

**UNIDAD DE APOYO TÉCNICO
PARA EL SANEAMIENTO BÁSICO DEL ÁREA RURAL**

GUÍA DE CONSTRUCCIÓN PARA ESTRUCTURAS DE FERROCEMENTO



Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente
Área de Desarrollo Sostenible y Salud Ambiental
Organización Panamericana de la Salud
Oficina Sanitaria Panamericana – Oficina Regional de la
Organización Mundial de la Salud

Auspiciado por:



**UNIDAD DE APOYO TÉCNICO PARA
EL SANEAMIENTO BÁSICO DEL ÁREA RURAL**

**GUÍA DE CONSTRUCCIÓN PARA
ESTRUCTURAS DE FERROCEMENTO**



Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente
Área de Desarrollo Sostenible y Salud Ambiental
Organización Panamericana de la Salud
Oficina Sanitaria Panamericana – Oficina Regional de la
Organización Mundial de la Salud

Auspiciado por la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación

Lima, 2003

Tabla de Contenido

	Página
Capítulo 1: Generalidades	1
1.1 Alcance	1
1.2 Limitaciones	1
1.3 Requisitos Generales para el Diseño	1
Capítulo 2: Definiciones y abreviaturas	1
2.1 Definiciones.....	1
2.2 Abreviaturas	4
.....	
Capítulo 3: Materiales	
3.1 Cemento.....	5
3.2 Agregado	5
3.3 Agua	7
3.4 Aditivos	7
3.5 Acero del armazón	8
3.6 Malla de refuerzo.....	8
3.7 Armadura Total	11
3.8 Recepción y Almacenamiento de los materiales en obra	11
3.8.1 Cemento.....	11
3.8.2 Arena	12
3.8.3 Acero	12
3.8.4 Agua	12
3.8.5 Aditivos	13
3.8.6 Encofrados.....	13
Capítulo 4: Requerimientos de construcción	
4.1 Calidad del mortero	13
4.1.1 Requerimientos generales.....	13
4.1.2 Propiedades del mortero	14
4.1.3. Valores de la resistencia de diseño f^c	14
4.1.4 Selección de la proporción de mortero	14
4.2 Calidad del refuerzo	15
4.2.1 Requerimientos generales.....	15
4.2.2 Valores de resistencia f_y del refuerzo	15

Capítulo 5: Procedimientos de construcción	
5.1 Consideraciones.....	15
5.2 Técnicas de construcción.....	16
5.2.1 Encofrados	
5.2.2 Armadura.....	18
5.2.3 Mortero.....	21
5.2.4 Curado.....	23
5.2.5 Revestimientos.....	24
5.3 Ensayo de los materiales y control de calidad.....	25
Capítulo 6: Consideraciones complementarias y recomendaciones	26
Bibliografía	27

GUÍA DE CONSTRUCCIÓN PARA ESTRUCTURAS DE FERROCEMENTO

CAPÍTULO 1: Generalidades

1.1 Alcance

- a) El objetivo de esta Guía, es establecer los requisitos y exigencias para construcción estructuras de ferrocemento.
- b) El procedimiento constructivo de estructuras de ferrocemento, deberán cumplir con las especificaciones técnicas del proyecto estructural, estipulados en el acápite 1.3 de la Guía de Diseño de Estructuras de Ferrocemento, y las recomendaciones de la presente guía.

1.2 Limitaciones

- a) Esta Guía se aplicará para la construcción de estructuras de ferrocemento que serán utilizadas en obras de saneamiento básico.
- b) Esta Guía podrá ser aplicada para la construcción de estructuras de ferrocemento, en la medida que ello sea pertinente.

1.3 Requisitos generales para la construcción

Los requisitos para la construcción de estructuras de ferrocemento son los mismos requeridos para estructuras de Concreto Armado, el cual se encuentra estipulado en la Norma Técnica de Edificación: NTE E.060 Concreto Armado, ítem 1.3 Proyecto, Ejecución e Inspección de la obra, en lo correspondiente a los acápites:

- 1.3.1 Requisitos generales
- 1.3.3 Ejecución de la obra
- 1.3.4 Inspección

CAPÍTULO 2: Definiciones y abreviaturas

2.1 Definiciones

✓ Ferrocemento

El ferrocemento es un tipo de construcción de concreto reforzado, con espesores delgados, en el cual generalmente el mortero hidráulico está reforzado con capas de malla continua de diámetro relativamente pequeño. La malla puede ser metálica o de otros materiales adecuados.

✓ **Mortero Hidráulico**

El Mortero hidráulico o mortero, es la mezcla homogénea compuesta de cemento, arena y agua, pudiendo eventualmente contener aditivos que mejoren sus cualidades.

✓ **Cemento**

Es un material con propiedades de adherencia y cohesión que lo hacen capaz de aglutinar fragmentos minerales en una masa compacta, tanto bajo agua como en el aire. Quedan excluidas las cales hidráulicas, las cales aéreas y los yesos.

✓ **Agregado**

Es el material que se encuentra disperso en toda la masa del mortero y ocupa del 60 al 70% de su volumen, debe ser resistente, impermeable y capaz de producir una adecuada trabajabilidad al mortero para lograr una buena penetración en las mallas, con un mínimo de relación de agua cemento. El agregado en estructuras de ferrocemento es la arena, dependiendo del espesor del elemento y de la densidad de la armadura puede ser necesario limitar su diámetro.

✓ **Armadura de refuerzo**

Es el refuerzo total del sistema que puede estar conformado por el acero de armazón con la malla de refuerzo o solamente la primera. Determinan la forma y resistencia de la estructura de ferrocemento.

✓ **Malla de refuerzo**

Está constituida de alambres delgados y poco espaciados entre sí, entretnejidos o soldados, dispuestos al interior de la estructura, en capas continuas y/o superpuestas, una de las características más importantes es que sea lo suficientemente flexible para poderla doblar en las esquinas agudas; tiene la función de dar forma, recibir y sostener al mortero en estado fresco y cuando el mortero se endurece confiere al ferrocemento la capacidad de absorber esfuerzos de tensión sobre la estructura, que el mortero por sí solo no podría soportar.

✓ **Acero del armazón**

Se emplea para dar forma a la estructura, sobre ella se colocan las capas de malla de alambre o refuerzo.

✓ **Dirección longitudinal**

Se define así a la dirección en la cual se encuentra aplicada la carga de diseño en la estructura de ferrocemento.

✓ **Dirección transversal**

Se define así a la dirección perpendicular a la dirección longitudinal.

✓ **Aditivos**

Son sustancias adicionadas al mortero en cantidades límites definidos, con la finalidad de alterar sus características fisicoquímico, en beneficio de trabajabilidad, contra la corrosión, compacidad, impermeabilidad, etc.

✓ **Corrosión**

Degradación de un cuerpo sólido por medio de una reacción química, electrolítica, física, fisicoquímico, natural o intencional.

✓ **Curado**

Es el conjunto de cuidados que deben tomarse, luego de la aplicación del mortero en la estructura, para evitar la evaporación del agua de la mezcla y garantizar las reacciones fisicoquímicas de endurecimiento.

✓ **Agentes Agresivos**

Son agentes físicos, químicos o biológicos capaces de desencadenar o provocar una degradación o desgaste progresivo del ferrocemento, comprometiendo su durabilidad o estabilidad de las obras.

✓ **Micro fisuras**

Son fisuras microscópicas que ocurren en el mortero, cuya propagación recorre los caminos de menor resistencia.

✓ **Recubrimiento de la armadura**

Es el espesor de mortero comprendido entre la malla externa y el borde del ferrocemento, formando parte de la sección resistente del ferrocemento; un adecuado recubrimiento permite la protección de la armadura.

✓ **Revestimientos**

Es la capa de mezcla u otro material aplicado sobre el recubrimiento para proteger a la estructura cuando esta expuesta a severas condiciones ambientales o fuertes ataques químicos que puedan dañar la integridad estructural de sus componentes; no forma parte de la sección resistente de ningún elemento.

✓ **Agente de liberación**

Es el material utilizado para facilitar el desencofrado, no debe ser agresivo al mortero fresco o armadura.

✓ **Módulo de Fineza**

Es el indicador utilizado para describir el grosor o finura del agregado.

2.2 *Abreviaturas*

Las abreviaturas empleadas en la presente guía, tienen el significado que se da a continuación. Otras abreviaturas se definen dentro del texto o adyacentes a las fórmulas en las que aparecen.

- b** Ancho unitario de la sección de ferrocemento en cm.
- c** Distancia desde la fibra de deformación unitaria máxima al eje neutro en cm.
- d_L, d_T** Espaciamiento de centro a centro, de alambres alineados en forma longitudinal y transversal respectivamente en la malla de refuerzo en cm.
- D** Espaciamiento de centro a centro, de alambres correspondientes a mallas de refuerzo en cuadradas, en cm.
- D_a** Espaciamiento de centro a centro, de barras correspondientes acero de armazón en cm.
- d** Diámetro del alambre de la malla de refuerzo en cm.
- δ_m** Densidad del mortero.
- t** Espesor de la sección de ferrocemento en cm.
- E_f** Módulo de elasticidad del refuerzo, en kg/cm².
- E_{fL}, E_{fT}** Módulo de elasticidad de la malla de refuerzo, en la dirección longitudinal y transversal respectivamente en kg/cm².
- f^c** Resistencia a la compresión de diseño del mortero en kg/cm².
- f_y** Esfuerzo de fluencia del refuerzo en kg/cm².
- n** Número de capas del refuerzo.

CAPÍTULO 3: Materiales

Los requisitos que deben cumplir los materiales que conforman el ferrocemento son:

3.1 Cemento

- a) Deberá cumplir con las estipulaciones señaladas por la norma NTP 3341 para cementos.
- b) El cemento empleado debe ser seleccionado en razón del tipo de esfuerzos y condiciones de exposición de la estructura en obra.
- c) Preferentemente utilizará el Cemento Pórtland. Puede usarse cementos con aditivos puzolánicos si se considera la disminución de resistencia para el diseño.

3.2 Agregados

- a) La arena utilizada en la producción de mortero de ferrocemento, debe estar compuesta de granos minerales duros, compactos y resistentes; asimismo de forma redondeada y áspera.
- b) La arena no debe contener sustancias o materiales orgánicos que por su naturaleza y cantidad puede afectar la hidratación o la fragua del cemento o a la protección de la armadura contra la corrosión.
- c) Debe evitarse material demasiado fino porque interfiere la adherencia entre los granos de arena y el cemento del mortero.
- d) Es necesario tener en cuenta el módulo de fineza², el área específica, la composición granulométrica y la forma de los granos. Arena bien graduadas permiten la obtención de morteros bien densos, con mejor resistencia a esfuerzos mecánicos y mayor trabajabilidad.
- e) El módulo de fineza puede variar entre 2.15 y 2.75 para el ferrocemento.
- f) Con relación a la composición granulométrica se utilizará arenas que pasan por la malla número cuatro y quedan retenidas en la malla 200, y debe cumplir en lo posible con la especificación C33-74^a de la Norma ASTM, en la tabla 1 y el gráfico 1, se muestra los límites de granulometría recomendados.

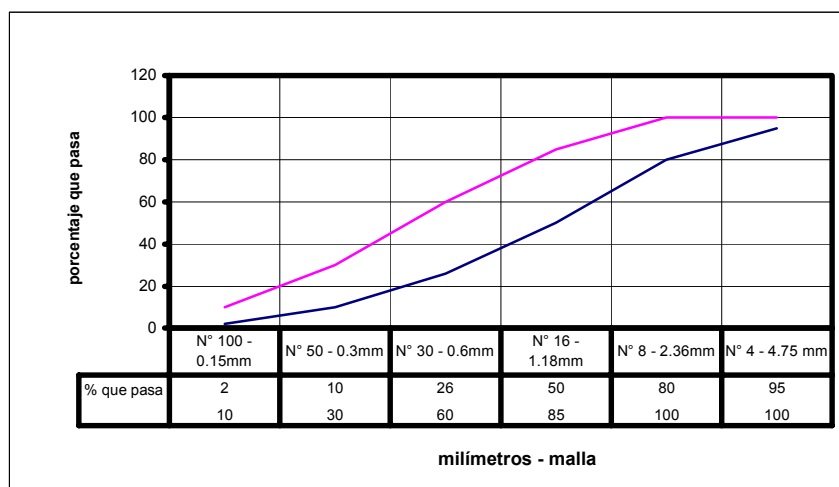
¹ NTP 334.001: 67 Cementos. Definiciones y Nomenclatura
NTP 334.044: 85 Cemento Portland Puzolánico Tipo IP. Requisitos

² Módulo de Fineza del Agregado Fino: es la centésima parte del valor que se obtiene al sumar los porcentajes acumulados retenidos en el conjunto de los tamices: N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50 y N° 100.

Tabla 1. Granulometría ASTM

Tamiz	% que pasa
3/8" (9,50 mm)	--- 100
Núm, 4 (4,75 mm)	95 a 100
Núm, 8 (2,36 mm)	80 a 100
Núm, 16 (1,18 mm)	50 a 85
Núm 30 (0,6 mm)	25 a 60
Núm, 50 (0,3 mm)	10 a 30
Núm, 100 (0,15 mm)	2 a 10
Núm, 200 (0,075 mm)	0 a 0

Gráfico 1. Rangos límites deseables del tamaño de agregado



- g) El agregado utilizado para la producción de mortero para ferrocemento deberá cumplir los requisitos de la Normas Técnica Peruanas³ que se complementarán con los establecidos en esta guía y las especificaciones técnicas.
- h) Cuando el agregado es de procedencia marina⁴, deberá ser tratado mediante el lavado con agua potable antes de ser empleado en la preparación del mortero.
- i) En la preparación de morteros que van a estar expuestos a procesos de congelación y deshielo, los agregados que no cumplan con el acápite 5.2.2 de la Norma NTP 400.037-97 podrán emplearse, siempre que la mezcla de mortero preparado con el

³ NTP 400.011-76. Agregados. Definiciones y clasificación de agregados para uso de morteros y concretos

NTP 400.037- 97. Agregados. Requisitos

⁴ NTE E.060 Concreto Armado: Capítulo 3. Item 3.2.6

agregado demuestre tener un comportamiento satisfactorio al estar sometido a condiciones de intemperie similares a la esperada.

- j) Para estructuras especiales, se recomienda determinar si el agregado es reactivo, para lo cual se harán pruebas en laboratorio establecidas en las normas ASTM C-289, ASTM C-227 y ASTM C-295.

3.3 *Agua*

- a) El agua de mezclado para preparación y curado del mortero del ferrocemento, debe ser fresca, limpia de materia orgánica y sustancias nocivas, que puedan afectar las propiedades del mortero o causar la corrosión del acero; puede emplearse el agua de consumo humano y debe tener un $\text{pH} \geq 7$ para minimizar la reducción en el pH del mortero endurecido.
- b) En caso de no poder contar con agua potable para preparar la mezcla, el agua disponible deberá cumplir con los siguientes requisitos:
- Deberá ser limpia y sin sustancias perjudiciales que afecten el mortero o el acero del armazón, malla de refuerzo y otros elementos embebidos.
 - La selección de las proporciones de los componentes del mortero, se debe basar en ensayos en los que se ha empleado el agua de la fuente elegida.
 - Los cubos de mortero de prueba, preparados con el agua no potable y ensayada, en concordancia con la Norma ASTM C-109, deben tener resistencias a la compresión no menores al 90% del obtenido en muestras similares a los 7 y 28 días, de las preparadas con agua potable.
- c) En ningún caso debe usarse agua de mar, para la preparación del mortero y curado.
- d) Para estructuras expuestas a condiciones extremas, deberá evaluarse el contenido total de sales u otras sustancias nocivas que se encuentren en el agregado fino y/o aditivos, al cual deben sumársele las que pueda aportar el agua de mezcla. Así mismo la suma total del contenido de ión cloruro, que puedan estar presentes en el agua y demás componentes de la mezcla, no deberán exceder a los valores señalados en la tabla 4.4.4 del capítulo 4 de la Norma NTE E.060 de Concreto Armado.

3.4 *Aditivos*

- a) Los aditivos empleados en ferrocemento deberán cumplir con las especificaciones de la norma NTP 339.086 o las normas ASTM correspondientes.
- b) En caso de emplearse puzolanas como aditivos, estas deberán cumplir con lo estipulado en la norma ASTM C618.

- c) En caso de emplearse aditivos reductores de agua, acelerantes, retardantes, reductores de agua y acelerantes o reductores de agua y retardantes, estos deberán cumplir con lo señalado en la Norma ASTM C494-71.
- d) No debe usarse aditivos que contengan cloruro de calcio o cualquier otra sustancia que pueda provocar la corrosión de las armaduras.

3.5 *Acero del armazón*

- a) El acero de armazón esta conformaba por alambrotos o barras que sirve para la conformación del esqueleto del ferrocemento y sustenta las mallas, debe cumplir los siguientes criterios:
 - Debe procurar usar barras de acero de diámetros entre 3,4 – 6,35 mm.
 - Deben estar unidas y amarradas por alambre N° 16 BWG.

La tabla 2, muestra las principales características de las varillas de acero y amarre utilizados para conformar el acero de armazón:

Tabla 2. Acero de Armazón para el ferrocemento

Denominación	Tipo	Diámetro (mm)	Peso/metro (gr/m)
Barras de acero (fierro de construcción)	6,3 mm	6,35	250
	5,0 mm	5,0	160
	4,2 mm	4,2	108
	3,4 mm	3,4	71
Alambre de acero ovalado	3,3 x 2,7 mm	3,0	57
	3,0 x 2,4 mm	2,7	44
	2,7 x 2,2 mm	2,4	37
Alambre (BWG)	14	2,10	27,2
	16	1,65	16,8
	18	1,25	9,6
	20	0,89	4,9
	22	0,71	3,1
	24	0,56	1,9

3.6 *Malla de refuerzo*

- a) El comportamiento del ferrocemento depende en gran medida del tipo, grado de concentración, orientación, resistencia del refuerzo y de las dimensiones de las mallas.
- b) Las mallas de refuerzo están formadas de alambres tejidos, trenzados o soldados, que se distribuyen uniformemente en la masa del mortero, y como principales características deben ser manuales y flexibles para adaptarse a diversas formas.

- c) Para la construcción de ferrocemento se emplearán como refuerzo, cualquiera de las mallas indicadas en las tablas 3 y 4, de acuerdo al tipo de solicitaciones a que va a estar sometida la estructura. Asimismo, podrán emplearse otros tipos de mallas existentes en el mercado, cuyas características tales como resistencia a la fluencia y módulo de elasticidad, deberán ser determinadas mediante ensayos o suministradas por el fabricante.
- d) Las mallas hexagonales, mallas cuadradas entretejidas, mallas cuadradas soldadas y mallas de metal expandido, deben ser resistentes a la corrosión.
- e) Podrán emplearse barras lisas o corrugadas de acero estructural para la confección de las mallas de refuerzo, siempre que sus diámetros no sean mayores de 6,35 mm.

Tabla 3. Mallas para ferrocemento

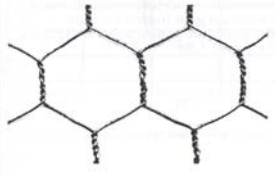
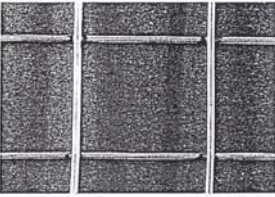
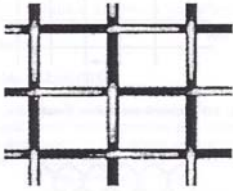

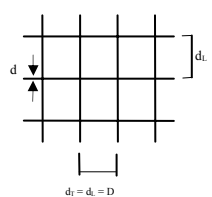
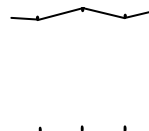
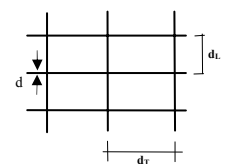

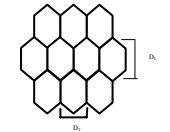

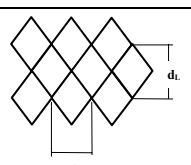

Tipos	Norma	Descripción
Hexagonal de alambre (malla de gallinero)		Fácil de manejar, se forma por el trenzado de alambres galvanizados, se fabrica con alambre estirado en frío.
Malla electro-soldada		Está formada por alambres rectilíneos de acero, dispuestos de manera que forman cuadrados o rectángulo, soldados entre sí, en los puntos de contacto.
Malla cuadrada tejida		Es una malla tejida, en la que los alambres están simplemente entrelazados, formando una malla cuadrada o rectangular, los alambres no están perfectamente derechos y existe un cierto grado de ondulación, según pruebas estas mallas se comportan tan bien o mejor que la malla hexagonal o cuadrada soldada.
Malla de metal expandido		Se forma cortando una hoja delgada de metal desplegado para hacer aberturas en forma de diamante. La desventaja de este material es que tiende a abrirse debido a la acción de "tijera" de la malla en forma de diamante; obviamente existe un límite en cuanto al tamaño y peso de este material para evitar la acción de "tijera".

Tabla 4. Tipos y tamaños de mallas acero comúnmente usados en fabricación de ferrocemento (ACI 549)

Tipo	Forma		Fabricación	Denominación, medida	Espaciamiento de alambre		Diámetro del alambre o espesor de la malla		
	Configuración	Empalmes			in	mm	in	mm	
De alambre	Cuadrada			Tejada o soldada	$\frac{3}{4} \times \frac{3}{4}$ N° 16	$\frac{3}{4}$ $\frac{1}{2}$ $\frac{1}{3}$ $\frac{1}{4}$	19,0 13 8,5 6,4	0,0630 0,0410 0,0286 0,0250	1,60 1,00 0,72 0,64
				Soldada	1 x 1 N° 14	1	25,0	0,0800	2,00
	Rectangular			Soldada	2 x 1 N° 14	2 x 1	50 x 25	0,0800	2,00
Hexagonal			Retorcida	1 N° 18 1 N° 20 $\frac{1}{2}$ N° 22	1 1 $\frac{1}{2}$	25,0 25,0 13,0	0,0475 0,0348 0,0286	1,20 0,88 0,72	
De metal expandido o desplegado	Diamante			Cortando una hoja delgada de metal desplegado para hacer aberturas en forma de diamante	3,4 lb/yd ² Gage N° 18 Gage N° 20			0,0230 0,0400 0,0300	0,58 1,00 0,76

3.7 *Armadura Total*

- a) La cantidad de armadura total (malla de refuerzo y acero de armazón), cuantificada por metro cuadrado para cada centímetro de espesor de pared, se expresa en la tabla 5.

Tabla 5. Armadura total

Aplicaciones		Resistencia	Cantidad de armadura (kg/m ²)
Artisanal	Obras pequeñas	Baja	1 – 2
Con equipo	Obras de mediana envergadura	Media	2 – 4
Con equipo	Obras de gran envergadura	Alta	4

3.8 *Recepción y almacenamiento de los materiales en obra*

3.8.1 *Cemento*

- a) Recepción
- Deberá verificarse su procedencia, tipo.
 - No se aceptará en obra bolsas de cemento cuya envoltura esté deteriorada o perforada.
 - Deberán ser retiradas las bolsas de cemento que presenten signos de hidratación o endurecimiento.
- b) Almacenamiento
- El cemento en bolsa, se almacenará en obra en un lugar techado, fresco, libre de humedad, deben ser colocados sobre una tarima de madera, para evitar el contacto con el suelo.
 - Se almacenará en pilas de hasta 10 bolsas y se cubrirá con material plástico u otros medios de protección.
 - El periodo máximo de Stock del cemento debe ser de:
 - 15 días en periodos de lluvia y/o humedad relativa superior a 50%.
 - 40 días en periodo seco y/o con humedad relativa superior a 50%.
 - Utilizar las bolsas de cemento de acuerdo a la orden de llegada.

3.8.2 *Arena*

a) Recepción

- La recepción de la arena debe ser verificada por el supervisor de acuerdo a lo estipulado en el ítem 3.2 de esta guía.

b) Almacenamiento

- La arena debe ser almacenada, de manera de impedir su contaminación con otros materiales (aceites y grasas y materiales ferrosos), o su mezclado con agregados de características diferentes, asimismo.
- En zonas lluviosas, los montículos de arena deben ser cubiertos por una lona, a fin de evitar su arrastre.
- Debe ser almacenado en zonas protegidas de inundaciones.

3.8.3 *Acero*

a) Recepción

- La recepción del acero debe contar con el visto bueno del supervisor de acuerdo a lo estipulado en los ítems 3.5 y 3.6 de esta guía; verificando su aspecto y homogeneidad, debe rechazarse mallas deformadas o deterioradas.
- Las barras de acero que presentes escamas de oxidación profundas deberán ser rechazadas.

b) Almacenamiento

- Deben ser almacenados en lugares secos techados y apoyados sobre una tarima de madera para evitar su contacto con el suelo y protegido de la humedad, tierra, sales aceites y grasas.
- Todo material depositado por largo tiempo debe ser inspeccionado y si es necesario sometido a ensayos, previos a su utilización.

3.8.4 *Agua*

a) Recepción

- En caso de abastecimiento de agua por camión cisterna, es necesario conocer su procedencia.

b) Almacenamiento

- Es necesario contar con un stock de agua suficiente para preparación de la mezcla y curado del ferrocemento.

- El depósito debe ser en lo posible en tanques impermeables y cubiertos.
- Debe persistir un fácil y rápido acceso.
- Debe impedirse un contacto directo de los operarios, a fin de evitar su contaminación con aceites, grasas, sales, detergentes u otras sustancias extrañas.

3.8.5 *Aditivos*

a) *Recepción*

- La recepción de los aditivos debe contar con el visto bueno del supervisor de acuerdo a lo estipulado en el ítem 3.4 de esta guía; verificando su fecha de vencimiento del producto, si esta fecha se cumplió será rechazado.
- No se aceptará aditivos cuyos envases estén deteriorados o perforados.

b) *Almacenamiento*

- Los aditivos deben ser almacenados siguiendo las recomendaciones del fabricante. Se prevendrá la contaminación, evaporación o deterioro de los mismos. Los aditivos líquidos serán protegidos de temperaturas de congelación o de cambios de temperatura que puedan afectar sus características.
- Los aditivos no deberán ser almacenados por un periodo mayor a seis meses desde la fecha última de ensayo, debiendo reensayarse en caso contrario para evaluar su calidad antes de su empleo.

3.8.6 *Encofrados*

Los materiales que van a ser empleados como encofrados deberán mantenerse aislados de todos aquellos agentes externos, capaces de causar su deterioro o deformación.

CAPÍTULO 4: Requerimientos de construcción

4.1 *Calidad del mortero*

4.1.1 *Requerimientos generales*

Para obtener un mortero que cumpla con las resistencias de diseño, indicadas en 4.1.3, y con las especificaciones sobre los materiales señaladas en esta Guía, se debe tener un control estricto en la selección de los materiales, dosificación, preparación del mortero, métodos de colocación y curado, con la finalidad de que el producto resultante permita obtener una adecuada resistencia a la compresión, impermeabilidad, resistencia al ataque de agentes internos y externos para prolongar la durabilidad de la estructura.

4.1.2 *Propiedades del mortero*

Densidad media del mortero $\delta_m \geq 2.200 \text{ kg/m}^3$

Tamaño máximo del agregado = 5 mm.

Capacidad de absorción del agua < 8%

La densidad del mortero que debe tomarse para el cálculo depende de la cantidad de acero de armadura utilizada, por ejemplo:

$\delta_m = 2.300 \text{ kg/m}^3$ (cuando las celdas de las mallas son pequeñas)

$\delta_m = 2.400 \text{ kg/m}^3$ (cuando se usan dos mallas)

δ_m , se incrementa 50 kg/m^3 por cada malla adicional

4.1.3 *Valores de la resistencia de diseño f^c*

Las estructuras de ferrocemento, trabajaran a una resistencia especificada a la compresión mínima, ensayada a los 28 días de curado en ambientes húmedos:

$f^c \geq 250 \text{ kg/cm}^2$ (25 MPa), en cilindros de de 75 por 150 mm

$f^c \geq 2.300 \text{ kg/cm}^2$ (30 MPa), en testigos Cubos de 100 mm

4.1.4 *Selección de la proporción de mortero*

Para la preparación del mortero, la cantidad de materiales debe preferiblemente estar determinada por peso, debe responder a los resultados obtenidos de los ensayos para una resistencia determinada de diseño, debiendo estar entre los siguientes rangos:

- a) Relación en peso de: **agregado/cemento: 1,5 a 2**; es decir, debe emplearse una proporción en peso equivalente a una parte de cemento por 1,5 a dos partes de arena.
- b) Relación en peso de: agua/cemento (a/c): 0,35 a 0,5; puede optarse por:
 - **0,4** si la arena es bien graduada, y se vibra
 - **0,5** si se coloca a mano y la arena es angulosa

La relación agua-cemento debe mantenerse lo más baja posible, para darle al material calidad y trabajabilidad adecuada, por lo cual se recomienda que la relación $a/c \leq 0,45$.

4.1.5 *Humedad del agregado*

La humedad contenida en el agregado condiciona el cálculo de agua requerida.

4.1.6 *Consistencia del mortero*

Una buena compacidad del mortero se consigue cuando la mezcla es lo mas densa posible y sea capaz de aplicarse en su totalidad al interior de las mallas; para ello normalmente el Slump del mortero fresco no debe exceder 50 mm.

4.2 Calidad del refuerzo

4.2.1 Requerimientos generales

Para establecer una adecuada selección del tipo de refuerzo a emplearse en estructuras de ferrocemento, se debe conocer sus características resistentes, tales como esfuerzo de fluencia y módulo de elasticidad.

4.2.2 Valores de resistencia del refuerzo

Para su determinación, se adoptarán los siguientes criterios:

- a) Los valores mínimos de resistencia a la fluencia y módulo efectivo de mallas no deben ser menores que los especificados en la tabla 6.

Tabla 6. Valores mínimos de resistencia a la fluencia y módulos efectivos para mallas y barras de acero, utilizadas para construcción de ferrocemento. (ACI 549.1R-93)

Características		Malla				Barras longitudinales
		cuadrada		Hexagonal	Metal Expandido	
		Tejida	Soldada			
Resistencia a la Fluencia	F _y (kg/cm ²)	4.550	4.550	3.150	3.150	4.200
Módulo de Elasticidad Efectivo	E _{fL} (10 ³ kg/cm ²)	1.400	2.030	1.050	1.400	2.030
	E _{fT} (10 ³ kg/cm ²)	1.680	2.030	700	700	-----

- b) Para el empleo de otro tipo de refuerzo deberá determinarse sus características resistentes mediante ensayos de laboratorio o especificaciones proporcionadas por el fabricante.

CAPÍTULO 5: Procedimiento de construcción

5.1 Consideraciones

- a) El control de la calidad de la construcción es prioritaria, caso contrario se alterarían los propósitos de la construcción con ferrocemento caracterizado por su espesor delgado; y, se logra bajo la supervisión de una persona experimentada.
- b) Para la elección de la forma constructiva de las estructuras de ferrocemento se deben tomar en cuenta las siguientes recomendaciones:
 - El método constructivo de las estructuras y de sus diferentes elementos debe establecerse teniendo en cuenta que satisfagan requisitos de resistencia, rigidez y estabilidad en todas las etapas del trabajo.

- La forma de los elementos primarios debe ser simple, para lograr una eficiente compacidad del mortero, evitándose la formación de cangrejas en lugares de difícil acceso.
- La forma geométrica de los elementos debe garantizar la posibilidad de optimizar los procesos de su fabricación.
- El método de construcción de los elementos debe garantizar la posibilidad de simplificar los procesos de su fabricación.
- La geometría de los elementos debe asegurar un aprovechamiento más completo de las propiedades fisicomecánicas del ferrocemento.

5.2 Técnicas de construcción

5.2.1 Encofrados

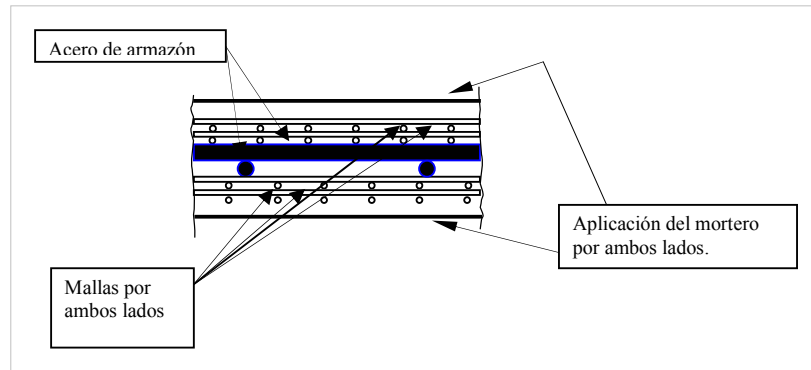
De ser necesario encofrado, este debe cumplir con lo siguiente:

- a) Los encofrados y elementos de soporte, deberán diseñarse y construirse de manera segura y capaz de soportar las sobrecargas producidas en el proceso de colocación del mortero. En el caso de muros, debe tenerse especial cuidado de la verticalidad de los encofrados para tener secciones uniformes.
- b) Aunque usualmente los encofrados son de acero, madera y triplay; también pueden ser de cerámica, hormigón, suelo-cemento, arcilla compacta recubierta con mortero y otros, en todos los casos es conveniente tratarlos para lograr superficies lisas e impermeables.
- c) Cubrir toda la superficie interior de los encofrados con un agente de liberación, el cual no debe estar en contacto con el refuerzo. Un agente de liberación puede ser una emulsión jabonosa, compuesta por una parte de jabón, cuatro partes de agua, asegura el despegue fácil del molde y de la pieza moldeada; otro procedimiento para evitar adherencia de la mezcla de concreto a las superficies de los moldes metálicos es su recubrimiento con una capa de papel embreado.
- d) No se recomienda usar aceites minerales a fin de evitar el engrase de la armadura y de la superficie del concreto.
- e) Clasificación de proceso constructivo, en función del uso o no del molde.
- f) Puede establecerse los siguientes tipos de construcción con independencia de cómo se aplique el mortero:

✓ **Sistema con acero de armazón o sin encofrado**

Está constituido por el acero de armazón, que pueden ser barras, tubos, malla electrosoldada al cual se le coloca la malla de refuerzo por cada lado.

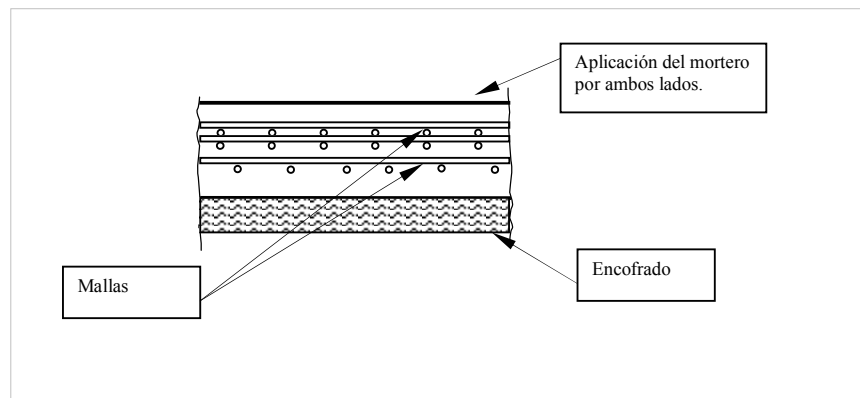
A esa estructura de acero se le aplica el mortero por un lado, forzándolo a salir hacia el otro lado, según lo descrito por el método de una etapa o desde los dos lados como lo descrito en la técnica de dos etapas; teniendo en cuenta lo recomendado en el ítem 5.2.3 b).



✓ **Sistema de Encofrado Cerrado**

Se utiliza un molde cerrado hacia dentro o fuera de la estructura, sobre el cual se colocan los alambrones y mallas de acuerdo con el diseño.

El mortero se aplica desde el otro lado a través de la armadura y hasta el molde. Para optimizar la cantidad de usos del molde debe cubrirse con un agente de liberación tal como se describe en el ítem 5.2.1 c), de esta guía.



5.2.2 Armadura

Para la colocación de la armadura debe seguirse las siguientes recomendaciones:

a) Colocación del Acero de armazón:

- La preparación de la armadura debe ser realizada con el uso de equipos y aditamentos que posibiliten una buena conformación de las mismas.
- Montar el acero de armazón, disponiendo los fierros en los dos sentidos firmemente unidos con alambre de amarre # 16 ó soldadura, para garantizar suficiente rigidez de la armadura.
- Mantener el espaciamiento entre los fierros de armazón conforme a lo estipulado en el proyecto.
 - La unión entre las varillas de fierro deben estar fuertemente unidos o soldados entre si, impidiendo que el espaciamiento se altere.
 - Durante el amarre de las armaduras con alambre debe tenerse en cuenta que el mortero podrá ser aplicado con facilidad.
 - Es importante que al final del montaje el armazón, garantice la forma deseada.
- La armadura electrosoldada o no, conforma el acero de armazón para sujeción de la malla de refuerzo.

b) Colocación de la malla de refuerzo:

- Montar sobre el acero de armazón, la malla de acero con alambre de amarre # 16, tomando los cuidados necesarios en el momento de estirar la malla para no deformar la estructura.
- Durante la colocación de la armadura debe tenerse en cuenta un adecuado estiramiento de las mallas, colocación de espaciadores u otros dispositivos que garantice el recubrimiento establecido en el proyecto, no se admitirán variaciones de ± 1 mm.
- La malla de refuerzo y el acero del armazón deben estar firmemente sujetos de tal forma que se mantengan en su posición, durante la aplicación y vibrado del mortero, en intervalos no mayor de 30 cm.
- Las mallas de refuerzo, se colocan en las capas más externas.
- Para la colocación de la malla se debe tener en cuenta la orientación de la misma.

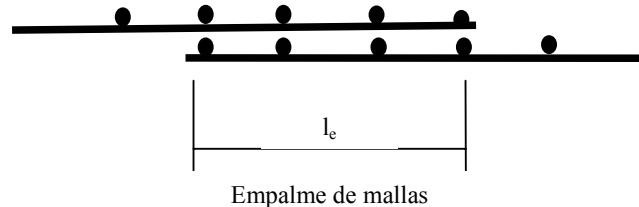
- La ubicación de las mallas debe ser hecha siempre con cuidado, pues de ello depende en gran parte la uniformidad del espesor, el acabado externo y el buen comportamiento del ferrocemento.
- Cuando se unen mallas tipo electrosoldada, la colocación debe ser efectuada preferentemente de tal manera que los alambres correspondientes de una y otra malla se entrelacen entre sí, reduciendo así el espacio ocupado y logrando menores espesores.
- Cuando se utiliza la malla hexagonal y electrosoldada debe ser bien tensada a fin de que cuando las solicitaciones lo requieran la armadura trabaje en conjunto.
- En caso de encontrarse la malla de refuerzo con sustancias como grasa u otros contaminantes, debe limpiarse cualquier vestigio de ella antes de comenzar el trabajo de colocación del mortero.

c) Empalmes (l_e)

La longitud de empalmes de las mallas varía según tipo de mallas del siguiente modo:

- Mallas tejidas o torcidas ≥ 100 mm ó 6 aberturas de la malla.
- Mallas soldadas ≥ 60 mm ó 4 aberturas de la malla.
- Mallas en compresión ≥ 50 mm ó 3 aberturas de la malla.

Cuando se tiene varias capas de mallas, el traslape será desfasado, no permitiendo que más del 50% de las mallas en una sección.



d) Anclaje (l_d)

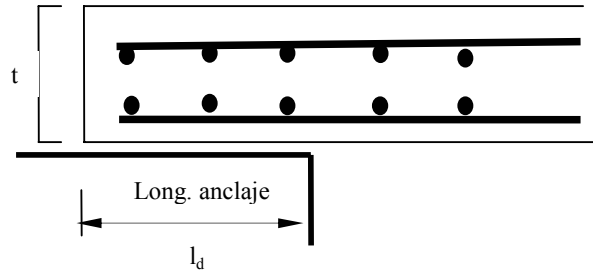
Es necesario tener en cuenta las siguientes recomendaciones constructivas respecto al anclaje de elementos que se apoyan libremente en los apoyos.

- Longitud de apoyo de la losa l_d
 - $l_d > 3 t$ ó $l_d > 40$ mm

Debe haber por lo menos una malla de acero en la zona de apoyo del elemento de ferrocemento.

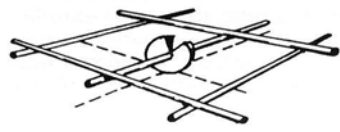
- Longitud de la malla de refuerzo sobre el apoyo.
 - $> 20 \varnothing$ para malla soldada
 - $> 30 \varnothing$ para malla tejida o torcidas

Al anclaje deben pasar no menos de dos alambres transversales (dos mallas).

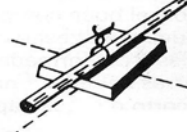


e) Recubrimiento de la armadura:

- En mallas: el recubrimiento mínimo que debe tener es de 3 a 6 mm, dependiendo del medio ambiente:
 - Ambiente protegido: 3 mm
 - Ambiente Expuesto: 4 mm
 - Ambiente agresivo: 5 mm
 - Ambiente muy agresivo: 6 mm
- Para armadura de barras y alambrones, el recubrimiento mínimo es de 8 mm.
- No se admitirán variaciones en el espesor del recubrimiento de ± 1 mm.
- En caso de elementos donde el mortero es aplicado sin molde, el recubrimiento puede ser controlado por medio de guías que son retiradas antes de que el mortero se haya endurecido.
- Cuando se utilicen encofrados, la armadura puede ser separada de los mismos para lograr el recubrimiento deseado, utilizando espaciadores plásticos, de resina o de mortero como se indica en el siguiente gráfico.



De Plástico



De Mortero

- Recubrimiento mínimo en los bordes debe ser:
 - 5 mm para mallas de refuerzo
 - 10 mm para acero de armazón

5.2.3 Mortero

a) Preparación del mortero:

- Antes de preparar el mortero debe verificarse si los materiales, herramientas están disponibles en cantidades, condiciones compatibles con las especificaciones del proyecto, para evitar cualquier contratiempo.
- Los ingredientes de la mezcla deben ser cuidadosamente dosificados de acuerdo al diseño por peso, incluida el agua; la arena debe estar seca, debe hacerse un estricto control de la relación agua - cemento.
- Los ingredientes de la mezcla deben ser cuidadosamente dosificados de acuerdo al diseño por peso, incluida el agua; la arena debe estar seca. Se debe hacer un control estricto de la relación agua - cemento.
- Si la mezcla es a mano, primero mezclar la arena con el cemento hasta obtener una mezcla uniforme, adicionar la cantidad de agua requerida según diseño, para obtener la trabajabilidad y la resistencia óptima. Sólo se hará la cantidad que se vaya usar de inmediato, el excedente será eliminado.
- El mortero debe mezclarse en lotes a fin de que pueda trabajarse hasta una hora después de preparada la mezcla, está prohibido el remezclado del mortero.
- La mezcla de los materiales que conforman el mortero para ferrocemento puede realizarse en una mezcladora con una cuchilla espiral o paletas dentro de un cilindro estacionario o a mano, que permite una mezcla homogénea del mortero relativamente seco, siendo el tiempo mínimo de mezclado de tres minutos; sin embargo puede usarse mezcladoras con cilindros rotatorios con aletas adheridas a los lados.

b) Aplicación del mortero:

- El mortero generalmente se coloca a mano, con ayuda de una espátula de albañil o simplemente con la mano, en este proceso el mortero es colocado a través de la malla, siendo de difícil ejecución cuando existe un número elevado de mallas, siendo entonces necesario utilizar un equipo de vibrado, en la tecnología manual se caracteriza por una baja productividad del trabajo, que compensa con la disminución de gasto de materiales.
- Cuando la colocación del mortero se hace difícil por el número elevado de mallas, puede optarse por la alternativa de colocar el mortero a través de equipos de proyección que pueden lanzar el mortero con un alto poder de penetración a través de armaduras densas.
- Existen técnicas de aplicación del mortero, siendo las más usadas la técnica en una etapa y la de dos etapas.

✓ **Técnica en una etapa**

- * El mortero se aplica de un solo lado hacia dentro de la malla para posteriormente darle el acabado final. No debe aplicarse el mortero simultáneamente en los dos lados, para evitar que el aire quede atrapado entre las capas, produciendo laminación en la superficie.
- * El proceso de aplicación del mortero de un lado, consiste en colocar en el otro lado como encofrado temporal ya sea de planchas de triplay con contrafuertes de madera, u otro tipo de encofrado, contra las cuales se pueda trabajar la aplicación del mortero utilizando vibradores, con el que se facilite la penetración del mortero en la malla.
- * La duración de la colocación del mortero debe ser adecuadamente estimada para que su endurecimiento prematuro y no perjudique la ejecución de la revibración en las juntas de mortero o para el acabado final; cuando sea necesario pueden usarse aditivos retardadores de fraguado de cemento.
- * La aplicación del mortero en la técnica de una capa, si no se tiene un encofrado puede ejecutarse con la participación de dos personas del siguiente modo:
 - . Se inicia la colocación del mortero de la parte inferior hacia arriba en fajas horizontales.
 - . Una de las personas apoya un pedazo de madera sobre la armadura al lado opuesto del lugar de aplicación del mortero.

- . Otra persona aplica el mortero comprimiéndola sobre la armadura.
- . Se compacta constantemente la zona de aplicación, si es necesario se utiliza equipos de vibración, para de evitar la formación de cangrejeras.
- . El recubrimiento final o capa de acabado que conforma la estructura, debe colocarse antes de que ocurra el fraguado del mortero principal.

✓ **Técnica en dos etapas**

- * Cuando la colocación del mortero es dificultoso debido a la presencia de un número elevado de mallas, entonces puede optarse por la colocación del mortero en dos etapas, la primera capa aplicada por un lado, lo cual permite que una vez endurecida la primera capa sirva como molde para la aplicación de la segunda capa por el otro lado, este procedimiento evita la formación de cangrejeras en el mortero; sin embargo, la vibración es esencial, cuando se esté aplicando la segunda capa de mortero.
- * Para la colocación de la segunda capa debe aplicarse a manera de pintura, una lechada de cemento con consistencia gruesa antes de la aplicación del mortero; esta técnica evita el riesgo de separación entre las dos capas.
- * Igual a lo descrito en la técnica en una etapa, también puede ejecutarse sin encofrado, del siguiente modo:
 - . Una vez terminado la colocación del mortero, según lo descrito en los dos primeros pasos de la técnica en una etapa, se espera que el mortero adquiera una resistencia necesaria para iniciar la cara opuesta.
 - . Se aplica una lechada de cemento gruesa para lograr una efectiva ligazón entre las dos partes.
 - . Los pasos siguientes de aplicación del mortero es similar a lo descrito recordando siempre tener cuidado en no dejar vacíos al del concreto, y darle el recubrimiento adecuado.
 - . Finalmente el acabado se da con una esponja ligeramente húmeda, que debe ser pasada levemente por toda la superficie del concreto.

5.2.4 *Curado*

- a) Para obtener un mortero endurecido de buena calidad luego de la aplicación y compactación adecuadas, deberá optarse por un curado en un ambiente adecuado.
- b) El curado de las estructuras de ferrocemento es vital para lograr una buena hidratación en el cemento en sus fases de endurecimiento. El propósito es conservar saturado al mortero, hasta que el espacio originalmente lleno de agua en el mortero se haya llenado al grado deseado por los productos de hidratación del cemento.
- c) El curado de concreto deberá iniciarse tan pronto como sea posible sin dañar la superficie de la estructura y prolongarse ininterrumpidamente por un mínimo de 15 días, el concreto debe ser protegido del secado prematuro, temperaturas excesivamente calientes o frías, esfuerzos mecánicos.
- d) El mortero ya vaciado en la obra debe ser mantenido constantemente húmedo por lo que las estructuras deben ser periódicamente mojadas con agua nebulizada, frecuentes riegos, cubiertas con mantas de un material que retenga la humedad o con aserrín de madera mojada.
- e) Las superficies expuestas al tiempo debe ser cubiertas con lonas plásticas, durante los 15 primeros días.
- f) En caso de estructuras destinadas a almacenamiento de agua, el curado podrá hacerse, echando agua en dos etapas:
 - Con agua hasta la mitad del volumen
 - Luego de siete días completar el total del volumen

En las dos etapas no debe dejarse de mantener húmeda las superficies expuestas, conforme a lo descrito en el punto e).

- g) Cualquier sistema de curado a emplearse, deberá estar indicado en las especificaciones técnicas del proyecto.
- h) El inspector de la obra, podrá solicitar la ejecución de ensayos de resistencias en compresión adicionales, que le permita establecer si el procedimiento de curado realizado ha permitido obtener la resistencia deseada.

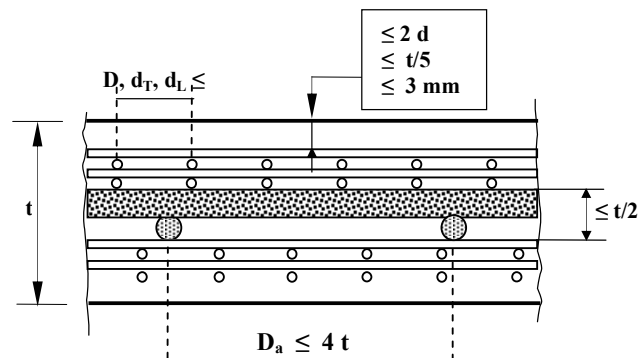
5.2.5 *Revestimiento*

- a) Las estructuras de ferrocemento construidas adecuadamente, no necesitan de protección o un revestimiento, a menos que estén expuestas a condiciones ambientales severas o exigencias especiales. En las oportunidades que se requieran se deben usar aquellos que cumplan con las siguientes características:

- Buena adherencia al mortero endurecido
 - Tolerancia a la alcalinidad del ferrocemento
 - Tener buena resistencia química y a la abrasión
 - Impermeabilidad al agua y a las sustancias químicas
 - Tener un tiempo de secado rápido
 - Posibilitar un mantenimiento futuro fácil
- b) Para estructuras que se encuentren sometidas a condiciones ambientales severas, la elección del tipo y espesor de recubrimiento deberá estar en función al tipo de agresiones con que se cuente en el entorno de la obra.
- c) Para la colocación de revestimiento, o algún tratamiento superficial, debe prepararse la superficie a cubrir, la cual debe estar libre de polvo y suciedad, si hubo recubrimiento anterior debe quitarse con chorros de arena, cepillos de alambre o con una herramienta o equipo adecuados.

5.2.6 Detalles de refuerzos

Para asegurar un buen comportamiento del ferrocemento, el refuerzo debe colocarse mediante el siguiente criterio:



5.3 Ensayo de los materiales y control de calidad

- ✓ En cualquier etapa de la ejecución del proyecto, el inspector podrá ordenar que se efectúen ensayos de certificación de la calidad de los materiales empleados.
- ✓ Cualquier material que pueda emplearse en la construcción de estructuras de ferrocemento, diferente a los indicados, deberá ser sometido a ensayos para certificar la calidad del mismo y los resultados obtenidos deberán ser comparados con las normas o especificaciones correspondientes al material propio.
- ✓ Los resultados obtenidos de los ensayos sobre la calidad de los materiales se llevarán en un registro anexo al cuaderno de obra en concordancia con lo estipulado en la Norma NTE E.060 de Concreto Armado, acápite 1.3 Ejecución de obra, sección 1.3.3.4.

a) Ensayos Preliminares

- La resistencia a la compresión del mortero, para determinar las proporciones adecuadas de la mezcla.
- El muestreo y ensayo de los materiales se efectuará en concordancia con las normas NTP correspondientes⁵.

b) Control de la calidad y ensayos dirigidos

Durante y después de la construcción se deberán realizar los siguientes ensayos, para asegurar la calidad y uniformidad del ferrocemento, así como la funcionalidad de la estructura.

- Slump, una manera práctica de controlar la resistencia de los morteros, es a través de la fluidez, es decir de la consistencia de la mezcla.
- Resistencia a compresión de probetas de mortero curado en el lugar a: 3, 7 y 28 días y en curado húmedo a 28 días. La resistencia a la compresión de los morteros se puede determinar con probetas de Ø=75 mm y H= 100 mm, o en cubos de 100 mm de lado.
- Después de concluida la estructura debe ser inspeccionada cuidadosamente con el objetivo de detectar defectos en la superficie, los que deberán ser reparados con cuidado, utilizando un adecuado cemento.
- En tanques o depósitos de agua, antes de procederse al revestimiento o enlucido interior y exterior, deberá ser sometido a la prueba hidráulica para constatar la impermeabilidad, llenándose con agua hasta su nivel máximo por un lapso de 24 horas. En caso de no presentar filtraciones procederá a descargarlo y revestirlo.
- En caso que la prueba hidráulica no sea satisfactoria, se efectuarán resanes⁶ tantas veces como sea necesario para conseguir la impermeabilidad total del tanque o depósito.

⁵ **NTP** NTP 033-77 Hormigón (Concreto). Método de ensayo para la elaboración y curado de probetas cilíndricas de hormigón (concreto) en obras.
NTP 034.77 Hormigón (concreto). Método de ensayo a la compresión de probetas de hormigón (concreto)
NTP 036.77 Hormigón (concreto). Toma de muestras del hormigón (concreto) fresco.
NTP 037-97 Agregados. Requisitos.

⁶ **Resanes:** De ocurrir fallas en el mortero como fisuras, bordes quebrados se deben efectuar resanes, del siguiente modo:

- Demarcar el área a ser resanada y retirar todo el mortero del área demarcada,
- Rectificar el acero de armazón y la malla.
- Hacer una mezcla de cemento: arena densa, con una proporción de 1:1.
- Proceder a la aplicación y curado del área afectada, utilizando los mismos procedimientos de construcción.
- Se procederá a revestirse cuando esté completamente seca, luego de haber efectuado la prueba hidráulica correspondiente.

CAPÍTULO 6: Consideraciones complementarias y recomendaciones

- a) El espesor “t” de elementos de ferrocemento varían entre $12 \text{ mm} \leq t \leq 50 \text{ mm}$; tolerancia máxima admitida es de $\pm 3 \text{ mm}$, no excediendo un 10% del espesor total.
- b) En el recubrimiento de la armadura no se admitirán variaciones de $\pm 1 \text{ mm}$.
- c) En cualquiera de los sistemas usados en la construcción de obras de ferrocemento pueden dejarse juntas de construcción, siempre y cuando se deje la superficie rugosa y se utilice un agente ligante como una lechada densa de agua cemento.
- d) Se recomienda el uso de vibradores mecánicos o equipos para lanzar el mortero a presión para colocar el mortero, aunque este puede también ser colocado a mano.
- e) Debe garantizarse el curado intensivo durante los primeros días y continuarlo de forma regular hasta un mínimo de 15 días.
- f) Para una sección transversal de ferrocemento de espesor “t”, las aberturas de la malla no deben ser mayores a este espesor.
- g) El recubrimiento del refuerzo debe ser el doble del diámetro del alambre de la malla o de otro refuerzo utilizado. Un recubrimiento menor puede ser aceptable, siempre que el refuerzo sea resistente a la corrosión, que la superficie esté protegida por un recubrimiento apropiado y que el ancho de las grietas sean menores a 0,05 mm.
- h) Si se usa acero del armazón, es necesario que dicho refuerzo no ocupe más del 50% del espesor total del elemento.

BIBLIOGRAFÍA

- ❖ ACI - Committee 549 : State of the report on ferrocement, 1993.
- ❖ ACI - Committee 549: Guide for the design , construction and repair of Ferrocement.
- ❖ ACI - Committee 544: State of -the -Art Report on fiber Reinforced Concrete.
- ❖ ACI - Committee 515: Guide for the Protection of concrete Against Chemical by Means of coatings and other corrosion Resistant Materials.
- ❖ ACI - Boletín SP – 102: Concrete And Chlorides.
- ❖ B.K Paul , R.P Pama: Ferrocement.
- ❖ CECAT: Boletín No. 2 - Recomendaciones para el diseño y construcción de ferrocemento. 1990.
- ❖ COPASA MG: Norma técnica T.186/0 - Ferrocimento para obras de saneamiento.
- ❖ Ibarra Sandoval, Carlos: Tecnologías apropiadas, Diseño y Construcción de Tanques de ferrocemento.
- ❖ Instituto Mexicano del Cemento y el Concreto (I.M.C.Y.C): Durabilidad del Concreto.
- ❖ International Ferrocement Society - Ferrocement Model Code –2001.
- ❖ National Academy Of Sciences: Ferrocement : Aplicacion in Developing Countries.
- ❖ Pasquel, Enrique: Tópicos de Tecnología del Concreto.
- ❖ Rivva, Enrique: Diseño de Mezclas.
- ❖ SENCICO, Norma Técnica de Edificación E.060: Concreto Armado.
- ❖ Wainsthok, Hugo: Ferrocemento, Diseño y Construcción.