



Alambres y Torones para Concreto Preesforzado

Materia prima | Proceso de Fabricación



1 ALAMBRES Y TORONES PARA CONCRETO PREENFORZADO

1.1 Alambres

EMCOCABLES® produce una amplia gama de alambres con alto contenido de carbono entre los que se encuentran los alambres para concreto preesforzado utilizados en estructuras de pequeñas y de medianas dimensiones.

Las normas básicas del producto son: ASTM A 421, NTC 159, UNE 36094 y ASTM A 881; los alambres son fabricados lisos y/o grafilados, según el diámetro y/o norma de referencia.

Los alambres se utilizan especialmente para estructuras pretensadas. (Ver tabla 1).



REQUERIMIENTOS MECÁNICOS DE LOS ALAMBRES PARA CONCRETO PREENFORZADO

TABLA 1

Diámetro Nominal		Tolerancia del Diámetro (+/-)		Profundidad del Grafilado (mm)		Elongación Mínima	Carga al 1% Mínima		Carga de Rotura Mínima		Normas Aplicables
pulg	mm	pulg	mm	Min	Max	%	lbf	kgf	lbf	kgf	
0,0985	2,50	0,001	0,03	N.A	N.A	3,5	1.555	705	1.877	851	NTC 159
0,118	3,00	0,001	0,03	N.A	N.A	3,5	2.255	1.023	2.644	1.200	NTC 159
0,157	4,00	0,002	0,04	0,051	0,127	3,5	4.190	1.900	4.740	2.100	NTC 159
0,197	5,00	0,002	0,05	0,076	0,152	4,0	6.286	2.850	7.166	3.250	NTC 159
0,207	5,26	0,002	0,05	0,101	0,180	3,5	7.211	3.272	8.485	3.850	NTC 159
0,236	6,00	0,002	0,05	0,076	0,152	4,0	8.710	3.950	9.923	4.500	NTC 159
0,276	7,00	0,002	0,05	0,101	0,203	4,5	11.466	5.200	13.120	5.950	NTC 159
0,198	5,03	0,003	0,08	0,076	0,152	3,0	5.882	2.667	6.920	3.138	ASTMA 881
0,216	5,50	0,003	0,08	0,076	0,152	3,0	6.545	2.968	7.700	3.492	ASTMA 881
0,196	4,98	0,002	0,05	0,076	0,152	4,0	6.155	2.791	7.241	3.284	ASTMA 421 / UNE 36094*
0,250	6,35	0,002	0,05	0,076	0,152	4,0	10.013	4.541	11.781	5.342	ASTMA 421 / UNE 36094*
0,276	7,01	0,002	0,05	0,076	0,152	4,0	11.950	5.420	14.059	6.376	ASTMA 421 / UNE 36094*

* UNE 36094 aplica para el grafilado y la ASTM A 421 para las propiedades mecánicas. Para traviesa de ferrocarril ASTM A 881 especialmente.

1.2 Torones

Generalmente los torones están constituidos por un alambre central y seis alambres exteriores enrollados helicoidalmente sobre dicho núcleo, estos torones se producen sin recubrimiento, con recubrimiento de Cinc y/o polietileno de alta densidad, según las necesidades y aplicaciones definidas por el cliente. Normas NTC 2010, ASTM A 416 y Post-Tensioning Institute (PTI).

Adicional a los torones de 7 alambres, **EMCOCABLES®** produce cordones de dos alambres (biflares) o de tres alambres (Torzales), basados en normas de empresa y/o internacionales.

EMCOCABLES® también produce torones grafilados basados en la norma ASTM A 886.

Las dimensiones y propiedades de los cordones se relacionan en las **tablas 2 y 3**.

REQUERIMIENTOS MECÁNICOS DE LOS TORONES 1 X 7.

TABLA 2

Grado	Designación del torón No	Diámetro del torón mm (pulg)	Resistencia a la rotura mínima del torón, kN (lbf)	Área de acero del torón mm ² (pulg ²)	Peso del torón kg/1000 m (lb/1000 ft)
Grado 1725 (250)	6	6,40 (0,250)	40,0 (9.000)	23,20 (0,036)	182 (122)
	8	7,90 (0,313)	64,5 (14.500)	37,40 (0,058)	294 (197)
	9	9,50 (0,375)	89,0 (20.000)	51,60 (0,080)	405 (272)
	11	11,10 (0,438)	120,1 (27.000)	69,70 (0,108)	548 (367)
	13	12,70 (0,500)	160,1 (36.000)	92,9 (0,144)	730 (490)
	15	15,20 (0,600)	240,2 (54.000)	139,40 (0,216)	1.094 (737)
Grado 1860 (270)	9	9,53 (0,375)	102,3 (23.000)	54,80 (0,085)	432 (290)
	11	11,11 (0,438)	137,9 (31.000)	74,20 (0,115)	582 (390)
	13	12,70 (0,500)	183,7 (41.300)	98,70 (0,153)	775 (520)
	15	15,24 (0,600)	260,7 (58.600)	140,00 (0,217)	1.102 (740)

REQUISITOS DE LÍMITE DE FLUENCIA

TABLA 3

Grado	Designación del torón No	Diámetro del torón mm (pulg.)	Carga inicial kN (lbf)	Mínima carga de tensión de 1% kN (lbf)	
				Baja relajación Kn (lb)	Relajación normal
Grado 1725 (250)	6	6,40 (0,250)	4,0 (900)	36,0 (8.100)	34,0 (7.650)
	8	7,90 (0,313)	6,5 (1.450)	58,1 (13.050)	54,7 (12.300)
	9	9,50 (0,375)	8,9 (2.000)	80,1 (18.000)	75,6 (17.000)
	11	11,10 (0,438)	12,0 (2.700)	108,1 (24.300)	102,3 (23.000)
	13	12,70 (0,500)	16,0 (3.600)	144,1 (32.400)	136,2 (30.600)
	15	15,20 (0,600)	24,0 (5.400)	216,2 (48.600)	204,2 (45.900)
Grado 1860 (270)	9	9,53 (0,375)	10,2 (2.300)	92,1 (20.700)	87,0 (19.550)
	11	11,11 (0,438)	13,8 (3.100)	124,1 (27.900)	117,2 (26.350)
	13	12,70 (0,500)	18,4 (4.130)	165,3 (37.170)	156,1 (35.100)
	15	15,24 (0,600)	26,1 (5.860)	234,6 (52.740)	221,5 (49.800)

Nota1: Las normas ASTM A 416 aplica para las propiedades mecánicas de los torones de acero fabricados con alambres lisos, la ASTM A 886 aplica para las propiedades mecánicas de torones de acero con alambres grafilados.

Nota2: Los cordones biflares y los torzales tienen resistencia última a la tracción de 1660 Mpa mínimo y elongación de 3.5% mínima.

1.3 Torón encauchetado

Propiedades Mecánicas y Físicas

Las propiedades de carga de rotura, carga al 1% de elongación, longitud de paso y diámetro son las mismas que se requieren para el torón sin recubrimiento (uncoated strand), propiedades establecidas por la ASTM A 416 y detallada en las **tablas 2 y 3**.

Las especificaciones para el recubrimiento (chaqueta), establecidas por el Post-Tensioning Institute se relacionan a continuación.

Propiedades de la Cubierta (Chaqueta)

- Suficiente resistencia y durabilidad para evitar el daño del torón durante la fabricación, transporte, instalación y/o tensionamiento.
- Hermeticidad en toda la longitud de la cubierta.
- No debe reaccionar con el concreto, el acero ni con el inhibidor de corrosión (grasa de relleno).
- El espesor mínimo de la cubierta (chaqueta) no debe ser menor que 1.0mm (0.040") para polietileno y/o polipropileno, de alta densidad o el equivalente si se usan otros materiales.
- El diámetro interno de la cubierta (chaqueta) debe ser al menos 0,76mm (0.030") mayor al diámetro máximo del torón.

Inhibidor de Corrosión

El recubrimiento del material inhibidor de corrosión debe tener las siguientes propiedades:

- Ser químicamente estable y no reactivo con el acero, el material de la cubierta (chaqueta) y el concreto.
- Debe tener la polaridad adecuada para desplazar la humedad.
- Proveer una adecuada lubricación entre el torón y la cubierta (chaqueta), con una cantidad mínima de grasa.



1.4 Torón galvanizado

Propiedades Físicas y Mecánicas

Las propiedades físicas y mecánicas corresponden a los grados 270 y 250, definidas en la ASTM A 416, para torones de relajación normal; al igual que, para los torones desnudos, el grado se determina tomando como base el área nominal del torón. (**Tablas 2 y 3**).

Propiedades de Recubrimiento

El cinc utilizado para la protección de los alambres constitutivos del torón debe ser de alta pureza grado SHG (Special High Grade) de acuerdo con lo establecido en la ASTM B 6, para garantizar la formación adecuada de la interfase de Hierro- Cinc lo suficientemente tenaz, no frágil y lograr una adecuada protección galvánica del acero.

La masa de recubrimiento de cinc en g/m² debe ser homogénea en toda la longitud de los alambres, cumpliendo los requisitos de las normas y/o especificaciones previamente acordadas por el cliente, por ejemplo ASTM A 475, BS 183 (British Standard), ASTM A 363, Normas de **EMCOCABLES**® y/o propias del cliente.

Alambrón y demás Materia Prima

1 | MATERIA PRIMA

Los alambres y torones para concreto preesforzado son producidos utilizando alambres de acero con alto contenido de carbono cuyas características físicas y químicas son certificadas por los proveedores, de acuerdo con lo establecido en normas internacionales y/o regionales. Ejemplo: ASTM A 510.

Para garantizar un tamaño de grano fino y una micro estructura adecuada el alambrón debe ser suministrado con un tratamiento térmico final denominado Stelmor.



2 | PROCESO DE FABRICACIÓN

2.1 Limpieza del Alambrón

Para remover el óxido superficial, se sumergen los rollos de alambrón en una solución de ácido a temperatura ambiente con tiempos y concentración debidamente controladas para evitar la fragilización por absorción de hidrógeno.

Posterior al proceso de decapado el rollo de alambrón es enjuagado con agua a presión para retirar el ácido residual, luego es neutralizado con bórax y/o fosfato, compuestos que ayudan en el proceso siguiente de trefilado.



2.2 Trefilación

Es un proceso de deformación en frío que permite reducir el diámetro, sin generación de virutas, de la mayoría de los materiales metálicos de forma alargada y sección simétrica cuya fabricación se haya originado en procesos de laminación.

2.3 Toronado (Cordoneado).

Consiste en enrollar helicoidalmente los alambres de acero sobre un alma o núcleo, constituido por un alambre de mayor diámetro que los exteriores.

2.4 Alivio de esfuerzos

Para aliviar los esfuerzos del trabajo en frío (trefilado), los torones de baja relajación se someten a calentamiento por inducción en horno, con tensión aplicada simultáneamente, logrando una micro estructura estable que garantiza menos pérdidas de carga en su aplicación.

El alivio de esfuerzos en plomo fundido se utiliza para los alambres y torones de relajación normal.

3 | EMPAQUE



3.1 Alambres

Los alambres son empacados en rollos cuyos pesos son previamente acordados con el cliente.


3.2 Torones

Los torones son embalados en empaques sin núcleo, debidamente amarrados y estibados.

4 CONTROL DE PROPIEDADES

Las propiedades de los alambres y torones son controladas durante todas las etapas de proceso, de acuerdo con el plan de calidad detallado en el flujograma.



Flujograma	Actividades	Parámetros a controlar	Instrumentos de medida
	Lavado	1. Grado de concentración de ácidos, bórax, fosfato	1. Titulación, ácido base
	Trefilado	1. Diámetro 2. Carga de rotura 3. Superficie	1. Micrómetro 2. Máquina de tensión 3. Visual
	1. Transporte al toronado 2. Alivio de esfuerzos	1. Identificación 2. Diámetro	1. Visual 2. Micrómetro 3. Vemier
	(Alambres con destino al cliente)	1. Velocidad 2. Temperatura 3. Carga de rotura 4. Diámetro	1. Vueltas / Reloj 2. Pirómetro 3. Máquina de tensión 4. Micrómetro
	Aislamiento de máquinas toronadoras	1. Herramental	1. Galgas 2. Regletas
	Toronado	1. Longitud de paso 2. Dirección del paso	1. Vemier 2. Visual
	Alivio de esfuerzos	1. Temperatura 2. Tensión	1. Pirómetro 2. Amperímetro
	Inspección Alambres	1. Diámetro 2. Resistencia mecánica 3. Doblamiento 4. Profundidad del graficado	1. Micrómetro 2. Máquina de tensión 3. Máquina dobladora 4. Comparador de carátula
	Inspección Torones	1. Paso 2. Diámetro 3. Carga al 1% 4. Carga de rotura 5. Ensayo de relajación	1. Metro 2. Vemier 3. Máquina de tensión y Extensómetro 4. Máquina de tensión 5. Máquina de baja relajación
	Almacenamiento para despacho	1. Cantidad	1. Báscula

