

GE₂

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA - FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO

DNC	ESTRUCTURAS – NIVEL 2 - PLAN DE	ESTUDIOS 6
-----	---------------------------------	-------------------

Taller: VERTICAL III - DELALOYE - NICO - CLIVIO

Guía de estudio № 2: LOSAS DE HORMIGÓN ARMADO

Curso **2013** Elaboró: Ing. Alejandro Pablo Nico Revisión: 0 Fecha: Abril de 2013

1.- INTRODUCCION

Al diseñar y analizar una determinada estructura de hormigón armado, se debe tener en cuenta que su comportamiento real es el de una unidad, es decir, que tiene un funcionamiento espacial, en la que los elementos que la componen no pueden considerarse independiente uno del otro. Bajo la acción de cargas, en cada sector de la estructura se generan solicitaciones principales, de mayor importancia frente a otras, menores, llamadas secundarias.

El análisis de la estructura así planteado, como una unidad, llevaría a que el cálculo de solicitaciones y deformaciones sería sumamente engorroso.

Para simplificar el cálculo se recurre a descomponer la estructura en elementos que se analizarán por separado: losas, vigas, columnas y bases. Luego cada elemento así calculado, será "corregido", teniendo en cuenta el comportamiento real (las solicitaciones no consideradas), por medio de disposiciones constructivas.



LOSA CON VIGAS Y COLUMNAS

2.- DEFINICION

Se define **losas** a los elementos planos, en los que dos de sus dimensiones predominan sobre la tercera, (el espesor), cargados perpendicularmente a su plano medio.

En una estructura de hormigón armado, son las losas las que reciben las cargas llamadas "útiles", las transmiten a sus apoyos, que son las vigas, éstas, mediante sus reacciones, las derivan a las columnas, quienes las transmitirán a las bases, y estas últimas al terreno, completándose así la secuencia de cargas, la que coincide con el "orden" a seguir en el cálculo de la estructura.

Las **losas** (y vigas), al trasladar las cargas perpendicularmente a su plano, (perpendicularmente a su eje, en vigas), **trabajan a flexión** (y corte). En losas los esfuerzos de corte se desprecian, dado que los mismos son perfectamente absorbidos por el hormigón.

3.- CLASIFICACION

Las losas, y en distintos aspectos, se pueden clasificar de las

Siguientes maneras:

A.- Por su forma:

- A.1. RECTANGULARES (las más frecuentes), incluidas las cuadradas.
- **A.2. OTRAS FORMAS**: circulares, triangulares, trapezoidales, etc. (menos usuales).
- **B.- POR SU TIPO DE APOYO:**
- **B.1. LINEAL**, al apoyar en una viga o un muro.
- **B.2. PUNTUAL**

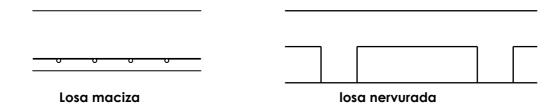
Al apoyar directamente en columnas, (en el caso de los "entrepisos sin vigas")



ENTREPISOS SIN VIGAS

C.- POR SUS CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS:

- **C.1. MACIZAS**, constituidas en todo su espesor por hormigón y la correspondiente armadura.
- **C.2. NERVURADAS**, en las que, por cuestiones técnicas y económicas se reemplaza la parte traccionada del hormigón por elementos livianos y concentrando la armadura en nervios; resultan de menor peso propio. Podemos incluir en este grupo a las losas casetonadas y los emparrillados de vigas





LOSA NERVURADA CON REEMPLAZO DEL HORMIGON POR LADRILLOS CERAMICOS





EMPARRILLADO DE VIGAS

CASETONADO

- D.- Desde el punto de vista de su funcionamiento estructural (o "como trabajan"):
- D.1. LOSAS ARMADAS EN UNA DIRECCIÓN O UNIDIRECCIONALES: aquellas que transmiten su carga en una sola dirección, según la cual se coloca la armadura principal
- D.2. LOSAS ARMADAS EN DOS DIRECCIONES O BIDIRECCIONALES O CRUZADAS: aquellas que transmiten sus cargas según dos direcciones perpendiculares entre sí, por lo que llevan armadura principal en ambas direcciones.

De todas las clasificaciones anteriores en esta primer parte del año se veran los casos más sencillos resumidos en:

Losas rectangulares macizas con apoyos lineales uni o bidireccionales

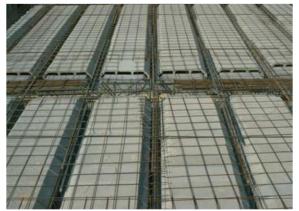
Casos mas particulares (losas circulares, entrepisos sin vigas, losas nervuradas, etc) se verán mas adelante superiores

Como casos especiales, e independientemente de las anteriores, merece destacarse la posibilidad de ejectuar losas con elementos premoldeados, ya sea en forma de viguetas (a

completar con elementos livianos (ladrillos ceramicos o de telgopor) y una capa de compresión o con losetas. Tambien su utilización se vera mas adelante



LOSA DE LOSETONES PRETENSADOS

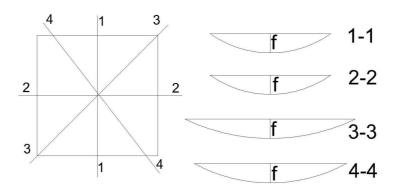


LOSA DE VIGUETAS PRETENSADAS CON LADRI-LLOS DE TELGOPOR

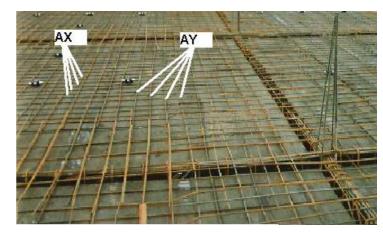
4.- DIRECCION DE ARMADO

4.1.- LOSAS CRUZADAS

Supóngase una losa perfectamente cuadrada apoyada linealmente en sus cuatro bordes que, por efectos de la carga, se deforma adoptano distintas curvaturas según la direccion en que se haga el corte. Recordar que una curvatura esta directamente ligado a la presencia de un momento flector, y donde haya fibras tracciondas habra que colocar armaduras, por lo tanto, y de acuerdo a esto, habra que poner tantas armaduras como curvaturas haya, es decir.... Infinitas.



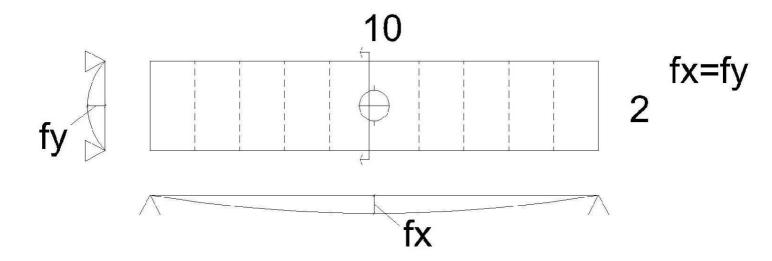
Obviamente, en la práctica esto es imposible y solo se colocan en dos direcciones ortogonales entre si Ax y Ay. A este tipo de losas se las conoce como losas cruzadas, bidireccionales o armadas en dos direcciones. En los planos se la indica con un círculo "cruzado"



LOSA CON ARMADURA CRUZADA

4.2.- LOSAS UNIDIRECCIONALES

Supongase ahora una losa "rectangular" de por ejemplo, 2 mts de ancho por 10 de largo apoyada en sus 4 bordes

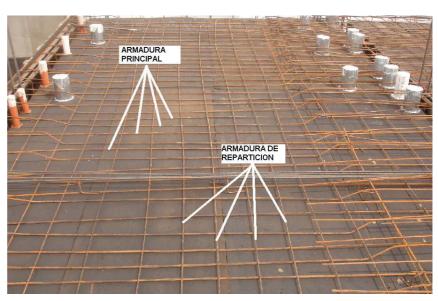


Si por ejemplo la flecha o descenso en el centro de la losa fuese 1 cm y suponiendo que una medida de la curvatura venga dada por la relación flecha/luz, se tendría

Curvatura en x = 1 cm/1000 cm = 0,001

Curvatura en y = 1 cm/200 cm = 0,005

Se observa que la curvatura en y es >>> que en x, y que se podría suponer que en x casi no existe, por lo tanto esta losa solo necesita armadura para "tomar curvaturas" o flexiones en el sentido "corto" o y en este caso, entonces, se esta en presencia de losas unidireccionales.



LOSAS UNIDIRECCIONALES O ARMA-DAS EN UNA DIRECCION

Los anteriores son ejemplos extremos: es posible que en una estrucutura no haya losas "**tan cuadradas**" como el 1er caso ni "**tan rectangulares**" como el segundo. En el medio hay una gran cantidad de casos, pero como norma general se estipula que aquellas losas que tengan una:

Relación lado mayor/lado menor $< 1.5 \rightarrow$ losas cruzadas Relación lado mayor/lado menor $> 1.5 \rightarrow$ losas unidireccionales

En el caso de losas "poco rectangulares" como para que sean losas cruzadas, estando apoyadas en su cuatro apoyos con similares condiciones de borde, si bien llevara armadura en ambos sentido, siempre será mayor en el sentido "corto" ya que ahí es donde esta presente la mayor curvatura de las dos. Este concepto es de vital importancia e indica claramente que la cantidad de armadura de un elemento flexado es función de la curvatura y no del largo de la pieza: Es un error común, en el ejemplo anterior, creer que el sentido largo exige más armadura, justamente por ser más largo. Debe mencionarse que algunos reglamentos establecen como limite de armado 2 en lugar de 1,5.

4.3.- CASOS ESPECIALES

El limite de la relación lado mayor/lado menor, comentada en el punto anterior no siempre es condición exclusiva para establecer la forma de armado de una losa. Efectivamente, independientemente de la relación de lados también incide en el sentido de la deformación las condiciones de apoyo de una losa. Una losa puede ser cuadrada, pero si esta apoyada solo en dos bordes opuestos, se deformara en la dirección perpendicular a estos y las líneas paralelas descenderán en forma recta sin curvatura alguna: se trata de una losa unidireccional

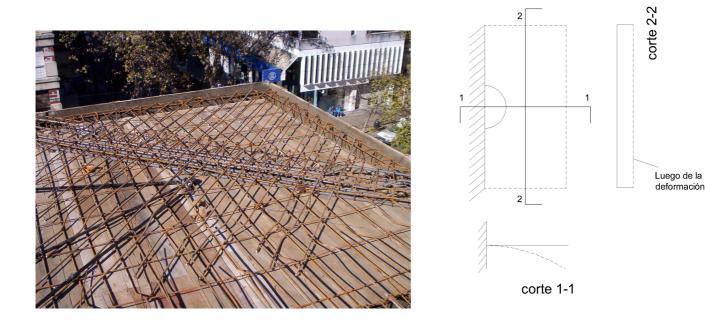


También es común el caso de las losa escaleras, que generalmente se apoyan solo en los lados "cortos", resultando que se deber armar en el sentido largo no habitual.



LOSA ESCALERA "UNIDIRECCIONAL"

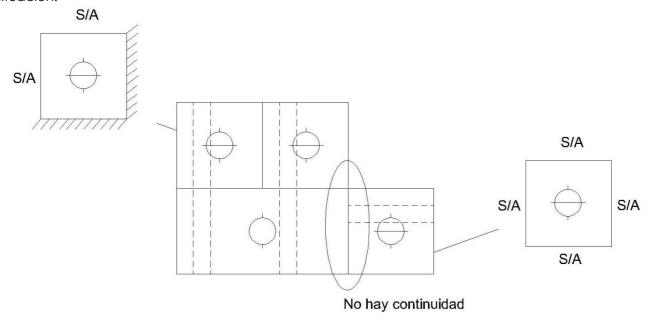
Otro caso particular son los llamados balcones o **voladizos**, donde el apoyo existe en un lado solo, lo cual origina únicamente una curvatura en el sentido perpendicular al apoyo mientras que, ortogonalmente, no hay deformación (si descenso parejo, pero no curvatura) y por lo tanto nuevamente se arma en un solo sentido independientemente de la relación de lados.



LOSA EN VOLADIZO

5.- CONDICIONES DE APOYO

Se dice que una losa aislada apoyada en sus 4 bordes en vigas de tamaño relativamente "normales", se encuentra simplemente apoyada en sus cuatro bordes. Pero generalmente en el contexto de una estructura completa, una losa tendrá a sus costados, otras losas vecinas que provocaran condiciones de apoyo especiales. Efectivamente la presencia de una losa vecina hara que la viga en común actue como un apoyo continuo transformandolo en un "empotramiento" con las limitaciones ya comentadas en la g.e.1. Para que ello ocurra deberá tenerse en cuenta que también tienen que coincidir las direcciones de armado. El siguiente caso ejemplificara la situación:



Por ejemplo, si bien la losa 3 es vecina con la 4, no se genera un apoyo continuo por la diferencia en la dirección de armado.

La presencia de los "apoyos continuos", con momentos negativos, obligara, como se vera mas adelante, a colocar aramadura "superior" en ellos (fibras traccionadas superiores)

6.- CARGAS:

Generalmente, las cargas que recibe una losa son superficiales, es decir que actúan en todo su plano, principalmente las de carácter constructivo (peso propio, contrapisos, pisos, etc)). Las cargas de uso, en cambio son de todo tipo y generalmente puntuales (mueble, persona etc). Sin embargo, y a los fines de simplificar los cálculos (sobretodo teniendo en cuenta que no solo son puntuales sino también movibles) se las asimila a cargas uniformente distribuidas.

Las paredes que puedan existir sobre las losas, son en realidad, cargas lineales, que merecen un estudio particular que se vera mas adelante

Desde el punto de su permanencia o no en el tiempo las cargas se las clasifica de la siguiente forma:

A.- Cargas permanentes: peso propio de la losa, contrapiso, piso, etc. y, en general el de todos los elementos que estarán adosados permanentemente al edificio. En general son cargas uniformemente repartidas. Se las nomencla con la letra **g** y se las calcula globalmente con la siguiente formula:

g = PUVhormigon x esp. Hormigón + PUVcontrapiso x esp. Contrapiso + PUVpiso x esp. Piso + etc.etc

B.- Carga útil o sobrecarga accidental: Su presencia es momentanea y ocasionalmente pueden estar y en otros momentos no. Son las que resultan de la acción humana, personas, muebles, etc., pueden ser uniformemente distribuidas, lineales o puntuales. Los reglamentos la dan en función del destino o uso del entrepiso (dormitorio, baño, biblioteca, etc.). Se las nomencla con la letra **p**.

De acuerdo a lo anterior, la carga total **q** que recibirá una losa será:

$$q = g + p$$
 en kg/m²

7.- PREDIMENSIONADO

Dimensionar una losa es encontrar el espesor de hormigón y la cantidad de armadura necesarias para soportar las solicitaciones provocadas por las cargas actuantes. Dado que la cantidad de armadura sera funcion del espesor de hormigón existente, es necesario fijar de alguna manera uno y dimensionar el otro. Para ello se **predimensiona** la altura util del hormigón para que la deformación sea compatible con las tolerancias esteticas, haciendo uso de "consejos" dados por los reglamentos. Si se respetan estas alturas, no sera necesario verificar la deformación. Si por cuestiones tecnicas se optaran por alturas menores, ademas de dimensionar "por rotura" debera verificarse la deformabilidad. La tabla que sigue orienta con la altura util que debe adoptarse en el predimensionado

humin = luz * coef de tabla

			condiciones	de apoyo		
Elemento	simplemente	un extremo	ambos ex-	un extremo	contínuas	condic.
	apoyada	contínuo	tremos contí-	volado	en todo	mixtas
			nuos		el con-	
					torno	
losas unidirec-	1/30	1/35	1/40	1/12		
cionales						
losas	1/50				1/60	1/55
cruzadas	(1)					

Nota: (1) simplemente apoyada en todo el contorno

Se lo llama predimensionado ya que, cuando se calcule la armadura, puede ocurrir que los valores obtenidos no sean aconsejables y deba volverse atrás y aumentar la altura util.

El espesor total de la losa sera:

$$Esp = hu + recubrimiento (1)$$

Donde el recubrimiento para losas sera entre 1,5 y 2 cm

Debe tenerse en cuenta algunas recomendaciones de aspectos prac-

ticos y constructivos

- El espesor final adoptado debe redondearse al cm mayor
- Se tratara de unificar en 2 o 3 espesores al conjunto de las losas presentes en toda la estructura.
- Si, el espesor necesario es muy grande (mayor a 15 cm) deberia analizarse la posibilidad de recurrir a losas aliovianadas.

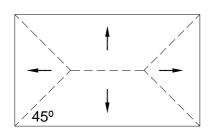
De acuerdo a lo anterior, seguramente el espesor adoptado sera distinto al encontrado con (1) y debera invertirse y calcularse la altura util al reves:

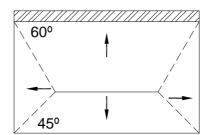
hu = esp - recubrimiento

8.- CALCULO DE REACCIONES – LINEAS DE ROTURA

Las reacciones de un losa no son mas que las cargas que recibiran las vigas que las sostienen. Existen diversos metodos para calcularlas, siendo uno de uso frecuente considerar fajas de un metro de ancho de losa, tomarla como vigas y calcular las reacciones como si fuese una viga simplemente apoya o continúa según el caso.

Sin embargo en este curso se optara por otro metodo tal vez mas conceptual que se basa en las llamadas lineas de rotura: Se llama asi a la configuracion que tendran las lineas que se formarian en una losa al momento de romperse. Por ejemplo para una losa rectangular con sus cuatro bordes simplemente apoyados o uno empotrado se tendria:





LINEA DE ROTURAS PARA LOSAS CON DISTINTAS CONDICIONES DE APOYO

Si los apoyos adyancentes son de igual condicion, la linea de rotura "saldra" a 45°, mientras que el empotramiento toma mas carga ya que la linea de rotura sale a 60°. Con estas condiciones y un poco de sentido común es posible trazar las líneas de influencia

Las cargas que reciben cada una de las superficies (área de influencia) que quedan conformadas por las líneas de rotura descargan en el apoyo que las contiene. Por lo tanto la carga total que recibirá cada viga o apoyo será

Q total = q losa x área de influencia

La anterior, es la carga total que no actúa uniformemente sobre la losa sino que lo hace en forma trapezoidal o triangular según el caso:

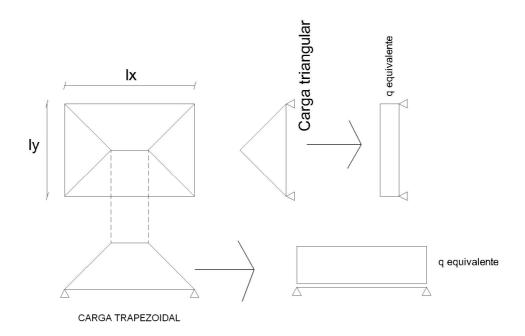


Fig III .- REACCIONES DE UNA LOSA

Sin embargo, y nuevamente para simplificar el procedimiento, se prefiere adoptar un diagrama rectangular uniforme de cargas equivalente, que se calcula dividiendo la carga total por la longitud de la viga quedando:

q viga = q losa x área influencia/ luz viga (2)

Resumiendo, entonces, para calcular la reacción de la viga, para cada losa y de acuerdo a su condición de apoyo hay que establecer las líneas de rotura de una manera prácticamente intuitiva, calcular el área de cada una de las superficies de influencia y afectar con esta carga la correspondiente reacción o carga sobre viga

8.1.- CASOS PARTICULARES

Para los casos mas comunes de apoyos idénticos, líneas de roturas a 45° y aplicando la formula genérica (2) se tienen las siguientes reacciones particulares (VER FIGURA III)

1) Reacción del trapecio

 $Ra = q_{Losa}$. ((B+b). h/2) / I_{viga}

Que reemplazando por L_x y L_y queda

 $Ra = q_{Losa}$. (($L_x + (L_{x-}2L_{y}/2)$). $L_y/(2 \times 2) / L_x$

 $Ra = q_{Losa} \cdot ((2L_x - L_y) \cdot L_y) / (4 \cdot L_x)$

2) Reacción del triangulo

 $Rb = q_{losa} (b.h)/2 / l_{viga}$

Que reemplazando por Lxy Ly queda

 $Rb = q_{losa} (L_y . L_y/2.2 / L_y)$

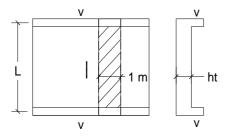
 $Rb = q_{losa} L_y /4$

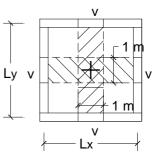
Si la losa estuviese orientada en la otra dirección habría que intercambiar los términos lx y ly en las formulas anteriores.

9. CALCULO DE MOMENTOS O SOLICITACIONES.

Para poder dimensionar las losas es necesario conocer los esfuerzos máximos que sobre ella actuan (momento flectores).

Dado que una losa es un elemento plano y no lineal como lo es una viga, lo que se intenta es suponer a la losa formada por una faja central en cada una de las direcciones ortogonales. Si la losa es uniderccional la faja es directamente una viga de 1 metro de ancho, pero si se trata de una losa cruzada, es necesario, cuando se calcula el momento en algún sentido "disminuirlo" por la colaboración de la faja ortogonal.





Losa unidireccional

Losa cruzada

Para el **cálculo de solicitaciones** existen varios métodos aproximados, que dan soluciones también aproximadas del comportamiento real.

En el caso de **losas unidireccionales**, se usara el **método de las fajas** recién adelantado y para el caso de **losa cruzadas**, el llamado **Método de Marcus**.

A continuación se detalla el procedimiento de cálculo para cada una

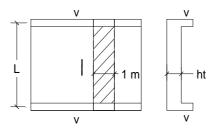
de ellas.

(Existen hoy numerosos programas de computación específicos para el diseño, cálculo y dimensionado de estructuras, que trabajan con modelos más aproximados a la realidad).

9.1. LOSA MACIZA CON ARMADURA PRINCIPAL EN UNA SOLA DIRECCIÓN:

En una losa apoyada en todo su perímetro, cuando la relación de lados, como se dijo, es mayor que 1,5, y para carga uniformemente repartida, no se considera el momento en el sentido de la luz mayor, por resultar muy reducido frente al desarrollado en la dirección de la luz menor (que por tener menor luz es la más rígida).

Para el cálculo de estas losas se las supone formadas por un haz de fajas paralelas a la luz menor, de un metro de ancho, respetando las condiciones de apoyo de dicha dirección y sometida a la totalidad de la carga.



En la faja a calcular actuará la totalidad de la carga de la losa:

Q (kg/m^2) = g + p, siendo g = carga permanente y p = sobrecarga

Nótese que como la faja es de un metro de ancho, la carga que to-

mará es:

$$q (kg/m) = Q x 1 m$$

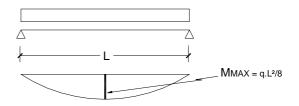
Se determinan los momentos máximos positivos de tramo (Mmax+) y los momentos máximos negativos en los apoyos (Mmax-) - si los hubiera - de acuerdo a la expresión:

$$Mmax = q.L^2/m$$

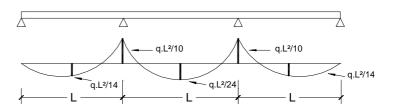
Tomando \mathbf{m} el valor que correspondiere de acuerdo al tipo de apoyo

de la losa

para losa simplemente apoyada:



para losas continuas:

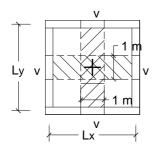


9.2. LOSA MACIZA CON ARMADURA PRINCIPAL EN DOS DIRECCIONES:

Cuando la relación de luces de una losa es menor que 1.5, se debe tener en cuenta que la carga se transmite en dos direcciones perpendiculares entre sí. La "cantidad" de carga que se transimite en cada direccion dependera de la relacion de luces y de las condiciones de apoyo y existen diferentes metodos que proponen como realizar esa distribucion

En nuestro caso, se usara el **Método de Marcus**, que se aplica a losas rectangulares con carga uniformemente repartida.

Se considera a la losa formada por dos familias de fajas, de un metro de ancho, una familia paralela a la dirección "X" y otra a la dirección "Y".



Cada una de las fajas, respetará las condiciones de apoyo en cada dirección y tomará parte de la carga total que solicita a la losa, de tal modo que:

$$q = qx + qy$$

El método de *Marcus*, desarrolla tablas (ver trabajo practico), en las cuales se determinan una serie de coeficientes (X (capa), ρ (ro), a (alfa), β (beta)) en función de la relación de la losa Ly / Lx y del tipo de apoyo. Los dos primeros tienen en cuenta la distribución de la carga total en cada dirección y los dos restantes permiten calcular los momentos positivos de tramos en cada dirección:

$$Qx = Q. X$$

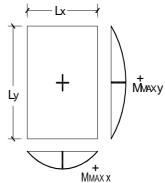
 $Qy = Q. \rho$

Mmax x (+) = a. Q. Lx²
Mmax y (+) =
$$\beta$$
. Q. Ly²

41			2				CASO 2			
1	11	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	·······]	ly/lx	α	β	Ж	ρ	a'	β'
3				1	2	β 3	4	5	6	7
1				0,60	0,01172	0,07302	0,2447	0,7553	0,0145	0,0837
1	≥		<u>></u>	0,61	0,01232	0,07147	0,2571	0,7429	0,0152	0,0822
1				0,62	0,01273	0,06993	0,2698	0,7302	0,0158	0,0806
3				0,63	0,01324	0,0684	0,2825	0,7175	0,0166	0,079
1	1			0,64	0,01427	0,06689	0,2955	0,7045	0,0173	0,0775
lx		L IX		0,65	0,01479	0,06539	0,3086	0,6914	0,018	0,0759
				0,66	0,01531	0,06391	0,3217	0,6783	0,0187	0,0743
*********	CONTRACTOR OF SECTION AND SECT	17.07	7079554	0,67	0,01584	0,06245	0,335	0,665	0,0194	0,0728
Mx máx =	α.q.Lx² [1	tm] ó [Kgm]	lx [m]	0,68	0,01637	0,061	0,3483	0,6517	0,0202	0,0712
		1 / 11/		0,69	0,01691	0,05958	0,3617	0,6383	0,0209	0,0697
My máx =	β.q.ly² [tr	m] ó [Kgm]	ly [m]	0,70	0,01745	0,05818	0,3751	0.6249	0.0216	0.0681
		F P	*	0,71	0,01799	0,05686	0,3885	0,6115	0,0224	0,0666
Borde empotra	ado // a Y			0,72	0,01853	0,05545	0,4019	0,5981	0,0231	0,0651
	2000 CO 1150	2 1/2/ 1		0,73	0,01908	0,05412	0,4152	0,5848	0,0239	0,0636
Mx apoyo = -1	/8 . K . q . LX ²	[tm] ó [Kgm]	ix [m]	0,74	0,01962	0,05281	0,4285	0,5715	0,0246	0,0621
Borde empotra	ado // a X			0,75	0,02017	0,05153	0,4417	0,5583	0,0253	0,0607
	U0 1.3	D 1/ D/ 1		0,76	0,02073	0,05027	0,4548	0,5452	0,0261	0,0592
My apoyo = -1	1/8 . ρ . q . ly²	[tm] ó [Kgm]	ly [m]	0,77	0,02128	0,04903	0,4677	0,5323	0,0268	0,0578
				0,78	0,02183	0,04783	0,4806	0,5194	0,0275	0,0564
~		. m		0.70	0.02230	0.04664	0.4933	0.5067	0,0283	0,055
q = Car	ga total [t/m²] d	[Kg/m²]		0,80	0,02295	0,04548	0,5059	0,4941	0,0292	0,0536
7522 N		NSS NS		0,81	0,02351	0,04435	0,5183	0,4817	0,0297	0,0523
qx = κ .q		$qy = \rho \cdot q$		0,82	0,02407	0,04324	0,5306	0,4694	0,0304	0,051
		adoptar		0,83	0,02463	0,04216	0,5426	0,4574	0,0311	0,0497
ara una relac	ción ly/lx =	0,80		0,84	0,02519	0,0411	0,5545	0,4455	0,0318	0,0484
α	β	Ж	ρ	0,85	0,02574	0,04006	0,5662	0,4338	0,0325	0,0471
0,02295	0,04548	0,5059	0,4941	0,86	0,0263	0,03905	0,5776	0,4224	0,0332	0,0459
A CHARLES OF	32	(a) (a)	- Continue C	0.07	0.00000	0.00000	0.5000	0.4444	0.0000	0.0447

Los coeficientes \mathbf{a} y $\mathbf{\beta}$ tienen en cuenta la repartición de cargas en cada dirección, por lo que en la expresión para calcular los momentos máximos se debe tomar la carga total (Q). Además tienen en cuenta el efecto torsional: cada familia de fajas, produce torsión en la otra familia, lo que disminuye la flexión.

Como la deformada (flecha) en el centro de la losa debe ser la misma en ambos sentidos, se observa que debe tomar mayor carga en el sentido de la luz menor. Es decir, que si Lx es menor que Ly, qx es mayor que qy. (Siempre y cuando las condiciones de borde de los cuatro apoyos sean similares entre si.)



En el caso que exista continuidad, el valor del momento negativo en el apoyo, Marcus da las siguientes fórmulas:

Mx apoyo (-) =
$$Qx \cdot Lx^2/m$$

My apoyo (-) =
$$Qy \cdot Ly^2/m$$

Mx apoyo (-) =
$$Q.x.Lx^2/m$$

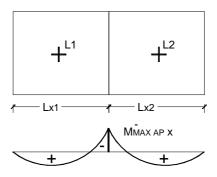
My apoyo (-) = Q.
$$\rho$$
 . Ly $^2/m$

Donde:

m = 8 si solo un borde es empotrado en la dirección considerada m = 12 si los dos bordes son empotrados en la dirección considerada.

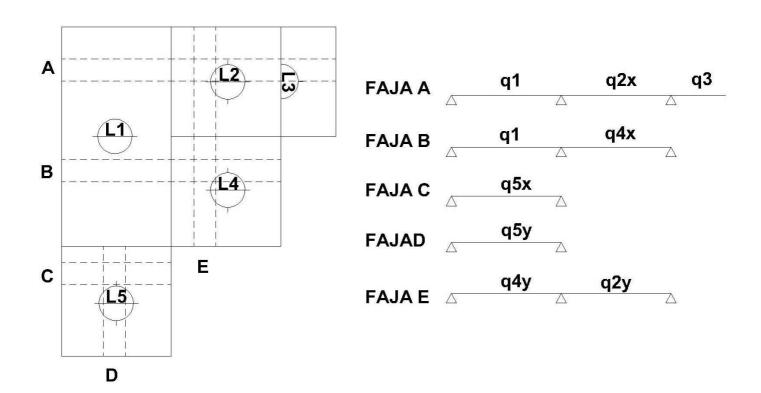
Mx apoyo L1-L2 (-) = (Mx apoyo L1 + Mx apoyo L2) / 2

Por lo visto anteriormente, dos losas continuas presentarán, en su apoyo en común dos momentos máximos negativos diferentes por tener distintas luces, coeficientes m y cargas, por lo tanto dichos valores se deben promediar, de tal manera de llegar a un único momento de apoyo máximo negativo en la dirección correspondiente.



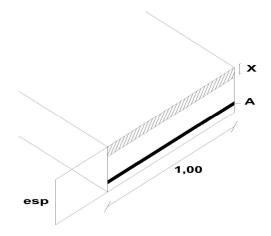
9.3.- CONDICIONES MIXTAS:

En una estructura completa, seguramente aparecerá una combinación de losas cruzadas con unidireccionales. Entonces, deberán crearse fajas "continuas" que abarquen cada una de todas las posibles direcciones de deformación, y según el caso cada faja, estará conformada con tramos de losas "cruzadas" o "unidireccionales". Para el cálculo de la faja continua, se tomara la carga total si la losa es unidireccional o en la proporción que corresponda para la dirección según Marcus para las cruzadas. El siguiente ejemplo intenta aclarar la siguiente situación:



10.- DIMENSIONADO DE ARMADURA:

Los momentos recién obtenidos, tanto para losas cruzadas como unidireccionales, son para franjas de 1 metro de ancho (M = kgm/m, donde los m, metros, no puede simplificarse ya que son de "distinto" origen), por lo cual el dimensionado de la armadura se realizara suponiendo una sección de hormigón armado de ancho 100 cm y altura hu, utilizando las expresiones y verificaciones indicadas en la guía de estudio nro. 2:



A $(cm^2/m) = Mu / z . \sigma ek$

con $Mu = Mm\acute{a}x * \gamma$ ($\gamma = coef. de mayoracion o seguridad)$

y realizando la verificación correspondiente de la profundidad del eje neutro (x):

 $x = A \cdot \sigma ek / b \cdot \sigma'bk < 0.20 h (si el z tomado fue 0.9 h)$

tomando b = 100 cm

También corresponde realizar las verificaciones de cuantía máxima y mínima expresadas en la mencionada guía de estudio de flexion en hormigón armado.

Una vez realizadas todas las verificaciones y adoptada la sección de armadura, debe llevarse este valor de cm2 a la práctica y en forma de barras redondas. Se **podría** dividir la sección total por el área de cada barra y así sacar la cantidad por m de barras que correspondiera. Sin embargo para el caso de losas se prefiere "hablar" de separación y no de cantidad por metro. Entonces se puede calcular la separación como:

Sep. = A\Phi / A total x m donde $A\Phi$ es el área individual del hierro

elegido

También es posible utilizar tabla existente donde están todas las combinaciones posibles de diámetros comerciales y separaciones posibles para obtener una sección total determinada. (Ver tabla en guía de trabajos prácticos)

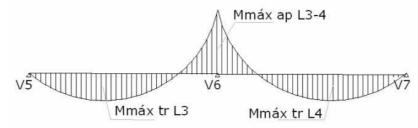
Por lo general la mitad de esta armadura principal (una barra por medio), se levanta en la cercanía de los apoyos, para absorber eventuales y leves momentos negativos (tracción en fibras superiores) que puedan ocurrir, ya sea por continuidad con losas vecinas o pequeñas rigideces aportadas por las vigas de apoyo.



ARMADURA LEVANTADA EN APOYOS

10.1 ARMADURA EN APOYOS

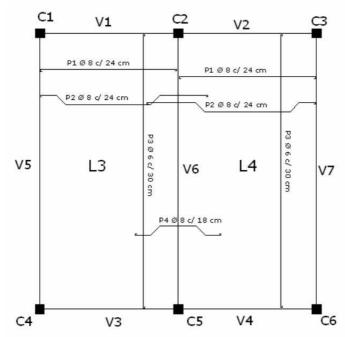
Como se comento anteriormente en el caso de **losas continuas** la armadura de tramo, levantada de cada losa, contribuirá a resistir los momentos negativos en el apoyo.



Una vez calculada la armadura necesaria en el apoyo (A apoyo), correspondiente al momento máximo negativo que allí se produce, (apoyo continuo), se calcula la sección de armadura adicional o "armadura de caballete":

A caballete = Aapoyo - ½ A1 - ½ A2

(Siendo $\frac{1}{2}$ A1 y $\frac{1}{2}$ A2 la armadura que se levanta de cada tramo)



De esta manera,

el momento máximo negativo en el apoyo se cubre con la armadura que se levanta de cada tramo, más la "armadura de caballete". Cabe aclarar que si la expresión anterior diera un resultado negativo, significa que la armadura de tramo levantada de ambas losas es suficiente para cubrir el momento negativo en el apoyo.



CABALLETE ADICIONAL EN APOYOS DE LOSAS
CONTINUAS

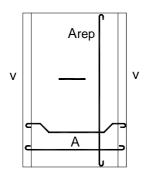
10.2 ARMADURA DE REPARTICION Y ARMADURA EN VOLADIZOS

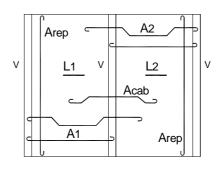
En el caso de losas unidireccionales, que si bien precisan armadura en una sola dirección, de todas formas, se adiciona perpendicularmente a la armadura principal, y por encima de la misma, una armadura complementaria, denominada "armadura de repartición", que tiene por finalidad vincular las "fajas" en sentido transversal, asegurando el trabajo solidario de todas ellas como placa.

La sección de esta armadura se adopta, y varía con el reglamento con el que se realice el cálculo. Tomaremos como armadura de repartición (A° rep):

A° rep = A / 5, siendo A la armadura principal calculada.

A modo de ejemplo en las Figuras siguientes se muestra la disposición de las armaduras para distintos casos de losas unidireccionales, voladizos y losas generales.





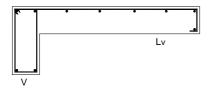
LOSA SIMPLEMENTE APOYADA

LOSA CONTINUA

Las losas en voladizo son también losas con armadura principal en una

dirección

Se presentan cuando se empotran en una viga de borde (fig. 1), transmitiéndole a dicha viga un momento torsor, o bien, existiendo continuidad con otra losa (fig. 2):





Estas losas tienen la particularidad de estar afectadas en todas sus secciones de momentos negativos, por lo tanto las fibras traccionadas se ubican en la parte superior, por lo que deberá disponerse la armadura principal en correspondencia con las mismas (la armadura de repartición por debajo de estas).

El momento flector con el que se calcula la armadura principal es el correspondiente a la sección de apoyo.

12.- DISPOSICIONES CONSTRUCTIVAS

Independientemente de cualquier resultado obtenido en los procedimientos anteriores deberán en todos los casos, respetarse disposiciones constructivas, en cuanto alturas, recubrimientos, relación entre sección de armadura y hormigón (cuantías), etc.

Espesores mínimos de las losas (ht): La altura útil (hu), se calcularán de acuerdo al Cuadro I y se respetarán los siguientes espesores (ht) mínimos:

5 cm para losas inaccesibles o cubiertas

7 cm para losas accesibles (entrepisos)

12 cm para losas transitables por vehículos.

Armaduras mínimas:

No se admiten armaduras principales menores a 1 Ø 6 c/15 cm o equivalente (1Ø 8 c/20cm). Además la armadura principal deberá ser mayor que el que indica la cuantía mínima de acero:

• Separación máxima de armadura principal:

 $s \le 15 + d / 10$ (d: espesor de la losa en cm).

Armadura de repartición:

Deberá ser no menor a 3 Ø 6 por metro de losa.

• Recubrimiento mínimo a eje de armadura:

rec = 1,5cm para ambientes protegidos rec = 2,5 para ambientes desprotegidos

13.- RESUMEN DEL PROCEDIMIENTO DE DIMENSIONADO

Se resume a continuación en forma de recetario el procedimiento habitual de cálculo de una losa de hormigón armado

1.- Establecer dirección de armado de acuerdo a relación de luces y

condiciones de apoyo

- 2.- Predimensionado del hormigón
- 3.- Análisis de cargas
- 4.- Calculo de reacciones
- 5.- Calculo de Momentos Flectores en tramos y apoyos
- 6.- Dimensionado de la armadura
- 7.- Verificaciones

14.- CARGAS LINEALES SOBRE LOSAS - MAMPOSTERIAS

A pesar que siempre es conveniente que las mamposterías de un proyecto sean ubicadas sobre vigas, puede suceder que si la distribución de paredes es muy densa, no sea acompañanada por la distribución de vigas y por lo tanto alguna apoye directamente sobre la losa. En ese caso se procederá de la siguiente manera

14.1 LOSAS UNIDIRECCIONALES

Pueden presentarse dos situaciones totalmente diferentes:

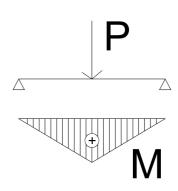
Si la pared es paralela a la dirección de armado, deberá colocarse un refuerzo, que no es más que una viga de pequeña altura, igual al espesor de la losa más algunos centímetros que se le pueden ganar superiormente al contrapiso y que quedan escondidos en el mismo. Debe destacarse que este refuerzo se dimensiona (ver vigas) solo para soportar la pared y que no delimita losa.



REFUERZO DE LOSA

Si la pared es perpendicular a la dirección armado, debe ser considerada como una carga puntual actuando exactamente en su ubicación y con un valor que será

 $P_{pared} = PUVpared x esp x altura$



14.2 LOSAS CRUZADAS

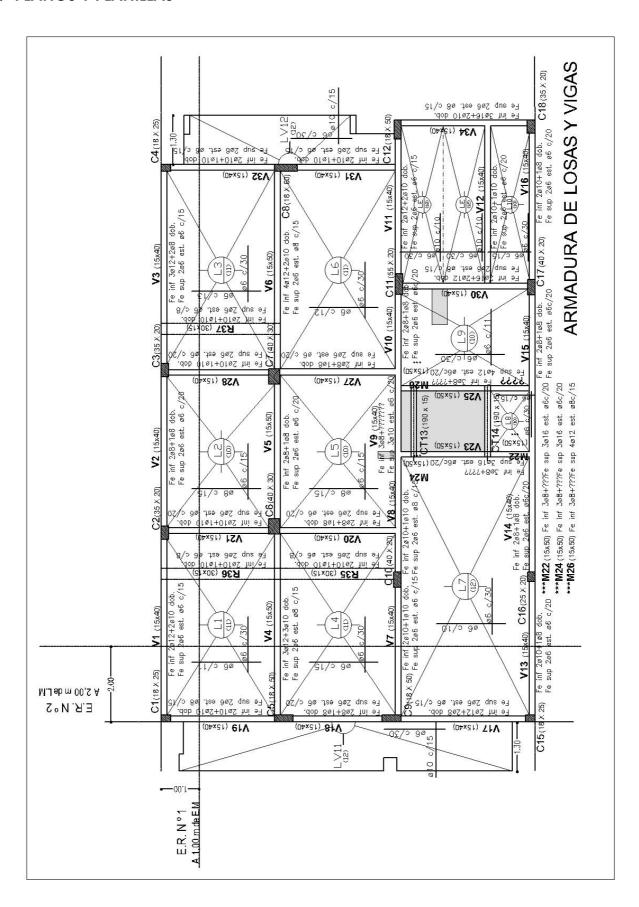
En este caso, si bien no es del todo exacto, el hecho que la losa es cruzada y distribuye la carga en dos direcciones se transforma la pared en una carga uniformemente distribuida sobre toda la losa calculada como la carga total de la pared dividida la superficie de la losa, es decir

Q_{pared} = PUV pared x esp x altura / superficie de losa

15.- PLANOS Y PLANILLAS DE CALCULO

Toda la información obtenida en los puntos anteriores se vuelca en una planilla resumen, donde se indican las principales características geométricas de las losas, sus cargas, reacciones y momentos máximos, y armaduras a colocar. Al final de este trabajo se encuentra un ejemplo de planilla y un plano de replanteo de losas a ser utilizado en la obra para la ejecución y control de la misma.

16.- PLANOS Y PLANILLAS



PLANILLA DE LOSA SIPLANTA BAJA	SA SIPLA	INTA BA.	IA.						OBF	A:altos	de saav	OBRA:altos de saavedra (Bloque delantero)	que dels	intero)		НОЕ	HORMIGON		170 KG/CM2	G/CM2	1		COEF SEG.	o.	1,75	
									Ubit	:: 67 em	Ubic: 67 entre 15 y16				The state of the s	ACERO	RO	4	4400 KG/CM2	G/CM2						
	۲	Ly	Ly/Lx o			Cargas	as			Cargas(Kg/m2)	(g/m2)	Rea	Reac.(Kg/m)		Cond.de M	MX	MY	Dimensiones	seuc	Arm.segun x	x unbe		Arm	Arm.segun y		OBSERVACIONES
Posicion	(m)	(m)	Lx/Ly	P.Pro Esp. pio Cont		Puv.c P.	Puv.c Peso.C pared puntu ont ont es al	rred pun	ntu g	۵	σ	XX.		Ry Borde		kgm/m kg	kgm/m	£	p	cm2/m	>	des	cm2/m	<i>\$</i>	des	
Losa nivel ()																										
П	3,20	4,00	1,25	240	10	1600	160		40	400 200	0 600		480	576	37	329	82 (8,5	10	1,64	9	15	1,64	9	15	
12	3,20	3,30	1,03	240	10	1600	160	120	520	200 200	0 720		976	593	38	380 1	139	8,5	10	1,83	9	15	1,64	9	15	
23	2,50	3,00	1,20	240	10	1600	160	150	550	50 200	0 750		469	547	12	124	74	8,5	10	1,64	9	15	1,64	9	15	
14	3,30	4,00		240	10	1600	160		4(400 150	0 550		454	533	52	524		8,5	10	2,55	9	11	1	9	30	
15	2,70	2,20		240	10	1600	160	50	44	450 300	0 750		489	413		4	454	8,5	10		9	30	2,20	9	12	
97	3,20	3,90		288	10	1600	160		44	448 20	200 648		1264	611		-	1232 1	10,5	12		9	30	4,97	8	10	
۲٦	8,00	2,80		288	10	1600	160	150	55	598 200	0 798		1117 -			1	782 1	10,5	12		9	30	3,08	8	15	
87	1,20	4,00		288	10	1600	160		4	448 150	0 598		1196	-		-	1196	10,5	12	-	9	30	4,82	8	10	
Lbalcon	1,00	00'9		240	10	1600	160		4(400 300	0 700	0		2007	ξ	-350		8,5	10	1,68	8	15	-	9	30	armadura superior
Lesc	3,40	1,00		456	4	1600	64		5,	520 300	0 820	0.		1394	+	1185		8,5	10	6,11	10	12	1	9	30	
APOYO L1-L2															-4	-483	-	8,5	10	2,34	agreg	ar en a	agregar en apoyo 1 fi del 6 c/20	del 6 c	/20	
APOYO L2-L3															6	-333		8,5	0	1,64	agreg	ar en a	agregar en apoyo 1 fi del 6 c/20	del 6 c	/20	
APOYO L3-L4															4-	-485		8,5	9	2,35	agreg	ar en a	agregar en apoyo 1 fi del 6 c/20	del 6 c	/20	
APOYO L1-L6																	-698	8,5	10	****	agreg	ar en a	agregar en apoyo 1 fi del 6 c/20	del 6 c	/20	
EN LOS APOYOS DE LOSA LEVANTAR UN HIERRO POR MEDIO	DE LOS	A LEVAN	TARUN	HERRO F	OR MI	EDIO																				