
NOTAS TECNICAS

DISPOSICIONES SOBRE DOBLADO DE BARRAS DE ACERO PARA HORMIGON ARMADO CONTEMPLADAS EN DIVERSAS NORMAS EXTRANJERAS

Fernando YAÑEZ U.*

RESUMEN

Se expone un extracto de normas sobre dobladuras de barras de hormigón armado, tanto para ganchos de anclaje, como para dobladuras en general y dobladuras especiales. Se hacen recomendaciones para el caso de aceros chilenos.

I. INTRODUCCION

El empleo del hormigón armado en zonas sísmicas, como el caso de Chile, requiere de un cuidadoso detalle en los planos y de una rigurosa fiscalización en su ejecución. La dobladura de barras es una de las operaciones importantes en la etapa de construcción y en ella se han detectado algunos problemas, sobre todo en los aceros de alta resistencia. Esto nos ha llevado a examinar las disposiciones que sobre el particular se contemplan en las normas extranjeras más relevantes. En este trabajo se expone un extracto de dichos reglamentos,

* Investigador de IDIEM

distinguiendo las dobladuras según se apliquen a ganchos de anclaje, dobladuras en general, o a dobladuras especiales. Al final, se hacen recomendaciones para el caso de aceros chilenos.

II. GANCHOS DE ANCLAJE

a) Norma ACI 318-77 Building Code. American Concrete Institute, EUA
El diámetro mínimo del dobléz d , medido a partir del borde interno de la barra, no deberá ser inferior al indicado en las Tablas I y II.

TABLA I
DOBLADURA EN GENERAL

Diámetro de la barra ϕ	Diámetro mínimo del dobléz d
10 a 26 mm	6ϕ
28 a 36 mm	8ϕ
43 a 57 mm	10ϕ

Se hace excepción del gancho a 180° en acero de límite de fluencia 2800 kg/cm^2 , aceptándose un diámetro mínimo de 5ϕ .

En el doblado de *estribos* se permite rebajar los diámetros mínimos a los valores siguientes:

TABLA II

ϕ mm	Diámetro mínimo del dobléz
≤ 16	4ϕ
> 16	según tabla I

En la Fig. 1, se indican diagramas de las diferentes dobladuras.

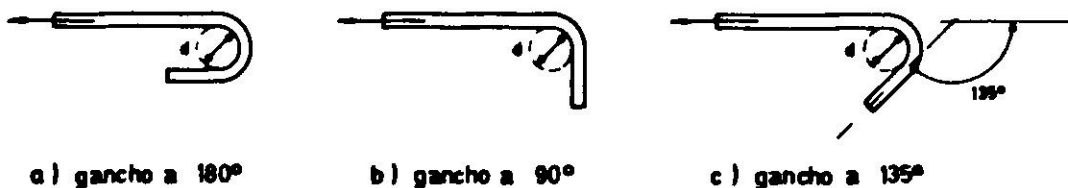


Fig. 1. Ganchos estándares según Norma ACI 318-77.

b) **British Standard BS 4466-1969. Bending Dimensions and Scheduling of Bars for the Reinforcement of Concrete**

Los diámetros mínimos de dobléz se anotan en la Tabla III.

TABLA III

Tipo de acero	Diámetro mínimo del dobléz
Acero blando	2 ϕ
Acero laminado en caliente de alta resistencia	3 ϕ

c) **Comité Europeo del Hormigón. Système International de Reglamentation Technique Unifiée des Structures 1975**

El diámetro mínimo del dobléz de ganchos de anclaje debe ser 5 ϕ . En los ganchos de los estribos este valor puede rebajarse a 2 ϕ .

d) **Instrucción Española de 1973**

En la Tabla IV se indican los diámetros mínimos.

TABLA IV

Tipo de gancho	Diámetro mínimo del dobléz	
	Barra lisa	Barra con resalte
180°	5 ϕ	7 ϕ
90°	2.5 ϕ	3.5 ϕ

e) **Norma alemana DIN 1045-72. Beton und Stahlbetonbau; Bemessung und Ausführung**

En la Tabla V se señalan los diámetros mínimos de dobléz.

TABLA V

ϕ mm	Diámetro mínimo del dobléz			
	BSt 22/34 GU	BSt 22/34 RU	BSt 42/50 RU, RK	BSt 50/55 RK, GK, PK
< 20	2.5 ϕ	4 ϕ	5 ϕ	4 ϕ
20 a 28	5 ϕ	7 ϕ	7 ϕ	—
> 28	—	10 ϕ	—	—

G: Liso, R: Corrugado, P: Perfilado, U: Laminado, K: Tratado en frío.

f) **Norma soviética, Especificaciones para el Diseño de Estructuras de Hormigón Armado**

Para barras lisas el diámetro mínimo de la dobladura $d > 2.5 \phi$. Para barras con resaltes no exige ganchos.

III. DOBLADURAS EN GENERAL

a) **Norma ACI 318-77**

Los diámetros mínimos del dobléz son iguales a los señalados en ganchos de anclaje.

b) **British Standard BS 446-1969**

La Tabla VI anota los diámetros mínimos de dobléz.

TABLA VI

Tipo de acero	d
Acero blando	4ϕ
Acero laminado en caliente de alta resistencia	6ϕ

c) **Comité Europeo del Hormigón**

El diámetro mínimo del rodillo utilizado debe ser a lo menos igual al mínimo del ensayo de doblado-desdoblado establecido en el respectivo certificado de idoneidad (agrément technique).

d) **Instrucción española de 1973**

En Tabla VII aparecen los diámetros de dobléz.

TABLA VII

Tipo de acero	Diámetro mínimo del dobléz	
	Doblado simple	Doblado desdoblado
AE 42 N y 42 F	3ϕ	6ϕ
AE 46 N y 46 F	3.5ϕ	7ϕ
AE 50 N y 50 F	4ϕ	8ϕ
AE 60 N y 60 F	5ϕ	10ϕ

N: Dureza natural; F: Estirado en frío.

- e) Norma alemana DIN 488 Betonstahl. Begriffe. Eigenschaften, Werkkennzeichen

En Tabla VIII se dan los diámetros de dobléz

TABLA VIII

ϕ mm	Diámetro mínimo del dobléz		
	BSt 22/34 RU	BSt 42/50 RU	BSt 42/50 RK
< 12	4 ϕ	5 ϕ	5 ϕ
13 a 18	5 ϕ	6 ϕ	6 ϕ
20 a 28	7 ϕ	8 ϕ	8 ϕ
30 a 40	10 ϕ	—	—

- f) Norma ASTM, American Society for Testing Materials. EUA

La Tabla IX indica los diámetros de dobléz.

TABLA IX

ϕ mm	Diámetro mínimo del dobléz para diferentes tipos de aceros y de límites de fluencia						
	A 615-75		A 616-75		A 617-75		A 706-75
	2800*	4200	2800	4200	2800	4200	
10	4 ϕ	4 ϕ	6 ϕ	6 ϕ	4 ϕ	4 ϕ	3 ϕ
12	4 ϕ	4 ϕ	6 ϕ	6 ϕ	4 ϕ	4 ϕ	3 ϕ
14	4 ϕ	4 ϕ	6 ϕ	6 ϕ	4 ϕ	4 ϕ	3 ϕ
16	4 ϕ	4 ϕ	6 ϕ	6 ϕ	4 ϕ	4 ϕ	3 ϕ
18	5 ϕ	5 ϕ	6 ϕ	6 ϕ	5 ϕ	5 ϕ	4 ϕ
20	5 ϕ	5 ϕ	6 ϕ	6 ϕ	5 ϕ	5 ϕ	4 ϕ
22	5 ϕ	6 ϕ	6 ϕ	6 ϕ	5 ϕ	6 ϕ	4 ϕ
26	5 ϕ	6 ϕ	6 ϕ	6 ϕ	5 ϕ	6 ϕ	4 ϕ
28	5 ϕ	8 ϕ	8 ϕ	8 ϕ	5 ϕ	8 ϕ	6 ϕ
32	5 ϕ	8 ϕ	8 ϕ	8 ϕ	5 ϕ	8 ϕ	6 ϕ
36	5 ϕ	8 ϕ	8** ϕ	8** ϕ	5 ϕ	8 ϕ	6 ϕ
43	—	—	—	—	—	—	8 ϕ
57	—	—	—	—	—	—	8 ϕ

* Límite de fluencia, f_y .

** Ensayo del dobléz a 90°. El resto corresponde a ensayo a 180°.

La Tabla IX corresponde a las siguientes normas ASTM.

A 615-75 Deformed and Plain Billet-Steel Bars for Concrete Reinforcement, (Acero liso y con resalte para hormigón armado hecho de lingotes).

A 616-75 Rail Steel Deformed and Plain Bars for Concrete Reinforcement, (Acero liso y con resalte para hormigón armado hecho de rieles).

A 617-75 Axle-Steel Deformed and Plain Bars for Concrete Reinforcement, (Acero liso y con resaltes para hormigón armado hecho de ejes).

A 706-75 Low-Alloy Steel Deformed Bars for Concrete Reinforcement, (Acero con resalte para hormigón armado de baja aleación).

IV. CASO ESPECIAL DE DOBLADURA

Cuando las curvas de las barras coinciden con una zona de gran sollicitación de la armadura como es el caso al levantar las barras a 45° para absorber el esfuerzo de corte, algunas normas establecen limitaciones a los diámetros mínimos de dobladura señalados en la parte III. Esta limitación tiene por objeto impedir la rotura del hormigón por hendimiento, Fig. 2.

DIAGONAL DE COMPRESION APOYADA EN UNA BARRA DELGADA

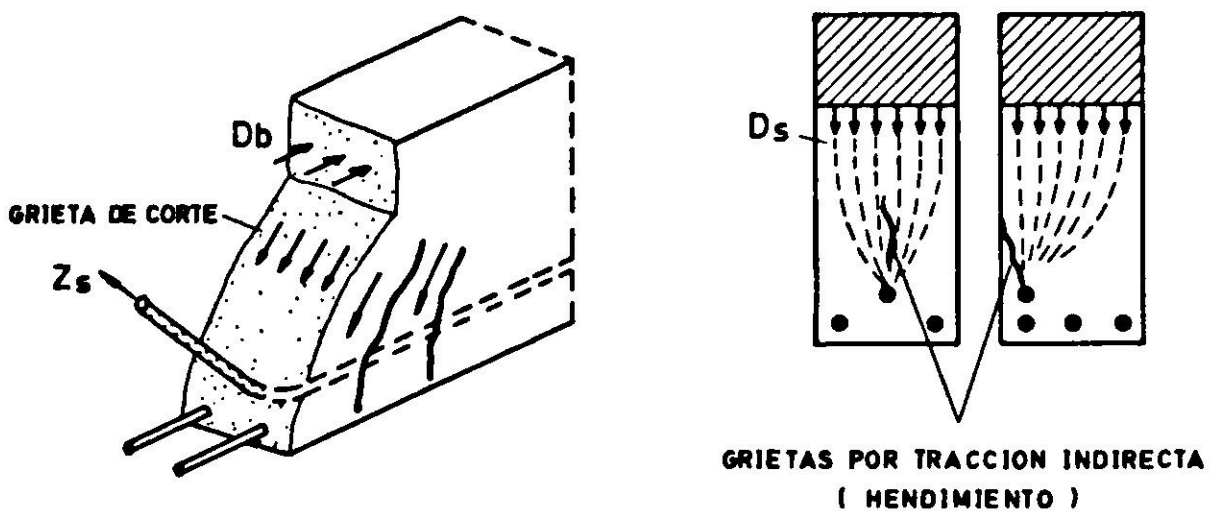


Fig. 2. Zona crítica en una dobladura a 45° para absorber esfuerzo de corte.

a) Norma DIN 1045

Los diámetros mínimos de dobladura se dan en la Tabla X.

TABLA X

Recubrimiento	Diámetro mínimo del dobladura		
	BSt 22/34	BSt 42/50	BSt 50/55
$> 5 \text{ cm y } > 3 \phi$	10 ϕ	15 ϕ	15 ϕ
$< 5 \text{ cm y } < 3 \phi$	15 ϕ	20 ϕ	20 ϕ

b) Comité Europeo del Hormigón

El diámetro mínimo de dobléz $> 20 \phi$.

c) Instrucción española de 1973

El diámetro mínimo de dobléz está definido por la doble condición:

$$d > \frac{2f_{yk}\phi}{f_{ck}} \quad \text{y} \quad d > 10\phi$$

en que:

f_{yk} = Límite elástico característico del acero,

f_{ck} = Resistencia característica del hormigón,

ϕ = Diámetro de la barra.

Para aquellas barras cuyo recubrimiento lateral sea inferior a 5 cm o 3ϕ , se debe aumentar en 6ϕ el diámetro resultante de las expresiones anteriores.

d) Norma soviética

El diámetro de doblado mínimo $> 20\phi$.

V. RECOMENDACIONES PARA EL PROCEDIMIENTO DE DOBLADO

Como conclusión, podemos hacer las siguientes recomendaciones para el caso de aceros chilenos.

- 1) El doblado de ganchos de anclaje y las dobladuras en general se harán según lo dispuesto por la norma ACI 318-77

DOBLADURA EN GENERAL

Diámetro de la barra ϕ	Diámetro mínimo del dobléz d
10 a 26 mm	6ϕ
28 a 36 mm	8ϕ
43 a 57 mm	10ϕ

DOBLADURAS EN ESTRIBOS

ϕ mm	Diámetro mínimo del dobléz
≤ 16	4ϕ
> 16	según Tabla I

- 2) El doblado especial, cuando la armadura está sometida a grandes tensiones, se hará con dobléz de diámetro mínimo según lo dispuesto por la norma DIN 1045-72.

Recubrimiento	Diámetro mínimo del dobléz	
	$f_y = 2800$	$f_y = 4200$
$> 5 \text{ cm y } > 3 \phi$	10 ϕ	15 ϕ
$< 5 \text{ cm y } < 3 \phi$	15 ϕ	20 ϕ

f_y : Límite de fluencia.

- 3) La dobladura de las barras se realizará a velocidad limitada, preferentemente en frío, a la temperatura ambiente, mediante el empleo de rodillos que permitan obtener los radios de curvatura especificados. La operación se realizará sin golpes, choques, etc.
- 4) Se evitará la dobladura de barras bajo temperaturas ambientes menores de 5°C. Para temperaturas próximas a ésta, se tomarán precauciones especiales reduciendo al mínimo la velocidad de doblado.
- 5) Las barras que han sido dobladas no serán enderezadas ni podrán volver a doblarse sin previamente eliminar la zona que anteriormente fue sometida a esa operación.
- 6) Si bien el doblado en caliente es posible, no es sin embargo recomendable por las complejas precauciones que son necesarias para realizarlo.

La recomendación 1) se propone sobre la base de que las disposiciones del código ACI 318-77 toman en consideración las de las normas ASTM (Tabla IX), que a su vez informan las normas chilenas de control de calidad de las barras de acero. En cuanto a la segunda recomendación, se sugiere la adopción de la alemana porque ésta ha sido la fuente tradicional de la práctica chilena.

BIBLIOGRAFIA

1. DIN 1045 *Beton und Stahlbetonbau. Bemessung und Ausführung*, 1972.
2. ACI 318-77. *Building Code*. American Concrete Institute, 1978.
3. BS 4466:1969, *Specification for Bending and Scheduling of Bars for the Reinforcement of Concrete*, Londres, 1969.
4. CEB. *Système International de Reglementation Technique Unifiée des Structures*, CEB. Bulletin D'Information n° 111, París, 1975.
5. ASTM, 1976 *Annual Book of ASTM Standards*, Part. 4.
6. MORETTO, O. *Curso de Hormigón Armado*, Proyecto de Reglamento Argentino de Estructuras de Hormigón Armado, Buenos Aires, 1970.
7. FRIT, L. *Vorlesungen über Massivbau*, Drittertteil, Springer Verlag, Berlin, 1974.
8. MURASHEV, SIGALOV, BAIKOV, *Design of Reinforced Concrete Structures*, Moscú, 1971.
9. MONTOYA, MESEGUER, MORAN. *Hormigón Armado*, Barcelona, 1974.
10. DIN 488. *Betonstahl. Begriffe, Eigenschaften Werkkennzeichen*, 1972.