

Sumario

SUMARIO	1
ANEXO A. AMPLIACIÓN MÉTODO TRADICIONAL	3
A.1. Empujes del terreno	3
A.2. Zapata continua bajo muro.	6
A.3. Cuantías mínimas y clases de exposición.....	8
A.4. Capacidades mecánicas y secciones de acero.....	11
ANEXO B. AMPLIACIÓN MÉTODO INNOVADOR	13
B.1. Aplicaciones con hormigón armado con fibras de acero	13
B.2. Cómo se prepara el hormigón armado con fibras de acero.	
Adición de las fibras.	14
B.2.1. Formas de integración de las fibras de acero en planta	14
B.2.2. Formas de integración de las fibras de acero a pie de obra	15
B.3. Control de calidad del hormigón ARMIX	16





Anexo A. Ampliación método tradicional

A.1. Empujes del terreno

Ángulo de rozamiento interno del terreno φ	Ángulo de rozamiento de terreno y muro δ	Ángulo del talud del terreno β	Coeficiente λ_h del empuje activo horizontal siendo la inclinación del muro: $\cot \alpha =$					Coeficiente λ_v del empuje activo horizontal siendo la inclinación del muro: $\cot \alpha =$						
			0,8	0,6	0,4	0,2	0	-0,2	0,8	0,6	0,4	0,2	0,0	-0,2
20°	0°	0°	0,71	0,67	0,62	0,56	0,49	0,42	0,57	0,40	0,25	0,11	0,00	-0,08
		5°	0,78	0,73	0,67	0,60	0,52	0,44	0,62	0,44	0,27	0,12	0,00	-0,09
		10°	0,88	0,81	0,74	0,65	0,57	0,48	0,70	0,49	0,29	0,13	0,00	-0,10
		15°	1,01	0,92	0,83	0,74	0,64	0,54	0,81	0,55	0,33	0,15	0,00	-0,11
		20°	1,47	1,31	1,16	1,02	0,88	0,76	1,18	0,79	0,46	0,20	0,00	-0,15
	$(\varphi/3)=6^{\circ}40'$	0°	0,63	0,60	0,56	0,51	0,45	0,39	0,64	0,46	0,28	0,16	0,05	-0,03
		5°	0,70	0,66	0,62	0,56	0,48	0,42	0,71	0,51	0,31	0,18	0,06	-0,03
		10°	0,80	0,75	0,68	0,61	0,54	0,46	0,81	0,58	0,34	0,20	0,06	-0,04
		15°	0,95	0,87	0,79	0,70	0,61	0,52	0,96	0,67	0,39	0,23	0,07	-0,04
		20°	1,47	1,21	1,16	1,02	0,88	0,76	1,49	1,01	0,58	0,33	0,10	-0,06
	$(2\varphi/3)=13^{\circ}20'$	0°	0,56	0,54	0,52	0,48	0,42	0,37	0,72	0,53	0,36	0,22	0,10	0,01
		5°	0,63	0,61	0,57	0,52	0,46	0,40	0,81	0,60	0,40	0,24	0,11	0,01
		10°	0,73	0,69	0,64	0,58	0,51	0,44	0,93	0,67	0,45	0,27	0,12	0,02
		15°	0,88	0,82	0,75	0,67	0,59	0,50	1,13	0,81	0,53	0,31	0,14	0,02
		20°	1,47	1,31	1,16	1,02	0,88	0,76	1,88	1,28	0,82	0,47	0,21	0,03
	$\varphi = 20^{\circ}$	0°	0,49	0,49	0,47	0,44	0,40	0,35	0,80	0,60	0,42	0,27	0,15	0,05
		5°	0,56	0,55	0,53	0,48	0,44	0,38	0,92	0,69	0,47	0,29	0,16	0,06
		10°	0,66	0,64	0,60	0,55	0,49	0,42	1,08	0,78	0,54	0,33	0,18	0,06
		15°	0,82	0,77	0,71	0,64	0,57	0,48	1,35	1,01	0,69	0,39	0,21	0,07
		20°	1,47	1,31	1,16	1,02	0,88	0,76	2,42	1,62	1,04	0,60	0,32	0,12
25°	0°	0°	0,65	0,60	0,55	0,48	0,41	0,33	0,52	0,36	0,22	0,10	0,00	-0,07
		10°	0,79	0,72	0,64	0,55	0,46	0,37	0,63	0,43	0,26	0,11	0,00	-0,07
		15°	0,89	0,80	0,70	0,60	0,50	0,41	0,71	0,48	0,28	0,12	0,00	-0,08
		20°	1,03	0,92	0,80	0,69	0,57	0,46	0,82	0,55	0,32	0,14	0,00	-0,09
		25°	1,55	1,35	1,16	0,98	0,82	0,68	1,24	0,81	0,46	0,20	0,00	-0,14
	$(\varphi/3)=8^{\circ}20'$	0°	0,56	0,53	0,49	0,44	0,37	0,30	0,60	0,43	0,28	0,16	0,05	-0,02
		10°	0,70	0,65	0,58	0,51	0,43	0,34	0,75	0,53	0,34	0,18	0,06	-0,02
		15°	0,80	0,73	0,65	0,56	0,47	0,38	0,86	0,60	0,38	0,20	0,07	-0,02
		20°	0,96	0,86	0,76	0,65	0,55	0,44	1,03	0,70	0,44	0,23	0,08	-0,02
		25°	1,55	1,35	1,16	0,98	0,82	0,68	1,66	1,10	0,67	0,35	0,12	-0,03
	$(2\varphi/3)=16^{\circ}40'$	0°	0,48	0,47	0,44	0,40	0,35	0,29	0,69	0,51	0,35	0,21	0,10	0,03
		10°	0,61	0,58	0,53	0,47	0,40	0,33	0,88	0,64	0,42	0,25	0,12	0,03
		15°	0,72	0,67	0,60	0,53	0,45	0,37	1,04	0,73	0,48	0,28	0,14	0,03
		20°	0,88	0,80	0,71	0,62	0,52	0,42	1,27	0,88	0,56	0,33	0,16	0,04
		25°	1,55	1,35	1,16	0,98	0,82	0,68	2,24	1,47	0,92	0,52	0,25	0,06
	$\varphi = 25^{\circ}$	0°	0,40	0,41	0,39	0,37	0,32	0,27	0,81	0,60	0,42	0,27	0,15	0,07
		10°	0,53	0,52	0,48	0,44	0,38	0,31	1,07	0,77	0,51	0,32	0,18	0,07
		15°	0,63	0,60	0,56	0,50	0,43	0,35	1,27	0,89	0,60	0,37	0,20	0,08
		20°	0,79	0,74	0,67	0,59	0,50	0,41	1,60	1,10	0,71	0,43	0,23	0,10
		25°	1,55	1,35	1,16	0,98	0,82	0,68	3,13	1,99	1,23	0,72	0,38	0,17

Tabla_A.1. Coeficientes de Empuje Activo.



Ángulo de rozamiento interno del terreno φ	Ángulo de rozamiento de terreno y muro δ	Ángulo del talud del terreno β	Coeficiente λ_h del empuje activo horizontal siendo la inclinación del muro: $\cot \alpha =$						Coeficiente λ_v del empuje activo horizontal siendo la inclinación del muro: $\cot \alpha =$					
			0,8	0,6	0,4	0,2	0	-0,2	0,8	0,6	0,4	0,2	0,0	-0,2
30°	0°	0°	0,60	0,54	0,48	0,41	0,33	0,26	0,48	0,33	0,19	0,08	0,00	-0,05
		10°	0,71	0,64	0,55	0,46	0,37	0,28	0,57	0,38	0,22	0,09	0,00	-0,06
		20°	0,89	0,78	0,67	0,55	0,44	0,33	0,71	0,47	0,27	0,11	0,00	-0,07
		25°	1,04	0,90	0,77	0,63	0,50	0,38	0,83	0,54	0,31	0,13	0,00	-0,08
		30°	1,60	1,36	1,14	0,93	0,75	0,59	1,28	0,82	0,45	0,19	0,00	-0,12
	$(\varphi/3)=10^\circ$	0°	0,50	0,47	0,42	0,37	0,30	0,24	0,57	0,41	0,26	0,14	0,05	-0,01
		10°	0,61	0,56	0,50	0,42	0,34	0,27	0,69	0,49	0,31	0,16	0,06	-0,01
		20°	0,79	0,71	0,61	0,51	0,41	0,32	0,90	0,62	0,38	0,20	0,07	-0,01
		25°	0,95	0,84	0,72	0,60	0,48	0,37	1,08	0,73	0,45	0,23	0,08	-0,01
		30°	1,60	1,36	1,14	0,93	0,75	0,59	0,82	1,18	0,71	0,36	0,13	-0,01
	$(2\varphi/3)=20^\circ$	0°	0,41	0,40	0,37	0,33	0,28	0,22	0,68	0,49	0,33	0,20	0,10	0,03
		10°	0,52	0,49	0,44	0,39	0,32	0,25	0,85	0,60	0,39	0,24	0,12	0,04
		20°	0,69	0,63	0,56	0,48	0,39	0,30	1,13	0,78	0,50	0,29	0,14	0,05
		25°	0,86	0,77	0,67	0,57	0,46	0,35	1,41	0,96	0,60	0,35	0,17	0,05
		30°	1,60	1,36	1,14	0,93	0,75	0,59	2,63	1,68	1,02	0,57	0,27	0,09
	$\varphi = 30^\circ$	0°	0,32	0,33	0,33	0,30	0,26	0,21	0,82	0,60	0,41	0,26	0,15	0,07
		10°	0,42	0,42	0,39	0,35	0,30	0,24	1,07	0,76	0,50	0,31	0,17	0,08
		20°	0,58	0,56	0,51	0,44	0,37	0,29	1,48	1,01	0,65	0,39	0,21	0,10
		25°	0,75	0,70	0,62	0,53	0,44	0,34	1,92	1,26	0,79	0,47	0,25	0,12
		30°	1,60	1,36	1,14	0,93	0,75	0,59	4,10	2,45	1,44	0,82	0,43	0,20
35°	0°	0°	0,54	0,49	0,42	0,35	0,27	0,20	0,43	0,29	0,17	0,07	0,00	-0,04
		15°	0,70	0,61	0,51	0,42	0,32	0,23	0,56	0,37	0,20	0,08	0,00	-0,05
		25°	0,88	0,75	0,62	0,50	0,38	0,27	0,70	0,45	0,25	0,10	0,00	-0,05
		30°	1,04	0,88	0,72	0,57	0,44	0,31	0,83	0,53	0,29	0,11	0,00	-0,06
		35°	1,63	1,35	1,10	0,87	0,67	0,50	1,31	0,81	0,44	0,17	0,00	-0,10
	$(\varphi/3)=11^\circ 40'$	0°	0,44	0,41	0,37	0,31	0,25	0,18	0,53	0,38	0,24	0,13	0,05	0,00
		15°	0,60	0,53	0,46	0,38	0,29	0,21	0,72	0,49	0,30	0,16	0,06	0,00
		25°	0,77	0,67	0,57	0,46	0,35	0,25	0,93	0,62	0,38	0,19	0,07	0,00
		30°	0,94	0,81	0,67	0,54	0,41	0,30	1,13	0,75	0,44	0,23	0,08	0,00
		35°	1,63	1,35	1,10	0,87	0,67	0,50	1,96	1,24	0,73	0,37	0,14	0,00
	$(2\varphi/3)=23^\circ 20'$	0°	0,35	0,34	0,32	0,28	0,22	0,17	0,81	0,47	0,32	0,19	0,10	0,04
		15°	0,49	0,46	0,41	0,34	0,27	0,20	0,92	0,64	0,41	0,23	0,12	0,04
		25°	0,66	0,60	0,52	0,43	0,33	0,24	1,24	0,83	0,52	0,30	0,14	0,05
		30°	0,83	0,73	0,62	0,51	0,39	0,29	1,56	1,02	0,62	0,35	0,17	0,06
		35°	1,63	1,35	1,10	0,87	0,67	0,50	3,07	1,88	1,10	0,60	0,29	0,11
	$\varphi = 35^\circ$	0°	0,25	0,27	0,27	0,24	0,21	0,16	0,85	0,60	0,41	0,26	0,14	0,07
		15°	0,36	0,37	0,35	0,31	0,25	0,19	1,23	0,83	0,53	0,30	0,17	0,08
		25°	0,52	0,51	0,46	0,39	0,31	0,23	1,77	1,14	0,70	0,37	0,22	0,10
		30°	0,69	0,64	0,57	0,48	0,37	0,27	2,35	1,43	0,87	0,46	0,26	0,12
		35°	1,63	1,35	1,10	0,87	0,67	0,50	5,57	3,03	1,68	0,91	0,47	0,22

Tabla_A.2. Coeficientes de Empuje Activo (continuación 1).



Ángulo de rozamiento interno del terreno φ	Ángulo de rozamiento de terreno y muro δ	Ángulo del talud del terreno β	Coeficiente λ_h del empuje activo horizontal siendo la inclinación del muro: $\cot \alpha =$					Coeficiente λ_v del empuje activo horizontal siendo la inclinación del muro: $\cot \alpha =$						
			0,8	0,6	0,4	0,2	0	-0,2	0,8	0,6	0,4	0,2	0,0	-0,2
40°	0°	0°	0,49	0,44	0,37	0,29	0,22	0,15	0,39	0,26	0,15	0,06	0,00	-0,03
		15°	0,63	0,53	0,44	0,34	0,25	0,17	0,50	0,32	0,18	0,07	0,00	-0,03
		25°	0,76	0,64	0,52	0,40	0,29	0,19	0,61	0,38	0,21	0,08	0,00	-0,04
		35°	1,02	0,84	0,67	0,51	0,37	0,24	0,82	0,50	0,27	0,10	0,00	-0,05
		40°	1,64	1,32	1,05	0,80	0,59	0,41	1,31	0,79	0,42	0,16	0,00	-0,08
	$(\varphi/3)=13^{\circ}20'$	0°	0,40	0,36	0,31	0,26	0,20	0,14	0,51	0,35	0,22	0,12	0,05	0,00
		15°	0,52	0,46	0,39	0,31	0,23	0,16	0,66	0,45	0,27	0,14	0,05	0,01
		25°	0,65	0,56	0,46	0,36	0,27	0,18	0,83	0,55	0,32	0,16	0,06	0,01
		35°	0,92	0,77	0,62	0,48	0,35	0,23	1,18	0,76	0,44	0,22	0,08	0,01
		40°	1,64	1,32	1,05	0,80	0,59	0,41	2,10	1,30	0,74	0,37	0,14	0,01
	$(2\varphi/3)=26^{\circ}40'$	0°	0,30	0,29	0,27	0,23	0,18	0,13	0,65	0,46	0,30	0,18	0,09	0,04
		15°	0,41	0,38	0,33	0,28	0,21	0,15	0,89	0,60	0,37	0,22	0,10	0,04
		25°	0,52	0,48	0,41	0,33	0,25	0,17	1,13	0,76	0,46	0,26	0,12	0,05
		35°	0,79	0,69	0,58	0,45	0,33	0,22	1,72	1,09	0,65	0,35	0,17	0,06
		40°	1,64	1,32	1,05	0,80	0,59	0,41	3,57	2,08	1,19	0,62	0,30	0,11
	$\varphi = 40^{\circ}$	0°	0,18	0,21	0,22	0,20	0,16	0,12	0,89	0,61	0,40	0,25	0,14	0,07
15°		0,26	0,29	0,28	0,24	0,19	0,14	1,30	0,84	0,52	0,30	0,16	0,08	
25°		0,35	0,37	0,35	0,29	0,23	0,16	1,74	1,07	0,65	0,36	0,19	0,09	
35°		0,59	0,58	0,51	0,42	0,31	0,21	2,94	1,68	0,95	0,52	0,26	0,11	
40°		1,64	1,32	1,05	0,80	0,59	0,41	8,17	3,83	1,95	1,00	0,49	0,22	
45°	0°	0°	0,45	0,38	0,32	0,24	0,17	0,11	0,36	0,23	0,13	0,05	0,00	-0,02
		15°	0,56	0,47	0,37	0,28	0,19	0,12	0,45	0,28	0,15	0,06	0,00	-0,02
		30°	0,73	0,60	0,47	0,34	0,23	0,14	0,58	0,36	0,19	0,07	0,00	-0,03
		40°	0,99	0,79	0,61	0,45	0,30	0,18	0,79	0,47	0,24	0,09	0,00	-0,04
		45°	1,62	1,28	0,98	0,72	0,50	0,32	1,30	0,77	0,39	0,14	0,00	-0,06
	$(\varphi/3)=15^{\circ}$	0°	0,35	0,32	0,27	0,21	0,14	0,10	0,48	0,33	0,20	0,10	0,04	0,01
		15°	0,45	0,39	0,32	0,25	0,18	0,11	0,61	0,40	0,24	0,12	0,05	0,01
		30°	0,55	0,52	0,42	0,31	0,22	0,13	0,75	0,54	0,31	0,15	0,06	0,01
		40°	0,88	0,72	0,57	0,42	0,29	0,17	1,20	0,74	0,43	0,21	0,08	0,01
		45°	1,62	1,28	0,98	0,72	0,50	0,32	2,20	1,32	0,73	0,36	0,13	0,02
	$(2\varphi/3)=30^{\circ}$	0°	0,25	0,25	0,22	0,19	0,14	0,09	0,64	0,44	0,28	0,16	0,08	0,03
		15°	0,33	0,31	0,27	0,22	0,16	0,10	0,84	0,56	0,34	0,19	0,09	0,03
		30°	0,48	0,43	0,36	0,28	0,20	0,13	1,23	0,77	0,46	0,25	0,11	0,04
		40°	0,74	0,64	0,52	0,39	0,27	0,17	1,89	1,15	0,66	0,34	0,16	0,06
		45°	1,62	1,28	0,98	0,72	0,50	0,32	4,15	2,31	1,25	0,63	0,29	0,11
	$\varphi = 45^{\circ}$	0°	0,11	0,16	0,17	0,16	0,13	0,09	0,97	0,63	0,40	0,24	0,13	0,06
15°		0,16	0,21	0,22	0,19	0,15	0,10	1,44	0,84	0,51	0,28	0,15	0,07	
30°		0,25	0,31	0,30	0,25	0,18	0,12	2,25	1,24	0,70	0,37	0,18	0,08	
40°		0,45	0,50	0,45	0,35	0,25	0,16	4,05	2,00	1,05	0,52	0,25	0,11	
45°		1,62	1,28	0,98	0,72	0,50	0,32	4,60	5,12	2,29	1,08	0,50	0,21	

Tabla A.3. Coeficientes de Empuje Activo (continuación 2).



A.2. Zapata continua bajo muro.

Para el dimensionado de una zapata es muy importante tener en cuenta dos conceptos fundamentales:

1. La forma de trabajar de la zapata viene condicionada por las dimensiones de ésta.
2. La distribución de presiones del terreno sobre la zapata depende fundamentalmente del tipo de suelo y de la rigidez de ésta.

Por tanto, a continuación se procede a detallar, por un lado, las distintas tipologías de zapatas en función de la relación entre dimensiones de ésta y, por otro, las diferentes distribuciones de presiones bajo una zapata función de las tipologías de zapatas y de suelos (con o sin cohesión).

- *Zapata rígida*: aquella tal que la relación entre el vuelo y el canto es menor o igual a 2.
- *Zapata flexible*: aquella tal que la relación entre el vuelo y el canto es mayor a 2.

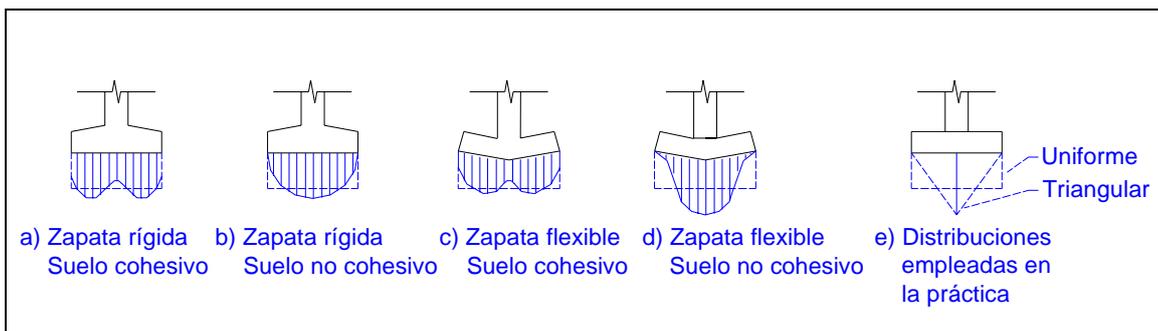


Fig._A.4. Distribuciones de presiones según tipo de suelos y rigidez de zapatas.

En los casos de zapata rígida, casos a) y b), la distribución de presiones no puede ser uniforme ya que en los bordes habría un salto y la ley sería discontinua. Para suelos no cohesivos, el estado de tensiones es mayor en el centro que cerca de los bordes, debido a que el suelo situado debajo de los mismos resiste menos, puesto que puede fluir lateralmente, hecho que no se produce en los suelos cohesivos debido a la existencia de las fuerzas de cohesión.

En los casos de zapata flexible, casos c) y d), las presiones en las proximidades de los bordes disminuyen debido a la deformación de la zapata, y aumentan, correlativamente, las presiones del centro.

En la práctica, caso e), las leyes se asimilan a presiones uniformes o lineales para simplificar cálculos siempre y cuando nos lleven al lado de la seguridad.



Por otra parte, como la distribución de presiones debajo de la zapata, los asentamientos producidos en la misma y sus valores admisibles dependen de las dimensiones de la zapata, desconocidas a priori, en general se procede, por tanteos, para calcular tanto presiones, como asentamientos, como dimensiones de la zapata, de la siguiente manera:

- a) Estimación de las dimensiones de la zapata y obtención de la presión de hundimiento y de la presión admisible del terreno.
- b) Cálculo de las presiones sobre el terreno.
- c) Comprobación de que las presiones no superen las admisibles y reajuste, en su caso, de las dimensiones de la zapata.
- d) Cálculo de los asentamientos del terreno.
- e) Comprobación de que los asentamientos no superen los admisibles y reajuste, en su caso, de las dimensiones de la zapata.

En la práctica, sin embargo, se simplifica este proceso utilizando valores aproximados de la presión admisible tal como hemos tratado en el Apartado 2.2.4.



A.3. Cuantías mínimas y clases de exposición

Tipo de elemento estructural		Tipo de acero	
		B 400 S	B 500 S
Pilares		4,0	4,0
Losas (*)		2,0	1,8
Vigas (**)		3,3	2,8
Muros (***)	Armadura horizontal	4,0	3,2
	Armadura vertical	1,2	0,9

(*) Cuantía mínima de cada una de las armaduras, longitudinal y transversal repartida en las dos caras. Las losas apoyadas sobre el terreno requieren un estudio especial.

(**) Cuantía mínima correspondiente a la cara de tracción. Se recomienda disponer en la cara opuesta una armadura mínima igual al 30% de la consignada.

(***) La cuantía mínima vertical es la correspondiente a la cara de tracción. Se recomienda disponer en la cara opuesta una armadura mínima al 30% de la consignada.

La armadura mínima horizontal deberá repartirse en ambas caras. Para muros vistos por ambas caras debe disponerse el 50% en cada cara. Para muros vistos por una sola cara podrán disponerse hasta 2/3 de la armadura total en la cara vista. En el caso en que se dispongan juntas verticales de contracción a distancias no superiores a 7,5 m, con la armadura horizontal interrumpida, las cuantías geométricas horizontales mínimas pueden reducirse a la mitad.

Tabla A.5. Cuantías geométricas mínimas, en tanto por mil, referida a la sección total de hormigón.

Parámetro de dosificación	Tipo de hormigón	CLASE DE EXPOSICIÓN												
		I	IIa	IIb	IIIa	IIIb	IIIc	IV	Qa	Qb	Qc	H	F	E
resistencia mínima (N/mm ²)	masa	20	–	–	–	–	–	–	30	30	35	30	30	30
	armado	25	25	30	30	30	35	30	30	30	35	30	30	30
	pretensado	25	25	30	30	35	35	35	30	35	35	30	30	30

Tabla A.6. Resistencias mínimas compatibles con los requisitos de durabilidad

CLASE GENERAL DE EXPOSICIÓN	DESCRIPCIÓN	EJEMPLOS
-----------------------------	-------------	----------



Clase	Subclase	Designación	Tipo de proceso		
química agresiva	débil	Qa	ataque químico	<ul style="list-style-type: none"> ◇ elementos situados en ambientes con contenidos de sustancias químicas capaces de provocar la alteración del hormigón con velocidad lenta (ver tabla 8.2.3.b). 	<ul style="list-style-type: none"> ◇ instalaciones industriales, con sustancias débilmente agresivas según tabla 8.2.3.b. ◇ construcciones en proximidades de áreas industriales, con agresividad débil según tabla 8.2.3.b.
	media	Qb	ataque químico	<ul style="list-style-type: none"> ◇ elementos en contacto con agua de mar. ◇ elementos situados en ambientes con contenidos de sustancias químicas capaces de provocar la alteración del hormigón con velocidad media (ver tabla 8.2.3.b). 	<ul style="list-style-type: none"> ◇ dolos, bloques y otros elementos para diques. ◇ estructuras marinas, en general. ◇ instalaciones industriales con sustancias de agresividad media según tabla 8.2.3.b. ◇ construcciones en proximidades de áreas industriales, con agresividad media según tabla 8.2.3.b. ◇ instalaciones de conducción y tratamiento de aguas residuales, con sustancias de agresividad media según tabla 8.2.3.b.
	fuerte	Qc	ataque químico	<ul style="list-style-type: none"> ◇ elementos situados en ambientes con contenidos de sustancias químicas capaces de provocar la alteración del hormigón con velocidad rápida (ver tabla 8.2.3.b). 	<ul style="list-style-type: none"> ◇ instalaciones industriales con sustancias de agresividad alta según tabla 8.2.3.b. ◇ instalaciones de conducción y tratamiento de aguas residuales, con sustancias de agresividad alta de acuerdo con tabla 8.2.3.b.
con heladas	sin sales fundentes	H	ataque hielo - deshielo	<ul style="list-style-type: none"> ◇ elementos situados en contacto frecuente con agua o zonas con humedad relativa media ambiental en invierno superior al 75%, y que tengan una probabilidad anual superior al 50% de alcanzar al menos una vez t^{as} por debajo de -5°C. 	<ul style="list-style-type: none"> ◇ construcciones en zonas de alta montaña. ◇ estaciones invernales.
	con sales fundentes	F	ataque por sales fundentes	<ul style="list-style-type: none"> ◇ elementos destinados al tráfico de vehículos o peatones en zonas con más de 5 nevadas anuales o con valor medio de la temperatura mínima en los meses de invierno inferior a 0°C 	<ul style="list-style-type: none"> ◇ tableros de puentes o pasarelas en zonas de alta montaña.
erosión		E	abrasión cavitación	<ul style="list-style-type: none"> ◇ elementos sometidos a desgaste superficial ◇ elementos de estructuras hidráulicas en los que la cota piezométrica pueda descender por debajo de la presión de vapor del agua. 	<ul style="list-style-type: none"> ◇ pilas de puente en cauces muy torrenciales. ◇ elementos de diques, pantanones y otras obras de defensa litoral que se encuentren sometidos a fuertes oleajes. ◇ pavimentos de hormigón. ◇ tuberías de alta presión.

Tabla A.7. Clases de exposición relativas a otros procesos de deterioro distintos de la corrosión.



CLASE ESPECÍFICA DE EXPOSICIÓN				DESCRIPCIÓN	EJEMPLOS
Clase	Subclase	Designación	Tipo de proceso		
no agresiva		I	ninguno	<ul style="list-style-type: none"> ◇ interiores de edificios, no sometidos a condensaciones. ◇ elementos de hormigón en masa. 	◇ interiores de edificios, protegidos por la intemperie.
normal	humedad alta	IIa	corrosión de origen diferente de los cloruros	<ul style="list-style-type: none"> ◇ interiores sometidos a humedades relativas medias altas (>65%) o a condensaciones. ◇ exteriores en ausencia de cloruros, y expuestos a lluvia en zonas con precipitación media anual superior a 600 mm. ◇ elementos enterrados o sumergidos. 	<ul style="list-style-type: none"> ◇ sótanos no ventilados. ◇ cimentaciones. ◇ tableros y pilas de puentes en zonas con precipitación media anual superior a 600 mm. ◇ elementos de hormigón en cubiertas de edificios.
	humedad media	IIb	corrosión de origen diferente de los cloruros	◇ exteriores en ausencia de cloruros, sometidos a la acción del agua de lluvia, en zonas con precipitación media anual inferior a 600 mm.	<ul style="list-style-type: none"> ◇ construcciones exteriores protegidas de la lluvia. ◇ tableros y pilas de puentes, en zonas de precipitación media anual inferior a 600 mm.
marina	aérea	IIIa	corrosión por cloruros	<ul style="list-style-type: none"> ◇ elementos de estructuras marinas, por encima del nivel pleamar. ◇ elementos exteriores de estructuras situadas en las proximidades de la línea costera (a menos de 5 Km). 	<ul style="list-style-type: none"> ◇ edificaciones en las proximidades de la costa. ◇ puentes en las proximidades de la costa. ◇ zonas aéreas de diques, pantanales y otras obras de defensa litoral. ◇ instalaciones portuarias.
	sumergida	IIIb	corrosión por cloruros	◇ elementos de estructuras marinas sumergidas permanentemente, por debajo del nivel mínimo de bajamar.	<ul style="list-style-type: none"> ◇ zonas sumergidas de diques, pantanales y otras obras de defensa litoral. ◇ cimentaciones y zonas sumergidas de pilas de puentes en el mar.
	en zona de mareas	IIIc	corrosión por cloruros	◇ elementos de estructuras marinas situadas en la zona de carrera de mareas.	◇ tableros de puentes o pasarelas en zonas de alta montaña.
con cloruros de origen diferente del medio marino		IV	corrosión por cloruros	<ul style="list-style-type: none"> ◇ instalaciones no impermeabilizadas en contacto con agua que presente un contenido elevado de cloruros, no relacionados con el ambiente marino. ◇ superficies expuestas a sales de deshielo no impermeabilizadas. 	<ul style="list-style-type: none"> ◇ pilas de puente en cauces muy torrenciales. ◇ elementos de diques, pantanales y otras obras de defensa litoral que se encuentren sometidos a fuertes oleajes. ◇ pavimentos de hormigón. ◇ tuberías de alta presión.

Tabla_A.8. Clases generales de exposición relativas a la corrosión de las armaduras.



A.4. Capacidades mecánicas y secciones de acero

Acero B-400-S:

ϕ mm	NÚMERO DE BARRAS									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
6	9,8	19,7	29,5	39,3	49,2	59,0	68,8	78,7	88,5	98,3
8	17,5	35,0	52,5	69,9	87,4	104,9	122,4	139,9	157,4	174,8
10	27,3	54,6	82,0	109,3	136,6	163,9	91,2	218,5	245,9	273,2
12	39,3	78,7	118,0	157,4	196,7	236,0	275,4	314,7	354,0	393,4
14	53,5	107,1	160,6	214,2	267,7	321,3	374,8	428,3	481,9	535,4
16	69,9	139,9	209,8	279,7	349,7	419,6	489,5	559,5	629,4	699,3
20	109,3	218,5	327,8	437,1	546,4	655,6	764,9	874,2	983,5	1092,7
25	170,7	341,5	512,2	683,0	853,7	1024,4	1195,2	1365,9	1536,6	1707,4
32	297,7	595,5	892,2	1189,0	1485,7	1782,4	1958,2	2237,9	2517,6	2797,4
40	437,1	874,2	1311,3	1748,4	2185,5	2622,5	3059,6	3496,7	3933,8	4370,9

Tabla_A.9. Capacidad mecánica en KN según el número de barras acero B 400 S

Acero B-500-S para armaduras traccionadas:

ϕ mm	NÚMERO DE BARRAS									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
6	12,29	24,58	36,87	49,16	61,45	73,74	86,03	98,32	110,61	122,90
8	21,85	43,70	65,55	87,40	109,25	131,10	152,95	174,80	196,65	218,50
10	34,15	68,30	102,45	136,60	170,75	204,90	239,05	273,20	307,35	341,50
12	49,17	98,34	147,51	196,68	245,85	295,02	344,19	393,36	442,53	491,70
14	66,93	133,86	200,79	267,72	334,65	401,58	468,51	535,44	602,37	669,30
16	87,42	174,84	262,26	349,68	437,10	524,52	611,94	699,36	786,78	874,20
20	136,59	273,18	409,77	546,36	682,95	819,54	956,13	1092,72	1229,31	1365,90
25	213,42	426,84	640,26	853,68	1067,10	1280,52	1493,94	1707,36	1920,78	2134,20
32	349,67	699,34	1049,01	1398,68	1748,35	2098,02	2447,69	2797,36	3147,03	3496,70
40	546,36	1092,72	1639,08	2185,44	2731,80	3278,16	3824,52	4370,88	4917,24	5463,60

Tabla_A.10. Capacidad mecánica en KN según el número de barras traccionadas acero B 500 S



Acero B-500-S para armaduras comprimidas:

ϕ mm	NÚMERO DE BARRAS									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
6	11,9	23,8	35,6	47,5	59,4	71,3	83,1	95,0	106,9	118,8
8	21,1	42,2	63,3	84,4	105,6	126,7	147,8	168,9	190,0	211,1
10	33,0	66,0	99,0	131,9	164,9	197,9	230,9	263,9	296,9	329,9
12	47,5	95,0	142,5	190,0	237,5	285,0	332,5	380,0	427,5	475,0
14	64,7	129,3	194,0	258,6	323,3	387,9	452,6	517,2	581,9	646,5
16	84,4	168,9	253,3	337,8	422,2	506,7	591,1	675,6	760,0	844,5
20	131,9	263,9	395,8	527,8	659,7	791,7	923,6	1055,6	1187,5	1319,5
25	206,2	412,3	618,5	824,7	1030,8	1237,0	1443,2	1649,3	1855,5	2061,7
32	337,8	675,6	1013,4	1351,1	1688,9	2026,7	2364,5	2702,3	3040,1	3377,8
40	527,8	1055,6	1583,4	2111,2	2638,9	3166,7	3694,5	4222,3	4750,1	5277,9

Tabla_A.11. Capacidad mecánica en KN según el número de barras comprimidas
acero B 500 S

	NÚMERO DE BARRAS									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
6	28,27	56,54	84,81	113,08	141,35	169,62	197,89	226,16	254,43	282,70
8	50,26	100,52	150,78	201,04	251,30	301,56	351,82	402,08	452,34	502,60
10	78,54	157,08	235,62	314,16	392,70	471,24	549,78	628,32	706,86	785,40
12	113,09	226,18	339,27	452,36	565,45	678,54	791,63	904,72	1017,81	1130,90
14	153,93	307,86	461,79	615,72	769,65	923,58	1077,51	1231,44	1385,37	1539,30
16	201,06	402,12	603,18	804,24	1005,30	1206,36	1407,42	1608,48	1809,54	2010,60
20	314,16	628,32	942,48	1256,64	1570,80	1884,96	2199,12	2513,28	2827,44	3141,60
25	490,87	981,74	1472,61	1963,48	2454,35	2945,22	3436,09	3926,96	4417,83	4908,70
32	804,24	1608,48	2412,72	3216,96	4021,20	4825,44	5629,68	6433,92	7238,16	8042,40
40	1256,6	2513,28	3769,92	5026,56	6283,20	7539,84	8796,48	10053,12	11309,76	12566,40

Tabla_A.12. Secciones barras en mm²



Anexo B. Aplicación método innovador.

B.1. Aplicaciones con hormigón armado con fibras de acero.

LA FIBRA MÁS ADECUADA PARA CADA APLICACIÓN												
	TABI _X 1/45	TABI _X 1/50	TABI _X 1.3/50	TABI _X + 1/60	HE 1/50	HE 1.2/50	HE 0.7/30	FE 1050	FE 1250	FE 0730	TWINCONE 1/54	WIREX
Losa sobre terreno-estandar	Más adecuada	Más adecuada	Más adecuada	Adecuada	Más adecuada	Más adecuada		Más adecuada	Más adecuada		Adecuada	
Losa sobre terreno-altos requerimientos		Más adecuada		Adecuada	Más adecuada			Más adecuada	Más adecuada		Adecuada	
Losa sobre terreno-sin juntas		Más adecuada		Adecuada	Adecuada			Adecuada			Más adecuada	
Losa sobre terreno-estructural				Adecuada							Más adecuada	
Losa apoyada sobre pilotes				Más adecuada							Más adecuada	
Hormigón Proyectado							Más adecuada			Más adecuada		
Elementos Prefabricados	Adecuada	Adecuada	Adecuada		Adecuada	Adecuada		Adecuada	Adecuada		Más adecuada	Adecuada
Elementos Estructurales				Adecuada							Más adecuada	
Cimentaciones	Adecuada	Adecuada	Adecuada	Más adecuada	Adecuada			Adecuada	Adecuada		Más adecuada	
Muros	Adecuada	Adecuada	Adecuada		Adecuada			Adecuada	Adecuada		Más adecuada	
Diseños Sísmicos				Adecuada							Más adecuada	
Recercados no estructurales	Más adecuada						Más adecuada			Más adecuada		Más adecuada
Hormigón Compactado con Rodillos											Más adecuada	
Muros - Muros de seguridad en Bancos												Más adecuada
Forjados Colaborantes	Adecuada	Más adecuada	Adecuada		Más adecuada	Adecuada		Más adecuada	Adecuada			
Carreteras	Más adecuada	Más adecuada	Más adecuada		Más adecuada	Más adecuada		Más adecuada	Más adecuada		Más adecuada	
Aeropuertos	Más adecuada	Más adecuada	Más adecuada		Más adecuada	Más adecuada		Más adecuada	Más adecuada		Más adecuada	
Aplicaciones genéricas	Más adecuada	Adecuada	Más adecuada		Más adecuada	Más adecuada		Más adecuada	Más adecuada			
Conductos de Aguas Residuales	Adecuada	Adecuada	Adecuada	Más adecuada	Adecuada	Adecuada		Adecuada	Adecuada		Más adecuada	

Adecuada
 Más adecuada

Tabla_B.1. Adecuaciones de fibras para cada aplicación



B.2. Cómo se prepara el hormigón armado con fibras de acero. Adición de las fibras.

Las fibras pueden ser añadidas de forma manual o automática tanto en la planta de hormigón como a pie de obra.

B.2.1. Formas de integración de las fibras de acero en planta

Existen tres posibles métodos de integración:

- Repartiendo manualmente las fibras sobre la cinta de carga de áridos a la amasadora.

Este método da buen resultado con todo tipo de fibras, y es factible siempre que las cintas de carga existan o sean fácilmente accesibles. Cuando se requiera integrar grandes cantidades de fibras de acero en una misma planta, se recomienda con el fin de facilitar la integración, instalar una mesa vibradora sobre la cinta de carga o utilizar una dosificadora semiautomática.

- Añadiendo directamente las fibras al interior de la amasadora.

Este método funciona correctamente con las fibras de acero HE 1.2/50, HE1/50, TABIX 1.3/50 y TABIX 1/45. En el caso de la TABIX 1/50 o fibras con esbeltez mayor, se deberán tomar precauciones con el fin de lograr una correcta integración.

Las fibras deben ser añadidas con anterioridad al agua (mezcla seca) o bien cuando la mezcla con agua sea uniforme.

- Añadiendo las fibras al interior del camión hormigonera.

Para ello se procede a repartir la fibra de acero como en el primer punto, sobre la cinta de carga de áridos. Este método funciona bien con todos los tipos de fibra HE y también con cualquier tipo de fibra TABIX siempre que la esbeltez sea inferior o igual a 45 mm. El tiempo extra de amasado después de la integración de las fibras es de aproximadamente 1 minuto por metro cúbico de hormigón.

En todos los casos se suele colocar un aditivo superplastificante; éste debe agregarse después de haber adicionad las fibras. Se recomienda que por lo general la adición de este aditivo, dada la limitada duración de sus efectos en el tiempo, se realice a pie de obra.



B.2.2. Formas de integración de las fibras de acero a pie de obra

Existen 2 posibles métodos de integración:

- Añadiendo las fibras por medio de una cinta transportadora.

Ambos procedimientos exigen ser realizados cuidadosamente con las fibras TABIX 1/50, mientras que con el resto de fibras no se presentan problemas.

- Empleando un dosificador de fibras.

Se trata del método más sencillo y el mejor de todos ellos, mediante el cual, las fibras son introducidas a gran velocidad en el interior del camión hormigonera. Permite una muy rápida y cómoda distribución de las fibras de acero en la matriz de hormigón.

En los tres casos se deberán seguir las recomendaciones siguientes:

- Añadir las fibras al interior de la hormigonera a una velocidad máxima de 50 Kg por minuto y mientras el camión gira a la velocidad máxima de rotación.
- El camión no deberá estar cargado más de un 85 % de su capacidad.
- Una vez terminado el proceso de integración, continuar amasando durante aprox.1 min., por m³ de hormigón.
- Realizar una inspección visual para observar si las fibras se han repartido uniformemente y, si no fuera así, seguir amasando a velocidad máxima de rotación hasta que se consiga la correcta distribución.
- El tiempo extra de amasado será habitualmente de 8-10 min. Dependiendo de la dosificación y de la capacidad del camión hormigonera.



B.3. Control de calidad del hormigón ARMIX

El control de calidad del hormigón armado ARMIX se realiza mediante ensayos de un panel tipo SIA 162, en el que un panel de 600x600x100 mm se somete a flexión mediante una carga aplicada en su centro.

El ensayo del panel propuesto por la SIA se base en la deformación plástica del mismo y la generación de líneas de rotura donde se desarrollan las tensiones plásticas a tracción y elásticas a compresión.

De al distribución de las tensiones en la sección de la línea de rotura se obtiene la correlación entre "*Factor de Energía*" y ξ .

El "*Factor de Energía*" puede ser verificado mediante la toma de probetas en obra. Para ello se verificarán 3 paneles por camión:

- La primera muestra se tomará después del primer vertido de 1 m³.
- La segunda muestra se tomará a la mitad de la cuba.
- La tercera muestra a 2/3 de la cuba.

El panel de ensayo será vibrado empleando un vibrador de aguja contra las paredes externas del panel.

Nunca se empleará el vibrador de aguja directamente sobre el hormigón ARMIX.

Si es necesario comprobar la dosificación de fibra de acero, se deben tomar muestras como mínimo de 10 litros, separar, secar y pesar las fibras de acero.

