

INSTRUCCIONES PARA EL USO DE LA REGLA DE CÁLCULO NESTLER "SISTEMA MAARSCHALK"

Escalas específicas para los cálculos de hormigón armado

La regla de cálculo de hormigón armado para el procedimiento de n-libre, sistema „Maarschalk“, ofrece a los arquitectos e ingenieros constructores la posibilidad de solucionar prácticamente todos los problemas de dimensionamiento que se presentan en las construcciones de hormigón armado, para todas las calidades de hormigón y de acero, coeficientes de seguridad y alargamientos del acero; todo ello, de un modo fácil, rápido y sin recurrir al auxilio de tablas.

Dicha regla ofrece además todas las ventajas de una regla de cálculo técnica normal, de modo que no debe considerarse como un utensilio suplementario más.

Se presupone como conocido de antemano el cálculo con las escalas normales y el conocimiento de las cuestiones elementales de la construcción en hormigón armado.

Ya que se eligió el procedimiento adimensional, puede calcularse con cualquiera de los sistemas de unidades que se indican en la siguiente Tabla 1:

Tabla 1

Notación	1	2	3	4
M :	m.Kg.	cm.Kg.	m.Mg.	cm.Mg.
h :	cm.	cm.	cm.	cm.
$\sigma_{b'}$ ó $\sigma_{u'}$:	Kg./cm. ²	Kg./cm. ²	Mg./cm. ²	Mg./cm. ²
b :	m.	cm.	m.	cm.

Para la descripción se elige el sistema de unidades que figura en la columna 1.

I. Generalidades

El cálculo se efectúa de acuerdo con las siguientes fórmulas:

$$h = k_h \cdot \sqrt{\frac{M}{b \cdot \sigma_{b'}}} \text{ ó bien } h = k_h \cdot \sqrt{\frac{M_u}{b \cdot \sigma_{u'}}}$$

$$\omega = \omega_o \cdot \frac{\sigma_o}{\sigma_{u'}} ; \omega_o = \frac{\omega}{\sigma_o / \sigma_{u'}} ; A = \omega_o \cdot \frac{b \cdot h}{100}$$

σ_e = Límite elástico del acero; $\sigma_a = \frac{\sigma_e}{\gamma}$

Mbr = Momento flector de rotura

σ_u' = Resistencia (característica) del hormigón a compresión

$\sigma_b' = \frac{\sigma_u'}{\gamma}$; γ = Coeficiente de seguridad

ω_o = Cuantía geométrica de la armadura de tracción

A = Area en cm.² de la sección transversal de la armadura principal de tracción

$x = k_{(x)} \cdot h$ $z = k_{(z)} \cdot h$

Lectura de ω en las escalas $\omega(k_h)$, $\omega(k_x)$, $\omega(k_z)$.

Lectura de todos los demás valores en la escala D.

II. Descripción de las escalas

$\omega(k_h)$ = Valores de ω para lectura de los de k_h

$\omega(k_x)$ = Valores de ω para lectura de los de k_x

$\omega(k_z)$ = Valores de ω para lectura de los de k_z

Ejemplos de comprobación para diversos valores de ω

ω	k_h	k_x	k_z
35	1,886	0,525	0,803
16,2	2,616	0,243	0,909
14,7	2,721	0,220	0,920

III. Ejemplos de aplicación:

A: Placas

Ejemplo 1

Incógnita: A

Datos: $h = 11,5$ cm.; $b = 1,00$ m.; $\frac{\sigma_e}{\sigma_u'} = \frac{2400}{135} = 17,8$;

$\gamma = 1,8$; $\frac{\sigma_u'}{\gamma} = 75$

M1 = 2050 m.Kg.

Prácticamente se coloca 75 de la escala B debajo de 2050 de la escala A, y encima de 11,5 de la escala D se obtiene el valor $\omega = 24$ en la escala $\omega(k_h)$, como cálculo de ω de la relación:

$$k_h = h : \sqrt{\frac{M}{b \cdot \sigma_b'}}$$

El valor ω en la escala $\omega(k_b)$ coincide con el valor correspondiente k_h en la escala C.

No es preciso leer el valor $k_h = 2,2$, basta sólo tener el valor $\omega = 24$ en la escala $\omega(k_h)$.

Para la obtención de ω_o , se coloca 17,8 de la escala C encima de 24 de la escala D, y se halla debajo de la línea inicial 1 en la escala C, $\omega_o = 1,35$ como cuantía geométrica de armadura.

Con este ajuste de la reglilla se halla debajo del 11,5 en la escala C, 15,5 en la escala D como valor de A en cm^2 .

Ejemplo 2.

Incógnitas: A y su correspondiente h

Observación: $h = h_t - d$

Datos: $M = 925 \text{ m.Kg.}$, $b = 1,0 \text{ m.}$

ε_a admisible = $5 \text{ } \text{‰}$, $\varepsilon_b' = 3\frac{1}{2} \text{ } \text{‰}$, $\sigma_u' = 160 \text{ Kg./cm.}^2$

$\sigma_e = 2400 \text{ Kg./cm.}^2$, $\gamma = 1,60$, $\sigma_e/\sigma_u' = 2400/160 = 15$

$$\sigma_u'/\gamma = 160/1,60 = 100 \quad k_{(x)} = \frac{\varepsilon_b'}{\varepsilon_b' + \varepsilon_a} = \frac{3\frac{1}{2}}{8\frac{1}{2}} = 0,412$$

a) Para $k_{(x)} = 0,412$ se obtiene $\omega = 27,5$ (en la escala $\omega(k_x)$ y ahora se trata de ω admisible.

b) La operación para obtener $h = k_{(h)} \cdot \sqrt{\frac{M}{b \cdot \sigma_b'}}$ da por resultado $h = 6,30 \text{ cm.}$ con un solo ajuste de la reglilla.

c) El cálculo de ω_o y de A se efectúa como en el ejemplo 1:
 $\omega_o = 1,835$ y $A = 11,55 \text{ cm.}^2$

B. Vigas rectangulares

Ejemplo 3

Incógnitas: A, y si fuera necesario A'

Datos: $M = 6400 \text{ m.Kg.}$, $b = 0,40 \text{ m.}$, $h = 49 \text{ cm.}$, ω admisible = 35

$\sigma_u' = 135 \text{ Kg./cm.}^2$, $\gamma = 1,80$, $\sigma_e = 4000 \text{ Kg./cm.}^2$

a) $\sigma_u'/1,80 = 135/1,80 = 75$; $\sigma_e/\sigma_u' = 4000/135 = 29,6$

b) $h = k_h \cdot \sqrt{\frac{M'}{b \cdot \sigma_b'}}$, da por resultado: $\omega = 9,40 < 35$ (no hace falta A')

c) Para hallar el valor de ω_o se coloca 29,6 de la escala C encima de 9,4 de la escala D, y se obtiene debajo de la línea inicial 1 de la escala C: $\omega_o = 0,316$

La multiplicación de este valor por 40 y por 49 (b y h) da por resultado $A = 6,20 \text{ cm.}^2$

Ejemplo 4

Incógnitas: M admisible y A

Datos: $h = 43 \text{ cm.}$, $b = 0,25 \text{ m.}$

$$\frac{\sigma_e}{\sigma_u'} = \frac{4000}{180} = 22,21; \quad \sigma_b' = \frac{\sigma_u'}{\gamma} = \frac{180}{1,80} = 100;$$

ω admisible = 30

- a) Se coloca $\omega = 30$ de la escala $\omega (k_h)$, encima de $h = 43$ de la escala D.
- b) El valor hallado en la escala A encima de la línea inicial 1 de la escala C se multiplica por 0,25 y por 100 (b y σ'_b), y se obtiene M admisible = 11450 m.Kg. (en la escala A).

Es decir, de la ecuación $h = k_h \cdot \sqrt{\frac{M}{b \cdot \sigma'_b}}$ se deduce que

$$M = \left(\frac{h}{k_h}\right)^2 \cdot b \cdot \sigma'_b, \text{ donde } \left(\frac{h}{k_h}\right)^2 \text{ se obtiene, con un solo ajuste de la reglilla al colocarle } \omega = 30 \text{ de la escala } \omega (k_h).$$

c) $A = 14,5 \text{ cm.}^2$

C. Sección transversal rectangular con armadura doble

Ejemplo 5

Incógnitas: A y A'

Datos: $M = 40000 \text{ m.Kg.}$ $b = 0,30 \text{ m.}$ $h_t = 65 \text{ cm.}$ $d1 = d2 = 4 \text{ cm.}$

por tanto: $h = 61 \text{ cm.}$ $h_t - 2d = 57 \text{ cm.};$

$$\frac{\sigma_e}{\sigma'_u} = \frac{4800}{180} = 26,66; \sigma_a = \frac{\sigma_e}{\gamma} = 2666 \cdot \sigma'_b = \frac{\sigma'_u}{\gamma} = \frac{180}{1,80} = 100;$$

$$\varepsilon_a \text{ admisible} = 3 \text{‰} \quad \varepsilon'_b = 3 \frac{1}{2} \text{‰};$$

$$\text{por tanto: } k_x = \frac{3}{6 \frac{1}{2}} = 0,461, \text{ y con este valor se obtiene } \omega \text{ admisible} = 30,9$$

- a) con $\omega \text{ admisible} = 30,9$ se busca el $M \text{ admisible} = 28400 \text{ m.Kg.}$
como en el ejemplo 4 y la armadura correspondiente: $A_1 = 21,1 \text{ cm.}^2$
- b) Entonces se calcula el incremento del momento ΔM que ha de ser absorbido exclusivamente por la armadura A_2 **igual** por ambos lados.

$$\Delta M = M - M \text{ admisible} = 40000 - 28400 = 11600 \text{ m.Kg.} = 1160000 \text{ cm.Kg.}$$

$$A_2 = \frac{\Delta M}{(h_t - 2d) \sigma_e} = \frac{1160000}{57 \cdot 2666} = 7,62 \text{ cm.}^2$$

D. Vigas placa

Se recomienda trabajar con bajas cuantías de armadura, esto es, con valores bajos de ω , ya que sino, en general, se llegan a exceder los esfuerzos cortantes admisibles, y las barras de tracción difícilmente puede colocarse.

La obtención de A se efectúa como en la viga rectangular.