



REPÚBLICA DE CUBA

Proyectos de Construcción
VASOS DE HORMIGÓN SIMPLE Y ARMADO
Método de cálculo y diseño

NC

53-97

1989

Construction Designs. Simple
and Reinforced Concrete Drum.
Design and Calculation Method

Проекты строительства. Сосуды однородного сечения
из железобетона. Метод расчета и проекта

Esta norma establece el procedimiento para realizar el cálculo y diseño de los vasos de hormigón simple masivo y armado utilizados para la unión de columnas prefabricadas de hormigón armado y postensado con el cemento.

1. Generalidades

- 1.1 Las caras interiores del vaso tendrán pendientes menores del 5 % con la vertical.
- 1.2 Se considerarán solamente las solicitaciones usuales de carga normal, de compresión N' , momento M y empuje o cortante T , actuando todas en la columna y a nivel del empotramiento.
- 1.3 La fuerza horizontal T actuará de forma que su efecto sea de igual sentido que el del momento M , o sea, en el sentido hacia donde tiene lugar el desplazamiento, vertical o rotacional de la carga normal N' .
- 1.4 Todas las solicitaciones actuarán en uno de los planos de simetría de la unión.
- 1.5 El tramo empotrado de la columna prefabricada será siempre macizo de sección cuadrada, rectangular o sección I (el ala de la I es perpendicular al plano de acción del momento).

2. Términos y definiciones

- 2.1 Pared frontal. Aquella en la que al actuar un momento flector las presiones máximas ocurren en el borde superior.

3. Clasificación de las uniones

La clasificación de las uniones se establecen de acuerdo a la magnitud del menor ángulo θ (determinado por una línea trazada desde el vértice superior interno de la pared frontal, hasta la prolongación horizontal del fondo del vaso y con la condición que la línea trazada quede comprendida en su totalidad dentro de la pared frontal de la

Aprobada

Febrero 1989

ESTA NORMA ES OBLIGATORIA
Sustituye a la NC 53-97:83

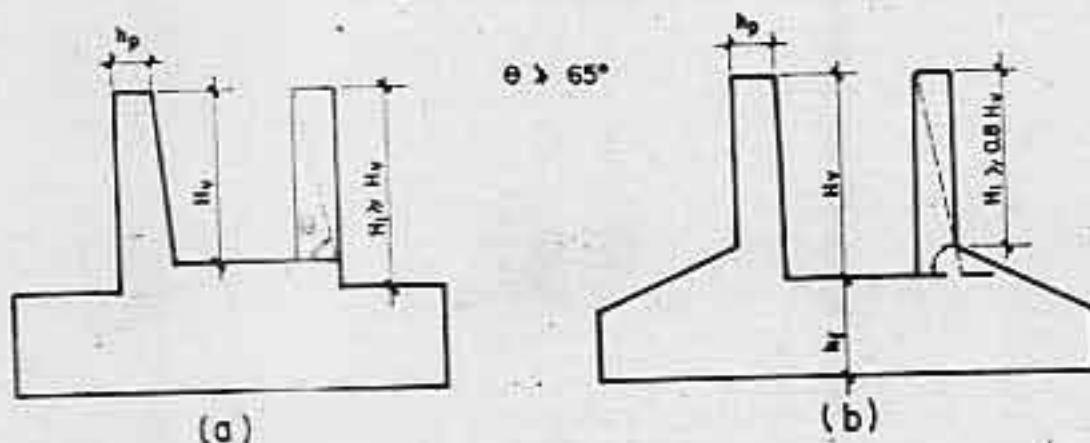
Vigente a partir de:
Enero 1990

unión). La unión de las columnas con los cimientos se clasifican de acuerdo a la rigidez de las paredes de los vasos en:

- Clase I. Uniones flexibles
- Clase II. Uniones rígidas

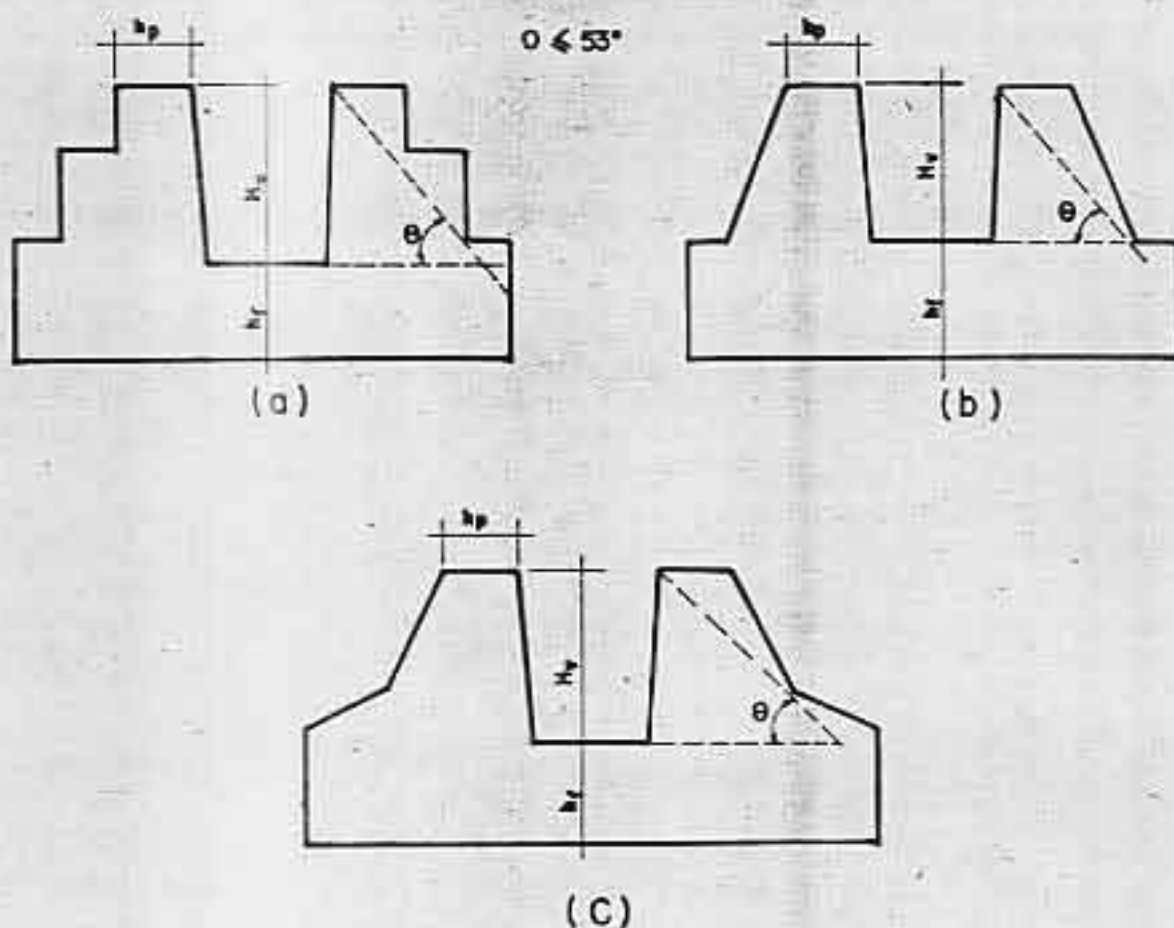
3.1 Uniones flexibles. Serán aquellas que tienen el fondo por encima o a nivel de la cara superior de la base del cimiento (véase figura 1a) y que cumpliendo las especificaciones constructivas establecidas en la sección 13, el ancho de sus paredes determinan el trazado de un ángulo igual o mayor que 65° .

Además las que teniendo el fondo por debajo del nivel de la cara superior de la base del cimiento (véase figura 1b), cumplan las especificaciones constructivas establecidas en la sección 13 y siempre que el ángulo sea igual o mayor que 65° , y además la altura H_1 por la zona externa de la pared no sea inferior al 80 % de la profundidad H_v interna del vaso.



3.2 Uniones rígidas. En estas uniones el ángulo θ es igual o menor que 51° .

Son masivas y de hormigón simple debiéndose comprobar a tracción diagonal según apartados 6.2 y 8.2 por lo que cualquier refuerzo que se coloque será constructivo con excepción del refuerzo horizontal inferior en dos direcciones normales entre sí, que corresponde al proyecto de la base del cimiento. Estos tipos de uniones son típicas de vasos que suelen formar parte integral del cimiento, es decir, forman una sola unidad, es común construirlos escalonados, o con taludes, véanse figuras 2a, 2b y 2c.



4. Comportamiento de las uniones flexibles

Cuando se consideran combinaciones de sollicitudes que incluyan carga de viento o de sismo, las uniones flexibles se comportan como uniones monolíticas si cumplen lo establecido en 4.1.1 y 4.1.2 y como elementos compuestos cuando no cumplan lo dispuesto en estos apartados.

4.1 Condiciones de monolitismo de las uniones flexibles

4.1.1 Condiciones de cálculo

4.1.1.1 Restricciones al giro

$$s^* \leq s^* \text{ mínimo}$$

donde:

S* sollicitación de tracción que se considere al comprobar la resistencia al giro, (kN)

Siendo:

$$S^* = \frac{M^*}{h - a} - \frac{N^*}{2}$$

donde:

a empotramiento teórico del acero traccionado o menos comprimido, (m)

M* sollicitaciones de cálculo de flexión de la columna en la sección de empotramiento superior del vaso, (kN)

h espesor de la columna en la dirección del plano de acción del momento M, (m)

N* sollicitaciones de cálculo de compresión axial de la columna en la sección de empotramiento superior del vaso, (kN)

S* mínimo: se tomará el menor de los siguientes valores:

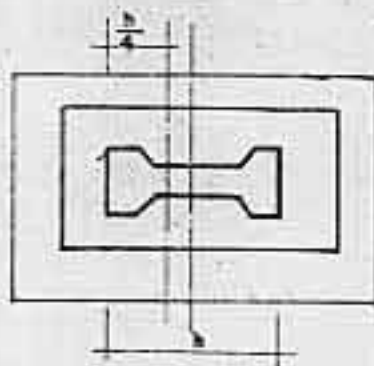
a) $1,4 \cdot P1 \cdot He \cdot \psi_1 \cdot Z_m$

b) $1,4 \cdot P2 \cdot He \cdot \psi_2 \cdot Z_m$

donde:

P1 Parte del perímetro exterior de la columna limitado por la recta situada a una distancia $\frac{h}{4}$ del borde de tracción o menos comprimido de la columna (Véase Figura 3)

P2 Parte del perímetro interior del vaso limitado por la recta situada a distancia $\frac{h}{4}$ del borde de tracción o menos comprimido de la columna y tomando a una profundidad de $\frac{He}{2}$ (véase figura 3).



H_e longitud de empotramiento de la columna, (m)

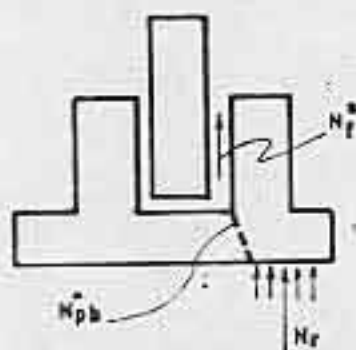
τ_{lim}^* tensión límite de fricción - adherencia, (MPa)

ψ_1, ψ_2 Coeficiente que considera la rugosidad de la columna y del vaso respectivamente y cuyos valores se toman de la tabla 1.

Tabla 1

Superficie de contacto	cot θ	
	$\geq 0,6$	0
Lisa	1,2	0,4
Rugosa	2	0,7

4.1.1.2 Restricciones al punzonamiento (véase figura 4)



$$N_r^* \quad M_{pb}^* \quad N_f^*$$

$$N_r^* \leq N_{pb}^* + N_f^*$$

donde:

N_{pb}^* sollicitación resistida por la base del cimiento

N_r^* N^* resultante

$$N_F^* = p \cdot H_c \cdot \zeta_m^*$$

donde:

p perímetro de la columna empotrada, (m)

H_c longitud de empotramiento de la columna, (m)

ζ_m^* tensión límite de fricción - adherencia en función de la calidad del hormigón o mortero de la junta y tiene los valores siguientes:

R'_{bk} (MPa)	ζ_m^* (MPa)
20,0	1,10
17,5	1,05

donde:

R'_{bk} resistencia característica del hormigón a la compresión, (MPa)

Nota. Para considerar el hormigón de la junta como:

$R'_{bk} = 20$ MPa La junta tiene que ser vibrada o compactada mecánicamente

$R'_{bk} = 17,5$ MPa si se usa exclusivamente mortero.

En ambos casos la calidad del hormigón o mortero será igual o mayor que la especificada.

4.1.1.3 Restricción a la compresión lateral.

$$N_c^* < 0,4 \cdot R_D^* \cdot H_c \cdot P_c$$

donde:

P_c perímetro de la sección transversal de la columna en el empotramiento

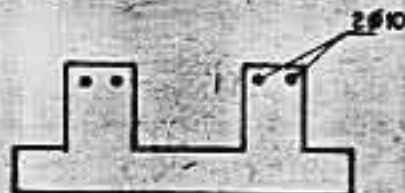
H_c longitud de empotramiento de la columna

N_c^* sollicitación de cálculo (compresión axial) en la columna

R_D^* Resistencia de cálculo a tracción del hormigón.

4.1.2 Condiciones constructivas

- 4.1.2.1 El espesor entre el fondo de la columna y el vaso será como mínimo de 50 mm.
- 4.1.2.2 En el vaso se colocarán siempre 2 estribos de ϕ 10 mm en la zona superior del mismo (véase figura 5). Este refuerzo tomará las tensiones posibles debidas al montaje y retracción del hormigón.



- 4.1.2.3 El material de la junta será como mínimo.

$$R_{bk} = 17,5 \text{ MPa}$$

- 4.1.2.4 El acero mínimo longitudinal se calculará para la sección aligerada del vaso.
- 4.1.2.5 La mezcla de hormigón de la junta será de gravilla fina (tamaño del grano será 1/3 del espesor mínimo de la junta) El cemento Portland P-250 como mínimo teniendo un asentamiento de 75 mm.
- 4.1.2.6 Para la preparación de la mezcla se utilizará la cantidad mínima de agua necesaria para una buena elaboración de la mezcla (asentamiento no mayor de 75 mm), no se permitirá una mezcla líquida.
- 4.1.2.7 La superficie interior del vaso y de la parte empotrada de la columna se limpiará con cepillo de alambre y es necesario humedecerla.
- 4.1.2.8 La rugosidad de la superficie se alcanzará sin dañar la estructura del hormigón fraguado por medio del uso de cepillo de alambre al momento de encofrar. También se alcanzará según el diseño del cofre.
- 4.1.2.9 El hormigón de la junta se curará y se mantendrá húmeda por lo menos 72 horas.
- 4.1.2.10 Después de colocar la columna ésta se asegurará contra todo movimiento hasta haber fraguado el hormigón. En el caso de usar cuñas se colocarán sin que se dañe el vaso.

4.1.2.11 El espesor mínimo de las paredes del vaso será 12 cm.

4.1.2.12 La longitud mínima de empotramiento de la columna será 1,1 h pero no mayor que 1,2 m.

5. Base de cálculo para uniones no monolíticas

5.1 La carga normal de compresión N' produce un efecto favorable en la unión cuya magnitud se tomará como:

$$N' \cdot e_z$$

donde:

e_z excentricidad virtual en el nivel inferior de la profundidad de cálculo H_c , de la carga $N' \cdot e_z$.

Tendrá el menor valor de las dos condiciones siguientes

$$e_z \begin{cases} h/2 \\ 0,7 e_o \end{cases}$$

siendo:

$$e_o = \frac{M + T \cdot H_c}{N'}$$

donde:

T sollicitación característica de cortante de la columna en la sección de empotramiento superior del vaso

M sollicitaciones características de flexión de la columna en la sección de empotramiento superior del vaso

H_c Profundidad de cálculo de la columna

N' sollicitaciones características axial de compresión de la columna en la sección de empotramiento superior del vaso.

Notas:

1) Si $e_o \leq h/6$, no se considerarán las tensiones sobre las paredes del vaso y ésta se diseñará cumpliendo las disposiciones constructivas establecidas en la sección 13

2) A los efectos del cálculo la H_c se tomará siempre igual a H_c de la columna. La longitud mínima de empotramiento de la columna se establece en el apartado 13.1.7.

- 5.2 En las uniones flexibles se admitirá proporcionalidad entre las deformaciones y las presiones, así como que las deformaciones en las zonas de las paredes en que ocurren presiones son elásticas y de variación lineal.
- 5.3 Para el análisis del espesor mínimo de las paredes en las uniones flexibles, se usará la presión media entre la máxima del borde superior y la presión correspondiente a $5/8$ de la altura total "Y" del correspondiente bloque de presiones se limitará el esfuerzo cortante
- $$\tau^* \leq 0,3 R'_b{}^*.$$

Siendo:

τ^* tensión tangencial de cálculo de hormigón

- 5.4 En las uniones rígidas se considera que la pared tiene una rigidez tal, que es prácticamente indeformable por efecto de las presiones y que el fallo se producirá por un efecto semejante al ocasionado por punzonamiento.
- 5.5 Se admitirá que el plano de contacto del extremo inferior de la columna con el mortero de relleno de la zona inferior del vaso, podrá desarrollarse una fuerza por fricción F_f (fuerza de fricción en el plano de contacto del extremo inferior de la columna con el mortero de relleno de la zona inferior del vaso), cuya magnitud máxima será en función del coeficiente de fricción y de la porción de carga nominal N' que llega al fondo a través de la columna.
- 5.6 En las uniones flexibles el refuerzo de las paredes se determinará a partir de las ecuaciones de equilibrio de la estática aplicada.
- 5.7 Para el cálculo del refuerzo longitudinal de las paredes de uniones flexibles se considerará el vaso, (sección tubular o hueca) sometido al momento flector resultante de las presiones en las paredes sin tener en cuenta la posible porción de carga normal N' que puede pasar a las paredes por efecto de la fricción lateral.
- 5.8 Las presiones sobre las paredes de la unión se determinarán a partir de las solicitaciones características N , M y V que actúan en la columna.
- 5.9 La comprobación y diseño se efectuará utilizando el método de diseño límite de acuerdo a lo establecido en la NC 53-99:89 "Proyectos de construcción. Obras de hormigón armado. Principios generales y métodos de cálculo".
- 5.10 Las solicitaciones de cálculo para el diseño se determinarán a partir de las solicitaciones de servicios afectadas por los coeficientes que se establecen en la NC 53-94. En la práctica se admitirá utilizar un coeficiente global γ con los valores siguientes:

- control intenso : 1,35
- control normal : 1,40
- control reducido: 1,45

6. Diagrama de presiones en las paredes para uniones no monolíticas

6.1 Unión flexible. Se asume que la F_f es menor, igual o mayor que la F_{fm} . En las paredes de la unión flexible se considerará las presiones según los siguientes diagramas.

6.1.1 Diagrama de presiones triangular único (caso general) con presiones sólo en la pared frontal y en toda la profundidad efectiva de cálculo H_e (véase figura 6).

6.1.2 La condición de este diagrama es:

$$F_f \leq F_{fm}$$

donde:

F_f fuerza de fricción en el plano de contacto del extremo inferior de la columna con el mortero de relleno de la zona inferior del vaso

F_{fm} fuerza de fricción máxima en el plano de contacto del extremo inferior de la columna con el mortero de relleno de la zona inferior del vaso.

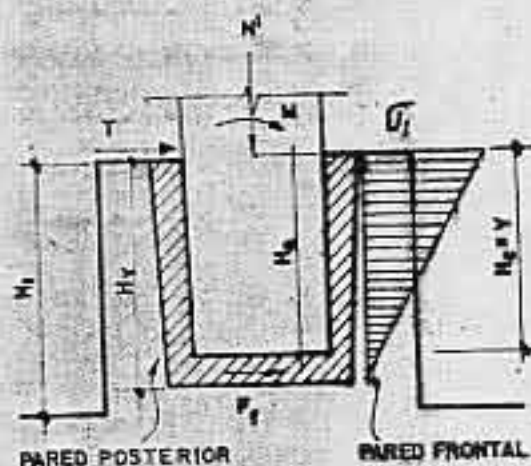


FIGURA 6. UNION FLEXIBLE
DIAGRAMA : $F_f \leq F_{fm}$

En el caso del diagrama triangular única (caso especial); se considerará un diagrama triangular único, cualquiera que sea la magnitud de fuerza de resbalamiento F_f en el caso de uniones en las que $H_1 < H_v$ como se establece en el apartado 3.1, siempre en el fondo de la columna quedará 5 cm o más (véase figura 7) por debajo de la cara superior de la base de cimiento, es decir, cumplirá que:

$$H_e \geq H_1 + 5 \text{ cm}$$

Utilizándose el formulario del diagrama triangular único.

donde:

H_v altura interior del vaso

H_e longitud de empotramiento de la columna.

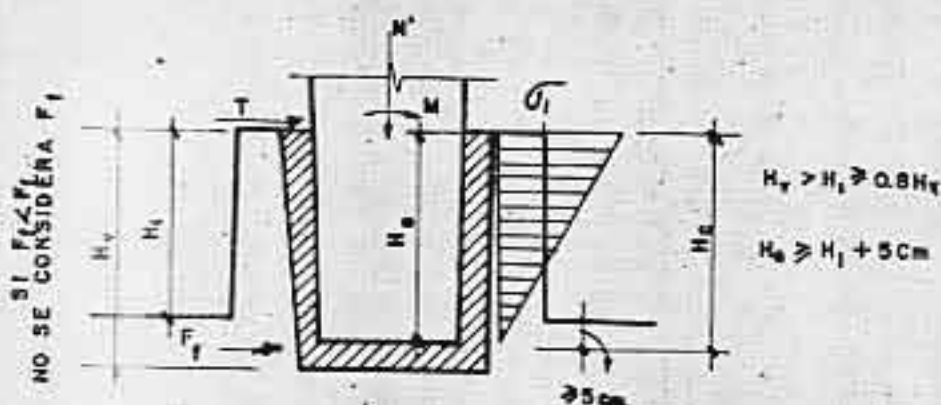


FIGURA 7. UNION FLEXIBLE
DIAGRAMA I. CASO ESPECIAL

6.1.3 Diagrama II. Diagrama triangular doble de presiones, (véase figura 8), uno en la parte superior de la pared frontal y otro en la porción inferior de la pared posterior.

6.1.3.1 La condición para este diagrama es:

$$F_f > F_{fn}$$

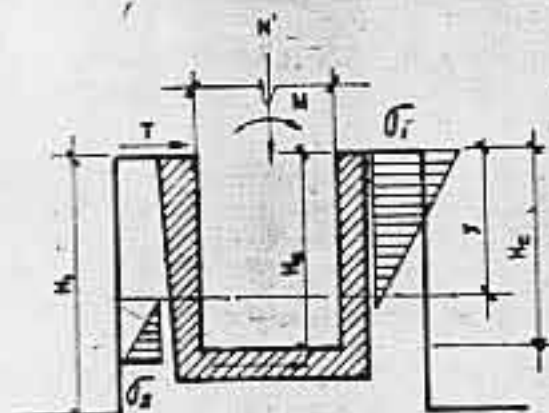


FIGURA 8. UNION FLEXIBLE
DIAGRAMA 11, $F_1 > F_{fm}$.

- 6.2 Uniones rígidas. No se considerará diagrama de presiones, o no se tendrá en cuenta la posible distribución de las presiones sobre una cierta altura de la pared sino que se determina la magnitud probable de la resultante y su posible punto de aplicación.

La resultante superior F_1 existe siempre y se considera aplicada a una distancia del borde superior igual al 15 % de la profundidad H_c (véase figuras 9a y 9b).

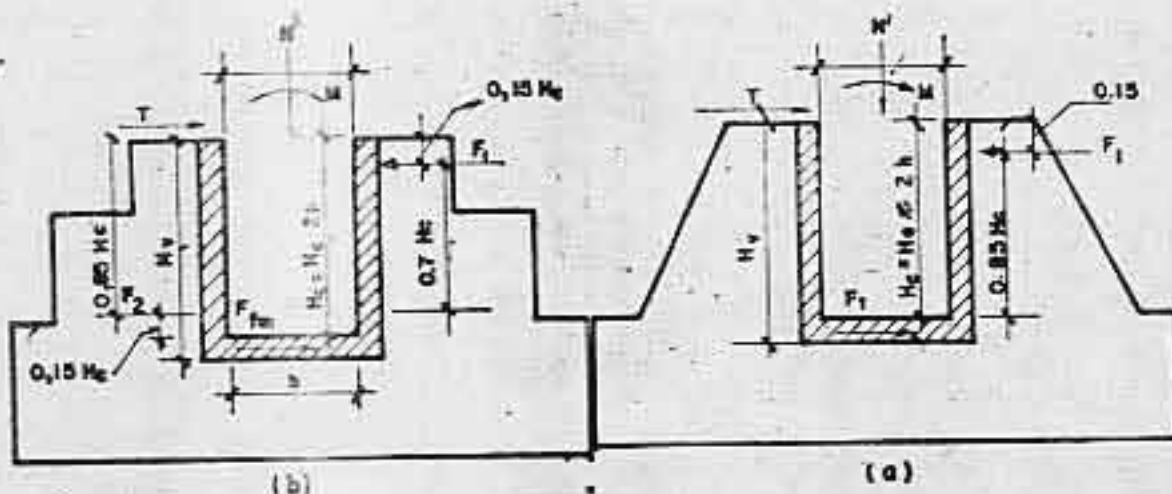


FIGURA 9 UNIONES RIGIDAS

La reacción resultante F_2 existe solamente cuando la fuerza F_1 supera F_{fm} y en tal caso se considera actuando en la parte posterior a una distancia del borde superior igual al 85 % de la profundidad H_c (véase figura 9b); aún cuando su magnitud se utiliza en las comprobaciones, su existencia modifica el brazo del par resistente y con él la magnitud de F_1 .

7. Cálculo de las presiones en uniones no monolíticas

7.1 Uniones flexibles

7.1.1 Valores de las fuerzas F_f y F_{fm}

7.1.1.1 Valor de F_f . El valor de F_f (véase figura 10) estará dado por la siguiente expresión:

$$F_f = \frac{N' \cdot e_z + T \left(\frac{H_c}{3} \right)}{\frac{2}{3} H_c} = \frac{3}{2 H_c} (M - N' \cdot e_z) - \frac{T}{2}$$

donde:

F_f (véase apartado 6.1.2)

M solicitaciones características de flexión de la columna en la sección de empotramiento superior del vaso

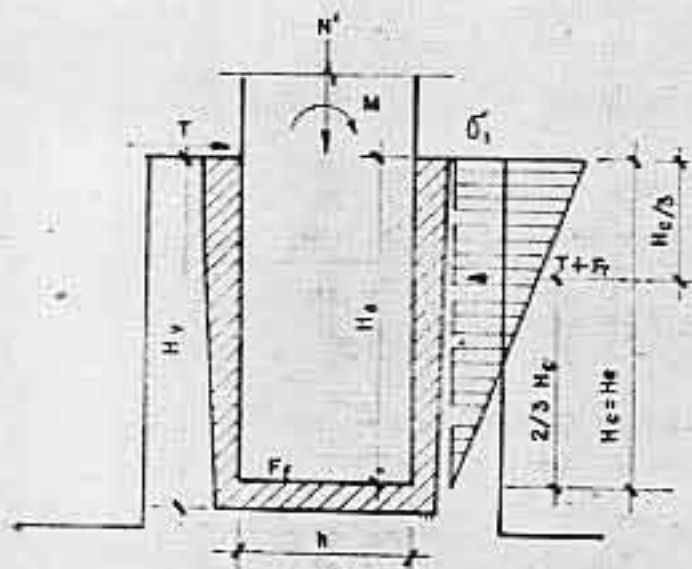
N' solicitaciones características de compresión axial de la columna en la sección de empotramiento superior del vaso

e_z excentricidad vertical en el nivel inferior de la profundidad de cálculo H_c , de la carga N'

H_c profundidad de cálculo de la columna

T empuje o cortante.

Nota. En la fórmula anterior e_z tendrá el valor según lo establecido en el apartado 5.1.



7.1.1.2 Valor F_{fm}

$$F_{fm} = 0,5 N'$$

7.1.2 Formulario para el cálculo de las presiones7.1.2.1 Diagrama I

$$\sigma_1 = \frac{3 (M - N' \cdot e_z) + T \cdot H_c}{b (H_c)^2} = \frac{3 N' (e_o - e_3)}{b (H_c)^2}$$

donde:

σ_1 tensión máxima en la parte superior e interior de la pared frontal del vaso

b ancho de la columna en contacto

M , N' , e_z , T y H_c están definidos en el apartado 7.1.1.1

e_o excentricidad virtual en el nivel inferior a la profundidad de cálculo H_c .

7.1.2.2 Diagrama II

$$\sigma_1 = 6 \frac{(M - N' \cdot e_z) + (4t - N') H_c}{b (H_c)^2} =$$

$$\frac{6 N' (e_o - e_z) - (N' + 2 T) H_c}{b (H_c)^2}$$

$$\sigma_2 = - \left[\frac{6 (M - N' e_z) + (T - N') 2 H_c}{b (H_c)^2} \right] =$$

$$\left[\frac{6 N' (e_o - e_z) - (N' + 2 T) 2 H_c}{b (H_c)^2} \right]$$

Notas:

- 1) El signo negativo de la presión σ_2 demuestra que las mismas se ejercen sobre la pared posterior

- 2) La magnitud de e_z se tomará de acuerdo con lo establecido en 5.1 (véase nota 2)
- 3) El parámetro b representará siempre el ancho de la columna en contacto con la pared frontal o con la posterior, o sea, la dimensión de la sección del empotramiento de la columna normal a la dimensión h (espesor de la columna en la dirección del plano de acción del momento M).

7.2 Uniones rígidas

7.2.1 Valores de F_f y F_{fm}

- 7.2.1.1 Valor de F_f . Cuando $H_e \leq 2h$ entonces $H_c = H_e$ y se tendrá:

$$F_f = \frac{M - N' \cdot e_z + 0,15 T H_c}{0,85 H_c} = \frac{N' (e_o - e_z) - T}{0,85 H_c}$$

- 7.2.1.2 Valor de F_{fm} . Se utilizará el mismo valor establecido en 7.1.12.

7.2.2 Formulario para el cálculo de las presiones

- 7.2.2.1 Si $F_f \leq F_{fm}$ (véase figura 6a)

$$F_1 = \frac{M - N' \cdot e_z + T H_c}{0,85 H_c} = \frac{N' (e_o - e_z)}{0,85 H_c}$$

$$F_2 = 0 \text{ No se requiere determinarla}$$

donde:

F_1 fuerza actuante en la pared frontal de unión rígida

F_2 fuerza actuante en la pared posterior de unión rígida.

- 7.2.2.2 Si $F_f > F_{fm}$ entonces:

$$F_1 = \frac{M - N' \cdot e_z + 0,85 T \cdot H_c - 0,15 \left(\frac{N'}{2} \right) H_c}{0,7 H_c}$$

$$= \frac{N' (e_o - e_z) - 0,15 H_c \left(T + \frac{N'}{2} \right)}{0,7 H_c}$$

$$F_2 = \frac{M - N' \cdot e_z + 0,15 T \cdot H_c - 0,85 \frac{(N')}{2} H_c}{0,7 H_c}$$

$$= \frac{N' (e_o - e_z) - 0,85 H_c (T + \frac{N'}{2})}{0,7 H_c}$$

8. Comprobación del espesor de la pared en uniones no monolíticas

8.1 Uniones flexibles. De acuerdo con lo establecido en 5.3 la comprobación del espesor de la pared se efectuará por:

$$\tau = \frac{0,36 f \cdot \sigma_1 \cdot b}{h_p} \leq 0,3 R'_b *$$

donde:

h_p espesor de la parte superior de la pared del vaso

$R'_b *$ resistencia de cálculo para hormigón en compresión

b ancho de la columna en contacto con la pared frontal o posterior del vaso, perpendicular a la dirección del plano de acción del momento M

8.2 Uniones rígidas. Se comprueba la resistencia de las paredes al punzonamiento que puede producir la resultante F_1 producto de las presiones superiores y el análisis se realizará utilizando los principios establecidos en la NC 53-39.

Para ello, partiendo de la línea coincidente con el punto de aplicación de F_1 , es decir, a la profundidad de $0,15 H$, (véase figura 11), se traza un plano inclinado a 45° con la horizontal hasta que corte la cara exterior de la pared o de la base, al propio tiempo desde las aristas verticales de la columna se trazan dos planos, o sea, buscando las aristas exteriores de la pared, los tres planos mencionados son los probables planos de fallo y el área total encerrada dentro de los mismos y limitados por las causas externas de la pared o de la base, constituye el área resistente a tracción que equilibra los efectos del punzonamiento sobre la pared. Para los fines prácticos del cálculo y teniendo en cuenta que al establecerse el equilibrio con la fuerza F_1 se utiliza el área total proyectada B_p que se compone del área horizontal B_h , (véase figura 11) y dos áreas verticales B_v de modo que:

$$B_p = B_h + 2 B_v$$

donde:

B_p área total resistente al punzonamiento en unión rígida

B_h área horizontal componente de B_p

B_v área vertical componente de B_p

La comprobación se establece de acuerdo con lo expuesto en la NC 53-39.

$$\frac{\gamma \cdot F_1}{B_p} = \frac{\gamma \cdot F_1}{B_h + 2 B_v} \leq 0,75 R_b^*$$

8.2.1 Para la determinación de la dimensión h_{px} , se utilizará la expresión:

$$h_{px}^2 + h_p \times (0,15 H_c + h_p + b_v) + 0,15 H_c h_p - B_p = 0$$

$$X = 0,15 H_c + h_{px} \text{ (véase figura 11)}$$

Si $X > H_1$ se aumenta h_p hasta que $X \leq H_1$

donde:

H_1 altura exterior del vaso hasta la base del cimiento.

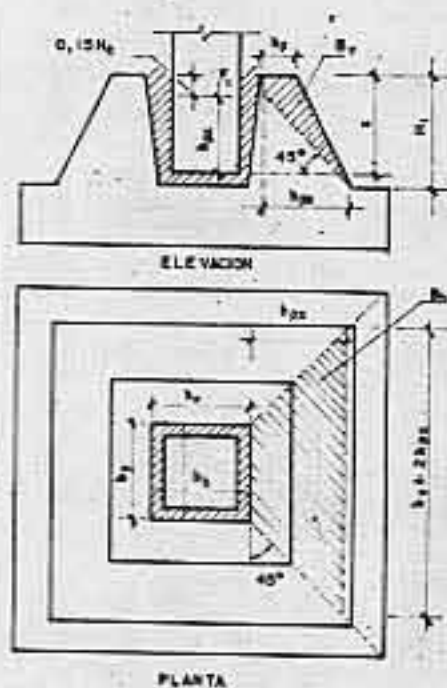


FIGURA 11 UNIÓN RÍGIDA. COMPROBACIÓN DEL ESPESOR DE LA PARED

- 8.2.1.1 El valor mínimo teórico de h_p se determinará con la siguiente expresión.

$$h_{p \text{ teórico}} = \frac{B_p - (H_1 - 0,15 H_c)^2 - (H_1 - 0,15 H_c)(0,15 H_c + b_v)}{H_1} \quad h_p \text{ const. mínimo}$$

donde:

$h_p \text{ const.}$ Valor mínimo constructivo h_p

siendo: $B_p = \frac{F_1 \gamma}{0,75 R_b^*}$

9. Refuerzo transversal de las paredes laterales de uniones no monolíticas flexibles

Debido a la variabilidad del diagrama de presiones y para los fines del cálculo del refuerzo transversal de las paredes laterales, se divide la profundidad del diagrama de presiones en varias zonas, no menor de dos (véase figura 12), en cada una de las cuales se considerará una distribución uniforme de presiones con una magnitud igual al promedio de los valores reales de las presiones de cada zona considerada. En cada zona se establecerán las ecuaciones de equilibrio entre las solicitaciones que originan las presiones y las correspondientes resistencias de las armaduras.

Se considerará siempre una zona básica superior con una altura igual al 25 % de H_c , como se indica en la figura 12. El resto del diagrama o de los diagramas se dividirá de acuerdo con la importancia que tenga la variación de las presiones de modo que puedan obtenerse ventajas económicas apreciables sin que impliquen grandes complicaciones constructivas; en ningún caso la altura de estas zonas se tomará inferior al 0,25 H_c .

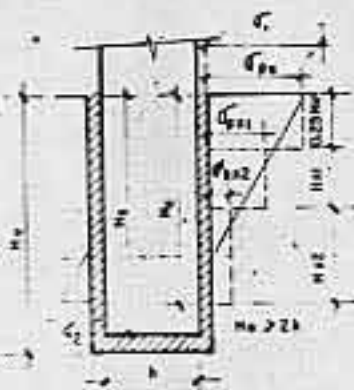


FIGURA 12 UNION FLEXIBLE. REFUERZO TRANSVERSAL DE LAS PAREDES

- 10.1 Refuerzo de la zona básica superior. En una pared lateral y para la altura establecida de $0,25 H_a$ cumplirá con la siguiente expresión.

$$A_s \geq \frac{\gamma \sigma_{ps} \cdot b \cdot H_c}{\phi \cdot R_a^*}$$

donde:

A_s área total de refuerzo de la zona básica superior en una pared lateral

ϕ coeficiente que tiene en cuenta el posible trabajo no uniforme del refuerzo, usualmente puede tomarse igual a 0,9

σ_{ps} tensión promedio en la zona básica superior

R_a^* resistencia de cálculo del acero de refuerzo.

El espaciamiento máximo en la misma zona para barras de refuerzo de área a_s colocadas en una misma fila o camada en número igual a n_s , cumplirá la siguiente relación:

$$t_s \leq \frac{2(n_s \cdot a_s) \phi \cdot R_a^*}{\gamma \cdot \sigma_{ps} \cdot b}$$

donde:

n_s número de barras en una misma fila o camada

a_s área de la barra de diámetro ϕ

t_s espaciamiento máximo de las barras, filas o camadas de refuerzo en la zona básica superior en la pared lateral.

σ_{ps} tensión promedio de la zona básica superior.

Nota. Por los efectos prácticos y manteniéndose del lado de la seguridad se pueden usar los siguientes valores de acuerdo con la magnitud de la profundidad "y" del bloque triangular de presiones superiores.

$$\begin{aligned} \gamma_{ps} &= 0,90 & \gamma_1 & \text{cuando } 0,8 H_c < y \leq H_c \\ \gamma_{ps} &= 0,85 & \gamma_1 & \text{cuando } 0,6 H_c < y \leq 0,8 H_c \\ \gamma_{ps} &= 0,80 & \gamma_1 & \text{cuando } y \leq 0,6 H_c \end{aligned}$$

donde:

y altura total del bloque de presiones en la pared frontal.

11 Refuerzo transversal de las paredes frontal y posterior de uniones no monolíticas flexibles

Se colocará el mismo refuerzo transversal que el calculado para las paredes laterales.

12 Refuerzo longitudinal de las paredes frontal y posterior de uniones no monolíticas flexibles

De acuerdo con el apartado 5.7, el refuerzo longitudinal de las paredes frontal y posterior, se calcula de acuerdo con lo establecido en la NC 53-39:89

Para ello, se considerará el vaso como si fuera una viga hueca (viga cajón) un valadizo, es decir, empotrado en la sección de unión con el resto del pedestal o con la base del cimiento, y sometida al momento flector que originen las presiones en la sección del empotramiento o en cualquier otra que se estime crítica. Se utilizarán en el cálculo del momento flector, tanto las presiones sobre la pared frontal como sobre la posterior en caso de existir, determinadas según el apartado 5.1.

13. Disposiciones constructivas

13.1 Comunes a todas las uniones

- 13.1.1 Lateralmente en la zona del fondo, el relleno de la junta tendrá un espesor d_{r1} no menor de 5 cm, y no mayor de 8 cm, según se muestra en la figura 13.

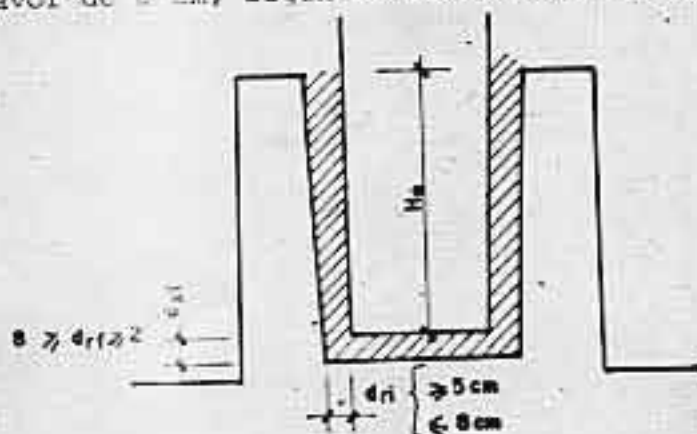


FIGURA 13 RELLENO DE LA JUNTA

- 13.1.2 Entre la parte inferior de la columna y el fondo del vaso se colocará un relleno no mayor de 8 cm y no menor de 2 cm de espesor (véase figura 13), constituido por mortero u hormigón de gravilla de resistencia característica no menor de 17,5 MPa. Por tanto, la profundidad constructiva normal de un vaso será igual a:

$$H_{y \max} = H_{e \max} + \text{espesor del relleno}$$

donde:

H_y altura interior del vaso

H_e longitud de empotramiento de la columna

- 13.1.3 Sobre el relleno fraguado especificado en 13.1.2 se vertirá en la unión con no más de 3/4 de hora de antelación al momento en que la columna se introduzca en el vaso, una capa de mortero de 1 cm de espesor, de modo que la columna asiente sobre este mortero garantizándose así la fricción entre ambos elementos.

Las características de este mortero serán semejante a las señaladas en el apartado 13.1.2.

- 13.1.4 El relleno de la junta lateral se vertirá después de colocada en posición la columna y fijada al vaso en forma firme por aditamentos provisionales, y se hará con hormigón de gravilla que no exceda de 1 cm de grueso y la calidad del mismo no será igual o mayor a la del hormigón de la unión y nunca menor de 17,5 MPa.

- 13.1.5 El hormigón del vaso será de calidad igual a la del hormigón de pedestal o de la base del cimiento.

- 13.1.6 Se recomienda que las esquinas interiores del vaso, no se terminen en ángulo recto, para ello se utilizará un bisel colocado simétricamente con relación a las paredes, véase figura 14a, cuya longitud será variable por ser inclinadas las paredes interiores y cuyo valor será tal que en ningún punto de la altura la distancia de la arista de la columna al bisel sea menor del 70 % del espesor de la junta a la altura correspondiente.

Quando se usan columna con vértices achaflanados, véase figura 14b, la distancia entre el chaflán de la columna y el bisel del vaso será tal que el vértice que originará la prolongación de los lados, cumpla con lo especificado anteriormente.

Nota. En estos casos la dimensión del chaflán será tan pequeña que permita seguir considerando la sección del empotramiento como rectangular y no como forma octogonal.

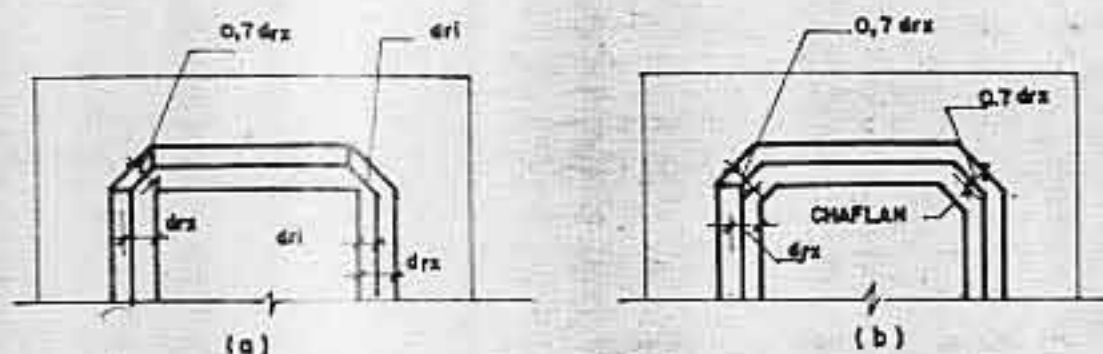


FIGURA 14 ESQUINAS INTERIORES DEL VASO

- 13.1.7 La longitud mínima de empotramiento de la columna H_e cumplirá con el mayor de los siguientes valores.

$$H_e \geq \begin{cases} 1,5 h & \text{cuando } e_o \geq 0,7 h \\ 1,0 h & \text{cuando } \frac{h}{6} < e_o < 0,7 h \\ 0,75 h & \text{cuando } e_o \leq \frac{h}{6} \end{cases}$$

$$H_e \geq 1_d \text{ (longitud de anclaje véase NC 53-39)}$$

$$H_e \geq 30 \text{ cm}$$

- 13.1.18 El espesor mínimo h_f del fondo de la unión (véase figuras 1 y 2), cumplirá con la mayor de las condiciones siguiente:

$$h_f \geq \frac{h}{2} \quad h_f \geq 25 \text{ cm}$$

- 13.1.19 En caso que la sollicitación predominante sea la compresión, es decir, con $e_o \leq \frac{h}{6}$, se colocará a 5 cm

por debajo del fondo del vaso, una malla formada por barras de $\varnothing 10$ mm espaciadas a 10 cm en ambas direcciones. De no usarse dicho refuerzo se comprobará el fondo del vaso a presiones de contacto localizadas según la NC 53-39.

El área de contacto por debajo de la columna se considera igual al área exterior de la unión del vaso con la base. Si se necesita malla de refuerzo, esta se coloca a 5 cm por debajo del fondo del vaso.

13.2 Para la unión flexible

13.2.1 El espesor mínimo h_p del borde superior cumplirá las siguientes condiciones.

- El área de la sección transversal del vaso a nivel del extremo superior, será igual o mayor que el área de la sección transversal de la columna en el empotramiento.

$$h_p \geq 12 \text{ cm}$$

13.2.2 Cuando el espesor del borde superior tiene el valor ≤ 15 cm, se admitirá que el refuerzo transversal está constituido por barras en forma de cercos octogonales soldados en su extremos y colocados en el eje de la pared, (véase figura 15), además se colocarán barras longitudinales en cada vértice que puede constituir todo o parte del refuerzo requerido en dicha dirección.

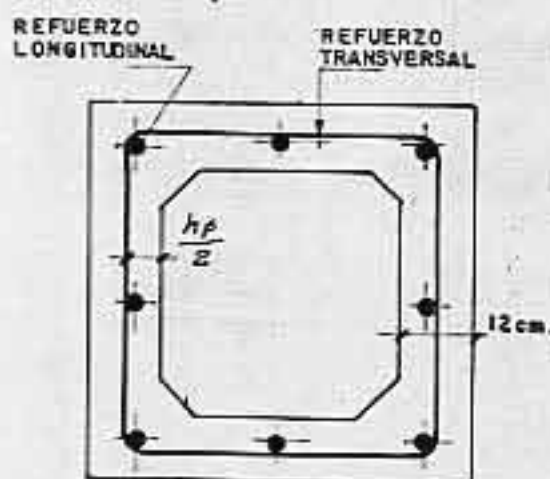


FIGURA 15 UNIÓN FLEXIBLE $h_p \leq 15$ cm

- 13.2.3 Cuando $h_p > 15$ cm, el refuerzo transversal se dispondrá en doble fila de barras (véase figura 16), pudiendo la exterior estar constituida por un cerco continuo rectangular con sus extremos soldados, y la interior por barras individuales extendidas hasta el refuerzo exterior y soldadas a él en las zonas de contacto, en todos los vértices exteriores se colocarán barras longitudinales que pueden ser el total o parte del refuerzo requerido en dicha dirección.

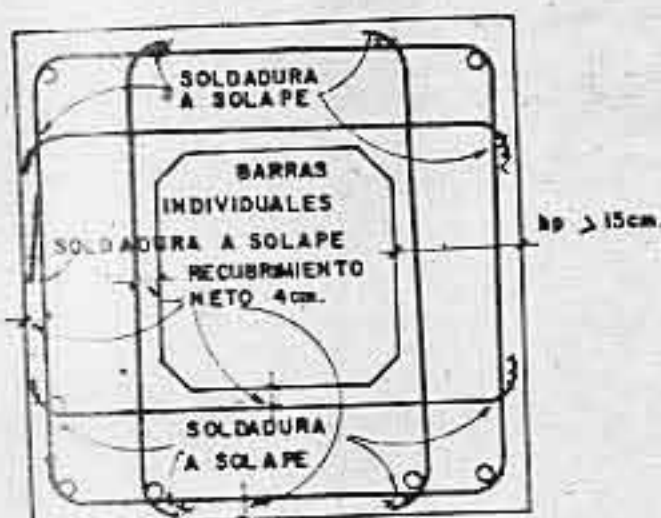


FIGURA 16. UNION FLEXIBLE $h_p > 15$ cm.

El refuerzo exterior puede formar con barras individuales que se crucen y soldadas en las zonas correspondientes.

- 13.2.4 En caso de no usarse soldadura, el proyectista garantizará el anclaje del refuerzo transversal indicado en los planos las medidas constructivas apropiadas al caso.
- 13.2.5 Para el refuerzo transversal no se usarán barras de diámetro inferior a 10 cm.
- 13.2.6 El primer refuerzo transversal se situará a 5 cm del borde superior del vaso.
- 13.2.7 El espaciamiento del refuerzo transversal no excederá del siguiente valor:

$$t_x \leq \frac{H_c}{4}$$

donde:

t_n espaciamiento máximo de las barras, filas o camadas del refuerzo en la zona x_1 que se analiza en la pared lateral,

- 13.2.8 Tanto el refuerzo transversal como el longitudinal cumplirá con las cuantías mínimas establecidas en el apartado 6.7.6 de la NC 53-39:89.
- 13.2.9 Usualmente el parámetro externo de las paredes se construye vertical, y se admitirá que pueda tener un ligero talud hacia afuera siempre que se cumplan las condiciones establecidas en la sección 5, y apartados 13.1 y 13.2.

13.3 Para unión rígida

- 13.3.1 El espesor mínimo del borde superior cumplirá.

$$h_p \geq 15 \text{ cm}$$

- 13.3.2 En paredes escalonadas, (véase figura 17) se cumplirán.

$$h_e \geq 0,75 H_s$$

donde:

H_s altura del escalón en paredes de vasos escalonados.

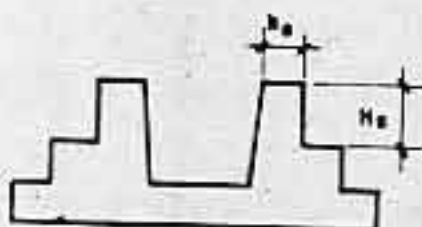


FIGURA 17 UNION RIGIDA. PARED ESCALONADA

- 13.4 Para vasos cuando $e_o \leq \frac{h}{6}$ (vasos rígidos o flexibles)

- 13.4.1 En los casos en que $\theta \leq 53^\circ$ se permitirá diseñar el vaso sin utilizar el refuerzo.

Quando sea mayor de 53° se utilizará un refuerzo mínimo transversal formado por cercos octogonales de $\varnothing 10$ mm colocados en el eje de la pared (véase figura 15) espaciados a no más de $\frac{H_c}{4}$ y situados el primer cerco de acuerdo con 13.2.6.