

DETERMINACIÓN ANALÍTICA DE LAS LONGITUDES DE ANCLAJE Y SOLAPE SEGÚN LA INSTRUCCIÓN EHE-08

Manuel Jesús Carretero Ayuso - Arquitecto Técnico. Presidente de la Comisión de Formación y Cultura y Vocal de la Junta de Gobierno del Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Badajoz.

Uno de los principios básicos en los que se basa el funcionamiento de las estructuras de hormigón armado es la adherencia existente entre los dos materiales que las componen: el hormigón y el acero. Su conocimiento permite establecer la longitud necesaria para que una barra de acero transmita las tensiones a las que está sometida al hormigón, sin que se produzca su arrancamiento, o a otra barra con la que se solapa y trabaja conjuntamente.

El conocimiento de los mecanismos de adherencia ha ido evolucionando con el tiempo y se ha ido perfeccionando. Quizás esto pueda explicar la razón de la existencia de discrepancias entre los valores indicados por la normativa, los prescritos por los proyectistas, o los utilizados en la práctica constructiva cuando no se tienen los valores de cálculo necesarios.

Disponer de una herramienta sencilla puede facilitar la labor de los agentes que intervienen en la construcción de estructuras de hormigón, razón por la que en este artículo se recopilan unas sencillas tablas en las que se indican las longitudes de anclaje y solape de las barras de acero corrugado de acuerdo con los criterios marcados por la vigente Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08) para aceros en posesión de un certificado de

homologación de adherencia. Con ello se busca alcanzar los siguientes objetivos:

- Elaborar una herramienta didáctica para los estudiantes de arquitectura, arquitectura técnica e ingenierías que les ayude a evaluar los distintos parámetros que intervienen en el fenómeno de la adherencia y el resultado final de todo ello.
- Proporcionar a los autores de proyectos y/o calculistas unas tablas para su inclusión directa en los planos de cimentación y estructura.
- Proporcionar unos datos concretos a los distintos técnicos con responsabilidad en el control de ejecución que no han podido profundizar en este tema.
- Entregar unas tablas de consulta a los operarios de ferralla que faciliten su trabajo.
- “Deshabilitar” la conocida regla de considerar que el solape se calcula multiplicando el valor del diámetro de la barra por 40, independientemente de su posición y forma de trabajo.

El método de cálculo que figura tanto en la actual Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08) como en sus ediciones anteriores, redactadas por la Comisión Permanente del Hormigón, tiene una cantidad de variables importante. De este modo, para realizar el



FERROTECNIA

cálculo hay que tener primero claro la diferencia entre un **anclaje** y un **solape**, además de conocer cuando una barra está en **posición I**, de buena adherencia, o cuando en **posición II**, de adherencia deficiente.

Aunque estos conceptos corresponden a nociones básicas sobre el hormigón armado nunca está de más el volver a repetirlos y a recordarlos, dada la relevancia que tienen en el comportamiento final de la estructura, y la utilidad didáctica que suponen para estudiantes y técnicos que inicien su andadura profesional.

En primer lugar hay que conocer las **condiciones de adherencia entre la barra de acero y el hormigón**. Estas condiciones vendrán determinadas por la posición de la barra dentro del elemento y, sobre todo, con relación a la dirección según la cual se efectúe el hormigonado. En el caso de una barra horizontal se pueden producir peores condiciones de adherencia sobre todo en la parte inferior de la misma si se produce un cierto asentamiento del hormigón. La posibilidad de que se formen "huecos" bajo la barra aumenta a medida que está más cercana a la superficie de la pieza, o de la tongada de hormigonado, por dos sencillas razones: hay menos peso de hormigón sobre la barra y hay más peligro de que se produzca un asentamiento plástico del hormigón.

Por ello, la Instrucción introduce el concepto de 'posición' de la barra de acero dentro de la pieza de hormigón armado, distinguiendo el caso de buenas condiciones de adherencia (posición I) y condiciones de adherencia deficientes (posición II):

- **Posición I:** armaduras que durante el hormigonado formen con la horizontal un ángulo comprendido entre 45° y 90° o que, en el caso de formar un ángulo inferior a 45°, estén situadas en

la mitad inferior de la sección o a una distancia igual o mayor a 30 cm de la cara superior de una capa de hormigonado.

- **Posición II:** las armaduras que durante el hormigonado no se encuentren en ninguno de los casos anteriores.

El concepto de **anclaje** podría ser definido como aquella longitud de barra que permite que quede asegurada la transmisión de esfuerzos entre ésta y la masa de hormigón circundante para impedir el fallo o deslizamiento relativo entre los dos materiales.

Por su parte, el **solape** sería aquella longitud de empalme entre barras que permite que quede asegurada la transmisión de fuerzas entre ellas sin que se produzcan daños en el hormigón circundante.

Por lo tanto, si se quisiera anclar una barra por prolongación recta en el hormigón, la longitud necesaria sería aquella que igualase la tensión a la que está sometida la barra con la tensión de adherencia entre ésta y el hormigón. Suponiendo que la tensión de adherencia es constante a lo largo de toda la longitud de la barra, tendríamos:

$$\frac{\pi\phi^2}{4} f_{yd} = l_b \pi\phi\tau_{bd}$$

Por lo tanto la longitud resultante, l_b , sería igual a:

$$l_b = \frac{\phi f_{yd}}{4\tau_{bd}}$$

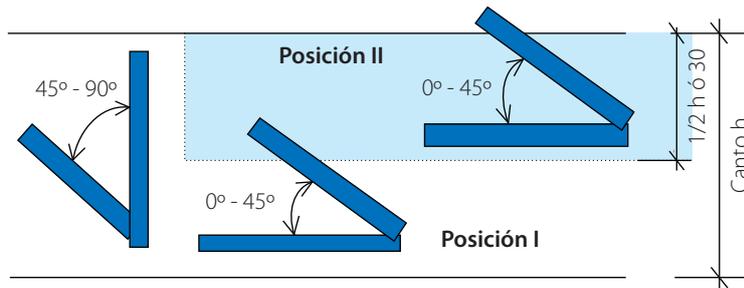
Siendo:

l_b la longitud básica de anclaje, en mm.

f_{yd} el valor de cálculo del límite elástico del acero, en N/mm².

τ_{bd} el valor de cálculo de la tensión de adherencia entre el acero y el hormigón, en N/mm².

ϕ el diámetro nominal de la barra, en mm.



⇒ Figura 1.

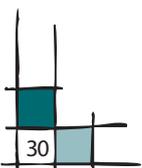


Tabla 1.

Barras en Posición I	$l_{bl} = m \varnothing^2 \geq \frac{f_{yk}}{20} \varnothing$	Longitud neta de anclaje $l_{bl\ neta} = l_b \beta \frac{A_s}{A_{s\ real}}$ β = factor de reducción
Barras en Posición II	$l_{bl} = 1,4 m \varnothing^2 \geq \frac{f_{yk}}{14} \varnothing$	

Tabla 2.

Resistencia característica del hormigón (N/mm ²)	Valor del coeficiente m	
	B-400-S B-400-SD	B-500-S B-500-SD
25	1,2	1,5
30	1,0	1,3
35	0,9	1,2
40	0,8	1,1
45	0,7	1,0
≥ 50	0,7	1,0

Ahora bien, aunque la cuestión parece sencilla no lo es tanto, puesto que la tensión de adherencia depende de numerosos factores como, por ejemplo: el diámetro de la armadura, las características resistentes del hormigón, la geometría del corrugado, la longitud y forma del anclaje, etc.



Por esta razón, entre finales de los años 70 y principios de los años 80 se efectuaron unos intensos e importantes ensayos experimentales en España por parte del Instituto Eduardo Torroja sobre las condiciones de adherencia de las barras corrugadas obteniéndose unas sencillas relaciones para calcular las longitudes de anclaje de las armaduras, que se recogen en la Tabla 1. El coeficiente “m” que en ellas aparece es precisamente uno de los resultados experimentales obtenidos, razón por la que este procedimiento está limitado, exclusivamente, para aquellos aceros que poseen un certificado de homologación de adherencia. Esto implica que han sido sometidos a unas condiciones de ensayo similares a las efectuadas en su momento y cumplen con unos determinados valores de las tensiones de adherencia.

Como puede verse, estas expresiones tienen en cuenta la posición de la barra dentro de la masa del hormigón, el diámetro de la armadura y tiene además una limitación inferior en función del límite elástico garantizado del acero, f_{yk} y del diámetro de la armadura.

Por lo tanto, para comprobar en obra que las longitudes dispuestas son las correctas hay que comprobar que el acero suministrado está en posesión de un certificado de homologación de adhe-

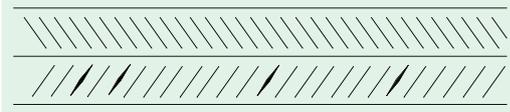
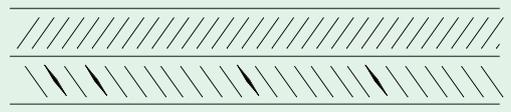
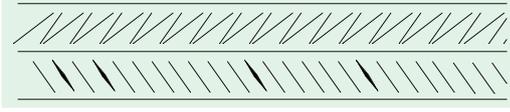
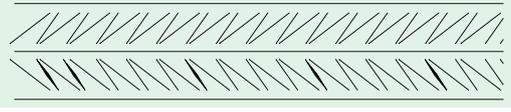


FERROTECNIA

⇒ **Tabla 3.-** Características de las corrugas en barras corrugadas.

CARA	B-400-S	B-400-SD	B-500-S	B-500-SD
De lectura	Paralelas	Paralelas	Paralelas	Convergentes-divergentes
Posterior	Paralelas	Paralelas	Convergentes-divergentes	Convergentes-divergentes
Separación corrugas (entre caras)	Distinta	Igual	Ángulos diferentes	Iguales

⇒ **Tabla 4.-** Identificación gráfica de las barras corrugadas.

TIPO	SOLDABLE	SOLDABLE-DÚCTIL
400 N/mm ²		
500 N/mm ²		

rencia, que la geometría de sus corrugas cumple las condiciones indicadas en el mencionado certificado, así como el valor del límite elástico del acero. Este último puede verificarse visualmente de acuerdo con la disposición de las corrugas, tal y como se recoge en las Tablas 3 y 4; la primera de ellas con las características de inclinación de las corrugas de las barras y la segunda con la identificación gráfica de las mismas.

Atendiendo a los resultados que arroja la fórmula expresada en la Tabla 1, se puede comprobar que en la posición II se obtiene un valor mayor al estar penalizada con un 40 % (coeficiente r) y dividida por 14, en lugar de por 20, como en la posición I. Hay que tener en cuenta, además, que en cualquiera de dichas posiciones la longitud resultante debe incrementarse en 10 diámetros en el caso de que puedan existir efectos dinámicos, tal y como establece la EHE-08 en su artículo 69.5.1.1.

El anclaje extremo de la barra se puede mejorar empleando una patilla, un gancho, una barra transversal soldada, etc. Por ello, la Instrucción permite reducir la longitud anterior, correspondiente al caso de prolongación recta, mediante la utilización de un coeficiente β cuyos valores se recogen en la Tabla 5. Se comprende de una forma sencilla e intuitiva que el efecto de un gancho o de una patilla es efectivo a tracción, y por tanto se permite una reducción de la longitud de anclaje de un 30 %, mientras que no tiene ningún efecto si la barra

trabaja a compresión. En el caso de una barra transversal soldada su efecto de anclaje es efectivo tanto a tracción como a compresión.

Es importante destacar que la efectividad de un anclaje tipo patilla o gancho depende en gran medida del espesor de recubrimiento en esa zona. Si este es reducido, inferior a 3 diámetros, existe el riesgo de que las tensiones que se producen en esa zona produzcan un desprendimiento del hormigón, con lo que se perderá la eficacia del anclaje.

Por último, la longitud de anclaje se puede reducir en función de la tensión de trabajo de las armaduras. Si la armadura dispuesta fuese la estrictamente resultante del cálculo su tensión sería igual a f_{yd} y necesitaríamos toda la longitud de anclaje. Pero en la práctica la cantidad de armadura dispuesta es algo superior a la estricta, por lo que la tensión de trabajo de la armadura, σ_{sdr} , es inferior y por tanto la longitud necesaria para anclarse también lo es. Por dicha razón, la Instrucción permite una reducción por armadura superabundante que será igual a la relación existente entre la sección de armadura necesaria por cálculo, A_{sr} , y la realmente existente en la sección, $A_{s,real}$.

Con todo ello, la longitud básica de anclaje (en posición I o II) se transforma en una longitud neta de anclaje que viene definida por la siguiente expresión:

$$l_{b,neto} = l_b \beta \frac{A_s}{A_{s,real}}$$

Esta longitud neta de anclaje no puede ser tampoco excesivamente pequeña. Por ello la Instrucción fija unos valores mínimos que en cualquier caso deben respetarse. Este mínimo no puede ser inferior al mayor de los tres siguientes:

- 10 diámetros.
- 150 mm.
- La tercera parte de la longitud básica de anclaje para barras traccionadas y los dos tercios de dicha longitud para barras comprimidas.

Tabla 5.- Valores de β .

TIPO DE ANCLAJE	TRACCIÓN	COMPRESIÓN
Prolongación recta	1	1
Patilla, gancho y gancho en U	0,7	1
Barra transversal soldada	0,7	0,7

En el caso de los anclajes por solape las tensiones de unas barras se transmiten a las barras adyacentes en virtud de su adherencia con el hormigón que las rodea. Para que el sistema sea efectivo las barras deben estar lo más próximas entre sí y nunca a una distancia superior a 4 diámetros, tal y como indica la Instrucción en su artículo 69.5.2.2. La longitud necesaria es igual a la longitud neta de anclaje afectada por un coeficiente α (ver Tabla 6) que tiene en cuenta si las barras trabajan a tracción o a compresión, el

Tabla 6.- Valores de α para calcular la longitud de las barras solapadas.

Distancia entre los empalmes más próximos (ver figura 2)	Porcentaje de barras solapadas trabajando a tracción, con relación la sección total de acero					Barras solapadas trabajando normalmente a compresión en cualquier porcentaje
	20 %	25 %	33 %	50 %	> 50 %	
$a \leq 10 \varnothing$	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	1,0
$a > 10 \varnothing$	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,0

porcentaje de barras solapadas en una misma sección y la distancia transversal existente entre solapes.

$$l_s = \alpha l_{b,neto}$$

Para aplicar esta simple fórmula es necesario saber si nuestra barra está traccionada o comprimida en el punto dado, el porcentaje de barras solapadas y la distancia entre los empalmes (Figura 2). Este aspecto es bastante difícil de conocer en muchos elementos constructivos, o en zonas concretas de ellos, si no tenemos delante los listados de esfuerzos de la estructura que nos ha calculado previamente el ordenador.

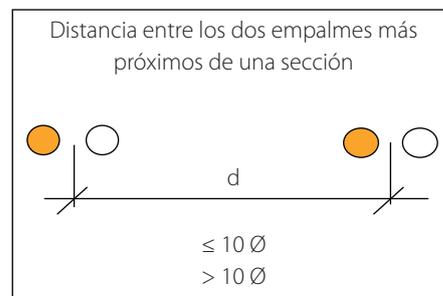


Figura 2.

Así pues, el resultado de todo este cálculo en cadena nos da 364 posibles resultados por cada resistencia característica del hormigón (Tablas 7 a 11). Dado que según el artículo 39.2 de la EHE-08, la resistencia tipificada del hormigón es de 25, 30, 35, 40, 45 y ≥ 50 (55, 60, 70, 80, 90 y 100) N/mm², la posible casuística alcanza 2.184 posibles valores de anclajes o solapes, recogidos en las cinco tablas anejas (Tablas 7 a 11) del presente artículo.

Para finalizar la comprensión de los errores que pueden cometerse se expone un ejemplo práctico. Supongamos que llega a obra una jácena en la que accidentalmente la armadura de montaje ha quedado corta y no llega al pilar. Habría que hacer dos cálculos



FERROTECNIA

por zonas: una para la de montaje superior y otra para la de montaje inferior, y dentro de cada una de ellas, para cada diámetro que hubiera quedado con longitud insuficiente. Limitándonos a la armadura superior supuesta de diámetro de 20 mm, se detalla cada uno de los parámetros que intervienen en este cálculo son los siguientes:

MODO: Solape
 TRABAJO: Tracción
 POSICIÓN: II
 HORMIGÓN: HA - 25
 DISTANCIA: $< 10 \varnothing$
 % SOLAPE EN LA SECCIÓN: $> 50 \%$
 ACERO: B-500-S
 DIÁMETRO: 20 mm

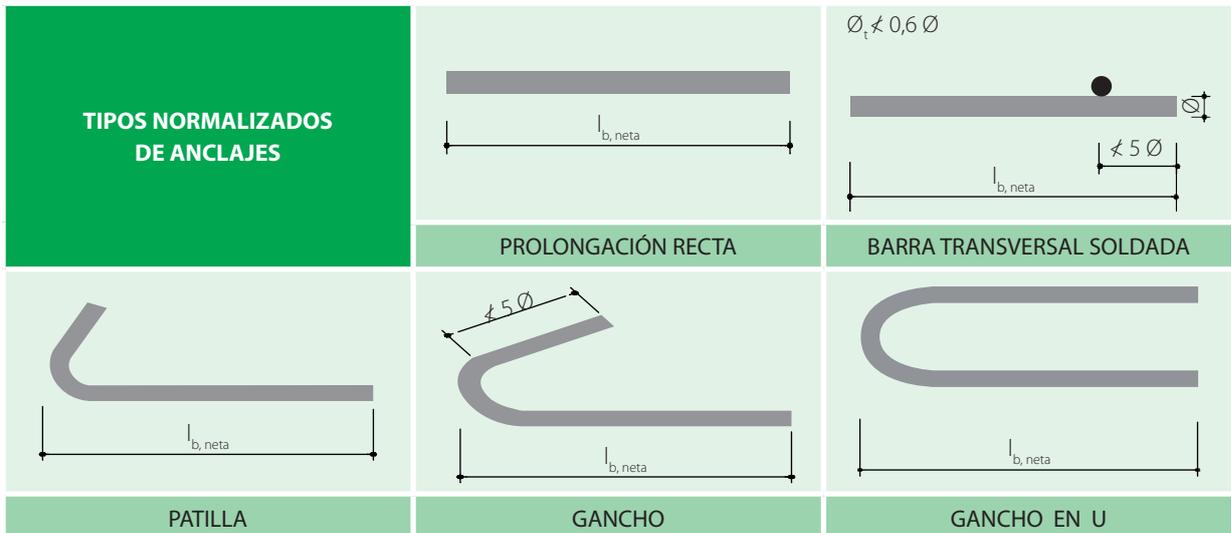
Empleando la formulación anteriormente descrita la longitud resultante sería de 168 cm. Un valor muy distinto al que resultaría de aplicar el criterio de 40 veces el diámetro (que sería, en este caso, 80 cm) que se utiliza en algunas obras para cualquier clase de posición, tipo de acero, resistencia del hormigón, y ya sea solape o anclaje.

Puede darse el caso, de que en obra no dispongamos de espacio suficiente en el cual quepan los 168 cm mencionados o que con la superconfluencia de barras incumplamos el art. 64.4.1.1 de la Ins-



trucción sobre la separación de barras aisladas. En esta situación podríamos recurrir a otros sistemas de empalme que nos permitieran resolver estas problemáticas. Un modo sería utilizando manguitos roscados y otro efectuando soldaduras resistentes, si bien las limitaciones y condiciones técnico-constructivas de cada uno de los dos métodos quedan fuera del ámbito de este artículo.

Por último, es preciso hacer constar que lo expresado anteriormente, así como los valores indicados en las cinco tablas que se facilitan a continuación -agrupadas por valores de resistencia del hormigón- es sólo válido si el acero dispone de un certificado de homologación de adherencia. ■



⇒ Figura 3.

Tabla 7.- Cálculo de longitudes de anclaje y solape para barras de acero corrugado. Hormigón: HA - 25 (medidas en cm).

TIPO ACERO			B - 400					B - 500										
DIÁMETRO			6	8	10	12	16	20	25	6	8	10	12	16	20	25		
ANCLAJES	POSICIÓN I	RECTO	15	16	21	25	33	48	75	15	20	26	31	41	60	94		
		PATILLA	15	15	17	20	26	38	58	15	16	20	24	32	46	71		
	POSICIÓN II	RECTO	18	23	29	35	47	67	105	22	29	36	44	58	84	131		
		PATILLA	15	18	22	27	36	51	79	17	22	27	33	44	63	97		
SOLAPES	TRACCIÓN	POSICIÓN I	Distancia $\leq 10 \varnothing$	20 %	18	19	25	30	40	58	90	18	24	31	37	49	72	113
				25 %	21	22	29	35	46	67	105	21	28	36	43	57	84	132
				33 %	24	26	34	40	53	77	120	24	32	42	50	66	96	150
				50 %	27	29	38	45	59	86	135	27	36	47	56	74	108	169
				> 50 %	30	32	42	50	66	96	150	30	40	52	62	82	120	188
		Distancia $> 10 \varnothing$	20 %	15	16	21	25	33	48	75	15	20	26	31	41	60	94	
			25 %	17	18	23	28	36	53	83	17	22	29	34	45	66	103	
			33 %	18	19	25	30	40	58	90	18	24	31	37	49	72	113	
			50 %	20	21	27	33	43	62	98	20	26	34	40	53	78	122	
			> 50 %	21	22	29	35	46	67	105	21	28	36	43	57	84	132	
	POSICIÓN II	Distancia $\leq 10 \varnothing$	20 %	22	28	35	42	56	80	126	26	35	43	53	70	101	157	
			25 %	25	32	41	49	66	94	147	31	41	50	62	81	118	183	
			33 %	29	37	46	56	75	107	168	35	46	58	70	93	134	210	
			50 %	32	41	52	63	85	121	189	40	52	65	79	104	151	236	
			> 50 %	36	46	58	70	94	134	210	44	58	72	88	116	168	262	
		Distancia $> 10 \varnothing$	20 %	18	23	29	35	47	67	105	22	29	36	44	58	84	131	
			25 %	20	25	32	39	52	74	116	24	32	40	48	64	92	144	
			33 %	22	28	35	42	56	80	126	26	35	43	53	70	101	157	
			50 %	23	30	38	46	61	87	137	29	38	47	57	75	109	170	
			> 50 %	25	32	41	49	66	94	147	31	41	50	62	81	118	183	
COMPRESIÓN	POSICIÓN I	15	16	21	25	33	48	75	15	20	26	31	41	60	94			
	POSICIÓN II	18	23	29	35	47	67	105	22	29	36	44	58	84	131			



FERROTECNIA

Tabla 8.- Cálculo de longitudes de anclaje y solape para barras de acero corrugado. Hormigón: HA - 30 (medidas en cm).

HORMIGÓN: HA - 30

TIPO ACERO		B - 400						B - 500										
DIÁMETRO		6	8	10	12	16	20	25	6	8	10	12	16	20	25			
ANCLAJES	POSICIÓN I	RECTO	15	16	21	25	33	41	63	15	20	26	31	41	52	81		
		PATILLA	15	15	17	20	26	33	49	15	16	20	24	32	40	62		
	POSICIÓN II	RECTO	18	23	29	35	47	59	88	22	29	36	44	58	73	114		
		PATILLA	15	18	22	27	36	45	67	17	22	27	33	44	55	85		
SOLAPES	TRACCIÓN	POSICIÓN I	Distancia $\leq 10 \varnothing$	20 %	18	19	25	30	40	49	76	18	24	31	37	49	62	97
				25 %	21	22	29	35	46	57	88	21	28	36	43	57	73	113
				33 %	24	26	34	40	53	66	101	24	32	42	50	66	83	130
				50 %	27	29	38	45	59	74	113	27	36	47	56	74	94	146
				> 50 %	30	32	42	50	66	82	126	30	40	52	62	82	104	162
		Distancia $> 10 \varnothing$	20 %	15	16	21	25	33	41	63	15	20	26	31	41	52	81	
			25 %	17	18	23	28	36	45	69	17	22	29	34	45	57	89	
			33 %	18	19	25	30	40	49	76	18	24	31	37	49	62	97	
			50 %	20	21	27	33	43	53	82	20	26	34	40	53	68	105	
			> 50 %	21	22	29	35	46	57	88	21	28	36	43	57	73	113	
	POSICIÓN II	Distancia $\leq 10 \varnothing$	20 %	22	28	35	42	56	71	106	26	35	43	53	70	88	137	
			25 %	25	32	41	49	66	83	123	31	41	50	62	81	102	160	
			33 %	29	37	46	56	75	94	141	35	46	58	70	93	117	182	
			50 %	32	41	52	63	85	106	158	40	52	65	79	104	131	205	
			> 50 %	36	46	58	70	94	118	176	44	58	72	88	116	146	228	
		Distancia $> 10 \varnothing$	20 %	18	23	29	35	47	59	88	22	29	36	44	58	73	114	
			25 %	20	25	32	39	52	65	97	24	32	40	48	64	80	125	
			33 %	22	28	35	42	56	71	106	26	35	43	53	70	88	137	
			50 %	23	30	38	46	61	77	114	29	38	47	57	75	95	148	
			> 50 %	25	32	41	49	66	83	123	31	41	50	62	81	102	160	
COMPRESIÓN	POSICIÓN I	15	16	21	25	33	41	63	15	20	26	31	41	52	81			
	POSICIÓN II	18	23	29	35	47	59	88	22	29	36	44	58	73	114			

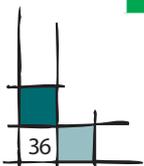


Tabla 9.- Cálculo de longitudes de anclaje y solape para barras de acero corrugado. Hormigón: HA - 35 (medidas en cm).

TIPO ACERO			B - 400						B - 500									
DIÁMETRO			6	8	10	12	16	20	25	6	8	10	12	16	20	25		
ANCLAJES	POSICIÓN I	RECTO	15	16	21	25	33	41	56	15	20	26	31	41	51	75		
		PATILLA	15	15	17	20	26	33	44	15	16	20	24	32	40	58		
	POSICIÓN II	RECTO	18	23	29	35	47	59	79	22	29	36	44	58	73	105		
		PATILLA	15	18	22	27	36	45	60	17	22	27	33	44	55	79		
SOLAPES	TRACCIÓN	POSICIÓN I	Distancia ≤ 10 Ø	20 %	18	19	25	30	40	49	67	18	24	31	37	49	61	90
				25 %	21	22	29	35	46	57	78	21	28	36	43	57	71	105
				33 %	24	26	34	40	53	66	90	24	32	42	50	66	82	120
				50 %	27	29	38	45	59	74	101	27	36	47	56	74	92	135
				> 50 %	30	32	42	50	66	82	112	30	40	52	62	82	102	150
		Distancia > 10 Ø	20 %	15	16	21	25	33	41	56	15	20	26	31	41	51	75	
			25 %	17	18	23	28	36	45	62	17	22	29	34	45	56	83	
			33 %	18	19	25	30	40	49	67	18	24	31	37	49	61	90	
			50 %	20	21	27	33	43	53	73	20	26	34	40	53	66	98	
			> 50 %	21	22	29	35	46	57	78	21	28	36	43	57	71	105	
	POSICIÓN II	Distancia ≤ 10 Ø	20 %	22	28	35	42	56	71	95	26	35	43	53	70	88	126	
			25 %	25	32	41	49	66	83	111	31	41	50	62	81	102	147	
			33 %	29	37	46	56	75	94	126	35	46	58	70	93	117	168	
			50 %	32	41	52	63	85	106	142	40	52	65	79	104	131	189	
			> 50 %	36	46	58	70	94	118	158	44	58	72	88	116	146	210	
		Distancia > 10 Ø	20 %	18	23	29	35	47	59	79	22	29	36	44	58	73	105	
			25 %	20	25	32	39	52	65	87	24	32	40	48	64	80	116	
			33 %	22	28	35	42	56	71	95	26	35	43	53	70	88	126	
			50 %	23	30	38	46	61	77	103	29	38	47	57	75	95	137	
			> 50 %	25	32	41	49	66	83	111	31	41	50	62	81	102	147	
COMPRESIÓN	POSICIÓN I	15	16	21	25	33	41	56	15	20	26	31	41	51	75			
	POSICIÓN II	18	23	29	35	47	59	79	22	29	36	44	58	73	105			



FERROTECNIA

Tabla 10.- Cálculo de longitudes de anclaje y solape para barras de acero corrugado. Hormigón: HA - 40 (medidas en cm).

			HORMIGÓN: HA - 40															
TIPO ACERO			B - 400							B - 500								
DIÁMETRO			6	8	10	12	16	20	25	6	8	10	12	16	20	25		
ANCLAJES	POSICIÓN I	RECTO	15	16	21	25	33	41	51	15	20	26	31	41	51	69		
		PATILLA	15	15	17	20	26	33	41	15	16	20	24	32	40	53		
	POSICIÓN II	RECTO	18	23	29	35	47	59	73	22	29	36	44	58	73	96		
		PATILLA	15	18	22	27	36	45	56	17	22	27	33	44	55	72		
SOLAPES	TRACCIÓN	POSICIÓN I	Distancia $\leq 10 \varnothing$	20 %	18	19	25	30	40	49	61	18	24	31	37	49	61	83
				25 %	21	22	29	35	46	57	71	21	28	36	43	57	71	97
				33 %	24	26	34	40	53	66	82	24	32	42	50	66	82	110
				50 %	27	29	38	45	59	74	92	27	36	47	56	74	92	124
				> 50 %	30	32	42	50	66	82	102	30	40	52	62	82	102	138
		Distancia $> 10 \varnothing$	20 %	15	16	21	25	33	41	51	15	20	26	31	41	51	69	
			25 %	17	18	23	28	36	45	56	17	22	29	34	45	56	76	
			33 %	18	19	25	30	40	49	61	18	24	31	37	49	61	83	
			50 %	20	21	27	33	43	53	66	20	26	34	40	53	66	90	
			> 50 %	21	22	29	35	46	57	71	21	28	36	43	57	71	97	
	POSICIÓN II	Distancia $\leq 10 \varnothing$	20 %	22	28	35	42	56	71	88	26	35	43	53	70	88	115	
			25 %	25	32	41	49	66	83	102	31	41	50	62	81	102	134	
			33 %	29	37	46	56	75	94	117	35	46	58	70	93	117	154	
			50 %	32	41	52	63	85	106	131	40	52	65	79	104	131	173	
			> 50 %	36	46	58	70	94	118	146	44	58	72	88	116	146	192	
	Distancia $> 10 \varnothing$	20 %	18	23	29	35	47	59	73	22	29	36	44	58	73	96		
		25 %	20	25	32	39	52	65	80	24	32	40	48	64	80	106		
		33 %	22	28	35	42	56	71	88	26	35	43	53	70	88	115		
		50 %	23	30	38	46	61	77	95	29	38	47	57	75	95	125		
		> 50 %	25	32	41	49	66	83	102	31	41	50	62	81	102	134		
COMPRESIÓN	POSICIÓN I	15	16	21	25	33	41	51	15	20	26	31	41	51	69			
	POSICIÓN II	18	23	29	35	47	59	73	22	29	36	44	58	73	96			

Tabla 11.- Cálculo de longitudes de anclaje y solape para barras de acero corrugado. Hormigón igual o mayor a HA - 50 (medidas en cm).

HORMIGÓN ≥ HA - 50 (55, 60, 70, 80, 90 Y 100)

TIPO ACERO		B - 400						B - 500										
DIÁMETRO		6	8	10	12	16	20	25	6	8	10	12	16	20	25			
ANCLAJES	POSICIÓN I	RECTO	15	16	21	25	33	41	51	15	20	26	31	41	51	64		
		PATILLA	15	15	17	20	26	33	41	15	16	20	24	32	40	50		
	POSICIÓN II	RECTO	18	23	29	35	47	59	73	22	29	36	44	58	73	91		
		PATILLA	15	18	22	27	36	45	56	17	22	27	33	44	55	69		
SOLAPES	TRACCIÓN	POSICIÓN I	Distancia ≤ 10 Ø	20 %	18	19	25	30	40	49	61	18	24	31	37	49	61	77
				25 %	21	22	29	35	46	57	71	21	28	36	43	57	71	90
				33 %	24	26	34	40	53	66	82	24	32	42	50	66	82	102
				50 %	27	29	38	45	59	74	92	27	36	47	56	74	92	115
				> 50 %	30	32	42	50	66	82	102	30	40	52	62	82	102	128
		Distancia > 10 Ø	20 %	15	16	21	25	33	41	51	15	20	26	31	41	51	64	
			25 %	17	18	23	28	36	45	56	17	22	29	34	45	56	70	
			33 %	18	19	25	30	40	49	61	18	24	31	37	49	61	77	
			50 %	20	21	29	35	46	57	71	21	28	36	43	57	71	90	
			> 50 %	21	22	29	35	46	57	71	21	28	36	43	57	71	90	
	POSICIÓN II	Distancia ≤ 10 Ø	20 %	22	28	35	42	56	71	88	26	35	43	53	70	88	109	
			25 %	25	32	41	49	66	83	102	31	41	50	62	81	102	127	
			33 %	29	37	46	56	75	94	117	35	46	58	70	93	117	146	
			50 %	32	41	52	63	85	106	131	40	52	65	79	104	131	164	
			> 50 %	36	46	58	70	94	118	146	44	58	72	88	116	146	182	
	Distancia > 10 Ø	20 %	18	23	29	35	47	59	73	22	29	36	44	58	73	91		
		25 %	20	25	32	39	52	65	80	24	32	40	48	64	80	100		
		33 %	22	28	35	42	56	71	88	26	35	43	53	70	88	109		
		50 %	23	30	38	46	61	77	95	29	38	47	57	75	95	118		
		> 50 %	25	32	41	49	66	83	102	31	41	50	62	81	102	127		
COMPRESIÓN	POSICIÓN I	15	16	21	25	33	41	51	15	20	26	31	41	51	64			
	POSICIÓN II	18	23	29	35	47	59	73	22	29	36	44	58	73	91			