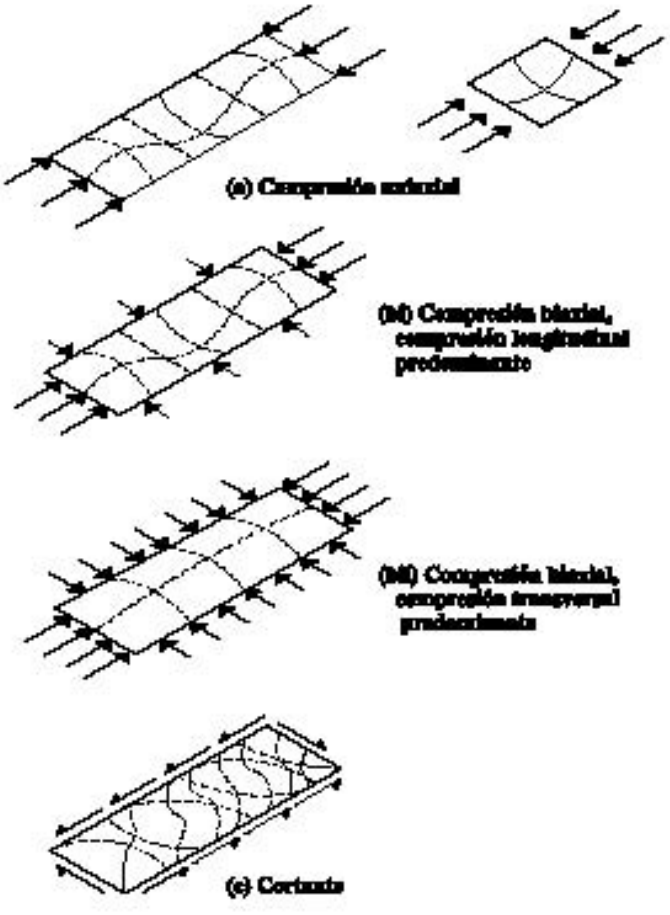


Figura 8 Modos de pandeo de placas

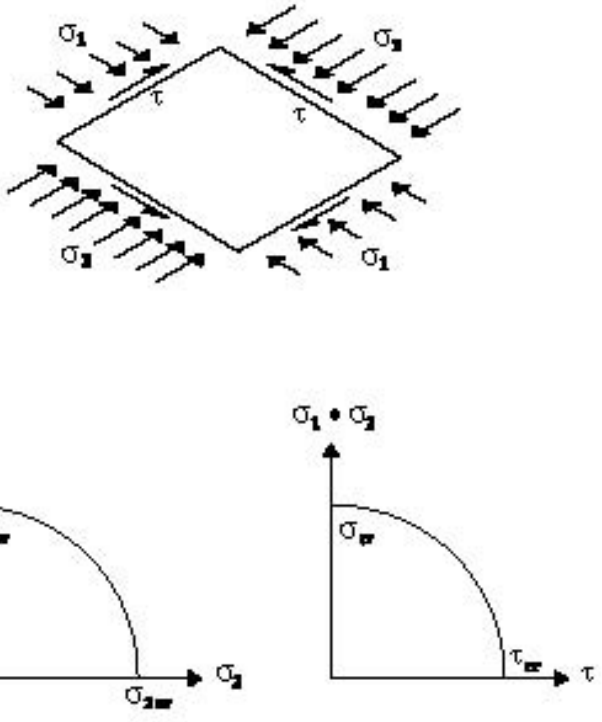


Figura 9 Diagramas de interación de modos de pandeo de placas panel

yendo $b_{eff}/2$ en cada lado) resulta ser un concepto de diseño muy útil. La figura 11e muestra cómo la anchura eficaz varía con la esbeltez (λ_p es una medida de la esbeltez de la placa, independiente de la tensión de fluencia; λ_p = 1,0 corresponde a valores de b/t de 57, 53 y 46 para f_y de 235, 275 y 355 respectivamente).

En la figura 12 se muestra cómo se pueden combinar las anchuras eficaces de los elementos de una placa para proporcionar la sección transversal eficaz de un miembro.

2.8 Influencia de las imperfecciones en el comportamiento de placas reales

Como todas las estructuras de acero, los elementos placa contienen tensiones residuales procedentes de la fabricación y posterior soldadura en montajes de placa, y no son perfectamente planos. Lo que se ha expuesto anteriormente sobre el comportamiento de los elementos placa se refiere a una placa ideal, perfecta. La figura 13 muestra cómo las imperfecciones modifican el comportamiento de las placas prácticas. El comportamiento de una placa esbelta es asintótico respecto al de la placa ideal, y la resistencia disminuye poco. Cuando se trata de placas de esbeltez intermedia (lo que se da con frecuencia en la práctica), la placa imperfecta presentará una resistencia considerablemente menor a la prevista para la placa perfecta.

La figura 14 representa un resumen de la resistencia de placas reales de distinta esbeltez. Muestra la disminución de la resistencia debido a las imperfecciones, así como la resistencia posterior al pandeo de placas esbeltas.

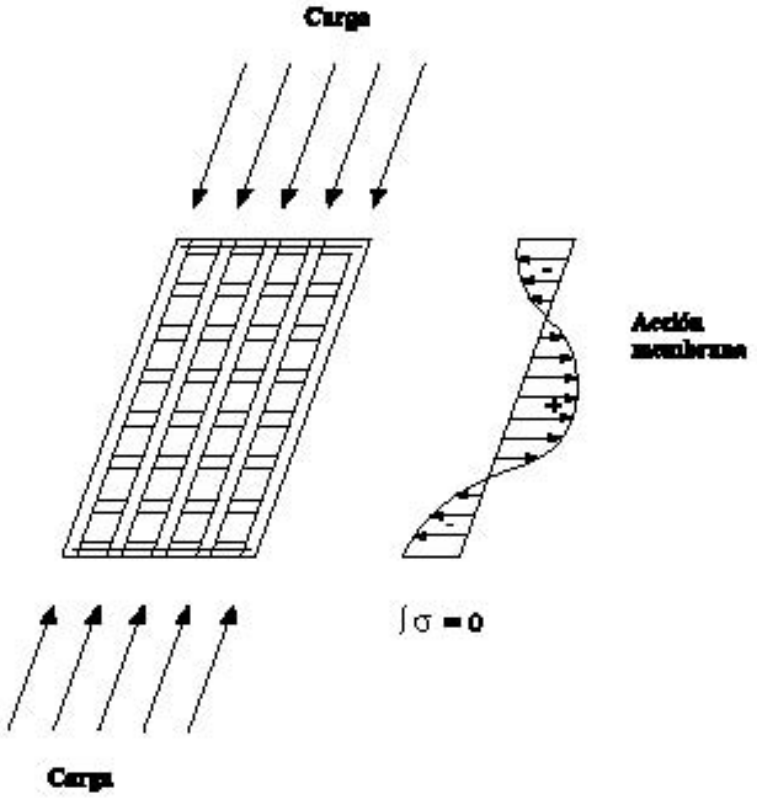


Figura 10 Modelo emparrillado de placa en compresión

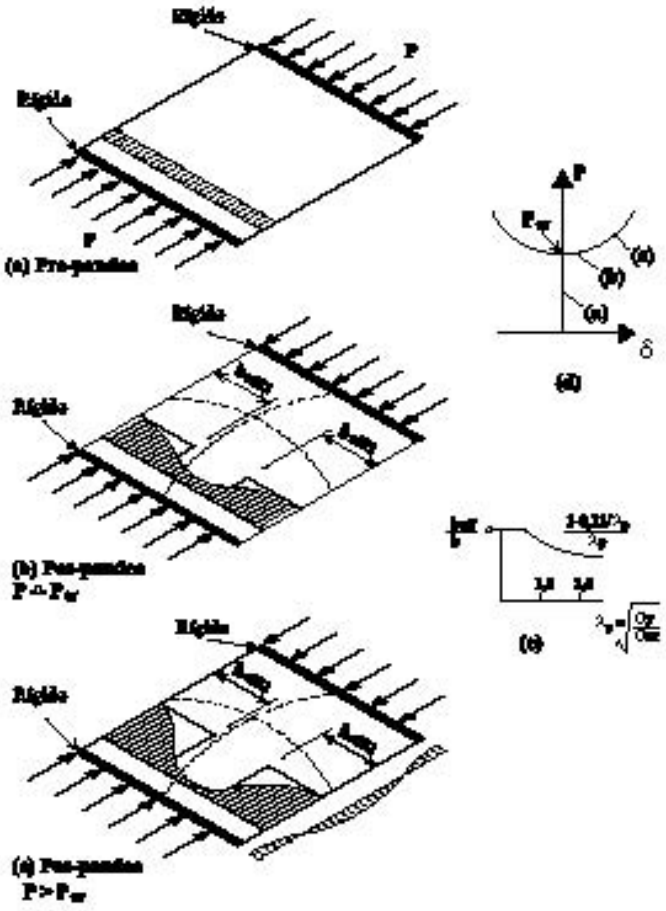


Figura 11 Comportamiento a pandeo de placa cuadrada en compresión con extremos simplemente apoyados, libre para tirar de los extremos rigidizados

2.9 Comportamiento elástico de placas con carga lateral

El comportamiento elástico de placas con carga lateral está influenciado de forma considerable por las condiciones de apoyo. Si la placa descansa sobre soportes simples, figura 15b, se flectará en una forma parecida a un platillo y las zonas de las esquinas se levantarán de sus apoyos. Si está unida a los soportes, figura 15c, por ejemplo mediante soldadura, se evita ese levantamiento y aumenta la rigidez y capacidad de la placa. Si los bordes están empotrados, figura 15d, los momentos de contorno aumentan tanto la rigidez como la resistencia.

Las placas esbeltas puede muy bien flectarse elásticamente en un amplio régimen de desplazamiento (típicamente d > t). En esos casos la respuesta de flexión mejora de manera significativa merced a la acción de membrana de la placa. Esta acción de membrana alcanza su máxima eficacia si los bordes están completamente empotrados. Incluso si solo se mantienen parcialmente derechos por su propia rigidez en el plano, es con grandes flechas cuando más se aprecia el aumento de la rigidez y la resistencia.

La figura 15 compara el comportamiento de una placa semejante con diferentes condiciones de contorno.

En la figura 16 se representan los modos de comportamiento que tienen lugar si las placas están sometidas a la suficiente carga como para que se desarrollen marcas lineales de fluencia total. El mayor número de líneas de fluencia conforme mejoran las condiciones de contorno constituye una medida cualitativa del aumento de resistencia.



(a) Sección efectiva (sombreado) para elementos típicos en compresión axial.



(b) Sección efectiva (sombreado) para vigas armadas tipo bajo momentos positivos.

Figura 12 Aplicación de anchos efectivos de placas para determinar la sección transversal efectiva

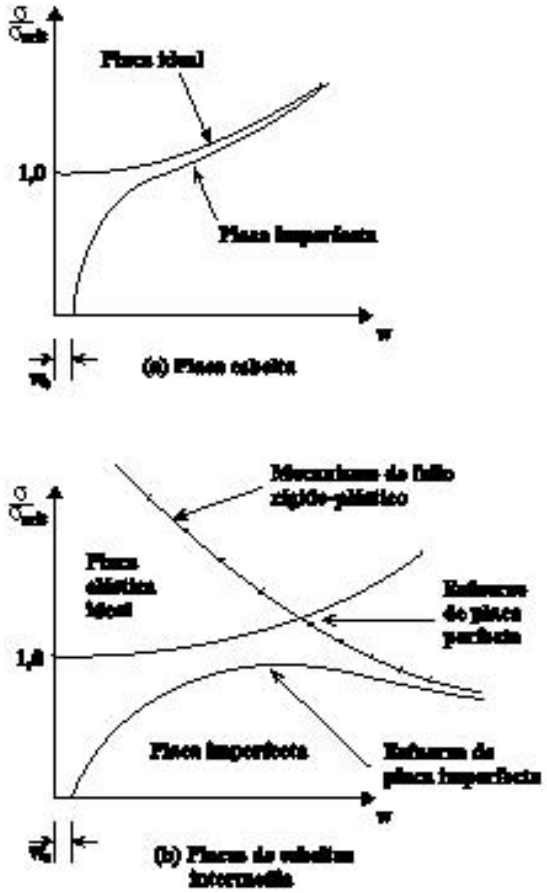


Figura 13 Influencia de las imperfecciones en el comportamiento de placas en compresión de diferente esbeltez

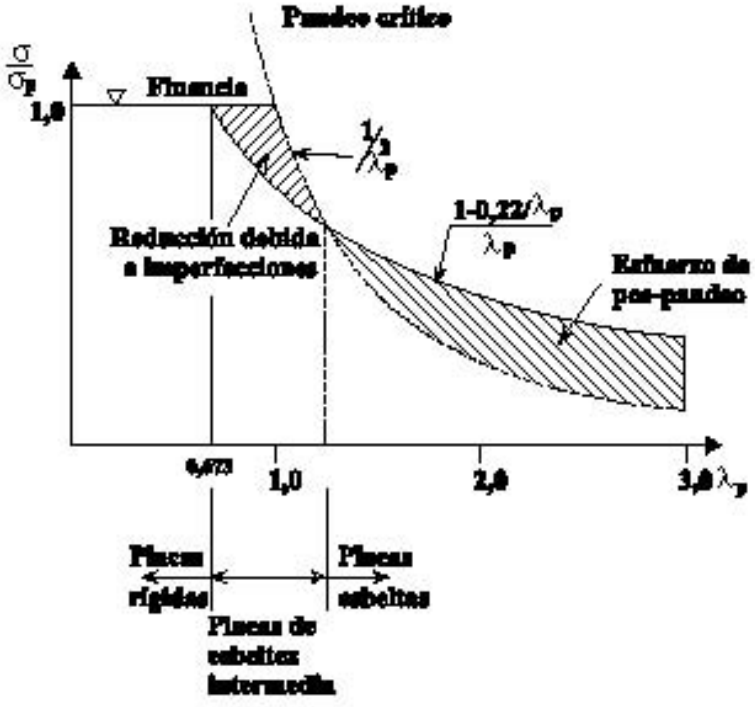


Figura 14 Relación entre esbeltez de chapa y esfuerzo en compresión

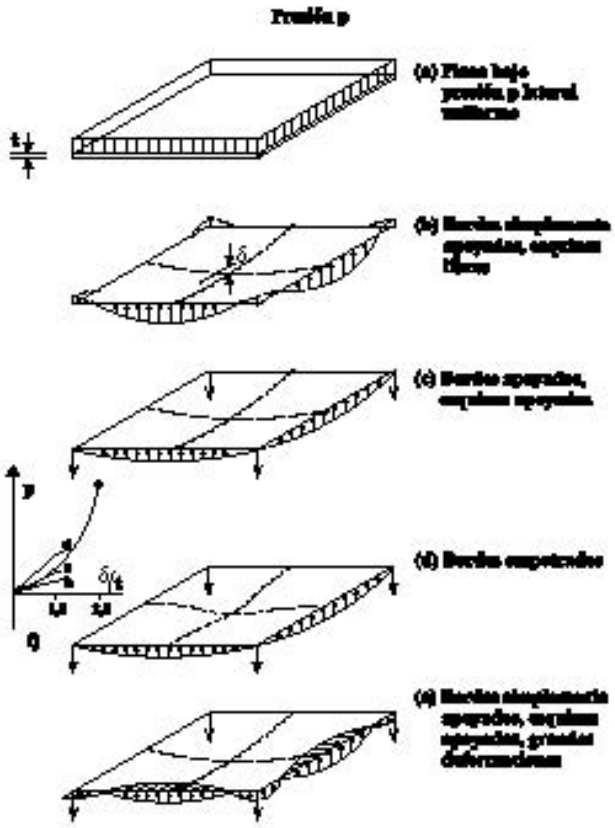


Figura 15 Comportamiento elástico de placa cuadrada para cargas laterales con diferentes condiciones de borde

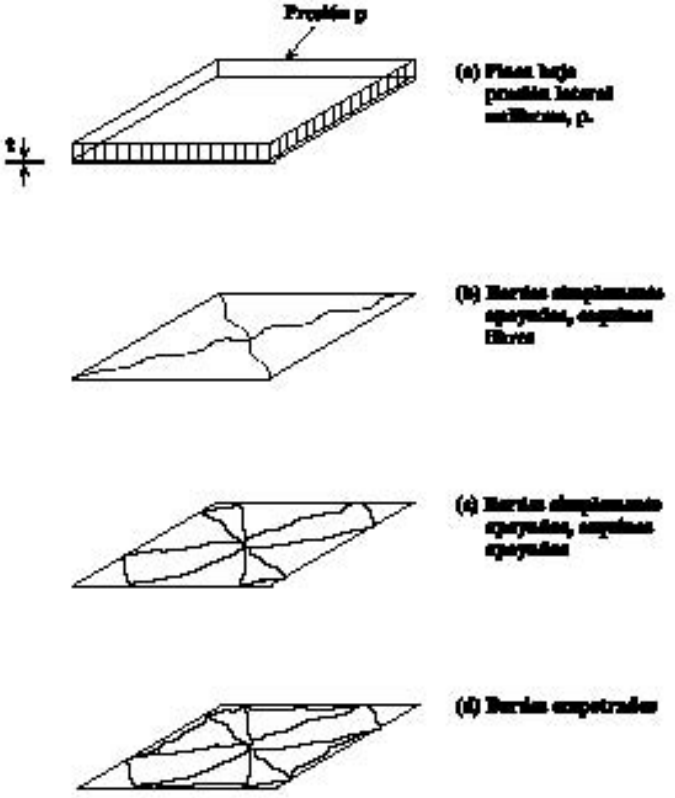


Figura 16 Líneas típicas de fluencia en placas cuadradas bajo cargas laterales con varias condiciones de borde

3. COMPORTAMIENTO DE PLACAS RIGIDIZADAS

Muchos aspectos del comportamiento de placas rigidizadas se puede deducir sencillamente de los conceptos básicos del comportamiento de las placas no rigidizadas. Sin embargo, al hacer estas extrapolaciones se ha de tener en cuenta lo siguiente:

- "Extender" los rigidizadores por toda la anchura de la placa solo puede configurar el comportamiento global de la misma.
- Los rigidizadores suelen ser excéntricos respecto de la placa. El comportamiento de flexión de la sección equivalente en T induce tensiones locales directas en los elementos placa.
- Los efectos locales sobre elementos placa y rigidizadores individuales han de ser estudiados separadamente.

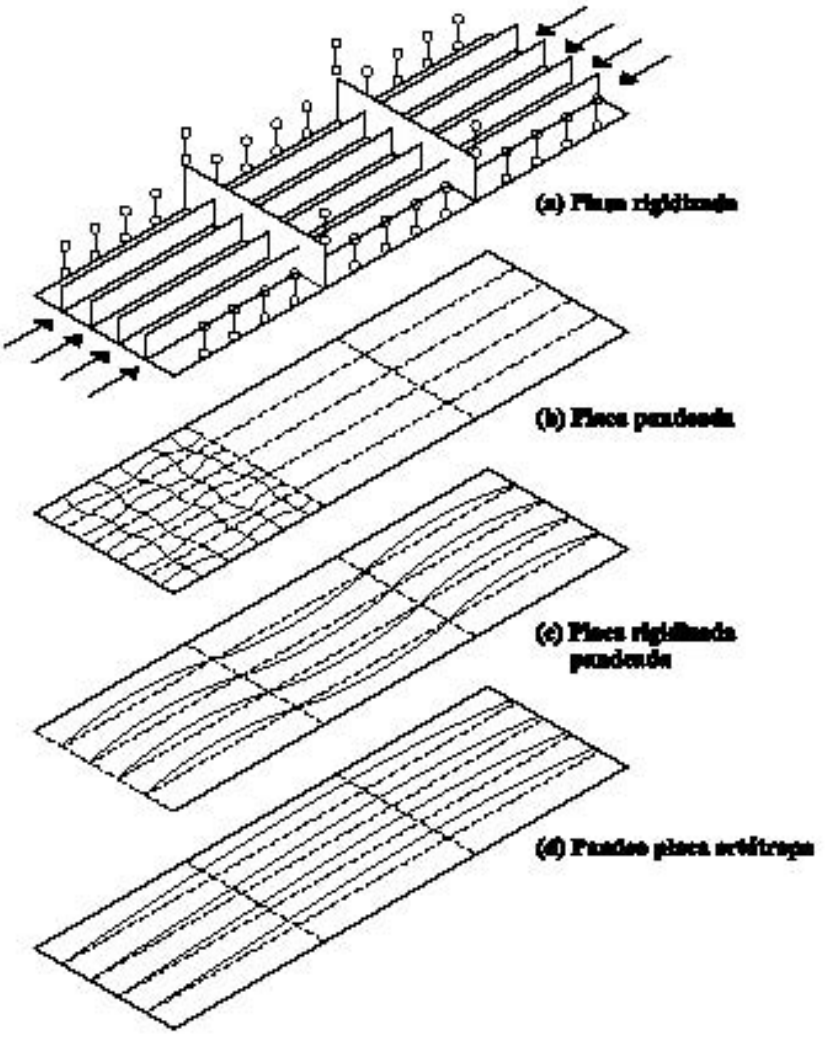


Figura 17 Modos de pandeo en placas rigidizadas sometidas a compresión

- La naturaleza discontinua de la rigidización introduce la posibilidad de que aparezcan modos locales de pandeo. Por ejemplo, la cabeza rigidizada de la figura 17a muestra varios modos de pandeo. Los ejemplos son:

  (i) pandeo del elemento placa sometido a una compresión global, más cualquier compresión local derivada de la acción combinada del elemento placa con la rigidización a él unida, figura 17b;

  (ii) pandeo del elemento rigidizado entre rigidizadores transversales, figura 17c. Esto ocurre si los últimos poseen la suficiente rigidez como para impedir un pandeo global. La acción de la placa no es muy significativa, pues el único miembro transversal es la propia placa. La mejor manera de configurar esta forma de pandeo es considerar el elemento rigidizado como una serie de secciones en T que se pandean como pilares. Debe tenerse en cuenta que esta sección es monosimétrica y presentará un comportamiento distinto si el extremo de la placa o del rigidizador está sometido a una gran compresión;

(iii) pandeo global u ortotrópico, figura 17d. Esto ocurre cuando las viguetas son flexibles. La mejor manera de configurar esta forma de pandeo es considerar el montaje de placas como una placa ortotrópica.

4. RESUMEN FINAL

1. Las placas y elementos placa tienen un uso amplio en estructuras de acero, para resistir las acciones en el plano y fuera del plano.

2. Los elementos placa sometidos a compresión en el plano y/o esfuerzo cortante están sujetos al pandeo.

3. La tensión de pandeo elástica de una placa perfecta está influida por lo siguiente:

   - esbeltez de la placa (b/t)
   - relación de dimensiones (a/b)
   - condiciones de contorno
   - interacción entre acciones, es decir, compresión biaxial, y compresión y esfuerzo cortante.

4. La anchura eficaz resulta un medio útil de definir el comportamiento posterior al pandeo de un elemento placa bajo compresión.

5. El comportamiento de las placas reales está influenciado por las tensiones residuales y las imperfecciones geométricas.

6. La respuesta de un elemento placa a la carga fuera del plano está influenciado por las condiciones de su contorno.

7. El montaje de elementos placa en una estructura de placas rigidizada puede presentar modos de inestabilidad locales y globales.

5. BIBLIOGRAFÍA ADICIONAL

1. Timoshenko, S. and Weinowsky-Kreiger, S., "Theory of Plates and Shells" Mc Graw-Hill, New York, International Student Edition, 2nd Ed.

ESDEP TOMO 10
PLACAS Y LÁMINAS

Lección 10.2: Comportamiento y Diseño de Placas no Rigidizadas

OBJETIVOS/CONTENIDO

Tratar el reparto de las cargas, la estabilidad y la resistencia a la rotura de placas no rigidizadas sometidas a carga en el plano y fuera del plano.

CONOCIMIENTOS PREVIOS

Lección 10.1: Introducción al Comportamiento y Diseño de Placas

LECCIONES AFINES

Lección 10.3: Placas Rigidizadas

Lección 10.4: Comportamiento y Diseño de Vigas Armadas

Lección 10.6: Introducción a las Estructuras de Láminas

RESUMEN

Se expone el reparto de las cargas en estructuras de placas rigidizadas sometidas a una carga en el plano. Las cargas críticas de pandeo se deducen mediante la teoría lineal-elástica. Se explica el método de la anchura eficaz para determinar la resistencia a la rotura de la placa, al igual que las exigencias sobre la adecuada realización del modelo de un elemento de placa finito. También se estudia la carga fuera del plano y se expone su influencia en la estabilidad de la placa.