

ESTABILIDAD DE LAS  
CONSTRUCCIONES III

**LOSAS 3**  
**CASOS PARTICULARES**

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

## CASOS PARTICULARES

### 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 tercera sección se aborda la consideración de algunos casos que permiten explicar situaciones que se presentan con relativa frecuencia y el caso particular de las escaleras.

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.

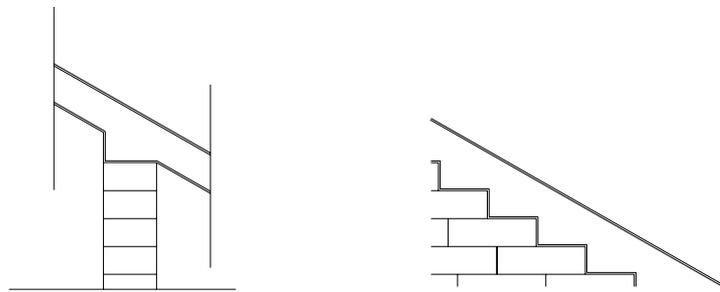
Junio de 2007



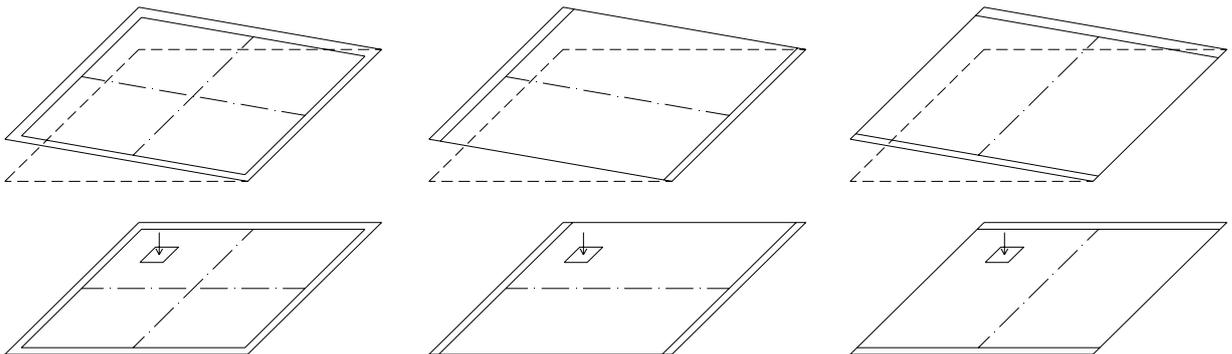
## CAPITULO I LOSAS INCLINADAS

La inclinación del plano medio de una losa no altera su modelo de comportamiento, salvo que esa inclinación sea tan importante que se deba considerar el trabajo de la lámina como viga de gran altura.<sup>1</sup>

En todos los casos si las cargas son gravitatorias las descargas serán verticales. Cuando el apoyo se produce sobre muros de obra de fábrica, la construcción debe garantizar que se realiza sobre un plano horizontal por lo cual surgen dos detalles genéricos:



Si la pendiente de la losa no supera el 27% ( $15^\circ$ ) es factible trabajar con el esquema horizontal es decir que se trabajan con las luces medidas en planta y con las cargas evaluadas por metro cuadrado horizontal tanto para la determinación de la solicitaciones como para la estimación de las descargas.

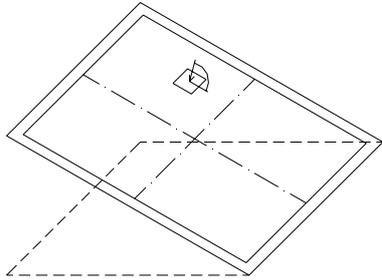


La resolución del segundo caso de losa apoyada sobre lados paralelos resulta independiente de la pendiente ya que el eje de la faja representativa de este caso es horizontal. Si la pendiente es mayor y los apoyos son muros debe tenerse en cuenta que la descarga que se obtiene es por metro inclinado y que para el estudio del muro se debe considerar la descarga por metro horizontal.

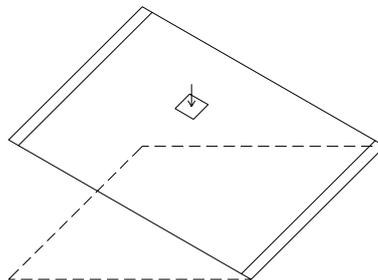
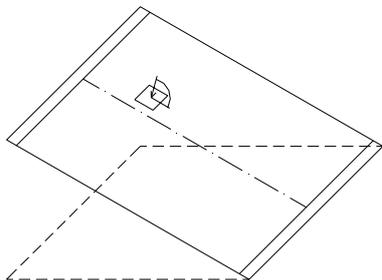
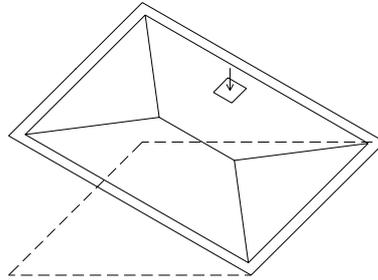
<sup>1</sup> Ver VIGAS ALTAS, de los mismos autores, Olceda, Montevideo

Para pendientes mayores, se debe trabajar con las luces reales. Para los flectores se deben tomar como cargas las componentes de las acciones normales al plano medio de la losa, para las descargas se debe tomar como carga a la acción vertical.

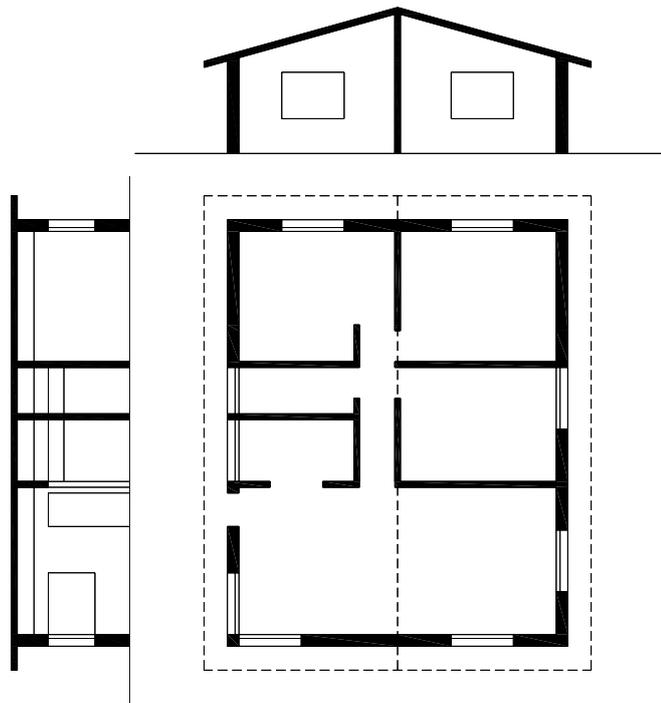
ESQUEMAS PARA FLECTORES

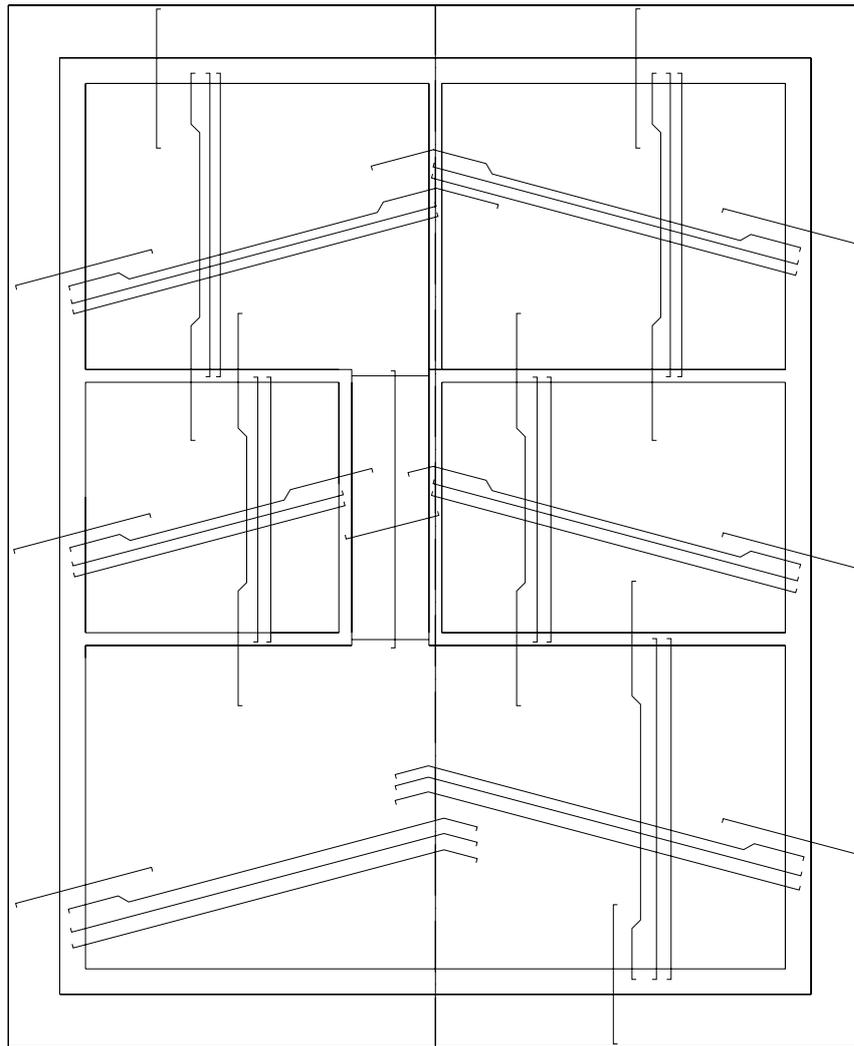


ESQUEMAS PARA DESCARGAS



En la expresión final del resultado del dimensionado, en los recaudos del proyecto, las armaduras deben dibujarse por cortes rebatidos que reflejen la pendiente de la losa. Como ejemplo:

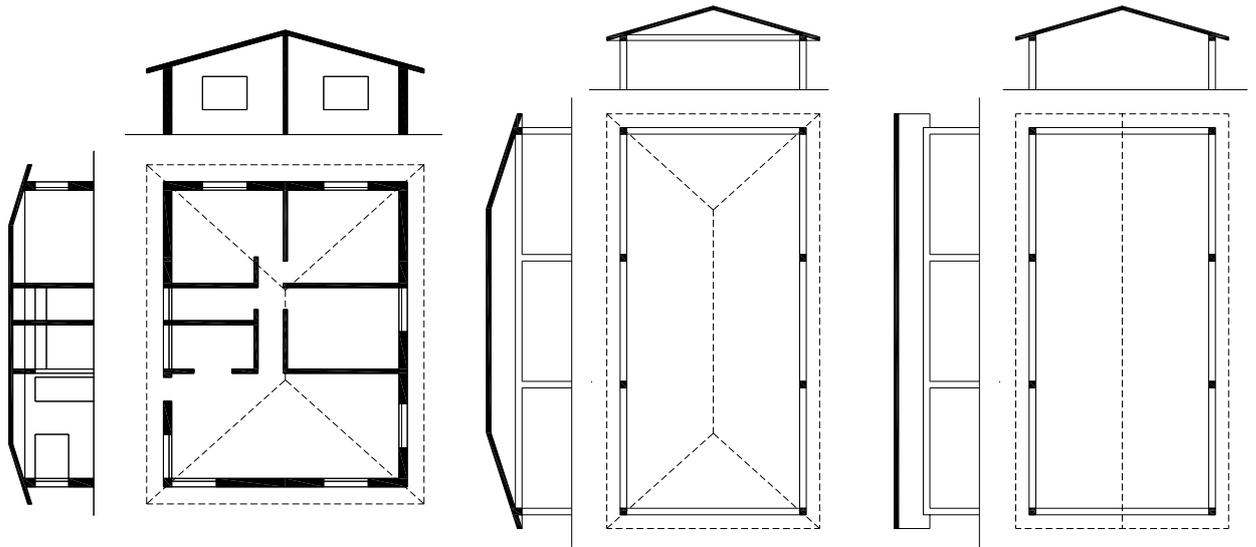






## CAPITULO II LOSAS QUEBRADAS

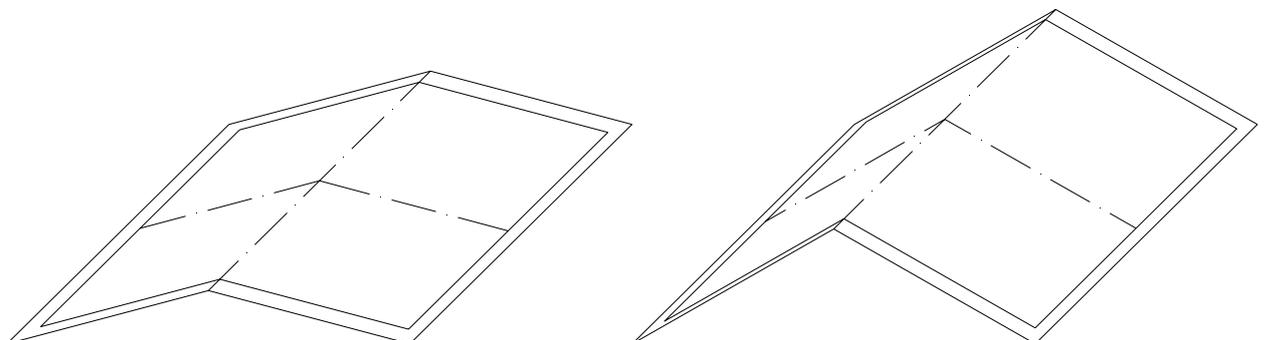
Este capítulo se refiere a losas inclinadas cuyo plano medio cambia de pendiente, quiebra, formando aristas que no coinciden con los apoyos verticales.



De acuerdo a la importancia del cambio de pendiente que se produce en el quiebre cada losa resultará subdividida en varias o no. La subdivisión se genera cuando la arista de pliegue se constituye en un apoyo.

La arista de pliegue se deforma como parte de la losa pero el ángulo entre los faldones condiciona esa deformación.

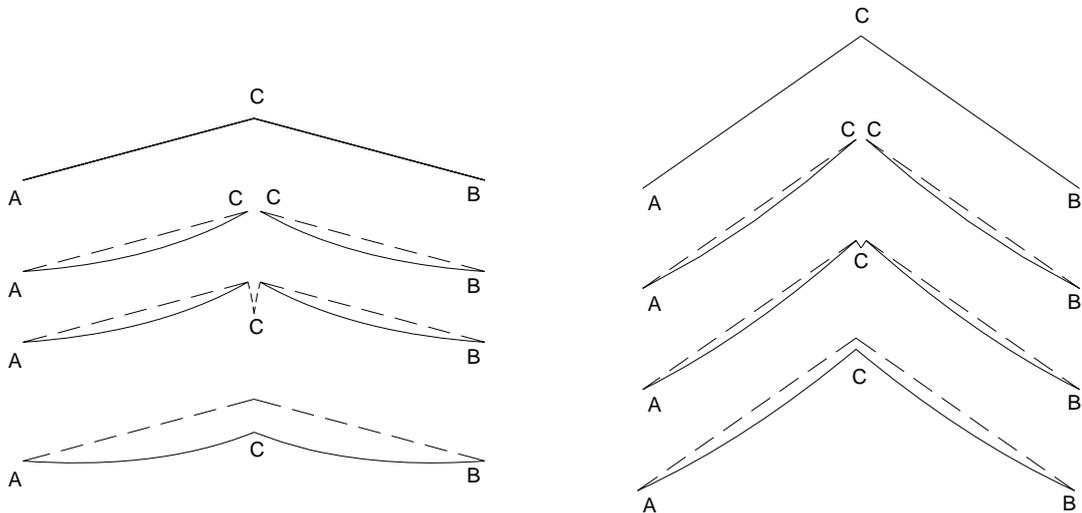
Para comprender lo que sucede se pueden analizar en paralelo dos situaciones de una losa apoyada en todo su perímetro, presentando ángulos distintos entre los faldones.



Tomando cortes por el plano medio se tiene que para que el punto C descienda las distancias AC y BC deben disminuir, esto se logra por la deformación de la losa en su plano, al curvarse AC y BC.

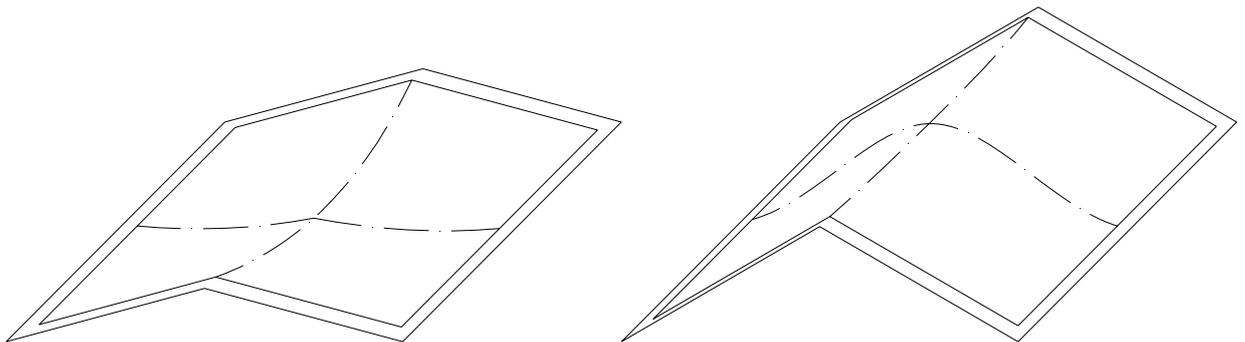
Esta deformación de la losa en su plano permite distintos descensos para el punto C según el valor del ángulo que forman los dos faldones entre sí.

En una primera situación se dibuja la deformación de cada faldón en forma independiente, expresando la posición en que quedaría el punto C en cada uno debido a la disminución de su distancia con los puntos fijos. Luego, como el punto C debe ser único se hace girar cada parte hasta que coincidan los puntos C.



De la comparación entre los dos casos surge que al disminuir el ángulo entre los faldones el punto C desciende menos, esto en términos del comportamiento de la losa significa que a medida que disminuye el ángulo entre los faldones la arista de quiebre se va comportando con mayor rigidez.

La deformación global de la losa se ve afectada. Cuando el ángulo entre los dos faldones tiende a  $180^\circ$  la deformación es muy similar a la que se produciría en una losa plana. A medida que el ángulo se va apartando de los  $180^\circ$  la deformación se aproxima a la de dos losas continuas que tienen a la arista de quiebre como apoyo común.



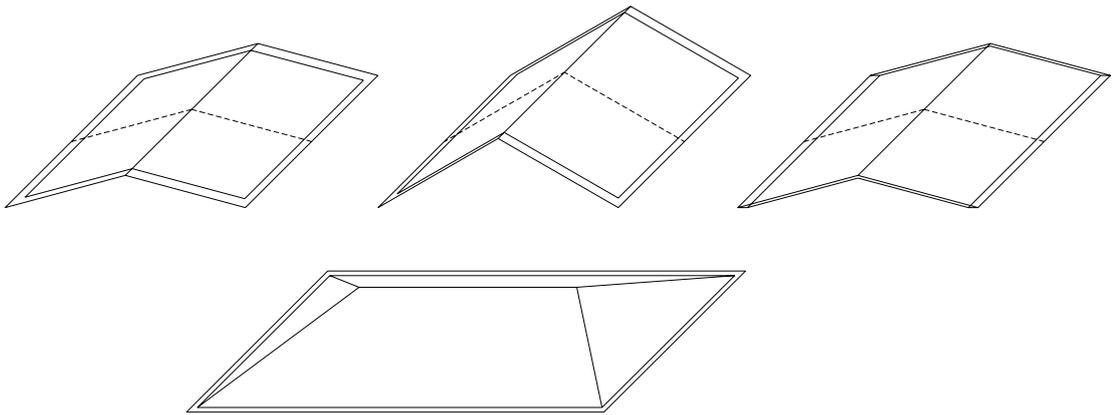
Para ángulos comprendidos entre  $180^\circ$  y  $150^\circ$  no existen dudas sobre que se puede admitir el comportamiento como si se tratase de una única losa plana. Para ángulos menores a  $120^\circ$  se debe modelizar considerando el mutuo apoyo en la arista de quiebre.



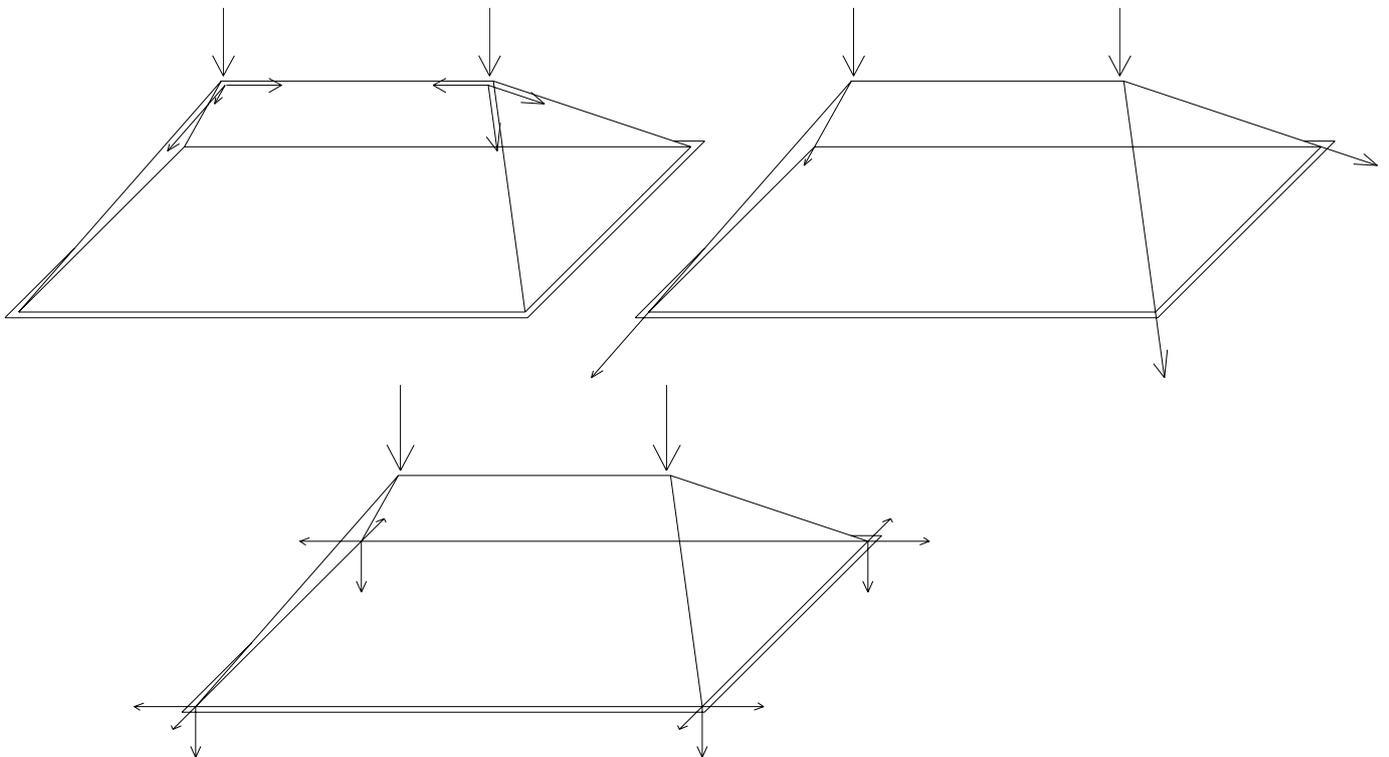
Combinando el análisis precedente con lo visto en el capítulo anterior sobre la incidencia de la pendiente del plano medio de la losa se puede proceder a la determinación de momentos flectores y descargas.

Frente a cargas gravitatorias las descargas se considerarán verticales salvo en el caso en el que las aristas de quiebre, funcionando como mutuo apoyo entre faldones, no tengan sus extremos sobre apoyos verticales.

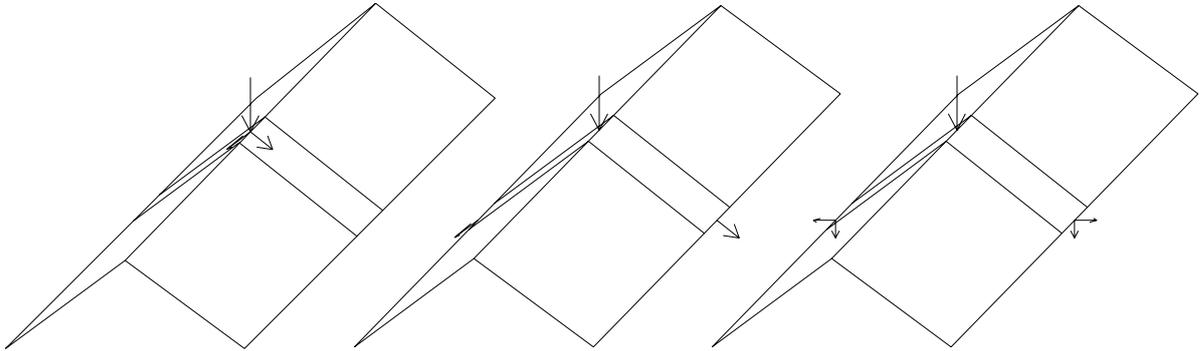
En los siguientes casos las descargas serán verticales:



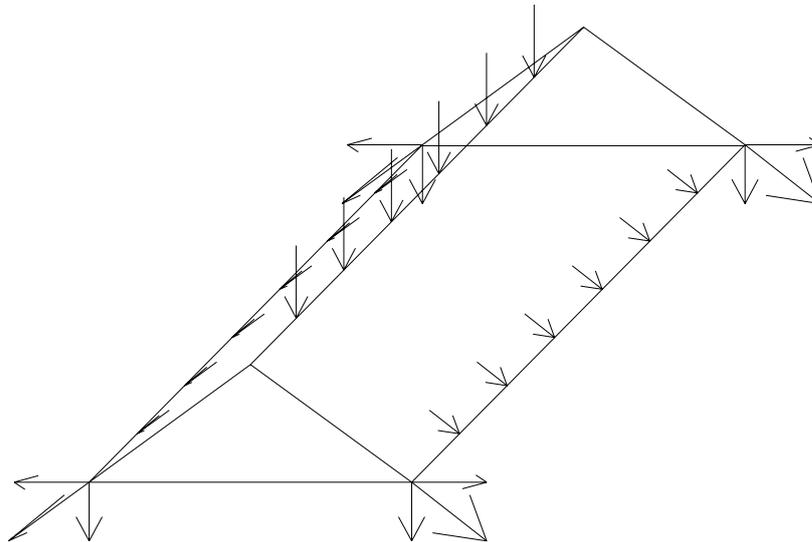
En este otro caso las descargas que producen las tres aristas de quiebre en su punto de encuentro se descomponen en tres fuerzas según las tres direcciones concurrentes. Las horizontales se equilibran comprimiendo a la cumbrera y las inclinadas se transmiten a los vértices de la planta donde se deberán proyectar apoyos capaces de absorberlas, por ejemplo un elemento vertical en compresión y dos horizontales en tracción de acuerdo a lo que surge de la descomposición de la descarga.



Lo mismo sucede en el caso del plegado simple de una losa sobre apoyos paralelos.



En este caso se puede modelizar cada faldón de losa como viga en su plano. Esta viga puede conducir la descarga inclinada hacia apoyos puntuales en los que se produce el equilibrio con fuerzas horizontales y verticales.



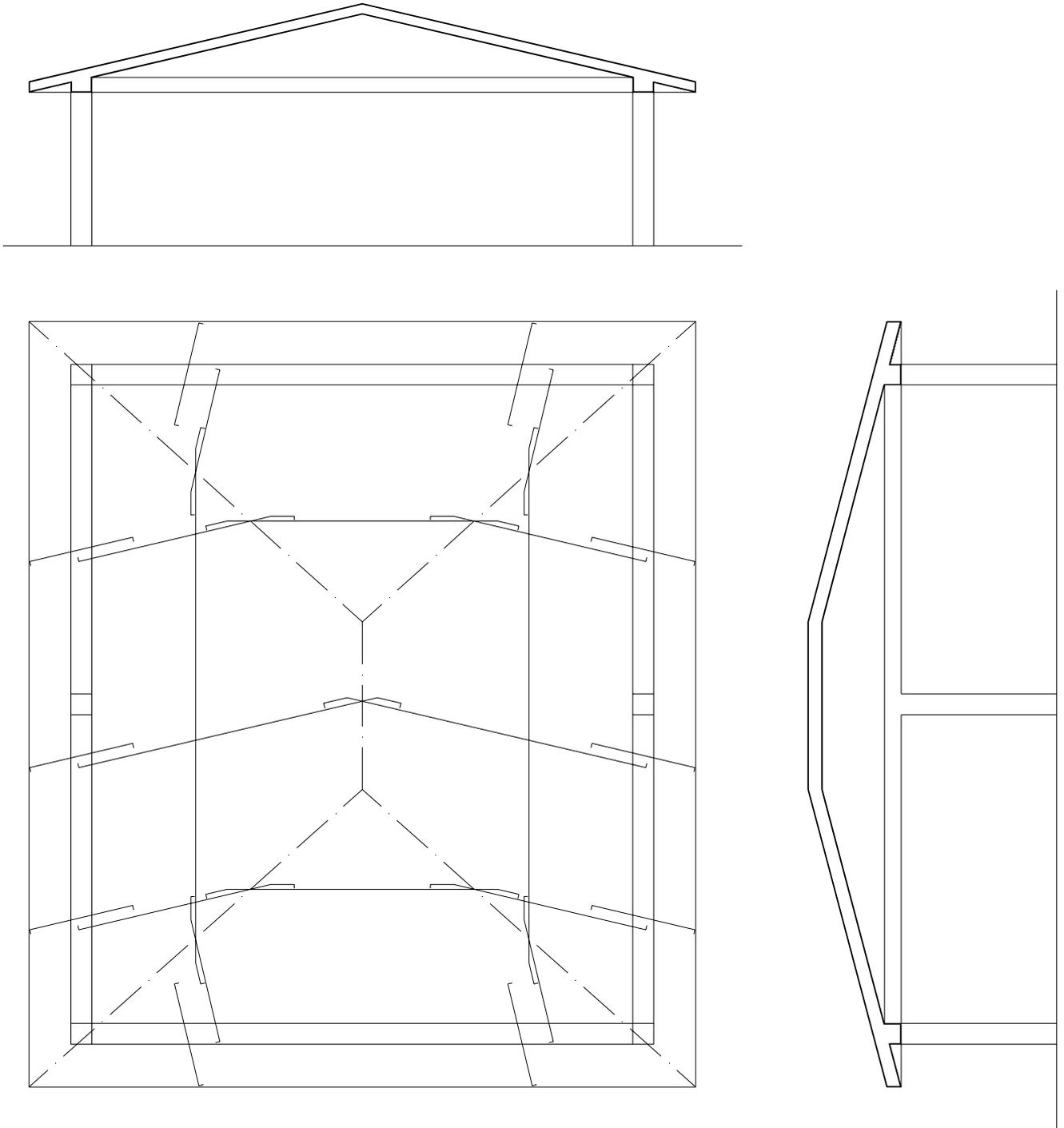
El dimensionado se resuelve en función de la forma de la planta, los apoyos y las continuidades que resultan para cada losa.

La organización de armaduras debe dibujarse por cortes rebatidos que reflejen las pendientes de las losas y los quiebres. En los quiebres se considerarán los empalmes derivados de la resolución del cambio de dirección de la tracción.

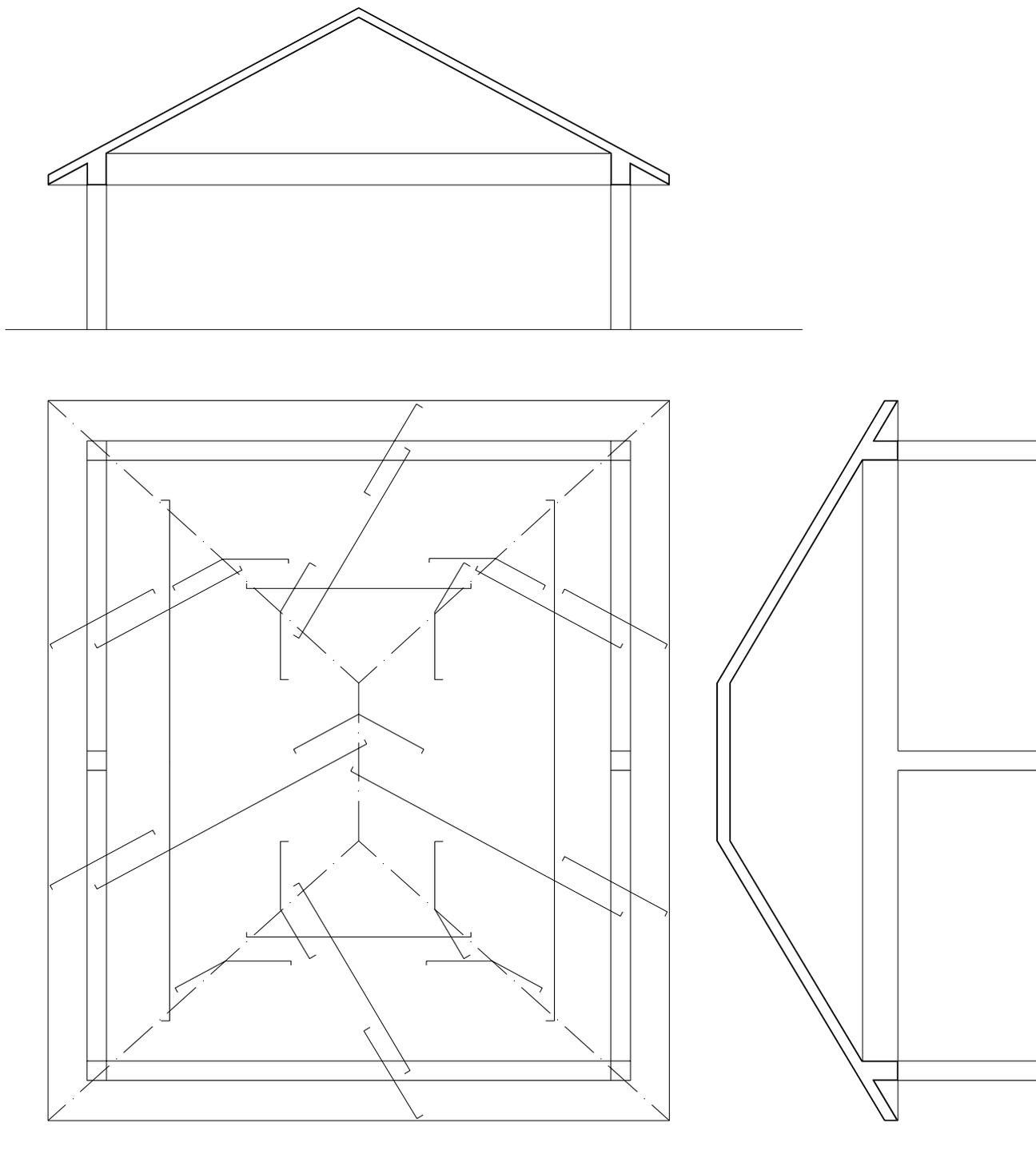
Debido a que los cambios de pendientes y los quiebres dan por resultado una gran variedad de longitudes para las barras de acero se prefiere no doblar barras cuando la tracción cambia de cara y utilizar mallas independientes en una cara y otra de la losa.

Para una misma planta se presentan dos ejemplos según que los cambios de pendiente hayan convertido a las aristas de quiebre en apoyos intermedios o no.

Primer caso. El conjunto es modelizable como una sola losa, las únicas tracciones que existen en la cara superior son las producidas por el alero.



Segundo caso. El conjunto es modelizable como un conjunto de cuatro losas continuas. La malla inferior de cada una de ellas se armará con barras rectas. Las tracciones en la cara superior en todos los apoyos se resuelven con barras independientes.



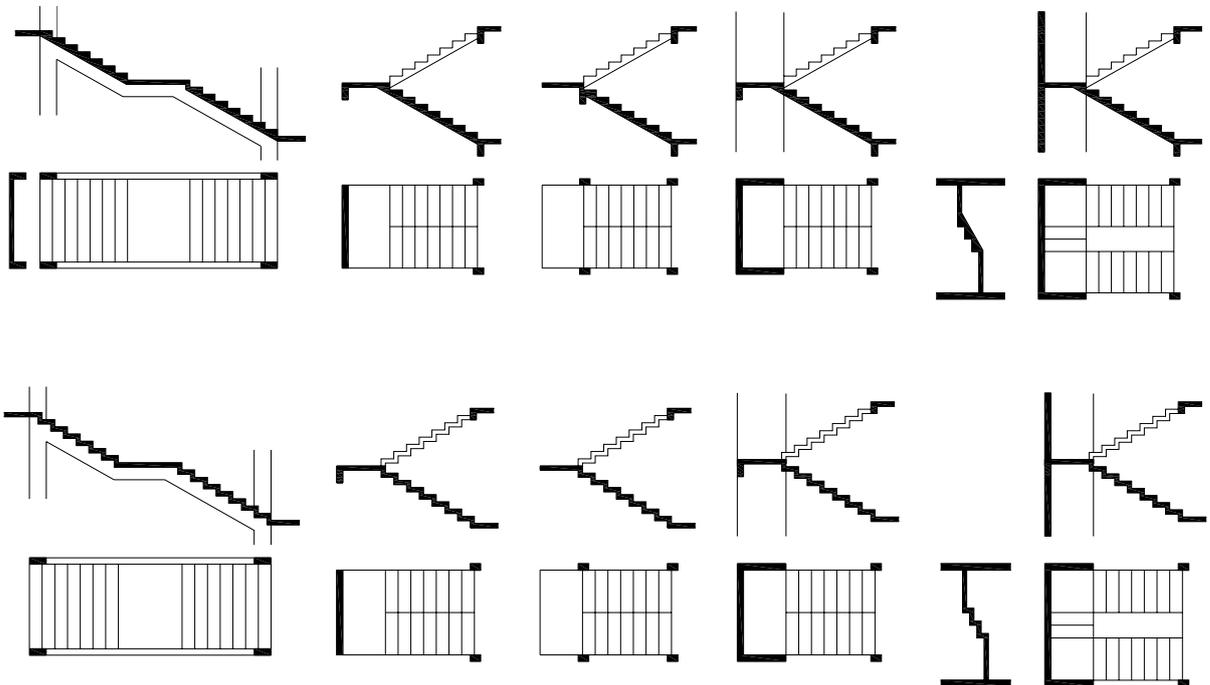
### CAPITULO III ESCALERAS

Las soluciones arquitectónicas para una escalera son extremadamente variadas.

Desde el punto de vista estructural, cuando son construidas en hormigón armado, son estudiadas siempre como un conjunto de losas, cuyos modelos de comportamiento surgen de las condiciones de apoyo. Se conforman como losas planas sobre las cuales se moldean los escalones o como losas plegadas según las dimensiones del escalón. Resultarán tramos de losas, inclinados, horizontales y tramos quebrados con una parte horizontal y otra inclinada.

Para modelizar el equilibrio se parte de considerar que en todos los casos los apoyos solamente son capaces de generar reacciones verticales.

En los siguientes esquemas se plantean algunas formas típicas, con variantes de acuerdo a distintas situaciones de apoyo. Esta tipificación no es exhaustiva, pero es lo suficientemente general como para poder cubrir las soluciones más comunes.

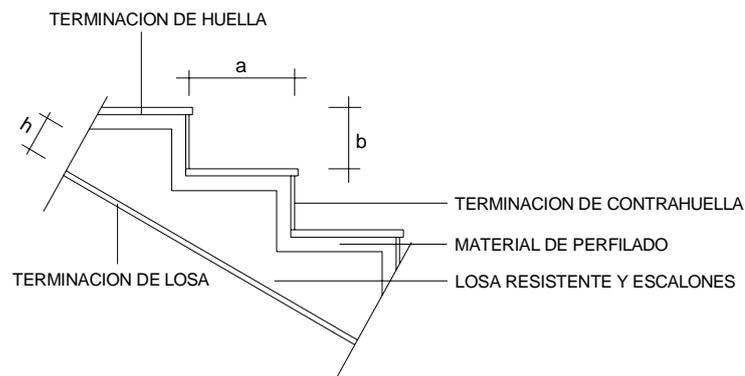


Dentro del modelo de cálculo, la determinación de solicitaciones se realiza con ayuda de lo que se llama el tramo equivalente, es decir que en lugar de trabajarse con las luces reales de los tramos se trabaja con las luces medidas en planta, lo que lleva a que las acciones se deban medir por metro cuadrado horizontal.

### RESOLUCIÓN MEDIANTE LOSAS PLANAS SOBRE LAS QUE SE MOLDEAN LOS ESCALONES.

A través del estudio de un detalle genérico se puede comprender como se determina el valor de la carga unitaria en los tramos inclinados.

Sobre la losa resistente se moldean mediante relleno los escalones, estos dos elementos se construyen en hormigón armado y se llenan en una única operación. Sobre este rústico se perfilan con exactitud los escalones y luego sobre este perfil se colocan las terminaciones, el espesor de la capa de material necesaria para el perfilado de los escalones y el asiento del material de terminación son variables según el caso. Por debajo se dará terminación a la superficie de la losa resistente.



La determinación de la carga permanente total por metro cuadrado horizontal surge de la suma de todos esos componentes. Las dimensiones se considerarán en metros. En cada metro existen  $1/a$  escalones.

$$\text{peso propio de la losa} = h \cdot 1 \cdot 1 \cdot 2500 \cdot \frac{\text{luz inclinada}}{\text{luz horizontal}}$$

$$\text{relleno para escalones} = \frac{a \cdot b}{2} \cdot 1 \cdot 2500 \cdot \frac{1}{a}$$

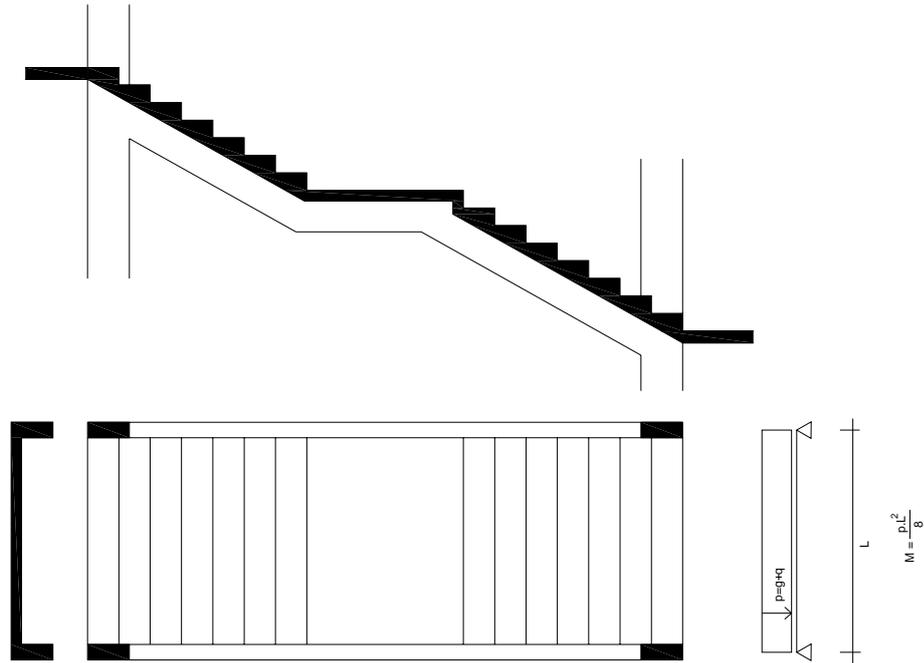
$$\text{perfilado de escalones} = (a + b) \cdot \text{espesor} \cdot 1 \cdot 2000 \cdot \frac{1}{a}$$

$$\text{terminación huella} = \text{peso de un m}^2 \text{ del pavimento}$$

$$\text{terminación contrahuella} = b \cdot 1 \cdot \text{peso de un m}^2 \text{ del revestimiento} \cdot \frac{1}{a}$$

$$\text{revoque inferior} = 0,015 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 2000 \cdot \frac{\text{luz inclinada}}{\text{luz horizontal}}$$

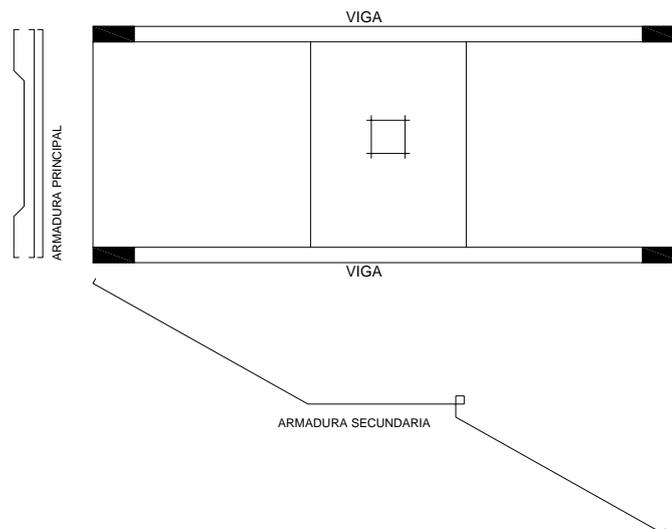
El resultado se toma como una carga uniforme, "g", por metro cuadrado horizontal. A este valor de "g" se le debe sumar la carga eventual "q" definida en la norma UNIT 33-91 según el uso que tendrá la escalera, este valor también está expresado por metro cuadrado horizontal. Si en el proyecto de la escalera existen losas continuas se deberá tener en cuenta la consideración de distintos estados de carga.

**Escalera sobre vigas zancas.**

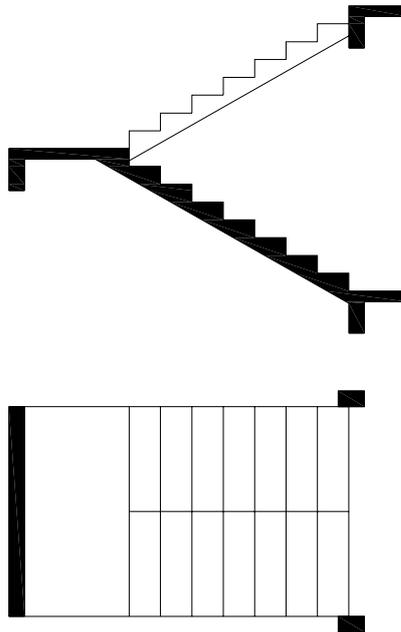
En este caso resulta una losa apoyada sobre lados paralelos cuya luz es la distancia entre los ejes de las dos vigas. La faja representativa responde al esquema indicado y el valor del momento flector máximo es:

$$M = \frac{p \cdot L^2}{8}$$

La armadura principal será perpendicular a las vigas de apoyo y estará formada por una serie de dos barras rectas más una doblada. La organización de la armadura secundaria refleja los quiebres de la losa.

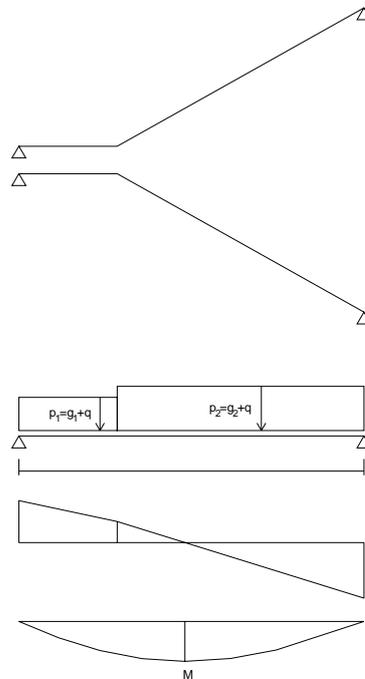


**Escalera de dos tramos apoyados en los niveles a salvar y a media altura.**



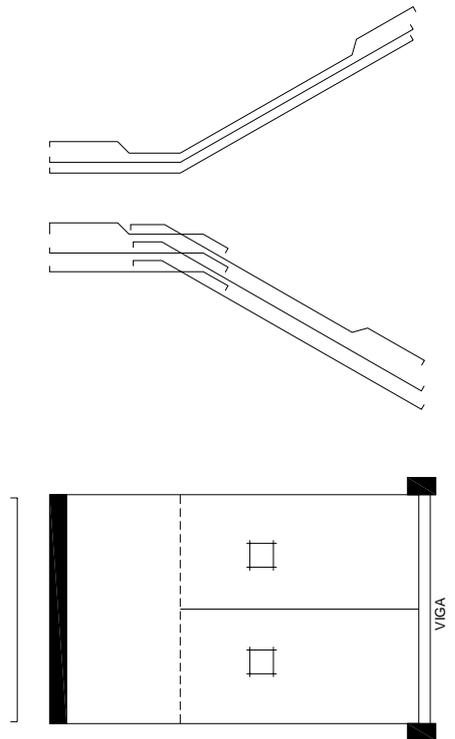
Resultan dos losas quebradas que cada una salva medio nivel. Como ya se ha dicho los esquemas quebrados serán sustituidos por un esquema equivalente, es decir por un esquema recto, horizontal, de la misma luz y con cargas uniformemente distribuidas por metro horizontal.

Sobre el esquema equivalente se determinan las solicitaciones:



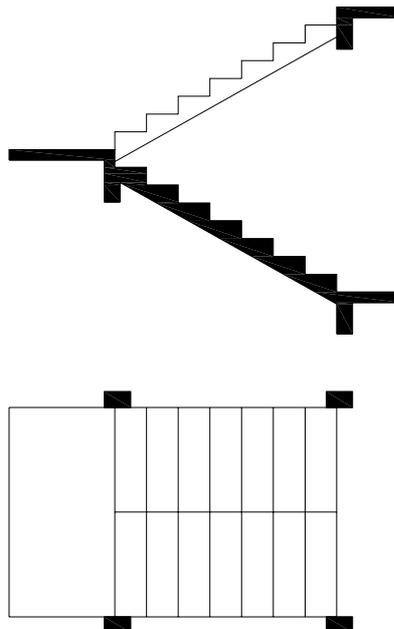
La armadura resistente resulta quebrada. En una rama las tracciones quebran por el lado convexo, por lo que las armaduras se pueden resolver con una barra entera. En la otra rama las tracciones

quiebran por el lado cóncavo por lo que las barras deben cortarse en el punto de quiebre y resolverse su anclaje.



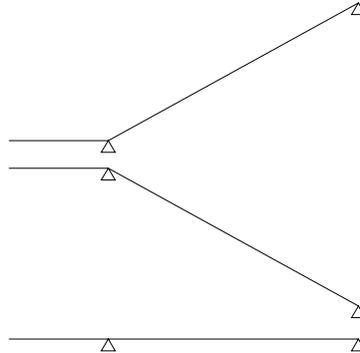
Se mantiene, como en otros casos de losas simplemente apoyadas, el criterio de organizar la armadura doblando una barra cada tres, al quinto de la luz, a los efectos de resistir las tracciones que se producen en la cara superior debido al monolitismo que existe entre la losa y sus apoyos. La armadura transversal, secundaria, se resuelve con barras rectas.

#### Escalera de dos tramos apoyados en los niveles a salvar y en el punto de quiebre.

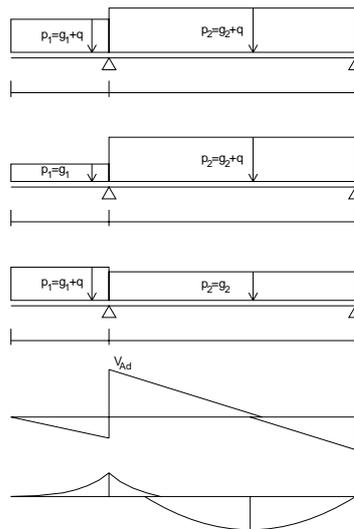


En este caso el descanso actúa como voladizo desde los tramos inclinados, estos a su vez resultan losas sobre apoyos paralelos.

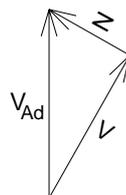
Los esquemas que resultan y el esquema equivalente son los siguientes:



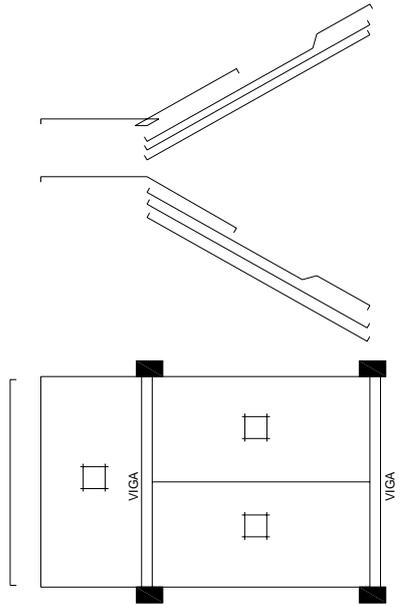
Por resultar esquemas de dos tramos continuos deben considerarse distintos estados de carga a los efectos de obtener el diagrama de solicitaciones envolvente que expresa las mayores exigencias.



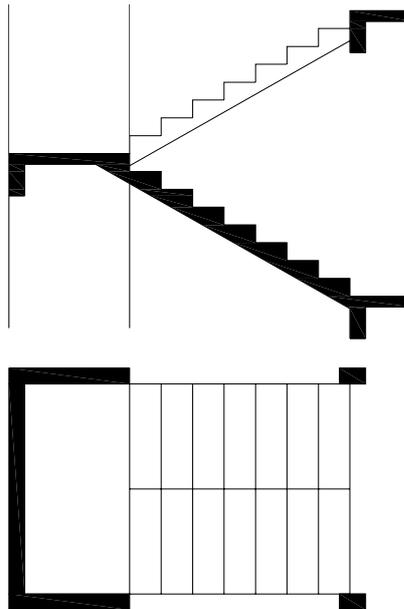
A los efectos del dimensionado en el apoyo, se deben sumar las exigencias del momento flector y las del axil de tracción  $N$  que actúa en ese punto sobre el tramo inclinado y que resulta de la descomposición del cortante  $V_{Ad}$ .



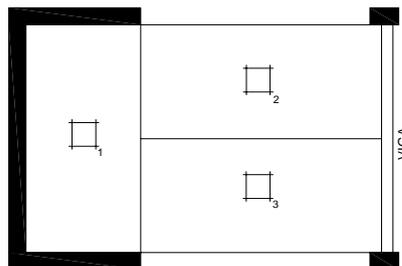
Para la organización de la armadura se prefiere trabajar con barras dobladas solamente en el apoyo simple y organizar la requerida por el voladizo con independencia de la proyectada para el tramo.



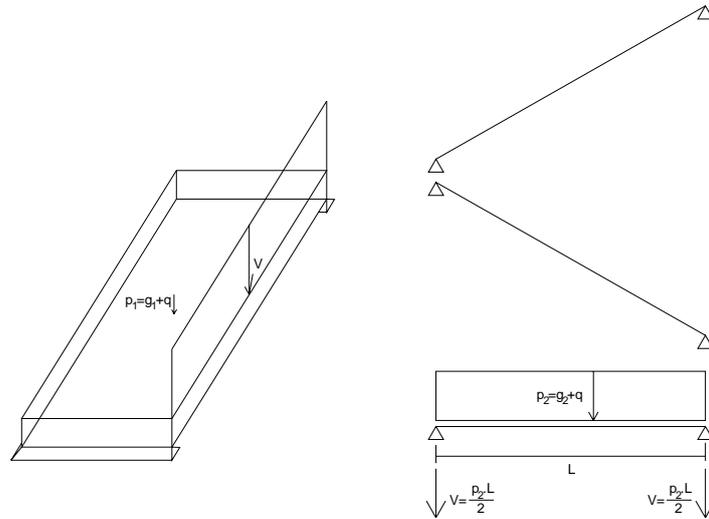
**Escalera de dos tramos apoyada en los tres bordes del descanso y en los niveles a salvar.**



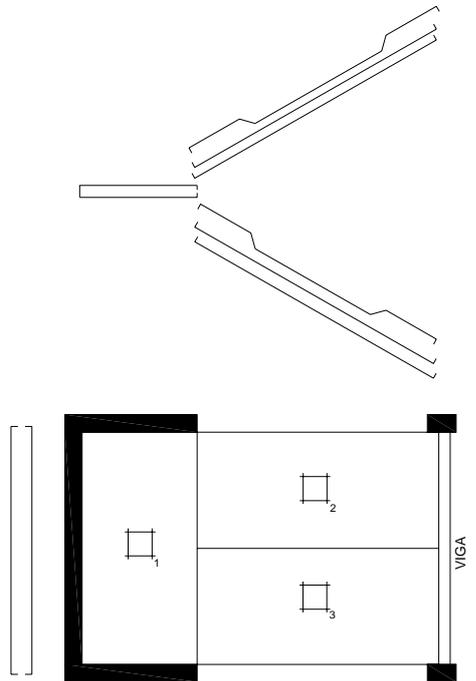
En este caso el descanso actúa como losa apoyada en tres lados que recibe, como carga lineal en el borde libre, el apoyo de los tramos inclinados los que a su vez se apoyan en vigas en los entrepisos.



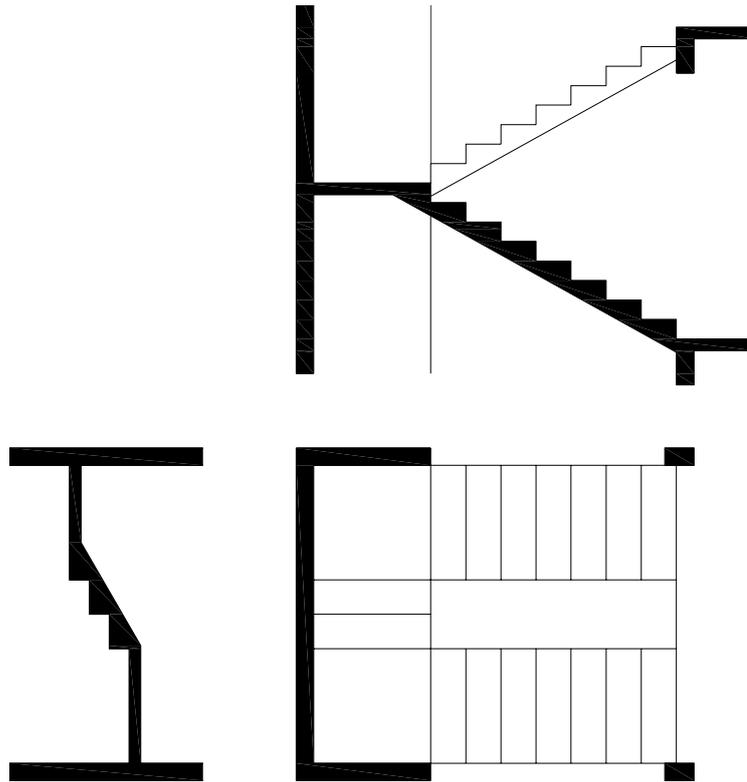
Los esquemas que resultan y el esquema equivalente de los tramos inclinados son los siguientes:



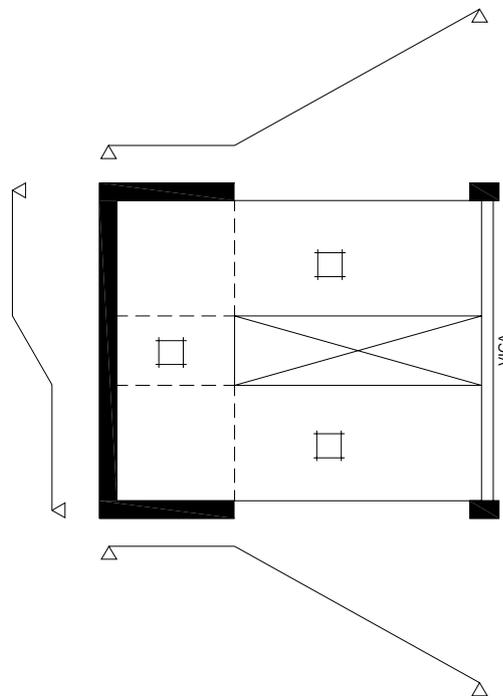
La organización de la armadura es la que corresponde a los dos casos tipo que intervienen en el modelo. La losa 1 con doble malla de acuerdo a su condición de losa apoyada en tres bordes, las losas 2 y 3 como losas apoyadas en lados paralelos.



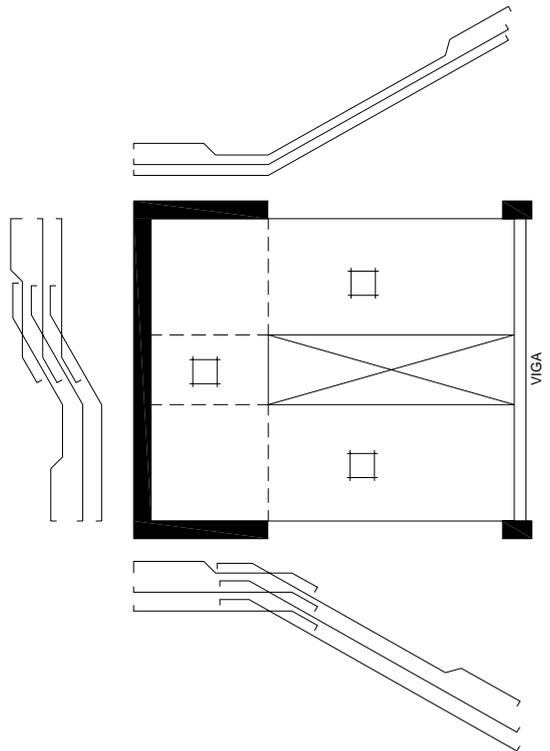
Escalera de tres tramos apoyada en los tres bordes del tramo intermedio y en los niveles a salvar.



Los tres tramos actúan como losas quebradas apoyadas en lados paralelos:

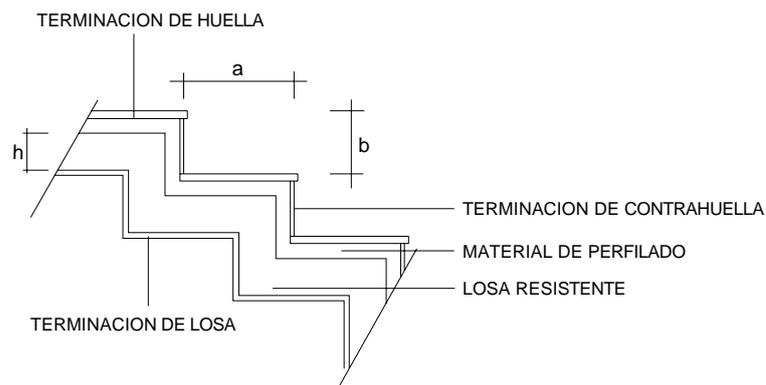


La determinación de las solicitaciones y las características de la organización de las armaduras son análogas a las del primer caso



### RESOLUCIÓN MEDIANTE LOSAS PLEGADAS SEGÚN LAS DIMENSIONES DEL ESCALÓN.

También en este caso se plantea un detalle genérico para determinar las acciones.



La losa resistente se construye plegada con espesor constante. Sobre el rústico, en una etapa posterior de la construcción, se perfilan con exactitud los escalones y luego sobre este perfil se colocan las terminaciones, el espesor de la capa de material necesaria para el perfilado de los escalones y el asiento del material de terminación son variables según el caso. Por debajo se dará terminación a la superficie de la losa resistente.

La determinación de la carga permanente total por metro cuadrado horizontal surge de la suma de todos esos componentes. Las dimensiones se considerarán en metros. En cada metro existen 1/a escalones.

$$\text{peso propio de la losa} = (a + b) \cdot h \cdot 1 \cdot 2500 \cdot \frac{1}{a}$$

$$\text{perfilado de escalones} = (a + b) \cdot \text{espesor} \cdot 1 \cdot 2000 \cdot \frac{1}{a}$$

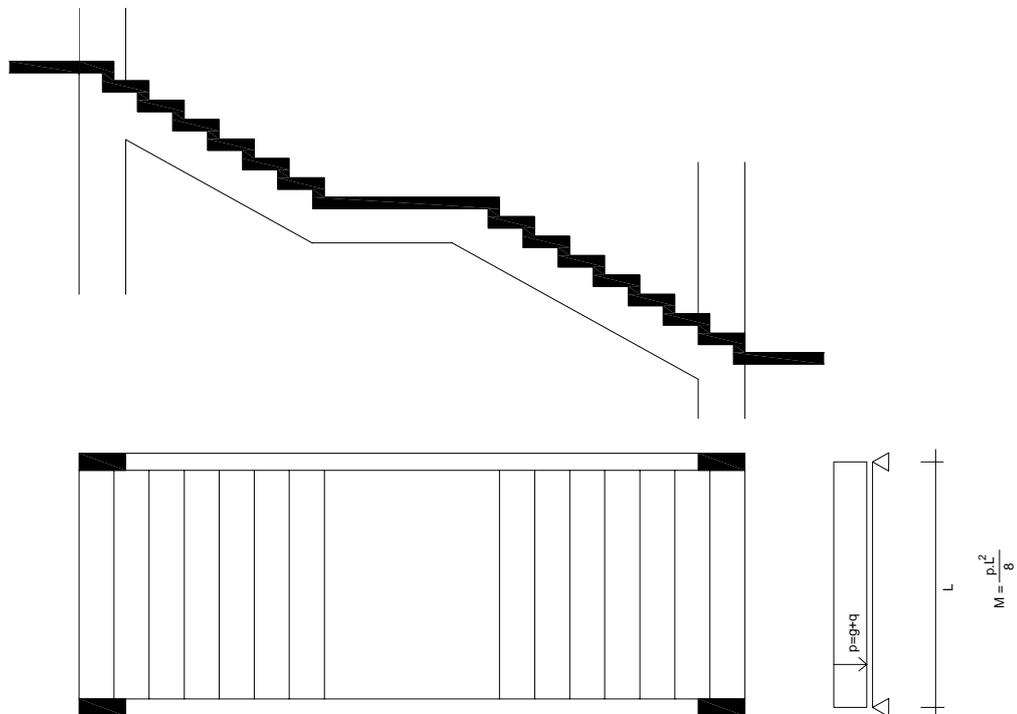
terminación huella = peso de un m<sup>2</sup> del pavimento

$$\text{terminación contrahuella} = b \cdot 1 \cdot \text{peso de un m}^2 \text{ del revestimiento} \cdot \frac{1}{a}$$

$$\text{revoque inferior} = (a + b) \cdot 0,015 \cdot 1 \cdot 2000 \cdot \frac{1}{a}$$

El resultado se toma como una carga uniforme, "g", por metro cuadrado horizontal. A este valor de "g" se le debe sumar la carga eventual "q" definida en la norma UNIT 33-91 según el uso que tendrá la escalera, este valor también está expresado por metro cuadrado horizontal. Si en el proyecto de la escalera existen losas continuas se deberá tener en cuenta la consideración de distintos estados de carga.

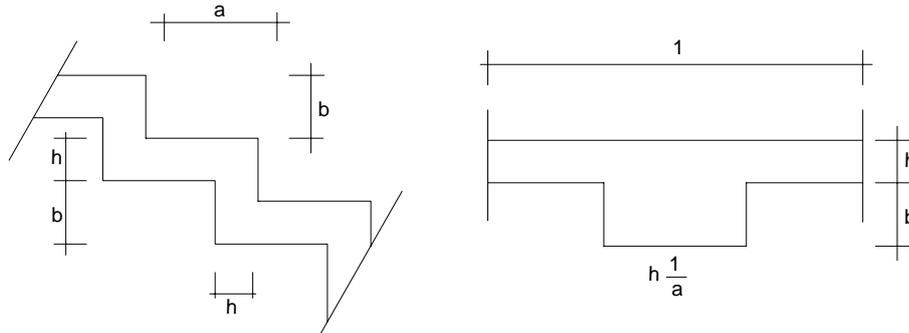
### Escalera sobre vigas zancas.



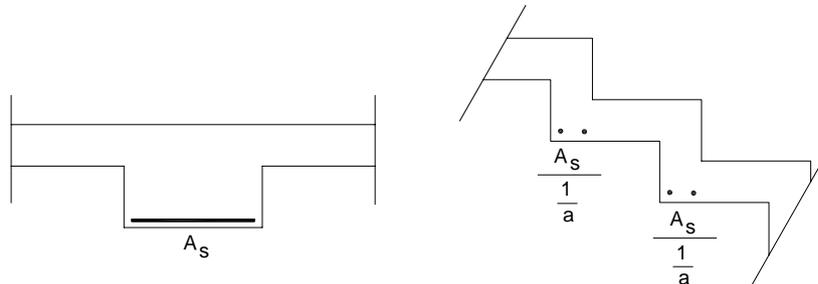
En este caso resulta una losa nervada apoyada sobre lados paralelos cuya luz es la distancia entre los ejes de las dos vigas. La faja representativa responde al esquema indicado y el valor del momento flector máximo es:

$$M = \frac{p \cdot L^2}{8}$$

La sección resistente surge de sustituir la sección real de la losa plegada, conformada por una serie de secciones en L invertidas, por una sección nervada equivalente con  $b_e = 1$  m.  $b_w$  será el ancho del nervio de cada L multiplicado por la cantidad de escalones que existen en 1 m. La altura de la sección equivalente coincide con la de cada sección L individual.

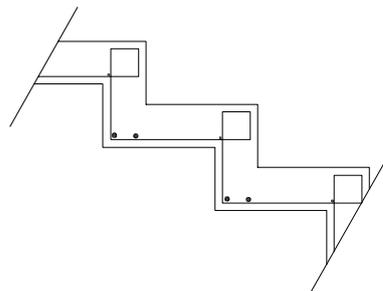


Una vez verificada la viabilidad de la sección y hallada la armadura necesaria para la sección equivalente, se la debe distribuir en cada escalón.



Por trabajarse con láminas finas es preferible que la organización de armaduras en cada escalón sea resuelta con no más de dos barras.

La armadura secundaria seguirá el plegado de la lámina tal como se indica en la figura y se deberán colocar barras paralelas a los escalones para garantizar su posicionado.

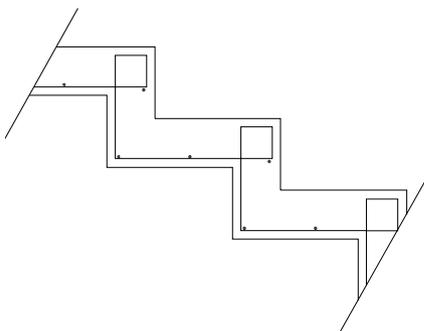


### **Otros casos de apoyo.**

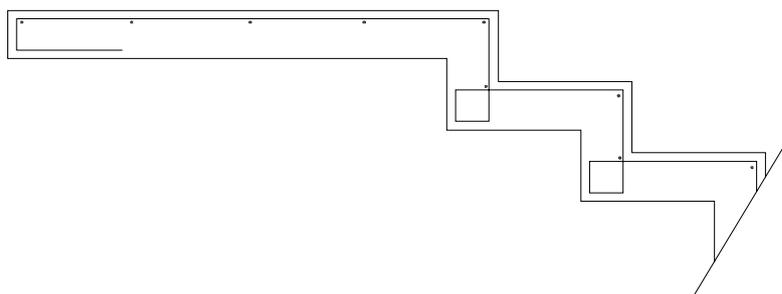
En los demás casos de apoyo se repiten los modelos (esquemas y las solicitaciones) vistos para las losas planas.

Las armaduras principales recorren los pliegues de la losa y responden a los siguientes detalles tipo:

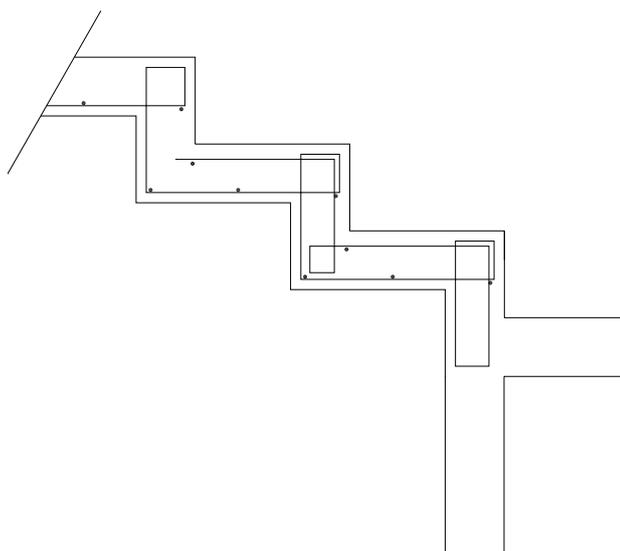
Armaduras en los tramos (tracciones en las caras internas).



Armaduras en tramos en voladizos y su prolongación en el tramo anexo (tracciones en las caras externas).



Armaduras en los bordes simplemente apoyados (prolongación a las caras externas).





**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

FRED ANGERER

Construcción laminar  
Gustavo Gili, Barcelona 1961



**ÍNDICE**

PRÓLOGO	3
CAPÍTULO I Losas inclinadas	5
CAPÍTULO II Losas quebradas	9
CAPÍTULO III Escaleras	15
BIBLIOGRAFÍA	29