

ESTABILIDAD DE LAS
CONSTRUCCIONES III

LOSAS 2
LOSAS CONTINUAS

CUERPO DOCENTE DE ESTABILIDAD III - 2007

CUERPO DOCENTE DE ESTABILIDAD DE LAS CONSTRUCCIONES III

Arq. JORGE SCHINCA
Arq. ORLANDO LASSUS
Arq. MARÍA E. FERNÁNDEZ
Arq. FERNANDO RISCHEWSKI
Arq. LAURA DOMINGO
Arq. ALEJANDRO NOCETTI
Arq. JOSÉ L. SOLARES
Arq. SANTIAGO MERLO

LOSAS

LOSAS CONTINUAS

PROLOGO

Esta nueva presentación del tema revisa y amplía a la anterior versión del año 1990 y responde a la forma en que el tema es tratado en la actualidad en el curso de Estabilidad de las Construcciones III.

En esta segunda sección se aborda la consideración de los modelos correspondientes a los casos de losas continuas y con su plano medio horizontal.

En la exposición del tema se recoge la experiencia del dictado del mismo en los últimos 10 años, en él ha participado, cubriendo distintos aspectos, la totalidad del cuerpo docente del curso.

Abril de 2007

CAPÍTULO I GENERALIDADES

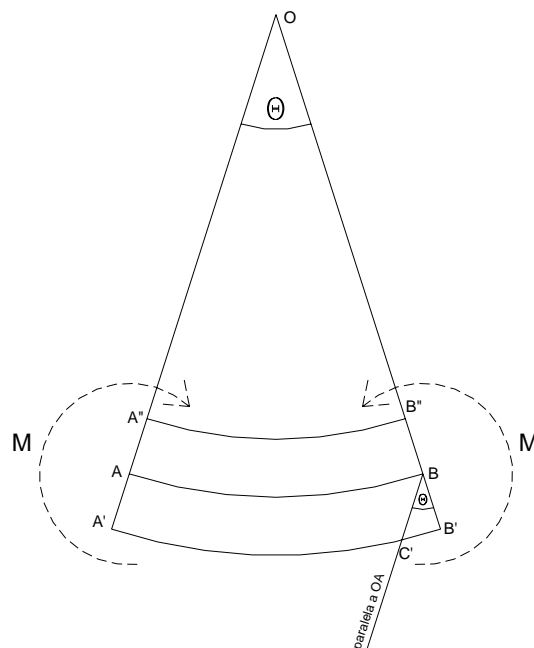
La determinación de solicitaciones en estructuras hiperestáticas requiere definir un criterio base que permita completar las ecuaciones de equilibrio.

En esta publicación se abordan dos formas de establecer ese criterio:

1. En la primera se modeliza al hormigón armado como un material homogéneo, continuo y elástico. A partir de este modelo del material es factible definir el área y la inercia de la sección y consecuentemente determinar deformaciones y comparar rigideces entre distintos tramos, para así establecer ecuaciones de compatibilidad de deformaciones que permiten, junto con las condiciones de equilibrio hallar los valores de las solicitaciones. Esta modelización es conocida como modelo lineal, clásico o elástico y coincide con la que se hace en las estructuras de tramos con forma de barra.
2. En la segunda se parte de definir una forma de organización de las armaduras que se considera conveniente. Sobre esta base que permite establecer la capacidad resistente de las secciones de apoyo se definen, respetando las leyes de la estática, los momentos de apoyo y tramo en las diferentes losas. Esta modelización reconoce la capacidad de adaptación de las estructuras hiperestáticas de hormigón armado a distintas soluciones de armadura.

Aceptado el comportamiento del hormigón armado como material homogéneo, continuo y elástico, se valida la proporcionalidad entre momentos flectores y curvatura que se acepta para este tipo de material.

Sea AB un trozo de una barra de sección constante, de inercia I, flexada por un momento flector M:



$$OA = OB = r$$

$$AB = r \cdot \theta$$

$$\text{ángulo } C'BB' = \theta$$

$$A'C' = AB$$

$$C'B' = \text{alargamiento total de } A'B'$$

$$C'B' = BB' \cdot \theta$$

$$\varepsilon = \text{alargamiento unitario de } A'B' = \frac{C'B'}{A'C'}$$

$$\varepsilon = \frac{BB' \cdot \theta}{AB}$$

$$\varepsilon = \frac{BB' \cdot \theta}{r \cdot \theta} = \frac{BB'}{r}$$

A partir de este valor de la deformación unitaria se puede determinar la tensión máxima:

$$\sigma = E \cdot \varepsilon = E \frac{BB'}{r}$$

Paralelamente aplicando la ley de Navier se tiene para la tensión máxima el valor:

$$\sigma = \frac{M}{I} BB'$$

Igualando los dos valores de σ resulta:

$$E \frac{BB'}{r} = \frac{M}{I} BB'$$

$$\frac{E}{r} = \frac{M}{I}$$

$$\frac{1}{r} = \frac{M}{E \cdot I}$$

Por definición la curvatura ρ de una curva es la magnitud inversa al radio de la misma, por lo tanto se puede escribir:

$$\rho = \frac{M}{E \cdot I}$$

La hipótesis de que el material es elástico supone la constancia de E , las hipótesis de material homogéneo y continuo permiten hallar I que será una constante si se mantiene la geometría de la sección. En consecuencia queda reconocida la proporcionalidad entre M y ρ .

A partir de esta proporcionalidad se construyen los métodos de resolución de sollicitaciones de estructuras hiperestáticas construidas en materiales homogéneos, continuos y elásticos que se conocen como métodos lineales o clásicos.¹

¹ En el curso de Estabilidad II se vieron métodos de resolución matricial y el método de Cross.

Dentro de este modelo, en el capítulo II se expondrá una extensión del Método de Cross a estructuras en base a placas².

Sin embargo el hormigón armado no es un material homogéneo ya que es suma de hormigón y acero, no es elástico puesto que el hormigón no lo es y tampoco es continuo ya que el hormigón traccionado se fisura. En consecuencia es discutible la aplicación de un modelo lineal para la resolución de las solicitaciones en estructuras hiperestáticas construidas en hormigón armado.

En base a estas observaciones se desarrolla en el capítulo III un método que se basa en criterios que se apartan de los que integran el modelo lineal pero que sin embargo lo incluyen como una de sus posibles soluciones.

² Algunas de las simplificaciones que se admiten en la aplicación de este método tienen de alguna forma vínculos con el otro método.

CAPÍTULO II

MÉTODOS LINEALES DE RESOLUCIÓN DE SOLICITACIONES EN LOSAS CONTINUAS

En este capítulo se expone la determinación de solicitaciones en casos de losas continuas, en base a considerar que el material que forma las placas es homogéneo, continuo y elástico.

Si se trata de un conjunto de losas continuas sobre apoyos paralelos, el estudio de las solicitaciones y el posterior dimensionado se resuelve a través del estudio de fajas representativas de ancho unitario, es decir del estudio de una estructura compuesta por barras. Son aplicables en estos casos todos los métodos conocidos para estructuras formadas por barras³.

Si se trata de un conjunto de losas rectangulares apoyadas en todo su perímetro se utiliza un método que aplica el mismo esquema de trabajo que el Método de Cross para estructuras de barras⁴:

- Una situación inicial ficticia de la estructura en la cual no se permite el giro de los apoyos. (apoyos frenados)
- La determinación de momentos de apoyo y tramo en esa situación ficticia. (momentos freno en los apoyos y los correspondientes momentos de tramo)
- La determinación de rigideces de los distintos tramos de la estructura y su comparación. (coeficientes de repartición)
- Determinación de las consecuencias que se producen en el resto de la estructura al liberar el freno en un apoyo. (repartición y transmisión)

La determinación de los momentos de apoyo y tramo para los casos de carga uniforme y carga hidráulica, se puede realizar a través de las tablas incluidas en la publicación del IC "Tablas y ábacos para el proyecto de estructuras"⁵.

La rigidez de cada placa está definida por el valor:

$$\chi = \alpha \frac{E \cdot h^3}{L}$$

E: módulo de deformación longitudinal de hormigón

h: altura real de la placa

L: lado de la placa perpendicular a donde se está midiendo la rigidez

α : coeficiente dependiente del tipo de apoyos⁶

Los coeficientes de repartición de la diferencia de momentos a un lado y otro del apoyo se hallan igual que en el Método de Cross para barras como:

$$r_i = \frac{\chi_i}{\chi_i + \chi_d} \quad r_d = \frac{\chi_d}{\chi_i + \chi_d} \quad r_i + r_d = 1$$

³ Métodos matriciales o el Método de Cross. Para consulta sobre los mismos ver la bibliografía del curso de Estabilidad de las Construcciones II.

⁴ Hace unos años se modelizaban también estos casos como fajas en dos sentidos y se aplicaban los métodos de correspondientes a estructuras de barras. Hoy se ha descartado esta solución por considerársela un modelo muy alejado del comportamiento real de las losas apoyadas en todo el perímetro.

⁵ Facultad de Arquitectura, Universidad de la República, Montevideo Uruguay, 1995.

⁶ En la publicación citada antes se incluyen tablas para su determinación.

En las placas al liberar un apoyo de la situación ficticia de empotramiento perfecto se deben considerar transmisiones de momentos hacia los otros tres apoyos y hacia el centro del tramo en las dos direcciones. También en "Tablas y ábacos para el proyecto de estructuras" se encuentran los correspondientes coeficientes a la transmisión según distintos tipos de apoyo.

En el libro de J. Hahn "Vigas continuas, pórticos y placas"⁷, páginas 201 a 203, se señalan dos simplificaciones importantes en la aplicación de este método:

- Con respecto a la rigidez, se dice que para placas de espesor constante y cuyas dimensiones no difieran mucho entre sí se puede suponer que son muy parecidas y por lo tanto asumir coeficientes de repartición de valor 0,5 para ambas.⁸
- Con respecto a la transmisión, se establece que en las placas con momentos flectores en dos direcciones perpendiculares la transmisión hacia los otros apoyos presenta valores que son muy pequeños y que por lo tanto es suficiente realizar una única repartición en cada apoyo transmitiendo solamente hacia el centro de tramo.

Estas dos simplificaciones permiten un trabajo muy rápido y es importante señalar que más allá de pretender lograr una mayor aproximación en el valor del momento del apoyo lo que se busca es obtener un conjunto de valores de los momentos de apoyo y tramo que son coherentes dentro de cada losa.

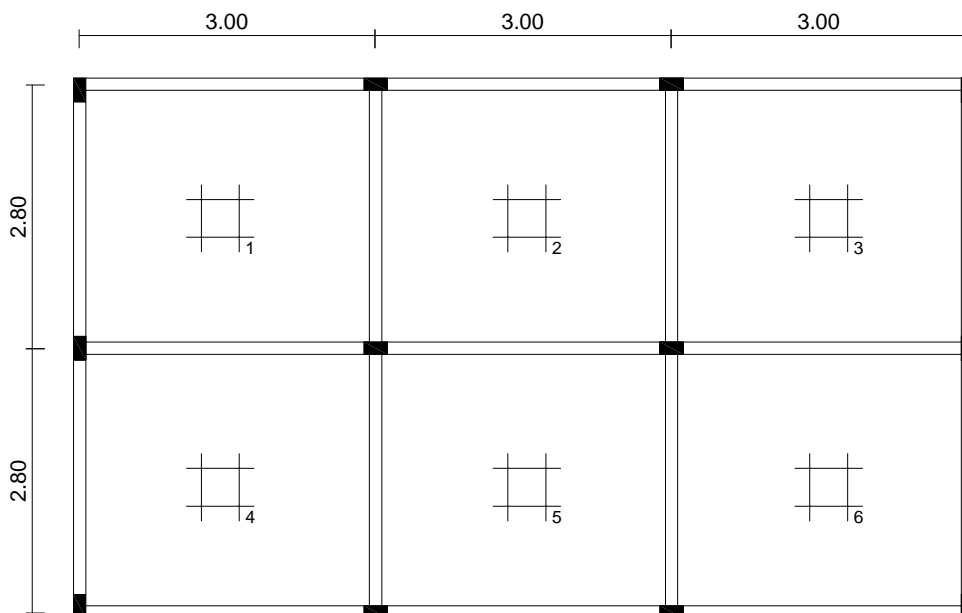
Ejemplo 1.

Conjunto de seis losas iguales.

Carga total por metro cuadrado: 800daN

Hormigón C20

Acero ADN500



Para la determinación de solicitaciones se usarán las tablas 4.1.2, 4.1.4 y 4.2.2 de Tablas y ábacos para el proyecto de estructuras, edición 1995.

Primera etapa: determinación de los momentos de tramo y apoyo en la situación ficticia de apoyos frenados.

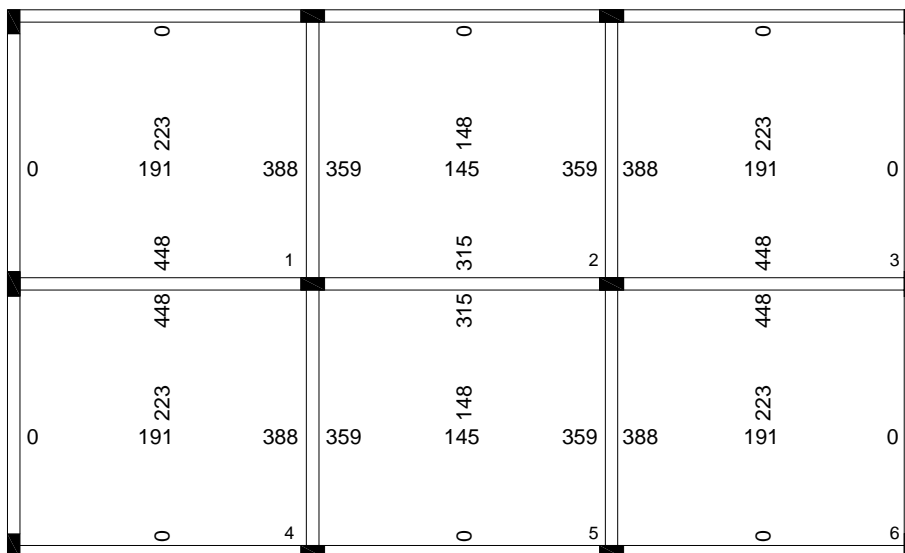
⁷ Gustavo Gili, Barcelona, 1972.

⁸ Si la relación de las luces en el sentido perpendicular al apoyo donde se está determinando la rigidez es de 1 a 2 los coeficientes serían 0,47 y 0,53.

	L_y	L_x	L_y/L_x	p	pL_yL_x	$c1$	m_x	m_y	m_1	m_2	m_3	m_4	M_x	M_y	M_1	M_2	M_3	M_4
1	2,80	3,00	0,93	800	6720	1,151	40,59	34,69	15,00	17,31	-	-	191	223	488	388	0	0
2	2,80	3,00	0,93	800	6720	1	46,37	45,32	21,35	18,72	-	18,72	145	148	315	359	0	359
3	2,80	3,00	0,93	800	6720	1,151	40,59	34,69	15,00	17,31	-	-	191	223	488	388	0	0
4	2,80	3,00	0,93	800	6720	1,151	40,59	34,69	15,00	17,31	-	-	191	223	488	388	0	0
5	2,80	3,00	0,93	800	6720	1	46,37	45,32	21,35	18,72	-	18,72	145	148	315	359	0	359
6	2,80	3,00	0,93	800	6720	1,151	40,59	34,69	15,00	17,31	-	-	191	223	488	388	0	0

Los valores de $c1$ tomados de la tabla 4.1.4 son de aplicación para el caso de las losas de esquina, es decir que poseen un vértice al cual concurren dos bordes libres. En estos casos no existe armadura en la cara superior de un ángulo por lo cual se deben aumentar los momentos de tramo. A los efectos de dar coherencia al cuadro de valores se adjudica el valor 1 en el resto de las losas.

Resulta conveniente visualizar los resultados en una planta:



Solamente en los apoyos 1-2, 2-3, 4-5 y 5-6 los momentos son distintos a un lado y otro del mismo. Corresponde realizar la repartición de la diferencia, 29 daN.m.

Admitiendo la simplificación de que todas las losas tienen la misma rigidez la repartición significa aumentar un momento 14,5 daN.m y disminuir el otro en la misma cantidad.

$$388 - 14,5 = 373,5$$

$$359 + 14,5 = 373,5$$

Resulta suficiente aproximación redondear el momento de apoyo a 374 daN.m.

Con respecto a la siguiente etapa del proceso de determinación de solicitaciones, la transmisión de los momentos hacia el centro de las losas, es conveniente hacer las siguientes precisiones:

- Los coeficientes de la tabla 4.2.2 tienen signo positivo o negativo.
- La adjudicación de ese signo es coherente con adjudicar signo positivo a los momentos de tramo y signo negativo a los momentos de apoyo.
- Cuando en la repartición un momento disminuye se asume que esa disminución es un valor positivo.

- Cuando en la repartición un momento aumenta se asume que ese aumento es un valor negativo.
- Los momentos de tramo que se producen en la situación de tener los apoyos impedidos de girar son los mínimos que se admiten.
- Como consecuencia solamente se habilitan las transmisiones cuando significan un aumento del momento de tramo:
 - sólo se transmiten valores positivos cuando el coeficiente es positivo
 - sólo se transmiten valores negativos cuando el coeficiente es negativo.

En la losa 1 y sus iguales 3, 4, y 6 el momento de apoyo disminuye, por lo tanto el valor a transmitir es +14,5 y los coeficientes son $b_x=-0,0065$ y $b_y=+0,117$, se transmite por lo tanto en la dirección y:

$$14,5 \times 0,117 = +1,7 \text{ daN.m}$$

valor que se aproxima a 2.

En la losa 2 y su simétrica, la 5, el momento de apoyo aumenta, por lo tanto el valor a transmitir es -14,5 daN.m y los coeficientes son $b_x=-0,0055$ y $b_y=+0,1095$, se transmite por lo tanto en la dirección x:

$$14,5 \times 0,0055 = +0,08 \text{ daN.m}$$

valor absolutamente despreciable.

Resultan así los siguientes valores finales para los momentos:



Con estos valores se procederá al dimensionado:

- Como altura de la losa se tomarán 10cm, valor que claramente supera a 1/50 de la luz menor de las losas.
- Las alturas útiles son 8 y 7 cm.
- En función del tipo de acero elegido la cuantía mínima es 0,15.d, las áreas mínimas de acero son $1,2 \text{ cm}^2$ y $1,05 \text{ cm}^2$.

Previamente a encarar el dimensionado es conveniente establecer el criterio de organización de armaduras. Este criterio es dependiente del método que se haya usado para la determinación de solicitaciones, dentro de los métodos lineales se recomienda que la organización de armaduras responda a los siguientes criterios:

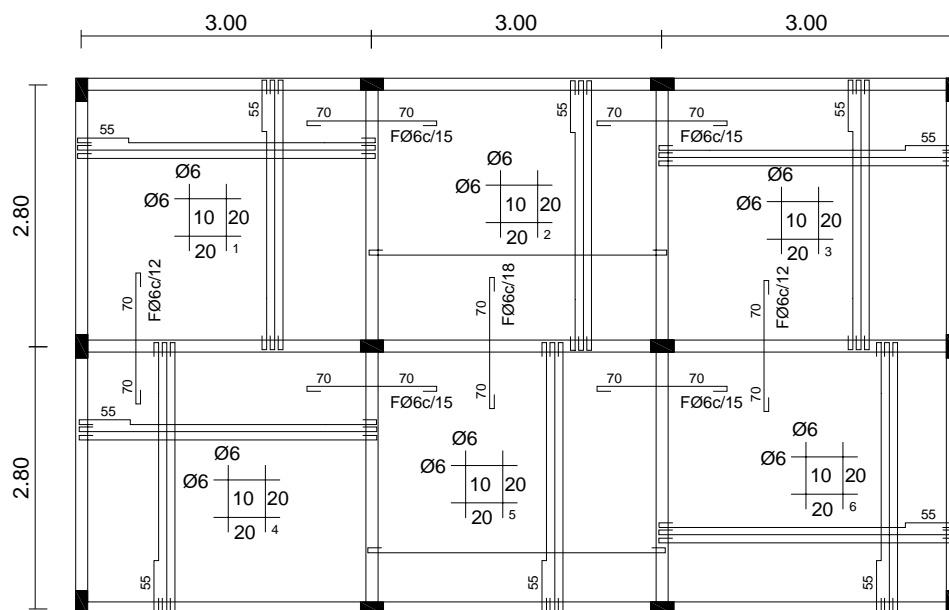
- La malla inferior se organiza con barras rectas hacia los apoyos internos y doblando una cada tres al quinto de la luz menor de la losa hacia los apoyos externos.
- La armadura en la cara superior en los apoyos se organiza con barras rectas que penetran en cada losa un cuarto de la luz menor de la losa.

Dimensionado en los centros de tramo:

LOSA	MOMENTOS	$M_d=1,6M$	d	M_d/d^2	w	A_s (nec)	A_{smin}	ORGANIZACIÓN	A_s (real)	
1	x	19.100	30.560	7	624	0,18	1,05	1,05	$\Phi 6c/20$	1,41
	y	22.500	36.000	8	563	0,16	1,07	1,2	$\Phi 6c/20$	1,41
2	x	14.500	23.200	7	473	0,14	0,82	1,05	$\Phi 6c/20$	1,41
	y	14.800	23.680	8	370	0,105	0,70	1,2	$\Phi 6c/20$	1,41
3	x	19.100	30.560	7	624	0,18	1,05	1,05	$\Phi 6c/20$	1,41
	y	22.500	36.000	8	563	0,16	1,07	1,2	$\Phi 6c/20$	1,41
4	x	19.100	30.560	7	624	0,18	1,05	1,05	$\Phi 6c/20$	1,41
	y	22.500	36.000	8	563	0,16	1,07	1,2	$\Phi 6c/20$	1,41
5	x	14.500	23.200	7	473	0,14	0,82	1,05	$\Phi 6c/20$	1,41
	y	14.800	23.680	8	370	0,11	0,73	1,2	$\Phi 6c/20$	1,41
6	x	19.100	30.560	7	624	0,18	1,05	1,05	$\Phi 6c/20$	1,41
	y	22.500	36.000	8	563	0,16	1,07	1,2	$\Phi 6c/20$	1,41

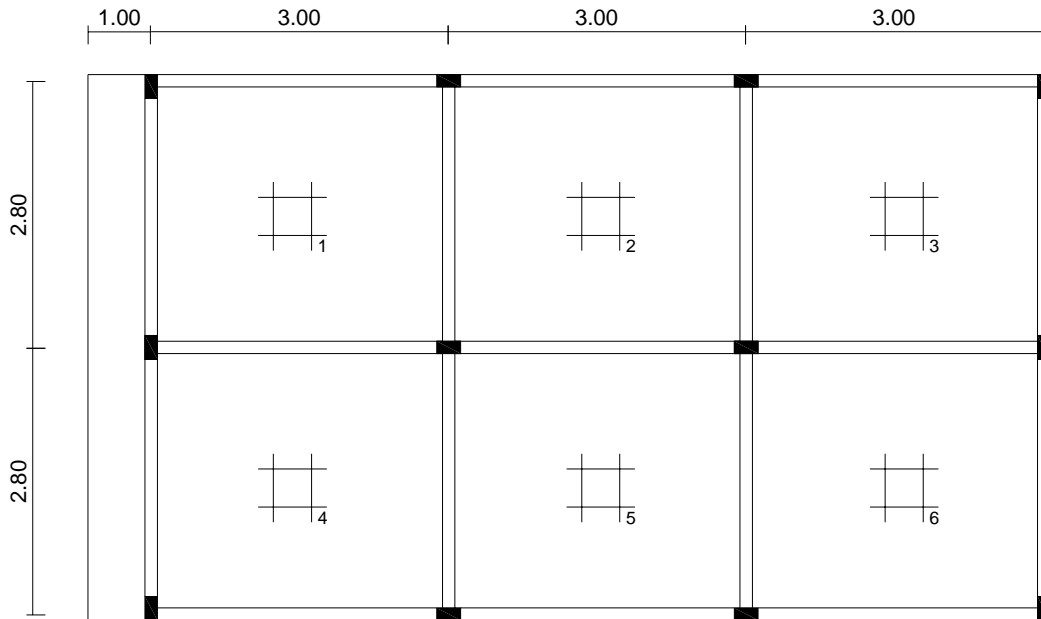
Dimensionado en los apoyos:

APOYO	MOMENTOS	$M_d=1,6M$	d	M_d/d^2	w	A_s (nec)	A_{smin}	ORGANIZACIÓN	A_s (real)
1-2	37.400	59.840	8	935	0,28	1,88	1,2	$\Phi 6c/15$	1,88
2-3	37.400	59.840	8	935	0,28	1,88	1,2	$\Phi 6c/15$	1,88
4-5	37.400	59.840	8	935	0,28	1,88	1,2	$\Phi 6c/15$	1,88
5-6	37.400	59.840	8	935	0,28	1,88	1,2	$\Phi 6c/15$	1,88
1-4	44.800	71.680	8	1.120	0,33	2,21	1,2	$\Phi 6c/12$	2,35
2-5	31.500	50.400	8	788	0,23	1,54	1,2	$\Phi 6c/18$	1,57
3-6	44.800	71.680	8	1.120	0,33	2,21	1,2	$\Phi 6c/12$	2,35



Ejemplo 2.

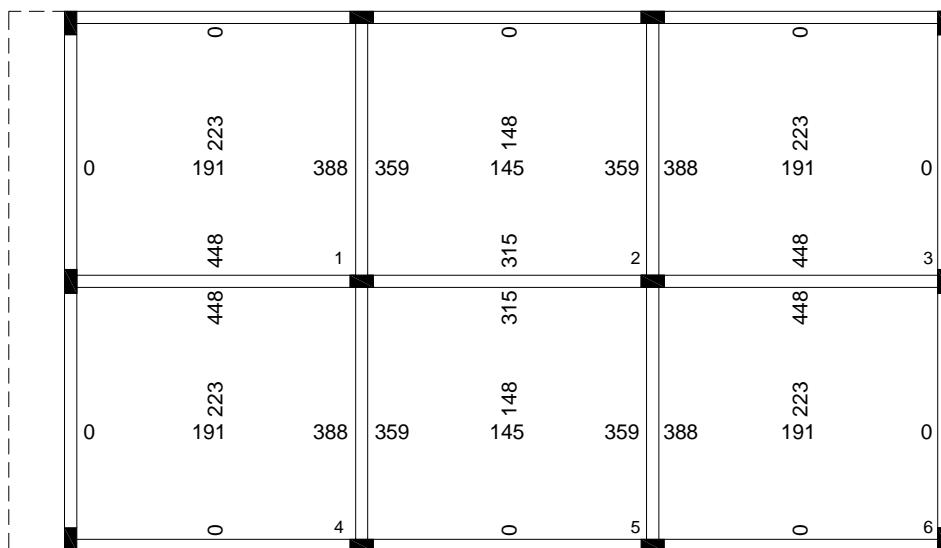
El mismo conjunto de losas que el ejemplo anterior, al que se le han agregado hacia la izquierda de las losas 1 y 4 una losa en ménsula que vuela 1 m.



Este ejemplo permite establecer los criterios que se deben manejar en las continuidades de las ménsulas.

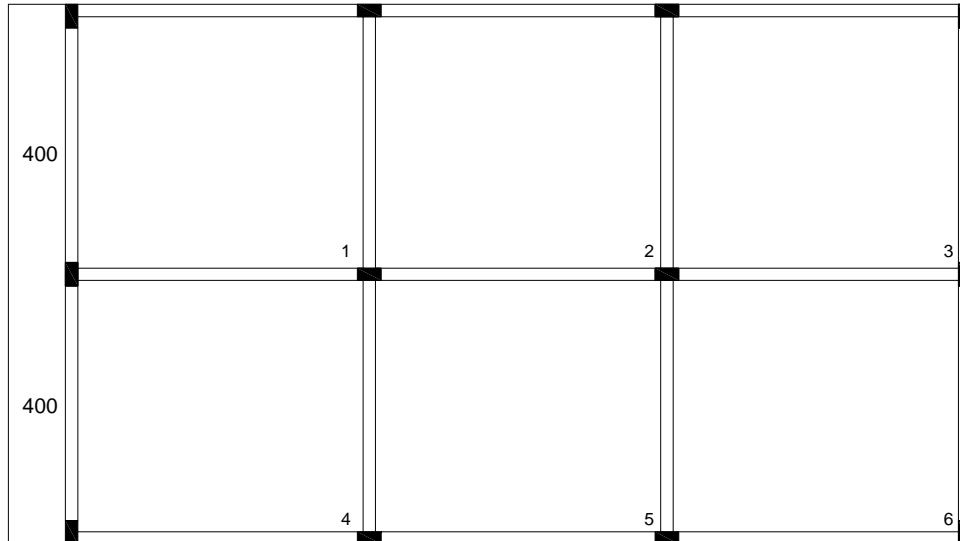
Para iniciar la primera etapa del método, se aplicará el principio de superposición dividiendo el problema en dos:

- Primero se determinan los momentos de apoyo y tramo del conjunto de losas sin la ménsula, frenando todos los apoyos y tal como si la ménsula no existiese, se repiten los valores del ejemplo anterior.



- Luego se considera solamente actuando la carga sobre la ménsula, estando frenados todos los apoyos incluso el de la ménsula.
- El momento de la ménsula en su apoyo se determina con independencia de la continuidad, aplicando las leyes de la estática. Si la carga es solamente la uniforme de 800daN/m² ese valor es:

$$M_m = \frac{800 \cdot 1^2}{2} = 400 \text{ daN.m}$$



- La siguiente etapa es quitar los frenos de los apoyos. En una primera situación solamente se libera el apoyo de la ménsula y se transmite el momento diferencia al centro del tramo y como excepción también a los otros apoyos, este valor debe considerarse negativo. De acuerdo con H. Chamlían⁹ se debe corregir, solamente a los efectos de estas transmisiones, el momento de la ménsula multiplicándolo por el factor 1,273:

$$400 \times 1,273 = 509$$

coeficientes	b_x	b_y	b_1	b_2
	-0,0055	0,1095	-0,2805	-0,067
momentos	M_x	M_y	M_1	M_2
	3	-54	143	34

- Se debe recordar la regla de signos que se estableció en el ejemplo anterior: momentos de tramo positivos y momentos de apoyo negativos por lo que los momentos luego de la transmisión son:

⁹ Losas. Estabilidad II – F. de Arq. Universidad de la República. Montevideo, Olceda 1990

		0			0			0	
400	400	194	354	359	145	359	388	191	0
		305	1		315	2		448	3
		305			315			448	
400	400	194	354	359	145	359	388	191	0
		0	4		0	5		0	6

- Ahora se está en condiciones de iniciar el proceso en el conjunto de las losas.
- La diferencia en los apoyos de las losas 1-2 y 4-5 es mínima por lo cual se promedian los momentos en el apoyo pero no se transmite al tramo.
- La diferencia en los apoyos 2-3 y 5-6 coincide con la estudiada en el ejemplo 1 por lo que se toman los valores hallados en dicha oportunidad.

Los siguientes son los valores finales para los momentos de tramo y apoyo con los que se está habilitado para realizar el dimensionado¹⁰:

		0			0			0	
400	400	194	357	357	145	374	374	191	0
		305	1		315	2		448	3
		305			315			448	
400	400	194	357	357	145	374	374	191	0
		0	4		0	5		0	6

¹⁰ En esta exposición no se realiza el dimensionado, el estudiante está capacitado para realizar la tarea siguiendo el ejemplo 1.

Descargas sobre los apoyos.

De acuerdo con UNIT 1050 en su artículo 51.2.5.2.2, las descargas sobre los apoyos se determinan según la geometría de la figura 79. En Tablas y ábacos para el proyecto de estructuras del IC se encuentran coeficientes que permiten determinar las áreas de descarga sobre cada apoyo¹¹.

Las reacciones transmitidas a los apoyos por las losas cargadas uniformemente y armadas en dos direcciones se deben calcular de acuerdo a las áreas dadas por la subdivisión de la planta en trapecios y triángulos según la figura 80.

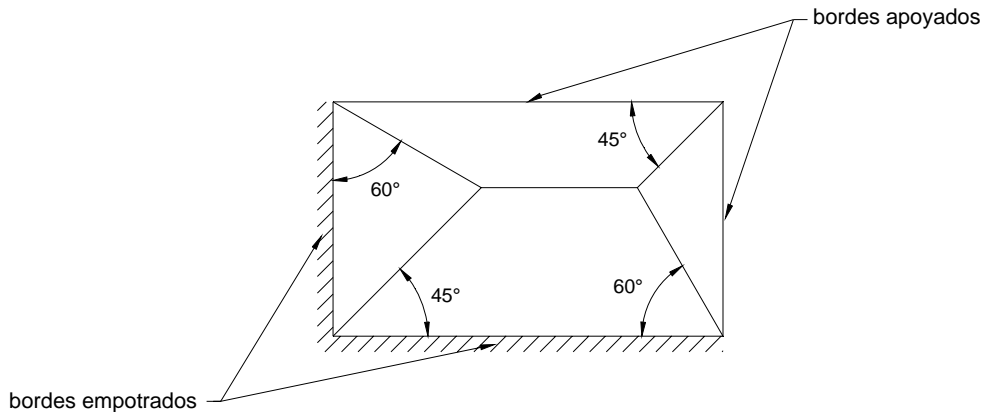


Figura 80

Cuando en una esquina se unen dos bordes de losa con el mismo tipo de apoyo, el ángulo de repartición debe ser de 45°. Si la unión corresponde a un borde totalmente empotrado con uno libremente apoyado, el ángulo de repartición del lado del empotramiento debe ser de 60°.

Se debe tener presente que los valores que se obtienen son el total de carga sobre el apoyo. En general se admite que se distribuya uniformemente ese total de carga en la longitud del apoyo.

Cuando existen ménsulas, la descarga de la ménsula se realiza sobre su único apoyo y para decidir la situación de la losa interna se debe comparar el momento de la ménsula multiplicado por 1,273 con los momentos en los apoyos internos. Si $1,273 M_m$ es menor que la mitad del momento en el apoyo interno se considerará que el borde con ménsula es un borde sin continuidad, en los otros casos se considerará que existe continuidad.

Observación y crítica.

El hormigón armado no es un material elástico puesto que el hormigón no lo es, no es homogéneo ya que es suma de hormigón y acero y tampoco es continuo ya que el hormigón traccionado se fisura. En consecuencia:

- No existe un valor constante para E. En el hormigón no se habla de módulo de elasticidad sino de módulo de deformación longitudinal que es el valor que liga tensiones con deformaciones y que es variable para cada valor de la deformación.

¹¹ Tabla 4.1.6

- En el hormigón armado es incierta la determinación e la inercia, se trabaja con valores convencionales de dudosa representatividad¹².

Estas observaciones hacen que no sea sostenible la proporcionalidad momento flector – curvatura, por lo que un modelo lineal para la resolución de las sollicitaciones en estructuras hiperestáticas construidas en hormigón armado no es un modelo que interprete el fenómeno en forma absoluta.

En el estado actual del conocimiento conviven en el análisis estructural los métodos de modelización lineal del comportamiento de las estructuras de hormigón armado con métodos no lineales aunque en general estos últimos son aceptados por las normas solamente en el estudio de las losas continuas.

¹² La no homogeneidad hace que, al proceder a la integración de los productos de los diferenciales área por sus distancias al eje al cuadrado, los diferenciales de área pertenecientes a la zona de hormigón posean distinta cualidad que los diferenciales de área pertenecientes a las zonas de acero, por lo que en forma arbitraria se debe establecer una relación de valor entre ellos. La fisuración hace que no todas las secciones de una barra sean iguales, habrá secciones que serán plenas y habrá secciones que sean parciales con una variación no previsible.

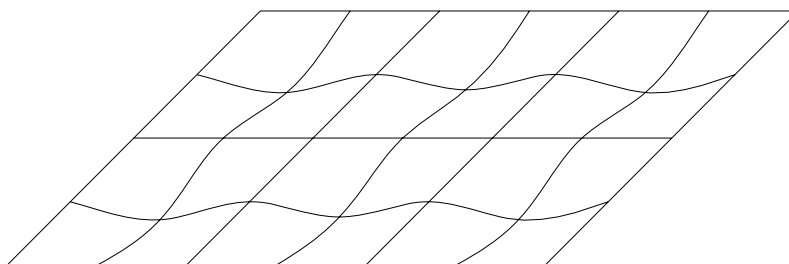
CAPÍTULO III

MÉTODO NO LINEAL DE RESOLUCIÓN DE SOLICITACIONES EN LOSAS CONTINUAS

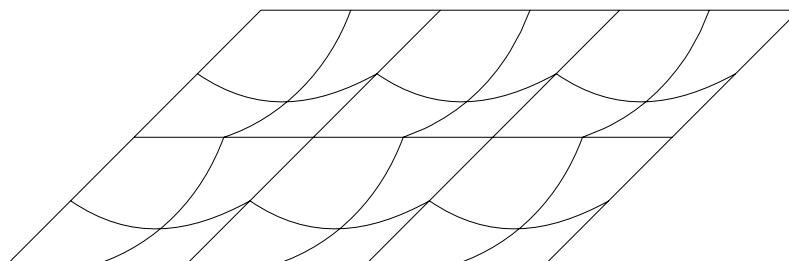
En este capítulo se desarrollará un método no lineal para la determinación de solicitaciones en losas rectangulares continuas apoyadas en todo su perímetro.

El modelo no lineal que se desarrollará en este texto parte de observar la capacidad de adaptación de las estructuras hiperestáticas de hormigón armado a distintas soluciones de armadura.

Sea un conjunto de seis losas continuas armadas de acuerdo con los resultados de su estudio según el método lineal, las deformaciones resultan según el esquema, las continuidades son función de la rigidez relativa de las losas:



Debido a que las estructuras hiperestáticas cumplen condiciones de apoyo que son superabundantes para garantizar el equilibrio, es factible resolver el proyecto de estructura sin colocar armaduras sobre los apoyos. En ese caso se producen fisuras localizadas sobre las líneas de apoyo que separan entre sí a las losas y que funcionan como juntas de trabajo. Cada losa pasa a comportarse como simplemente apoyada y si en el centro del tramo existe la armadura suficiente para resistir los momentos correspondientes a la situación de simple apoyo, sigue siendo una estructura estable, cada losa es capaz de lograr su equilibrio con independencia de las demás.



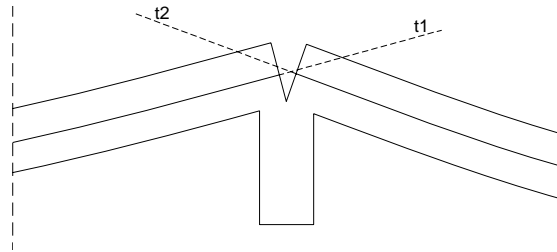
La estructura resultante, si bien es estable, puede no cumplir condiciones de servicio ya que esa fisura única sobre la línea de apoyo puede convertirse en un defecto constructivo¹³ que afecte las terminaciones y que incluso comprometa la durabilidad de la estructura.

¹³ Debe distinguirse esta situación de la microfisuración inherente al hormigón armado flexado.

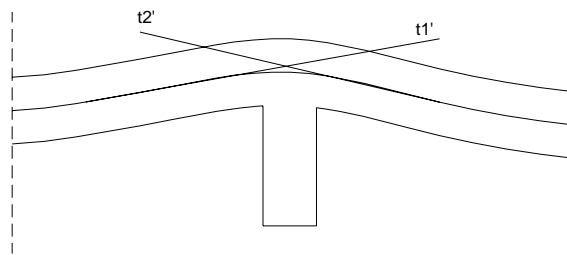
Se corrige esta observación colocando una cierta cantidad de armadura sobre los apoyos que permita moderar la fisuración, para que deje de ser una única fisura localizada y se transforme en una microfisuración.

Se genera de esa forma sobre los apoyos lo que se denomina una articulación plástica es decir, que se sustituye una articulación ideal que permite el libre giro de las losas entre sí, con momento cero, por una articulación plástica capaz de moderar el giro y que resiste un valor de momento distinto de cero.

En la figura se representa un apoyo sin armadura superior y el libre giro de las losas sobre el mismo que se deforman con tangentes t_1 y t_2 sobre el apoyo:



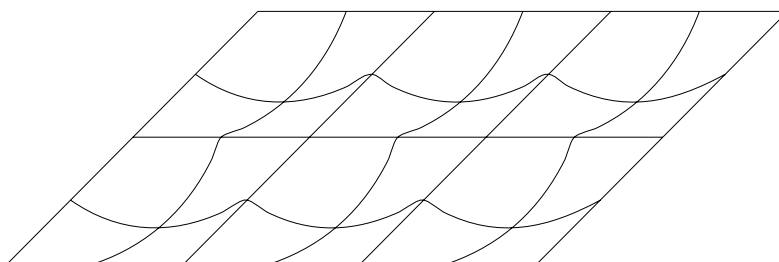
Si existe una cierta cantidad de armadura, la deformación sobre el apoyo se hace común a las dos losas, con concavidad negativa. Las pendientes de las tangentes t_1' y t_2' son menores a las de t_1 y t_2 de la figura anterior.



La cantidad de armadura que se resuelve colocar en los apoyos es arbitraria, siempre se obtienen soluciones estables. Para una altura de losa dada, cada valor posible de área de acero significa un valor distinto del momento capaz de la articulación plástica y una distinta deformación con distinta posibilidad de giro de las losas.

La relación momento curvatura en esa zona no es lineal. Se considera dentro del modelo la existencia de la fisuración del hormigón y que por lo tanto no hay inercia constante. Se admite un comportamiento no proporcional, plástico.

La colocación de armadura sobre los apoyos permite superar la observación realizada sobre la posible no verificación de las condiciones de servicio. Se verifican ahora no solamente las condiciones de equilibrio sino que también lo hacen las de servicio, salvo en los casos en los que de debe verificar el estado límite de fisuración controlada.



La conveniencia de que exista armadura sobre los apoyos ha traído como consecuencia la aparición de momentos no nulos sobre los mismos y la posibilidad de disminuir los momentos de tramo.

Dado que los valores posibles del momento sobre el apoyo son infinitos, dependen solamente de los infinitos valores posibles del área de acero que se coloque, el número de soluciones para las solicitaciones es también infinito¹⁴.

Existe por lo tanto la capacidad de definir las solicitaciones que resulten congruentes con un criterio de armado preferido.

Desde el punto de vista constructivo en las soluciones de losas rectangulares apoyadas en todo su perímetro utilizadas en obras con controles medios se prefiere trabajar con armaduras de poca área sobre los apoyos.

Esta preferencia deriva del hecho de la dificultad de lograr una ejecución confiable de las armaduras que se colocan en la cara superior de las losas ya que van a sufrir acciones en la etapa de ejecución que tienden a moverlas de la posición proyectada.

Un criterio de armado que se considera muy conveniente es lograr la armadura sobre el apoyo mediante el doblado de una barra cada tres de las que forman la malla en el centro de los tramos de las losas apoyadas en él.

En congruencia se obtendrán valores bajos del momento sobre los apoyos y valores mayores en los centros de las losas

Un método para determinar solicitaciones en losas rectangulares continuas apoyadas sobre su perímetro que es coherente con este tipo de armado es el que está contenido en la norma francesa de hormigón armado B.A.E.L.¹⁵ en su versión del año 1983.

Método derivado de la Norma B.A.E.L. 83

En el apartado B.6.2.21 de esta norma se dan las bases del método a aplicar en entresijos sobre los que actúan sobrecargas moderadas.¹⁶

Este método resultará aplicable cuando, según apartado B.6.2.210 de dicha norma:

- Se trata de construcciones en las cuales la carga de uso es a lo sumo igual a dos veces la carga permanente y no supera los 500 daN/m².
- Todos las losas continuas poseen a priori la misma altura.
- No es necesario verificar el estado límite de fisuración controlada.
- Las luces sucesivas están en una relación comprendida entre 0,8 y 1,25.

La primera condición es satisfecha por la mayor parte de las construcciones. En los sistemas constructivos corrientes con estructuras de hormigón armado, las cargas permanentes nunca son la mitad de las eventuales y de acuerdo con UNIT 33-91 solamente se superan los 500 daN/m² en algunos depósitos y garajes.

La segunda condición es regla corriente en el proyecto de estructura dado que disponer alturas distintas para las losas crearía una dificultad constructiva no conveniente.

¹⁴ Dentro de las infinitas soluciones posibles para las solicitaciones estará la que coincida en valores con la solución lineal.

¹⁵ B.A.E.L.: Béton Armé suivant la méthode des États Limites (Hormigón armado por estados límites). Editorial Eyrolles, París 1985

¹⁶ Se dice "Méthode Forfaitaire", literalmente Método destajista haciendo referencia la determinación previa de la proporción entre los momentos.

La tercera condición sí es restrictiva y el método no dará solución cuando se deba proyectar, por ejemplo, un tanque de agua.

La cuarta condición obligará a formular criterios para generalizar el método cuando la misma no se cumpla.

De cumplirse las condiciones el método se aplica siguiendo la definición que del mismo hace la norma:

“El método consiste en evaluar los valores de los momentos de tramo y de apoyo como porcentajes fijados previamente del valor del momento flector M_0 del “tramo de referencia”, es decir de un tramo independiente de la misma luz que el tramo considerado y sometido a las mismas cargas. Dichos porcentajes prefijados deben surgir de la experiencia”.¹⁷

Los valores de partida serán los de los momentos en el tramo considerando cada losa como simplemente apoyada. En particular el mayor de los dos que se transforma en valor de referencia para fijar los momentos sobre los apoyos.

Multiplicando ese valor de referencia por los porcentajes prefijados se obtienen los valores de los momentos de apoyo.

Esos porcentajes deben ser coherentes con la organización de armaduras que se desea obtener. Los que recomienda la norma y que son refrendados por la experiencia en nuestro medio son:

- 0% para los apoyos externos. (coeficiente 0)
- 50% ó 35% en los apoyos internos. (coeficiente 0,5 ó 0,35)

Con respecto a los momentos en el tramo se deben cumplir las leyes de la estática por lo cual en una determinada dirección se deberá cumplir que la semisuma de los momentos de apoyo más el momento de tramo sea igual al momento en esa dirección cuando la losa está simplemente apoyada.

$$\frac{M_{\text{apoyo izquierdo}}^{\text{apoyo}} + M_{\text{apoyo derecho}}^{\text{apoyo}}}{2} + M_{\text{tramo}} = M_0$$

Como los apoyos se comportan como rótulas plásticas y parte de la carga sobre la losa va a ser una acción eventual, las aplicaciones sucesivas de la misma pueden llegar a aumentar la curvatura en el apoyo al sumarse deformaciones residuales. Como consecuencia de que aumenta el giro de los apoyos van a aumentar los momentos de tramo por lo que se aconseja que la igualdad planteada se realice no con M_0 sino con un valor mayor: $1,25M_0$.

$$\frac{M_{\text{apoyo izquierdo}}^{\text{apoyo}} + M_{\text{apoyo derecho}}^{\text{apoyo}}}{2} + M_{\text{tramo}} = 1,25 M_0$$

En esta igualdad se puede poner en evidencia que los tres momentos a determinar son función de M_0 (porcentajes fijados previamente), llamando coeficiente α_i a esos respectivos porcentajes resulta:

$$\frac{\alpha_{\text{apoyo izquierdo}}^{\text{apoyo}} M_0 + \alpha_{\text{apoyo derecho}}^{\text{apoyo}} M_0}{2} + \alpha_{\text{tramo}} M_0 = 1,25 M_0$$

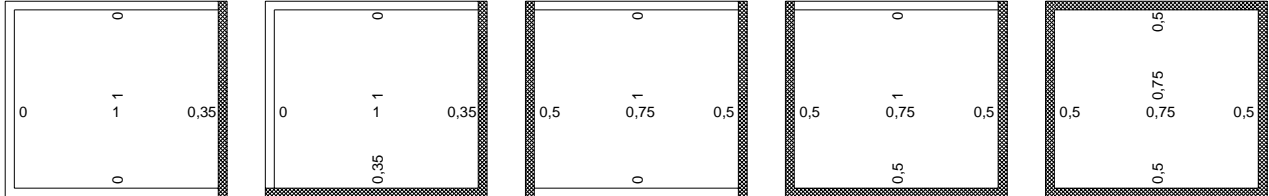
$$\frac{\alpha_{\text{apoyo izquierdo}}^{\text{apoyo}} + \alpha_{\text{apoyo derecho}}^{\text{apoyo}}}{2} + \alpha_{\text{tramo}} = 1,25$$

¹⁷ Norma B.A.E.L., apartado B.6.2.211

Definidos los coeficientes de apoyo se puede hallar el coeficiente de tramo que resulta coherente con ellos según la expresión anterior que refleja las leyes de la estática.

El momento de tramo no será nunca mayor al que se corresponde con la situación de simple apoyo por lo cual α_t no será nunca mayor que 1.

A partir de la combinación de posibles condiciones de apoyo surgen cinco casos tipo de combinaciones de coeficientes (el grisado indica apoyo con continuidad):



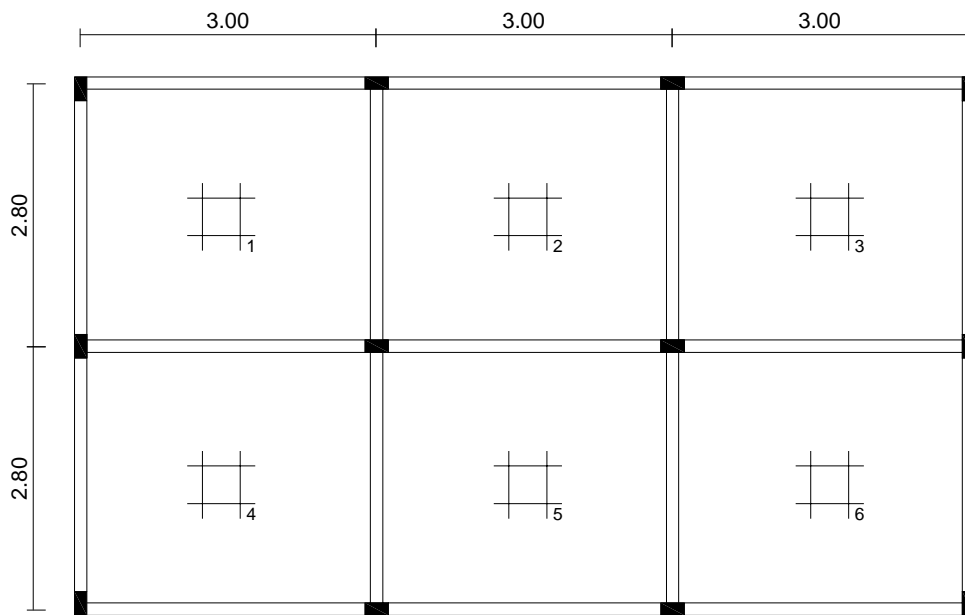
Ejemplo 1.

Conjunto de seis losas iguales.

Carga total por metro cuadrado: 800daN

Hormigón C20

Acero ADN500



Para la determinación de solicitaciones se usarán las tablas 4.1.2, y 4.1.4 de Tablas y ábacos para el proyecto de estructuras.

Primera etapa: determinación de los momentos de tramo en la situación referencial de apoyos sin continuidad.

	L_y	L_x	L_y/L_x	p	pL_yL_x	$c1$	m_x	m_y	M_x	M_y
1	2,80	3,00	0,93	800	6720	1,349	29,8	25,48	304	356
2	2,80	3,00	0,93	800	6720	1	29,8	25,48	226	264
3	2,80	3,00	0,93	800	6720	1,349	29,8	25,48	304	356
4	2,80	3,00	0,93	800	6720	1,349	29,8	25,48	304	356
5	2,80	3,00	0,93	800	6720	1	29,8	25,48	226	264
6	2,80	3,00	0,93	800	6720	1,349	29,8	25,48	304	356

Los valores de c_1 tomados de la tabla 4.1.4 son de aplicación para el caso de las losas de esquina, es decir que poseen un vértice al cual concurren dos bordes libres. En estos casos no existe armadura en la cara superior de un ángulo por lo cual se deben aumentar los momentos de tramo. A los efectos de dar coherencia al cuadro de valores se adjudica el valor 1 en el resto de las losas.

De la aplicación de los casos tipo de combinaciones de coeficientes surge:

		0							
0	1	0.35	0.5	0.75	0.5	0.35	1	0	
	0.35	1		0.5		0.35	1		
0	1	0.35	0.5	0.75	0.5	0.35	1	0	
	0.35	1		0.5		0.35	1		
0			0			0			

A partir de los momentos de referencia obtenidos en la tabla anterior, multiplicándolos ordenadamente por los coeficientes se obtienen los siguientes valores para los momentos de apoyo y tramo:

		0							
0	304	125	132	170	132	125	304	0	
	356	125	132	264	132	125	356		
	125	1		132		125	1		
0	304	125	132	170	132	125	304	0	
	356	125	132	264	132	125	356		
	125	1		132		125	1		
0			0			0			

Se debe señalar:

- Los momentos de apoyo de una losa se determinan en función de un único momento: el mayor de los dos que se producen en el tramo considerando a la losa simplemente apoyada. Es decir que los momentos en todos los apoyos con continuidad de una misma losa resultan iguales.
- Los momentos en el tramo surgen de aplicar los correspondientes coeficientes a los momentos que se producen en el tramo considerando a la losa simplemente apoyada.

Se está en condiciones de pasar al dimensionado. En los apoyos en los que se producen momentos distintos a un lado y otro se dimensiona con el valor mayor.

- Como altura de la losa se tomarán 10cm, valor que claramente supera a 1/50 de la luz menor de las losas.
- Las alturas útiles son 8 y 7 cm.
- En función del tipo de acero elegido la cuantía mínima es 0,15.d, las áreas mínimas de acero son 1,2 cm² y 1,05 cm².

Previamente a encarar el dimensionado es conveniente establecer el criterio de organización de armaduras. Este criterio es dependiente del método que se haya usado para la determinación de solicitaciones, dentro del método no lineal que se está exponiendo se recomienda que la organización de armaduras responda a los siguientes criterios:

- La malla se organiza doblando una barra cada tres al quinto de la luz menor de la losa hacia los apoyos externos e internos.
- En los apoyos internos la barra doblada se prolonga hacia la otra losa un cuarto de la luz menor de esa losa.

Dimensionado en los centros de tramo:

LOSA	MOMENTOS	$M_d = 1,6M$	d	M_d/d^2	w	$A_{s\ nec}$	$A_{s\ min}$	ORGANIZACIÓN	$A_{s\ real}$
1	M_x 30.400	48.640	7	993	0,3	1,76	1,05	Φ6c/16	1,76
	M_y 35.600	56.960	8	890	0,27	1,81	1,20	Φ6c/15	1,88
2	M_x 17.000	27.200	7	555	0,165	0,97	1,05	Φ6c/20	1,41
	M_y 26.400	42.240	8	660	0,2	1,34	1,20	Φ6c/20	1,41
3	M_x 30.400	48.640	7	993	0,3	1,76	1,05	Φ6c/16	1,76
	M_y 35.600	56.960	8	890	0,27	1,81	1,20	Φ6c/15	1,88
4	M_x 30.400	48.640	7	993	0,3	1,76	1,05	Φ6c/16	1,76
	M_y 35.600	56.960	8	890	0,27	1,81	1,20	Φ6c/15	1,88
5	M_x 17.000	27.200	7	555	0,165	0,97	1,05	Φ6c/20	1,41
	M_y 26.400	42.240	8	660	0,2	1,34	1,20	Φ6c/20	1,41
6	M_x 30.400	48.640	7	993	0,3	1,76	1,05	Φ6c/16	1,76
	M_y 35.600	56.960	8	890	0,27	1,81	1,20	Φ6c/15	1,88

Dimensionado en los apoyos:

APOYO	MOMENTO	$M_d = 1,6M$	d	M_d/d^2	w	$A_{s\ nec}$	$A_{s\ min}$	$A_{s\ izq}$	$A_{s\ der}$	1/3 suma	compl.	HIERROS F
1-2	13.200	21.120	8	330	—	—	1,20	1,88	1,41	1,1	—	—
2-3	13.200	21.120	8	330	—	—	1,20	1,41	1,88	1,1	—	—
4-5	13.200	21.120	8	330	—	—	1,20	1,88	1,41	1,1	—	—
5-6	13.200	21.120	8	330	—	—	1,20	1,41	1,88	1,1	—	—
4-1	12.500	20.000	8	313	—	—	1,20	1,88	1,88	1,25	—	—
5-2	13.200	21.120	8	330	—	—	1,20	1,41	1,41	0,94	0,26	Φ6c/50
6-3	12.500	20.000	8	313	—	—	1,20	1,88	1,88	1,25	—	—

Sobre el dimensionado en los apoyos se aclara:

- En las lecturas sobre el ábaco de dimensionado no se obtuvieron valores para w, esto significa que corresponde dimensionar según la cuantía mínima.

- De acuerdo con el criterio de organización de armaduras establecido previamente se contará en la cara superior del apoyo con un tercio de la armadura existente en el tramo, se opera por lo tanto con los valores de la armadura de tramo a izquierda y a derecha del apoyo, sumándolas y tomando luego un tercio de la suma.
- Si ese tercio es suficiente se termina con el dimensionado, si no lo es se deberá colocar como complemento el área de acero diferencia entre lo necesario y lo disponible. En el ejemplo esto sucede en el apoyo 5-2, se necesitan $1,20\text{cm}^2$ y se dispone de $0,94\text{cm}^2$, la diferencia $0,26\text{cm}^2$ se debe lograr colocando barras F. Esta diferencia se cubriría con una barra de 6 mm de diámetro espaciada 1,08m, se recomienda que cuando se colocan complementos lo mínimo sea una barra de 6mm espaciada 50cm.

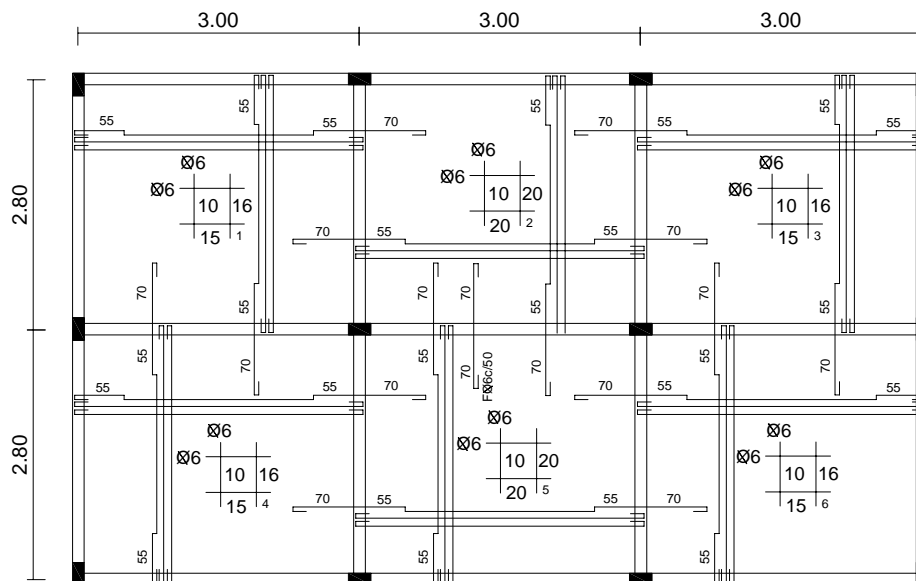
Para proyectar las armaduras complementarias sobre los apoyos se procede por tanteo. Se dispone como datos del valor del área a cubrir: $A_{s\text{dif}}$, y de las áreas de las barras de acero según su diámetro.

$$\frac{A_{s\text{dif}}}{A_{s\Phi}} = n$$

de esta forma se obtiene la cantidad de barras de diámetro Φ que se deben colocar en un ancho de un metro, por lo tanto:

$$\frac{100}{n} = s$$

es el valor en cm de la separación que debe existir entre las barras de diámetro Φ para tener en un metro de ancho al área de acero $A_{s\text{dif}}$.



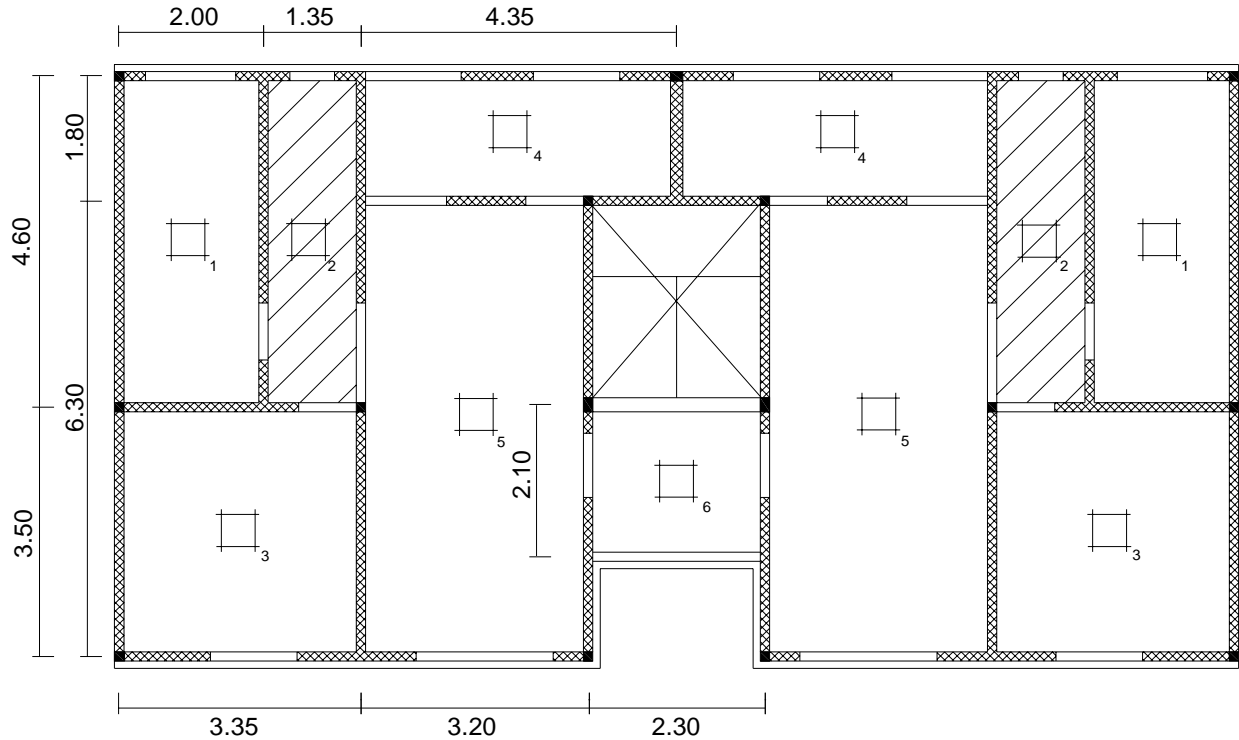
Ejemplo2.

Planta tipo de un bloque de viviendas

Carga total por metro cuadrado: 600daN - Carga total por metro cuadrado en losas descendidas: 900daN

Hormigón C15

Acero ADM420



A través de la resolución de este ejemplo se planteará la generalización del método para cualquier conformación de planta.

Las losas 2 no son continuas con el resto por estar en otro plano y las que forman la escalera tampoco lo son porque el proceso de construcción hace que su ejecución se desfase en el tiempo.

Se mantienen como exigencias absolutas para la aplicación del método las ya enunciadas:

- Se trata de construcciones en las cuales la carga de uso es a lo sumo igual a dos veces la carga permanente y no supera los 500 daN/m².
- Todos las losas continuas poseen a priori la misma altura.
- No es necesario verificar el estado límite de fisuración controlada.

En este ejemplo, a diferencia de lo que caracterizaba al ejemplo 1, las losas no están definidas por una cuadrícula regular:

- no son siempre continuas en toda la longitud del lado,
- en cortes, según x y según y, las luces de los distintos tramos son distintas,
- la relación entre los lados de algunas de las losas no están en el entorno 0,5-2, por lo que la determinación de sus solicitaciones se hará como si fuesen apoyadas en lados paralelos.

Todas estas diferencias deben ser analizadas a los efectos de valorar como afectan a la continuidad de las losas.

a.- Cuando dos losas no son continuas en todo el lado en común. Por ejemplo: 3 con 1, 5 con 3 y 5 con 6. No existen dudas de la continuidad de las losas que tienen cubierto todo el lado en común, pero si las existen con respecto a la losa que tiene solamente parte del lado común continuo.

El criterio a aplicar es que si la continuidad afecta al 60% o más del lado se valida la continuidad.

- Losa 3 con losa 1: $2,00/3,35 = 0,597$ (aprox. 60%) se considera continua, coeficiente 0,35.
- Losa 5 con losa 3: $3,35/6,30 = 0,53$ (53%) no se considera continua, coeficiente 0.
- Losa 5 con losa 6: $2,10/6,30 = 0,33$ (33%) no se considera continua, coeficiente 0.

b.- Cuando las luces sucesivas, en la dirección perpendicular al lado común, de dos losas continuas no están en una relación comprendida entre 0,8 y 1,25.

Se aplica el criterio de que la losa de menor luz es continua con respecto a la de mayor luz correspondiendo los valores de coeficiente que resulten del caso tipo.

Con respecto a la losa de mayor luz, si esta no duplica a la de la losa de menor luz se considera un valor de continuidad expresada por el coeficiente 0,35, si duplica a la luz de la menor se considera no continua, coeficiente 0.

- Losa 3 y losa 1: $3,50/4,60 = 0,76$, coeficientes según caso tipo para la losa 3 y 0,35 para la losa 1.
- Losa 5 y losa 4: $6,30/1,80 = 3,50$, coeficiente 0 para la losa 5 y según caso tipo para la losa 4.
- Losa 5 y losa 6: $3,20/2,30 = 1,39$, coeficiente 0,35 para losa 5 y según caso tipo para la losa 6.

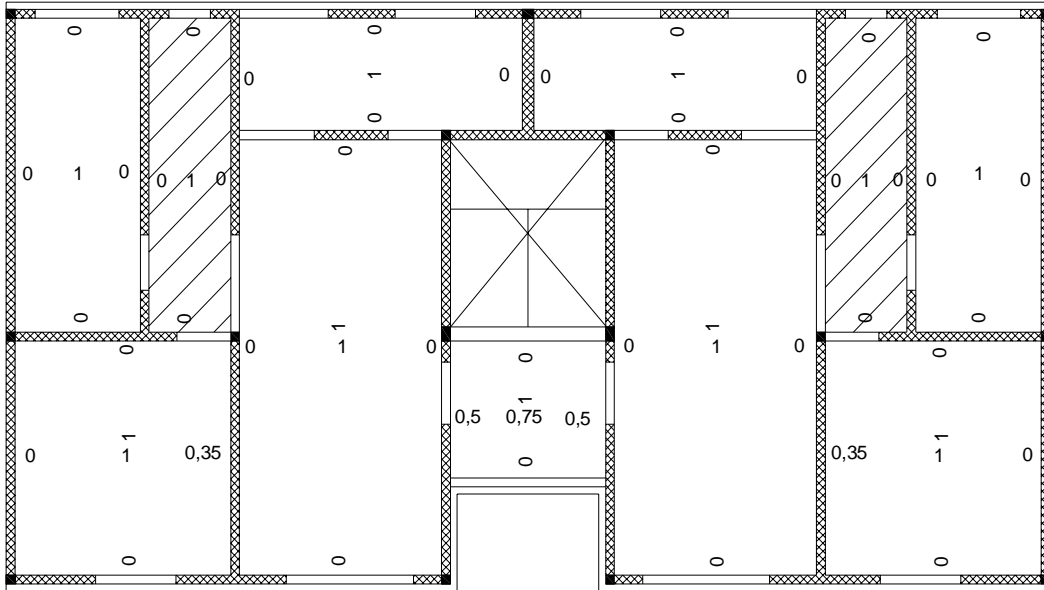
c.- Cuando en una de las losas la relación entre sus lados no está en el entorno 0,5-2.

En estos casos se toma como criterio que la losa que se calculará como apoyada en lados paralelos no se considerará continua y que la otra losa, si es continua en el lado largo de la losa de dos apoyos se rige por el caso tipo que le corresponda y si es continua por el lado corto de la losa de dos apoyos no se considera continua.

- Losa 1: $L_y/L_x = 4,60/2,00 = 2,3$, por lo tanto del estudio de la continuidad entre la losa 3 y la losa 1 surge: no continuidad, coeficiente 0, para la losa 1 y no continuidad, coeficiente 0 para la losa 3 porque es continua por el lado menor de la losa 1.
- Losa 4: $L_y/L_x = 1,80/4,35 = 0,41$, por lo tanto del estudio de la continuidad entre la losa 5 y la losa 4 surge: caso tipo para la losa 5 y no continuidad, coeficiente 0, para la losa 4.

En la elección final de coeficientes, cuando un apoyo ha aparecido en más de un estudio particular, se debe optar por el más restrictivo de la continuidad. Surgen así para este caso los siguientes coeficientes:

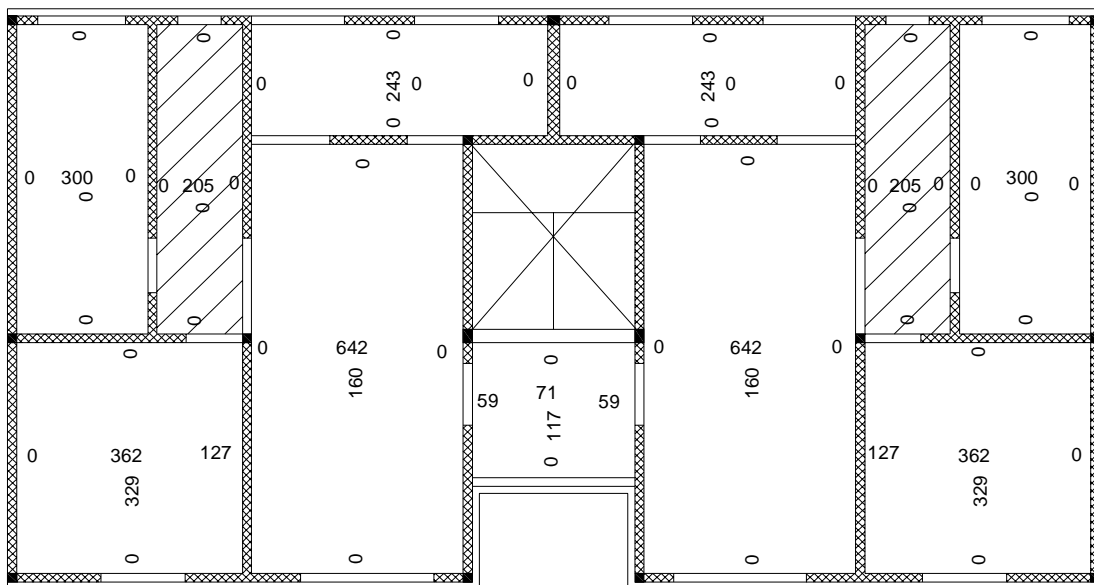
- Losa 1 con losa 3: coeficiente 0.
- Losa 3 con losa 1: coeficiente 0.
- Losa 4 con losa 5: coeficiente 0.
- Losa 5 con losa 4: coeficiente 0.
- Losa 5 con losa 3: coeficiente 0.
- Losa 5 con losa 6: coeficiente 0.



Generalizada de esta forma la aplicación del método para una conformación cualquiera de la planta corresponde hallar los momentos de referencia:

	L_y	L_x	L_y/L_x	p	pL_yL_x	$c1$	m_x	m_y	M_x	M_y
1	4,60	2,00	2,30	600	-	-	-	-	300	0
2	4,60	1,35	3,41	900	-	-	-	-	205	0
3	3,50	3,35	1,04	600	7035	1,351	26,25	28,88	362	329
4	1,80	4,35	0,41	600	-	-	-	-	0	243
5	6,30	3,20	1,97	600	12096	1,122	21,15	84,59	642	160
6	2,10	2,30	0,91	600	2898	1	30,68	24,85	94	117

Combinando estos valores con los coeficientes determinados con anterioridad surgen los siguientes momentos para apoyos y tramos:



A los efectos de proceder al dimensionado se establece:

- Como altura de la losa se tomarán 10cm, valor que claramente supera a $1/50$ de la luz menor de la losa 3 que es la que define el predimensionado.
- Las alturas útiles son 8 y 7 cm.
- En función del tipo de acero elegido la cuantía mínima es $0,25.d$, las áreas mínimas de acero son 2 cm^2 y $1,75 \text{ cm}^2$.

La organización de armaduras responderá a los criterios ya definidos en coherencia con el método aplicado:

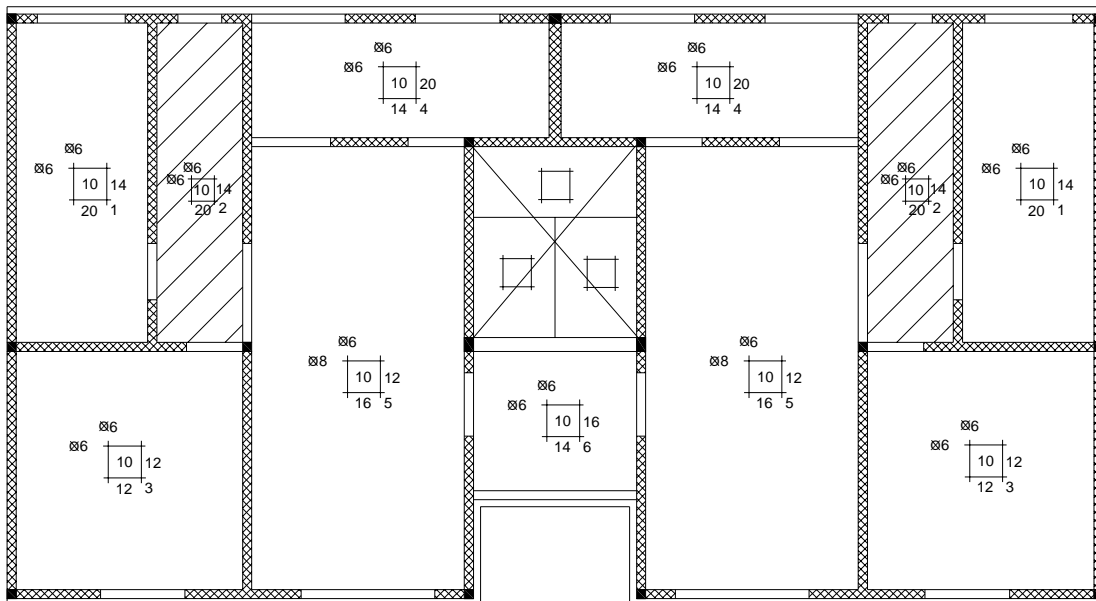
- La malla se organiza doblando una barra cada tres al quinto de la luz menor de la losa hacia los apoyos externos e internos.
- En los apoyos internos la barra doblada se prolonga hacia la otra losa un cuarto de la luz menor de esa losa.

Dimensionado en los centros de tramo:

LOSA	MOMENTOS	$M_d = 1,6M$	d	M_d/d^2	w	$A_{s \text{ nec}}$	$A_{s \text{ min}}$	ORGANIZACIÓN	$A_{s \text{ real}}$
1	M_x	30.000	48.000	8	750	0,22	1,76	$\Phi 6c/14$	2,02
	M_y	0	0	7	-	-	0,44	$\Phi 6c/20$	1,41
2	M_x	20.500	32.800	8	512	0,15	1,2	$\Phi 6c/14$	2,02
	M_y	0	0	7	-	-	0,3	$\Phi 6c/20$	1,41
3	M_x	36.200	57.900	8	905	0,27	2,16	$\Phi 6c/13$	2,17
	M_y	32.900	52.600	7	1.073	0,32	2,24	$\Phi 6c/12$	2,35
4	M_x	0	0	7	-	-	0,36	$\Phi 6c/20$	1,41
	M_y	24.300	38.900	8	609	0,18	1,44	$\Phi 6c/14$	2,02
5	M_x	64.200	102.700	8	1.605	0,5	4,00	$\Phi 8c/12$	4,19
	M_y	16.000	25.600	7	522	0,16	1,12	$\Phi 6c/16$	1,76
6	M_x	7.050	11.300	7	231	-	-	$\Phi 6c/16$	1,76
	M_y	11.700	18.700	8	292	-	-	$\Phi 6c/14$	2,02

Con respecto a los valores contenidos en este cuadro corresponde establecer:

- En las losas 1, 2 y 4 se indica como área necesaria en el sentido de los momentos 0 a la cuarta parte de la armadura necesaria en el sentido portante.
- En la losa 6 no se leen valores para w, corresponde construirla con cuantías mínimas.
- En la losa 3 se produce la contradicción de que, siendo las barras en las dos direcciones de igual diámetro, las barras que van a menor distancia se deben colocar arriba de las que están a mayor distancia. Se recomienda especificar el menor espaciamiento en los dos sentidos.

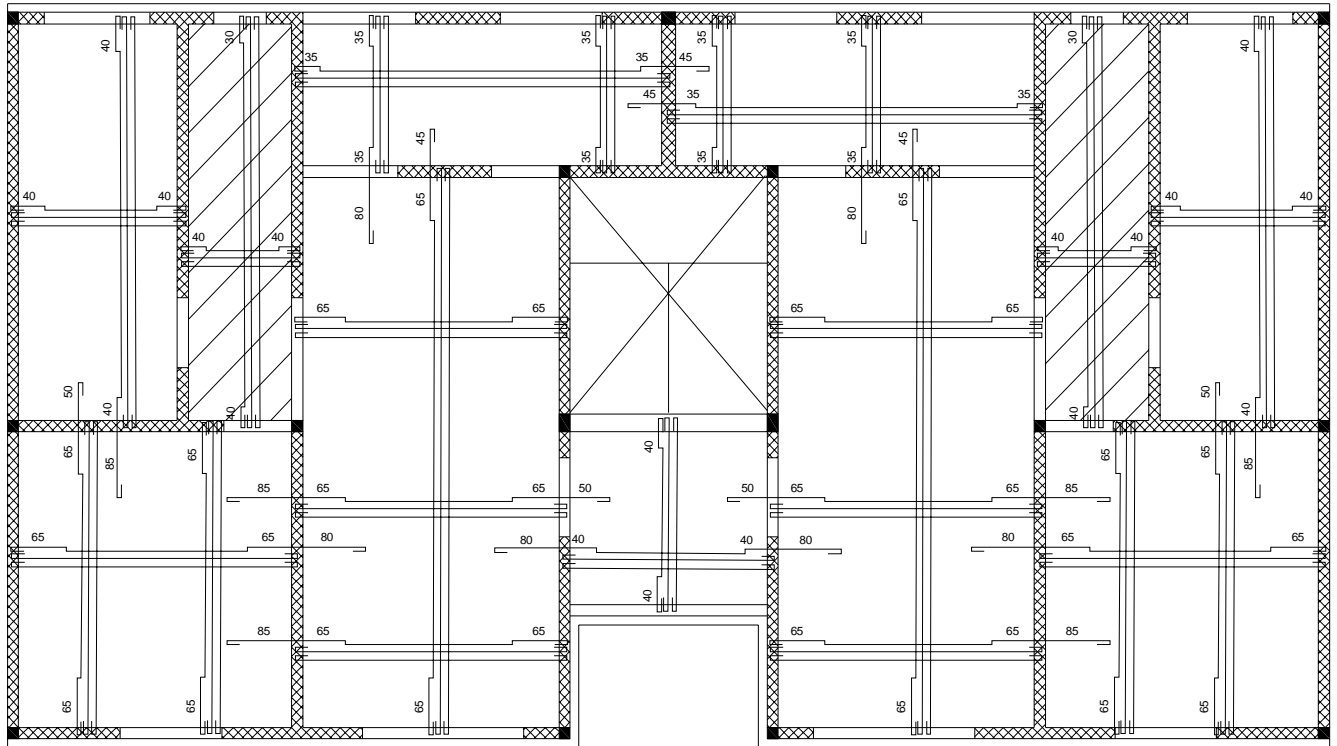


El dimensionado en los apoyos se debe realizar solamente en los únicos con momento distinto de 0, valen para este dimensionado las mismas consideraciones realizadas en el ejemplo1:

APOYO	MOMENTO	$M_d = 1,6M$	d	M_d/d^2	w	$A_{s\ nec}$	$A_{s\ min}$	$A_{s\ izq}$	$A_{s\ der}$	1/3 suma	compl.	HIERROS F
3-5	12.700	20.320	8	318	-	-	2,00	2,35	4,19	2,18	-	-
5-6	5.900	9.440	8	148	-	-	2,00	4,19	1,76	1,97	-	-

La organización de armaduras mantiene el criterio general predeterminado:

- La malla se organiza doblando una barra cada tres al quinto de la luz menor de la losa hacia los apoyos externos e internos.
- En los apoyos internos la barra doblada se prolonga hacia la otra losa un cuarto de la luz menor de esa losa.



Corresponde señalar:

- El criterio general de organización de la armadura en los apoyos internos se aplica en todos ellos aún en los que en el proceso de cálculo se les adjudicó momento 0. Esta determinación tiene que ver con asegurar las condiciones de servicio.
- Las losas descendidas no son continuas ni en el proceso de cálculo ni en el diseño de las armaduras.
- En cada losa se indicaran tantos cortes de la armadura como sea necesario para la comprensión de las distintas situaciones que se presentan.

Recomendaciones para la aplicación de los valores de los coeficientes de apoyo.

	0	0,35	0,5
CRITERIO GENERAL	APOYOS EXTERNOS	APOYOS INTERNOS DE LOSAS DE ESQUINA ÚNICO APOYO INTERNO	APOYOS INTERNOS EN GENERAL
APOYOS CON CONTINUIDAD PARCAIL	APOYO INTERNO CONTINUO EN MENOS DEL 60% DE SU LONGITUD	APOYO INTERNO DE LOSAS DE ESQUINA O UNICO APOYO INTERNO CON CONTINUIDAD ENTRE EL 60 Y EL 100% DE SU LONGITUD	APOYOS INTERNOS EN GENERAL CON CONTINUIDAD ENTRE EL 60 Y EL 100% DE SU LONGITUD
LAS LUCES SUCESIVAS DE LAS LOSAS TIENEN UNA RELACIÓN FUERA DEL INTERVALO 0,8 - 1,25	APOYO INTERNO DE LA LOSA DE MAYOR LUZ SI LA RELACIÓN DE LUCES ES MAYOR A 2	APOYO INTERNO DE LA LOSA DE MAYOR LUZ SI LA RELACIÓN DE LUCES ESTÁ COMPRENDIDA EN EL INTERVALO 1,25 - 2 APOYO INTERNO DE LA LOSA DE MENOR LUZ SI CORRESPONDE SEGÚN EL CRITERIO GENERAL	APOYO INTERNO DE LA LOSA DE MENOR LUZ SI CORRESPONDE SEGÚN EL CRITERIO GENERAL
UNA DE LAS LOSAS TIENE UNA REALCIÓN DE LADOS FUERA DEL INTERVALO 0,5 - 2	TODOS LOS APOYOS DE LA LOSA CUYA RELACIÓN DE LADOS ESTÁ FUERA DEL INTERVALO 0,5 - 2 APOYO DE LAS LOSAS CONTINUAS CON EL LADO MENOR DE UNA LOSA CUYA RELACIÓN DE LADOS ESTÁ FUERA DEL INTERVALO 0,5 - 2	APOYO INTERNO DE LAS LOSAS CONTINUAS CON EL LADO MAYOR DE UNA LOSA CUYA RELACIÓN DE LADOS ESTÁ FUERA DEL INTERVALO 0,5 - 2, SI CORRESPONDE SEGÚN EL CRITERIO GENERAL	APOYO INTERNO DE LAS LOSAS CONTINUAS CON EL LADO MAYOR DE UNA LOSA CUYA RELACIÓN DE LADOS ESTÁ FUERA DEL INTERVALO 0,5 - 2, SI CORRESPONDE SEGÚN EL CRITERIO GENERAL

Casos de continuidades con ménsulas.

Cuando en un apoyo existe una losa en ménsula resulta un apoyo de momento conocido ya que aplicándose la definición de momento flector y las leyes de la estática se puede determinar ese valor con independencia del resto de las losas.

En ese apoyo no se puede plantear que existe una rótula plástica de momento arbitrario ya que la losa en ménsula es una losa que en sí misma es isostática y no es posible plantearse en ella una redistribución de solicitaciones.

Sí debe analizarse la repercusión que ese momento tiene sobre la losa con respecto a la que la ménsula es continua, se trata de un borde externo de momento conocido, distinto de cero. Para evaluar esa repercusión, evaluar la importancia de la continuidad, se compara el momento de la ménsula M_m con el momento de referencia M_o de la losa vecina.

La comparación se divide en tres entornos:

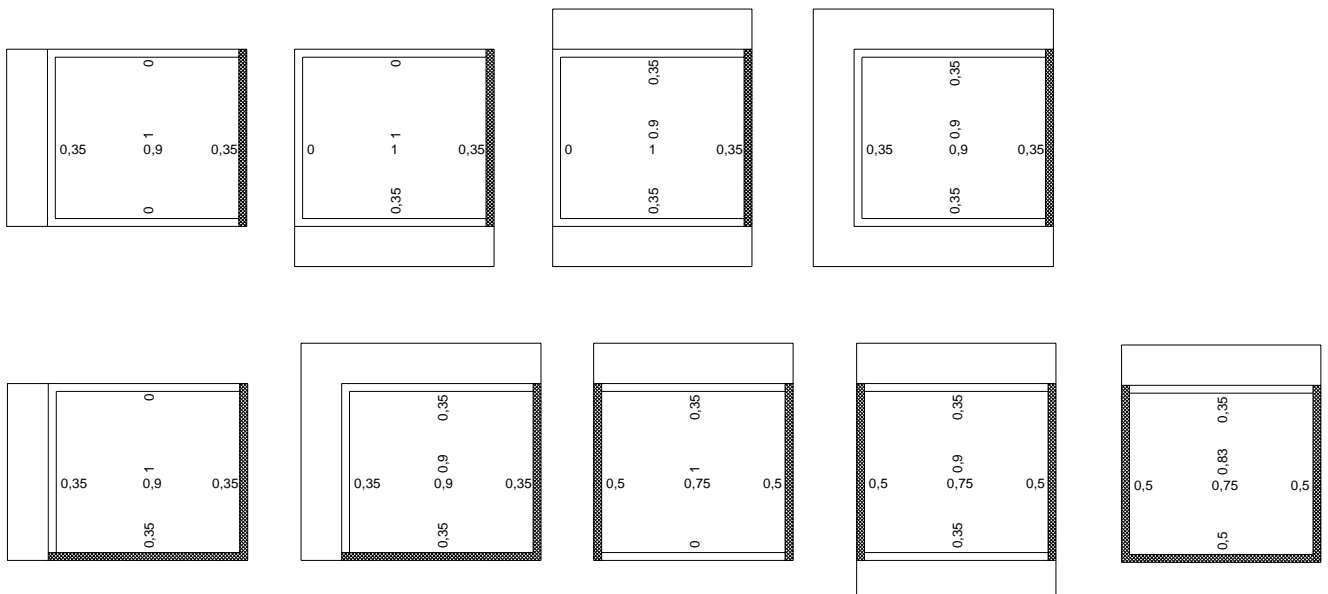
$$M_m < 0,35 \cdot M_o$$

$$0,35 \cdot M_o \leq M_m < 0,5 \cdot M_o$$

$$0,5 \cdot M_o \leq M_m$$

Si el momento de la ménsula resulta menor al 35% del momento de referencia se desprecia la influencia de la continuidad de la ménsula sobre la losa y valen para la misma los coeficientes de los casos tipos para las losas sin ménsula.

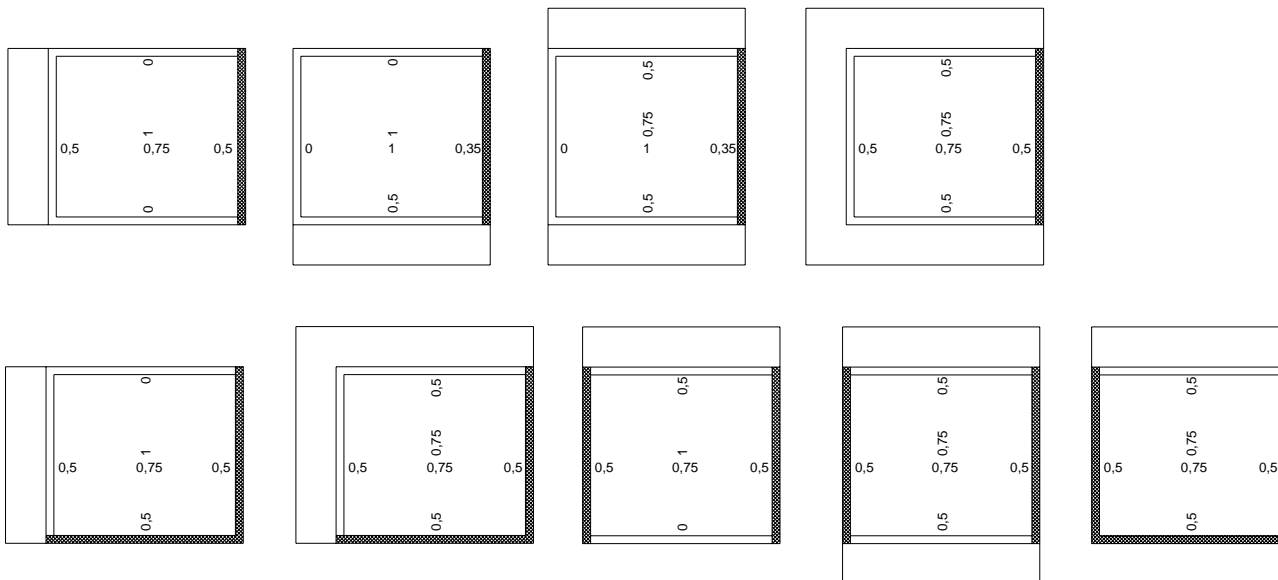
Si el momento de la ménsula se encuentra en el segundo tramo de la comparación se valora esa continuidad con un valor de 35% del momento de referencia por lo cual aparecen los siguientes casos tipo de combinación de coeficientes para la losa.



Se observa, en comparación con los casos tipo generales, que en todos los casos se mantienen los coeficientes sobre los apoyos y que aparecen dos nuevas combinaciones de coeficientes de apoyo y tramo 0,35-0,9-0,35 y 0,5-0,83-0,35.

A los efectos de determinar los momentos en la situación de simple apoyo, se debe tener en cuenta que varía la situación de las esquinas y que salvo en un caso, en los demás no existen esquinas a las que concurren dos bordes sin continuidad.

Si el momento de la ménsula es mayor al 50% del momento de referencia se valora la continuidad con un coeficiente 0,5 obteniéndose los siguientes casos tipo:

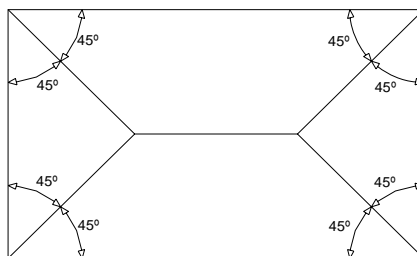


De la comparación con los casos tipo generales surgen cambios en los coeficientes de los apoyos internos opuestos a las ménsulas que pasan de 0,35 a 0,5.

Vale también la observación realizada antes con respecto a la transformación de las esquinas que pasan a tener capacidad resistente frente al alabeo.

Descargas sobre los apoyos.

En el método derivado del reglamento B.A.E.L., los valores de los momentos sobre los apoyos son sensiblemente menores de los que se obtienen por los métodos lineales, por lo cual se recomienda, que si se ha realizado el dimensionado de las losas por este método no lineal, se tomen las descargas sobre los apoyos en función de áreas de influencia definidas según el gráfico:



- Se debe tener presente que los valores que se obtienen son el total de carga sobre el apoyo¹⁸. En general se admite que se distribuya uniformemente ese total de carga en la longitud del apoyo.
- Cuando existen ménsulas, la descarga de la ménsula se realiza sobre su único apoyo.

¹⁸ Estos valores se pueden obtener con la tabla 4.1.6, columna 1, de la publicación Tablas y ábacos para el proyecto de estructuras. IC. Montevideo-Uruguay

BIBLIOGRAFÍA

HAHN

Vigas continuas, pórticos y placas.
Gustavo Gili, Barcelona 1972

R. BARES

Tablas para el cálculo de placas y vigas pared.
Gustavo Gili, Barcelona 1981

FRITZ LEONHARDT

Estructuras de hormigón armado.
El Ateneo, Buenos Aires 1985

JIMENEZ MONTOYA, GARCÍA MESEGUER, MORÁN CABRÉ

Hormigón armado.
Gustavo Gili, Barcelona

JOSÉ CALAVERA

Proyecto y cálculo de estructuras de hormigón.
Intemac, Madrid

NORMAS UNIT

Proyecto y ejecución de estructuras en masa o armado. Norma 1050.
Unit, Montevideo 2005

IC

Tablas para proyecto de estructuras.
Facultad de Arquitectura–Universidad de la República, Montevideo, 1995

H. CHAMLIAN

Estabilidad 2 - Losas
Olceda, Montevideo 1990

COLECTION UTI – DOCUMENT TECHNIQUE UNIFIE

Règles Techniques de conception et de calcul des ouvrages et constructions en Béton Armé
suivant la méthode del États-Limites.
Eyrolles, Paris 1985

GEORGES DREUX

Calcul pratique du béton armé. Régles BAEL 80
Eyrolles, Paris 1981

ALBERT FUENTES

Cálculo práctico de estructuras de edificios en hormigón armado
eta, Barcelona 1976

ALBERT FUENTES

Nuevas bases de cálculo del hormigón armado – Importancia de la fisuración
eta, Barcelona 1982

ÍNDICE

PRÓLOGO	3
CAPÍTULO I Generalidades	5
CAPÍTULO II Métodos lineales de resolución de solicitaciones en losas continuas	9
CAPÍTULO III Método no lineal de resolución de solicitaciones en losas continuas	19
BIBLIOGRAFÍA	35