

5. MAMPOSTERÍA REFORZADA

5.1 CLASIFICACIÓN DEL SISTEMA

5.1.1. Tipo de construcción

El sistema de mampostería reforzada se fundamenta en la construcción de muros con piezas de mampostería de perforación vertical, unidas por medio de mortero, reforzadas internamente con barras y alambres de acero, cumpliendo los requisitos de análisis, diseño y construcción apropiados, como los establecidos en el capítulo D.7 del NSR-98. Este sistema permite la inyección de todas sus celdas con mortero de relleno, o inyectar solo las celdas verticales que llevan refuerzo, dependiendo de la capacidad de disipación de energía en el rango inelástico definida para el diseño sísmo resistente de la edificación. La construcción se realiza por medio de procedimientos y actividades tradicionales de mampostería, aunque los muros pueden prefabricarse formando paneles.

5.1.2. Según el alcance del proyecto

El sistema de muros de mampostería reforzada conforma la estructura vertical de soporte de las edificaciones construidas con este método. Por lo cual los demás subsistemas deben ser integrados a la mampostería, diseñándolos para este fin desde el inicio del proyecto. Así el método de mampostería reforzada es un método parcial como sistema de construcción.

5.2. INTRODUCCIÓN AL SISTEMA

El desarrollo de la mampostería reforzada aprovecha el comportamiento del concreto reforzado situado en las celdas de las unidades y la resistencia a esfuerzos cortantes de la mampostería dispuesta en el muro. La mampostería reforzada consiste en un sistema en el cual el ensamble de las unidades con los demás componentes, permite la conformación de una estructura monolítica que responde estructuralmente ante requerimientos sísmicos. Este sistema constructivo cumple funciones estructurales y arquitectónicas.

5.3. ELEMENTOS DEL SISTEMA

Los materiales utilizados para las construcciones de mampostería estructural deben cumplir con los requisitos de calidad especificados en el Título D.3 de la Norma Sismo Resistente, NSR-98, con las normas de la Norma Técnica Colombiana, (NTC), respectivas, o con las normas de la Sociedad Americana para Ensayos y Materiales, ASTM, correspondientes, mencionadas en la NSR-98, cuando no haya norma reglamentada en Colombia.

MURO DE MAMPOSTERÍA	UNIDADES PERFORACIÓN VERTICAL	Unidades de arcilla Unidades de concreto
	MORTERO DE PEGA	Convencional Premezclado
REFUERZO DEL MURO	MORTERO DE INYECCIÓN	Mezclado mecánico en obra Planta
	ACERO	Vertical (celdas) Horizontal (juntas) Conectores (intersecciones)

Tabla 5.1. Elementos de la Mampostería Reforzada

5.3.1. Unidades de mampostería

Las unidades de mampostería son el elemento esencial del sistema de construcción de muros de mampostería reforzada, pues de estas dependen en gran parte sus características estructurales y de sísmo-resistencia.

De acuerdo con el Título D.3.6 de la NSR-98 las unidades de mampostería de perforación vertical que se utilicen en las construcciones de mampostería estructural pueden ser de concreto, cerámica (arcilla cocida) o silico-calcáreas, las cuales deben cumplir los requisitos establecidos en el numeral D.3.6.4, como son: dimensiones de las celdas y las paredes, y perforaciones secundarias. Además deben cumplir los requisitos de producción y calidad definidos para cada material.

5.3.1.1 Unidades de arcilla para mampostería

Las unidades de arcilla de perforación vertical para mampostería estructural deben cumplir con las Normas NTC 4205 (ASTM C34), "Unidades de mampostería de arcilla cocida - Ladrillos y bloques cerámicos", y NTC 4017 (ASTM C67), "Métodos para muestreo y ensayos de unidades de mampostería de arcilla".

Según la norma NTC 4205, de acuerdo con la disposición de sus perforaciones y del volumen que estas ocupen, la unidad de mampostería de perforación vertical tiene sus celdas o perforaciones perpendiculares a la cara o superficie en que se asientan en el muro. El área neta de las celdas o perforaciones de estas unidades, medida en cualquier sección perpendicular a sus ejes, no puede ser superior al 65% del área bruta en esa misma sección.

Las unidades de mampostería deben mantener los requisitos de absorción de agua y resistencia a la compresión para su uso estructural cuando tengan características especiales de diseño y calidad, por razones de exigencias acústicas, térmicas, de resistencia al fuego, arquitectónicas o constructivas. Cualquier requisito que supere los requisitos mínimos exigidos por la Norma NTC 4205 debe ser considerado como adicional a los requerimientos de la Norma NSR-98.

5.3.1.1.1 Propiedades Físicas

Para las unidades de mampostería se deben realizar los ensayos, establecidos en la Norma NTC, de absorción inicial, absorción total, estabilidad dimensional y resistencia a la compresión de acuerdo con el numeral D.3.8.1.3 "Unidades de mampostería", de la NSR-98, de por lo menos cinco (5) unidades por cada lote de producción y no menos de una unidad por cada doscientos (200) metros cuadrados de muro.

- Absorción de Agua: (NTC 4205). Las unidades de mampostería de arcilla cocida, utilizadas en la construcción de mampostería estructural reforzada, ensayadas según el procedimiento descrito en la Norma NTC 4017 (ASTM C67), deben cumplir con los requisitos de absorción en agua en 24 horas de inmersión descritos en la Tabla 5.2 de este informe.
- Resistencia mecánica a la compresión: (NTC 4205). Las unidades de arcilla cocida para mampostería estructural deben cumplir con la resistencia mínima a la compresión que se especifica en la siguiente tabla "Propiedades físicas de las unidades de mampostería estructural". Esta resistencia debe ser calculada realizando el procedimiento descrito en la Norma NTC 4017 (ASTM C67), del cual se obtiene una resistencia bruta, hallada con el área bruta, resultante de multiplicar las dos dimensiones que están contenidas en el plano perpendicular a la carga.

Tipo	Resistencia mínima a la compresión Pa (kg/cm ²)		Absorción de agua máxima en %			
	Prom. 5 U	Unidad	Interior		Exterior	
			Prom. 5 U	Unidad	Prom. 5 U	Unidad
PV	18.0 (180)	15.0 (150)	13	16	7 a 13.5	14

Tabla 5.2. Propiedades físicas de las unidades de mampostería estructural.

PV = Unidad de mampostería de perforación vertical.

De acuerdo con la Norma NTC 4205, se debe considerar como defecto principal, el no-cumplimiento de la resistencia y como defecto secundario el no-cumplimiento de la absorción. Además, se debe tener en cuenta que para unidades

de perforación vertical de 20 cm de altura o más, el requisito de resistencia a la compresión se debe reducir en un 25% sobre los mínimos exigidos por la tabla.

- Tasa inicial de absorción: La Norma NTC 4205 recomienda los siguientes requisitos mínimos de prehumedecimiento de las unidades, para su colocación con la tasa inicial de absorción. La tasa inicial de absorción es la capacidad de absorción capilar que tienen las unidades secas, medida durante 1 minuto, expresada en g/cm²/min. de acuerdo con el ensayo realizado bajo los procedimientos de la Norma NTC 4017 (ASTM C67).

Tasa inicial de absorción (g/cm ² /min.)	Tiempo recomendado de prehumedecimiento
0.10	5 min.
0.15	1 hora
0.25	24 horas

Tabla 5.3. Tasa inicial de absorción en unidades de mampostería.

5.3.1.1.2 Coordinación Modular

Las unidades de mampostería modulares deben estar diseñadas para que sus medidas reales, más las juntas de pega, se adapten a sistemas de coordinación modular en la construcción. Comúnmente, las unidades de mampostería de arcilla cocida no tienen que cumplir con medidas modulares, pero cuando el fabricante lo especifique se debe considerar un requisito adicional del producto y se deben ajustar a las medidas, holguras y tolerancias que para dicho efecto se establecen en la Norma NTC 296.

5.3.1.1.3 Textura y Color

La textura y el color serán especificados por el fabricante de las unidades de mampostería de arcilla cocida. Toda modificación a la textura lisa de la superficie de las unidades, tales como estrías, grabados, escarificaciones, etc., se debe realizar preferiblemente sobre el producto crudo o por cualquier método que no produzca fisuras o debilitamiento de las paredes.

Comúnmente el color varía según el tipo de arcilla y el proceso de fabricación, por lo cual no puede usarse como parámetro de evaluación de calidad sin haber realizado antes los ensayos de resistencia y absorción. La exigencia de una gama estrecha o subjetiva de color debe partir de un acuerdo entre compradores y fabricantes, sin que sea requisito de la Norma NTC 4205. No existe ningún tipo de restricción o clasificación con base en el color o gama de variación de las unidades de mampostería para interior, bien sea dentro del lote o dentro de una misma pieza.

Se debe cumplir con el ensayo de cocción en horno eléctrico de la Norma NTC 4017 o con el ensayo de ataque químico para baldosines esmaltados de la misma norma, en las unidades de mampostería que hayan sido coloreadas superficialmente mediante esmaltes, vidriados u otras aplicaciones dentro del proceso de cerámico, sin presentar decoloración o cambios de tonalidad.

5.3.1.1.4 Límites de defectos superficiales

El acabado de las unidades de mampostería de arcilla cocida debe ser objeto de evaluación en lo que se refiere a defectos superficiales, tales como fisuras, desbordados y distorsión de las caras o las aristas (alabeo), tal como se describe en el numeral 5.6 de la Norma NTC 4205. Además, las unidades deben estar libres de otras imperfecciones como laminaciones, ampollas, cráteres, deformaciones, etc., que interfieran con su colocación apropiada en el muro, perjudiquen su resistencia, estabilidad o durabilidad, o que desmejoren la fachada cuando esta se observa desde una distancia de 5 m.

5.3.1.1.5 Eflorescencia

Las unidades de mampostería de uso exterior deben cumplir con el parámetro de eflorescencia despreciable, cuando se ensayan por el método descrito en la Norma NTC 4017 (ASTM C67).

3.1.1.1 Criterios de aceptación o rechazo

Para la aceptación de las unidades de mampostería evaluadas mediante los ensayos de absorción y resistencia se admite que una de las cinco muestras ensayadas supere o no logre el límite individual en un 10 %, siempre y cuando se cumpla para el valor promedio señalado. En el evento de no cumplir con la exigencia, se debe hacer un nuevo muestreo del lote y se deben repetir los ensayos que, de resultar nuevamente negativos, darán lugar a que se rechace definitivamente el lote.

3.1.2 Unidades de concreto por mampostería

Las unidades portantes de concreto de perforación vertical para mampostería estructural deben cumplir con las Normas NTC 4026 (ASTM C90) "Unidades (Bloques y Ladrillos) de concreto para mampostería estructural", y NTC 4024 (ASTM C140-94), "Muestreo y ensayo de prefabricados de concreto no reforzado, vibro-compactados".

3.1.2.1 Clasificación

- Según su peso: Se establecen tres clases de unidades de mampostería de concreto según su densidad, como aparece en la Tabla 5.4:

Densidad (kg/m ³)		
Peso liviano	Peso mediano	Peso normal
Menos de 1680	Entre 1680 y 2000	2000 ó más

Tabla 5.4. Clasificación de las unidades de mampostería según la densidad de su concreto.

- Según el control de humedad: : Se establecen dos clases de unidades de mampostería de concreto según el control de humedad:
 - Tipo I: Unidades con control de humedad.
 - Tipo II: Unidades sin control de humedad.
- Según su resistencia a la compresión: : Se establecen dos clases de unidades de mampostería de concreto según su resistencia a la compresión:
 - De resistencia alta (A): Es la de uso corriente para todo tipo de construcciones, incluyendo edificios.
 - De resistencia baja (B): Se utiliza fundamentalmente en casas de uno y dos pisos.

3.1.2.2 Materiales

Los materiales utilizados para la fabricación de unidades de concreto, como: Materiales cementantes (cemento Portland, cementos adicionados y adiciones), agregados (de peso normal y livianos) y otros constituyentes (agua de mezcla, aditivos y pigmentos colorantes), deben cumplir con las normas establecidas en el numeral 3 de la NTC 4026 que les sean aplicables a cada uno.

3.1.2.3 Propiedades Físicas

- Densidad: La densidad de las unidades de concreto para mampostería depende, fundamentalmente, del peso de los agregados y del proceso de fabricación (compactación dada a la mezcla); y en menor grado de la dosificación de la mezcla. De la densidad de las unidades dependen directamente características como la resistencia a la compresión, la absorción, la permeabilidad, la durabilidad y su manejo durante la producción, transporte y utilización en obra; su capacidad de aislamiento térmico y acústico y las características de superficie como la textura, el color, etc. El valor de la densidad del concreto se determina mediante el ensayo correspondiente descrito en la NTC 4024. Según el Instituto Colombiano de Productores de Cemento (ICPC), la mayoría de las unidades que se producen en el país son de peso normal, excepto en las que se utiliza escoria como agregado.
- Resistencia a la compresión: La resistencia a la compresión es la principal característica que deben tener las unidades de mampostería estructural. La resistencia a la compresión se determina mediante el ensayo correspondiente descrito en la NTC 4024. En el momento de despacho al comprador, las unidades de mampostería de concreto deben cumplir con los siguientes requisitos de resistencia, de acuerdo con el numeral 4.2 de la NTC 4026:

Resistencia a la compresión a los 28 días (R_{cd}), evaluada sobre el área neta promedio (A_{np})		
Valor mínimo, Mpa		
Clase	Promedio de tres unidades	Individual
Alta	13	11
Baja	8	7

Tabla 5.5. Requisitos de resistencia a la compresión para unidades de mampostería de concreto.

La resistencia a la compresión está especificada para ser alcanzada a los 28 días de producidas las unidades. Sin embargo, las unidades se pueden utilizar a edades menores cuando se tenga un registro sobre la evolución de la resistencia de unidades de igual característica, y este indique que las primeras alcanzan dicha resistencia. Esto no exime la verificación directa de la calidad de las unidades.

Se pueden especificar resistencias a la compresión mayores cuando el diseño estructural lo requiera, en cuyo caso se debe consultar la disponibilidad de este tipo de unidades en el mercado.

- Absorción de agua (A_a): La absorción es la propiedad de la unidad de concreto de absorber agua hasta llegar al punto de saturación, y está directamente relacionado con el paso de agua a través de las paredes de la unidad (permeabilidad).
- Los límites de absorción varían según el tipo de concreto con que está elaborada la unidad de mampostería. El valor de absorción en unidades de concreto se determina mediante el ensayo correspondiente descrito en la NTC 4024. Los requisitos de absorción de agua para unidades de mampostería de concreto, en el momento de despacho al comprador, de acuerdo con la NTC 4026 son:

Absorción de agua (A_a) según el peso (Densidad) del concreto secado en horno, kg/m³			
Promedio de 3 unidades, máximo, %			
Unidades de mampostería estructural			
Clase	Peso		
	Liviano, menos de 1680 kg/m ³	Mediano, de 1680 kg/m ³ hasta menos de 2000 kg/m ³	Peso normal, 2000 kg/m ³ o más
Alta	15 %	12 %	9 %
Baja	18 %	15 %	12 %

Tabla 5.6. Requisitos de absorción de agua para las unidades de mampostería de concreto.

Bajos niveles de absorción evitan la pérdida de adherencia y el origen de fisuras, ya que a mayor absorción las unidades sustraen más agua del mortero de pega y de inyección, reduciendo o anulando la hidratación del cemento en la superficie que los une. Cuando las unidades son totalmente impermeables evitan el intercambio de humedad y la creación de una superficie de adherencia, lo cual disminuye la resistencia en las uniones, manifestándose como fisuras permeables al agua.

- Contenido de humedad (H): El contenido de humedad es el estado de presencia de humedad dentro de la masa de la unidad de concreto, entre la saturación y el estado seco al horno. El valor de contenido de humedad se determina mediante el ensayo correspondiente descrito en la NTC 4024. Este valor sólo es necesario para las unidades Tipo I. En el momento de despacho al comprador, las unidades de mampostería de concreto Tipo I deben tener un contenido de humedad que cumpla con los requisitos que aparecen a continuación:

Contenido de humedad (H)			
Promedio de tres unidades, máximo, como % del valor total de absorción de agua (Aa) %			
Contracción lineal por secado (Cl) %	Condiciones de humedad de la obra o sitio de uso de las unidades		
	Húmeda	Intermedia	Seca
De menos de 0.03	45	40	35
De 0.03 hasta menos de 0.045	40	35	30
De 0.045 hasta 0.065 (máximo)	35	30	25

Tabla 5.7. Requisitos de humedad para las unidades de mampostería Tipo I.

La utilización de unidades en la mampostería con contenido de humedad mayor al del ambiente origina fisuración de los muros, por contracción de las unidades, al buscar el equilibrio de humedad con la del medio ambiente. Lo anterior exige mantener las unidades Tipo I con el menor contenido de humedad posible, a través de su protección con láminas de plástico, hasta que sean colocadas en el muro, el cual se debe proteger de la misma manera, para que no reciba humedad del exterior. Las unidades sin control de humedad (almacenadas a la intemperie), denominadas Tipo II, no tienen parámetros de contenido de humedad, sin embargo su contracción lineal por secado no debe exceder el 0.065%.

- Contracción lineal por secado: Es una característica del concreto de las unidades de mampostería dada por sus materiales, dosificación y procesos de fabricación y curado. Esta característica refleja el grado de sensibilidad dimensional de la unidad a los cambios de humedad en su interior. Así, una unidad con una contracción lineal por secado mayor que otra, se expande más al humedecerse y se encoge más al secarse que otra con un valor menor.

El valor de contracción lineal por secado se determina mediante el ensayo descrito en la NTC 4072 (ASTM C462). Las unidades Tipo I consideran este factor para determinar las condiciones de humedad de la obra o sitio de uso, según lo descrito en la Tabla 5.7. (Requisitos de humedad para las unidades de mampostería Tipo I).

5.1.2.4 Propiedades Geométricas

Las unidades de mampostería en concreto, perforadas, deben cumplir con los requisitos de la siguiente tabla, según se describe en el numeral 4.1.1.1 de la NTC 4026:

Espesor nominal de la unidad (m)	Espesor de pared (ep)	Espesor de tabique (et)	Espesor de tabique equivalente (ea)
mm.	Mínimo, mm.	Mínimo, mm.	Mínimo, mm.
80	20	20	0.150
100	20	20	0.150
120	22	20	0.165
150	25	25	0.188
200	30	25	0.188
250	35 (32)	30	0.225
300	40 (32)	30	0.225

Tabla 5.8. Espesor mínimo de las paredes y tabiques en unidades de mampostería en concreto perforadas.

Las dimensiones reales de las unidades no deben diferir de las dimensiones normales en más de 2 mm para la longitud, y no más del 1% para el espesor y la altura. Para las unidades sólidas el área neta transversal, en cada sección transversal, no debe ser menor que el 75% de área bruta transversal, medida en el mismo plano.

5.3.1.2.3 Acabado y apariencia

El acabado de las unidades de mampostería de concreto debe ser objeto de evaluación en lo que se refiere a defectos superficiales, de acabado y apariencia, tal como se describe en el numeral 4.6 de la Norma NTC 4026.

5.3.1.2.4 Criterios de aceptación o rechazo

De acuerdo con la NTC 4026, si el lote de unidades de mampostería de concreto no cumple con lo especificado en esta norma, el comprador puede seleccionar una nueva muestra del mismo lote que ha quedado retenido. Si la segunda muestra tampoco cumple con lo especificado, se debe rechazar el lote en su totalidad.

5.3.2 Mortero de pega

El mortero de pega está constituido generalmente por cemento, cal, arena, agua y aditivos; es el elemento que une las unidades de mampostería a través de juntas verticales y horizontales. Se debe desarrollar una resistencia entre el mortero y la unidad de mampostería, mediante la correcta hidratación del cemento en el mortero (acción cementante). Además una buena plasticidad y consistencia de la mezcla garantiza su adecuada colocación. Los morteros de pega utilizados en construcciones de mampostería deben cumplir con la norma NTC 3329 (ASTM C270), "Especificaciones del mortero para unidades de mampostería". El mortero premezclado para unidades de mampostería debe cumplir con la norma NTC 3356 (ASTM C1142). La norma NSR-98 clasifica los morteros de pega, para mampostería estructural reforzada, como M y S, (no permite el uso de morteros tipo N), de acuerdo con su dosificación, resistencia a la compresión, flujo y retención de agua.

5.3.2.1 Propiedades mecánicas

- Resistencia a la compresión: La resistencia a la compresión de los morteros de pega se mide en cubos de 50 mm. de arista a los 28 días o cilindros de 75 mm de diámetro por 150 mm de altura (correlacionando sus resultados a los cubos como referencia), siguiendo el procedimiento indicado en la norma NTC 3546, "Métodos de ensayo para la evaluación, en laboratorio y en obra, de morteros para unidades de mampostería simple y reforzada". Las características mecánicas de los morteros empleados en mampostería estructural según su clasificación son las mostradas en la siguiente Tabla:

Mortero tipo	Resistencia a la compresión f _{cp} MPa	Flujo mínimo	Retención mínima de agua
M	17.5	120%	75%
S	12.5	115%	75%

Tabla 5.9. Características de los morteros de pega utilizados en mampostería estructural.

- Retención de agua: esta propiedad le permite al mortero conservar el agua necesaria para la hidratación del cemento en ambientes absorbentes como las superficies de las unidades de mampostería. Los valores del flujo mínimo y la retención mínima de agua en el mortero de pega deben ser encontrados mediante el ensayo realizado según la norma NTC 4050, "Cemento para mampostería".

5.3.2.2 Preparación del mortero

La dosificación de los componentes del mortero de pega debe basarse en ensayos previos de laboratorio o en experiencia de campo de obras similares. La dosificación mínima de sus componentes según la Tabla D.3.1 de la norma NSR-98 debe ser:

Mortero tipo	Cemento Portland	Cal hidratada	Cemento para mampostería	Arena / Material Cementante	
				Min.	Max.
M	1	0.25	No aplica	2.25	3.0
	1	No aplica	1	2.25	2.5
S	1	0.25 a 0.50	No aplica	2.50	3.5
	0.5	No aplica	1	2.50	3.0

Tabla 5.10. Dosificación por partes de volumen para morteros de pega de mampostería estructural.

- Mortero convencional: La preparación del mortero de pega con las dosificaciones establecidas en la Tabla 5.10., debe hacerse en seco o con el agua de amasado para obtener la plasticidad requerida. El tiempo de amasado debe ser suficiente, para obtener uniformidad sin segregación de la mezcla. La preparación manual solo se admite en trabajos de obras menores, según lo define la norma NSR-98 en el numeral A.1.6.1.
- Mortero premezclado: Los morteros premezclados de larga vida, deben utilizarse de acuerdo con las instrucciones y dentro del tiempo especificado por el fabricante. Su dosificación por peso en planta garantiza la calidad del producto, aunque también se puede elaborar en obra con el aditivo que le brinda sus propiedades características del estado plástico. Deben verificarse sus propiedades mediante ensayos, para establecer que no presentan deterioro al momento de utilizarse.

5.3.3 Mortero de inyección o relleno (grouting)

El grouting consiste en una mezcla fluida de agregados y material cementante, capaz de penetrar todas las cavidades del muro sin sufrir segregación. Esta mezcla se adhiere a las unidades de mampostería y a las barras de refuerzo para favorecer el funcionamiento estructural del muro. El mortero de relleno aumenta la resistencia del muro y ayuda a la transmisión de esfuerzos al acero. Además mejora algunas de sus propiedades, como el aislamiento acústico y térmico y la resistencia al fuego del muro. Según la norma NSR-98 los morteros de relleno utilizados en construcciones de mampostería deben cumplir la norma NTC 4048, "Lechadas (Grouts) para mampostería".

5.3.3.1 Preparación de la mezcla

La dosificación de los componentes del mortero de inyección debe basarse en ensayos previos de laboratorio o en experiencia de campo de obras similares. La dosificación del mortero depende de la resistencia final que se desee, de acuerdo con los aspectos estructurales y de funcionamiento requeridos en el diseño estructural. La dosificación mínima de sus componentes se define según el tipo de mortero a utilizar, como se muestra en la siguiente Tabla:

Tipo de mortero	Cemento Portland	Agregados/cemento			
		Fino		Grueso (tamaño < 10 mm.)	
		Min.	Max.	Min.	Max.
Fino	1	2.25	3.5	-	-
Grueso	1	2.25	3.0	1.0	2.0

Tabla 5.11. Clasificación y dosificación por volumen de los morteros de relleno.

5.3.3.2 Propiedades físicas

- Resistencia a la compresión: La resistencia, f'_{cr} , debe medirse a los 28 días sobre probetas tomadas en celdas de las unidades huecas o en prismas de unidades dispuestas, según los procedimientos para toma de muestras y el ensayo descrito en norma NTC 4043, "Muestreo y ensayo de concreto fluido (Grouts)". Esta resistencia debe ser compatible con la resistencia de las unidades de mampostería, por lo cual debe tener un valor máximo de 1.5 veces f'_m y un valor mínimo de 1.2 f'_m , pero en ningún caso ser inferior a 10 Mpa.
- Fluidez: La mezcla debe tener la característica de una emulsión, para que penetre en todas las cavidades del muro. La compactación de la mezcla ayuda a eliminar burbujas de aire presentes en ella y a darle fluidez.
- Adherencia: El mortero de inyección debe permitir la unión mecánica entre el relleno y las unidades de mampostería, la cual crece con la transferencia de agua al reducirse la relación agua/ cemento de la mezcla.
- Consistencia: El mortero de inyección debe tener una elevada trabajabilidad, evaluándola mediante la prueba de la consistencia con el cono de Abrahams, descrita en la norma NTC 396, "Método para determinar el asentamiento del concreto". El resultado de esta prueba debe estar entre 200 mm y 250 mm.

§3.3.3 Mezclado y transporte

La preparación del mortero de relleno debe realizarse mecánicamente. El transporte desde el sitio de mezclado hasta el sitio de inyección debe garantizar la conservación de la consistencia y la plasticidad de la mezcla, que le permita penetrar en las celdas sin segregación.

§3.4 Refuerzo

El acero de refuerzo utilizado en las construcciones de mampostería reforzada debe cumplir con los requisitos establecidos para las cuantías mínimas, el refuerzo vertical y el refuerzo horizontal mínimo, según el numeral D.7.3, "Refuerzo de muros", de la norma NSR-98. El refuerzo forma parte de la mampostería, por lo cual debe ser definido por el diseñador tanto en tipo como en cantidad. Los distintos tipos de refuerzo deben estar embebidos en el mortero, para que este pueda transmitir los esfuerzos entre las unidades de mampostería y el refuerzo, y reciprocamente.

§3.4.1 Refuerzo vertical

Este refuerzo comienza con las dovelas de empalme, que son las primeras barras colocadas antes del vaciado de las vigas de fundación. Todas las barras que continúan, a partir de la fundación, deben cumplir con la longitud de empalme especificada por el diseñador estructural. Este refuerzo debe coincidir con los centros de las perforaciones de unidades de mampostería, a menos que se especifique lo contrario en los planos estructurales. Se debe utilizar algún tipo de separador que fije la posición de la barra.

§3.4.2 Refuerzo horizontal

El refuerzo horizontal controla las fisuras por contracción del muro. Se debe colocar a medida que se va construyendo y de acuerdo con las indicaciones del diseñador estructural. El tipo más recomendado para ser empleado en mampostería estructural es la celosía, pues el refuerzo horizontal no debe taponar las celdas que lleven refuerzo vertical y mortero de inyección.

§3.4.3 Conectores

Los conectores se deben colocar en la intersección de los muros que no van trabados, a medida que se levanta el muro, de manera que queden embebidos en el mortero de la junta. El más recomendado según el ICPC es el tipo alambroón. Al momento de la colocación el refuerzo debe tener su superficie limpia, sin corrosión y figurado según los planos. (Se permite la presencia de oxidación superficial, con el visto bueno de la interventoría).

§4 CONSIDERACIONES ESTRUCTURALES

El sistema estructural de muros de mampostería reforzada se clasifica como de capacidad especial de disipación de energía en el rango elástico (DES) cuando todas las celdas verticales, inclusive las que no llevan refuerzo, se inyectan con mortero de relleno; o de capacidad moderada de disipación de energía (DMO) cuando solo se inyectan con mortero las celdas verticales que llevan refuerzo. Para que un muro de mampostería reforzada se considere como estructural debe ser continuo desde la cimentación hasta su nivel superior y no puede tener ningún tipo de abertura.

En el diseño de mampostería reforzada se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones estructurales:

- Hacer coincidir los ejes arquitectónicos con los estructurales, evitando el manejo de ejes múltiples para facilitar el proceso constructivo y mejorar la seguridad estructural.
- Cumplir con los requisitos mínimos de diseño, de acuerdo con lo establecido en el Capítulo D.7 de la NSR-98. Además, las edificaciones de muros de mampostería reforzada construidos con unidades de perforación vertical deben cumplir lo establecido como requisitos generales en el Capítulo D.1, las normas y procedimientos del Capítulo D.2, las especificaciones para materiales del Capítulo D.3 y los requisitos de construcción del Capítulo D.4 de la misma Norma (NSR-98).
- Los planos elaborados por los diseñadores estructurales deben tener como mínimo las siguientes especificaciones, establecidas en el numeral D.1.2.1 de la NSR-98:
 - Características de las unidades de mampostería utilizadas en el diseño, indicando la norma NTC, bajo la cual están fabricadas.

- Valor de la resistencia nominal a la compresión de la mampostería utilizada en los diferentes elementos estructurales, especificada respecto al área neta promedia de la sección (f'm).
- Definir el mortero de pega, fijando resistencia mínima a la compresión, medida como se define en la sección D.3.4 de la NSR-98.
- Ubicación de las celdas y cavidades que deben inyectarse con mortero de relleno.
- Definición del tipo de mortero de relleno, señalando su resistencia mínima a la compresión, medida como se define en la sección D.3.5 de la misma norma.
- Tamaño y localización de todos los elementos especificados.

- Además, se deben tener en cuenta aspectos como:

- Tipos y localización de todos los empalmes de refuerzo.
- Localización exacta de todos los ejes de los muros.
- Ubicación del refuerzo vertical y horizontal.
- Longitudes y espesores de los muros.
- Detalles de traslapes.
- Localización de los ejes de cimentación, los cuales deben coincidir con los ejes arquitectónicos.
- Detalles de cimientos, incluyendo la ubicación de los mismos y las dovelas de arranque.
- Despiece del refuerzo, diámetros y número de varillas.
- Detalle del refuerzo en alzada.
- Ubicación de las ventanas de limpieza.
- Ubicación de vanos de puertas y ventanas.

- Presentar las memorias justificadas de cálculos, evaluación de cargas de diseño, descripción del sistema estructural, tipo de análisis estructural y verificación de derivas, y todas aquellas dispuestas en el numeral A.1.5.3 de la NSR-98.

5.3. CONSIDERACIONES ARQUITECTÓNICAS

Se recomiendan las siguientes consideraciones para hacer un uso óptimo de este método:

- Seleccionar, desde la proyección de los diseños, el tipo de unidades a utilizar, modulando los muros según sus dimensiones, para obtener así la altura libre entre pisos, distribución de espacios y espesor de muros.
- Estudiar la posibilidad de obtener acabados de los muros exteriores e interiores aprovechando las ventajas que ofrece el uso de mampostería estructural en la construcción de vivienda de interés social, conservando la función estructural del muro, sin tener que utilizar materiales de revestimiento.
- Proyectar las dimensiones de los vanos, tanto en planta como en altura de manera que sean múltiplos de la medida modular de las unidades.
- Establecer la disponibilidad de las unidades referidas en el diseño arquitectónico.

5.4. PROCESO CONSTRUCTIVO

5.4.1. Recursos humanos

5.4.1.1 Mano de obra

Para la construcción de mampostería reforzada se requiere en esencia la participación de un pegador y su ayudante en la etapa inicial de levantamiento del muro. La función del primer operario es pegar las unidades de mampostería con el apoyo del ayudante. La colocación del mortero de inyección en principio requiere de dos personas encargadas de inyectar y vibrar el mortero.

5.4.1.2 Equipo

Cuando no se tiene suministro de unidades especiales, es necesario cortar los bloques en la obra para generar unidades con dimensiones específicas. Esto se puede lograr por medio de una cortadora de bloque (sierra de disco),

que garantiza un trabajo muy preciso y un aprovechamiento máximo de las unidades. La cortadora para unidades, cuando se requiera, debe ubicarse en un lugar con suministro de agua limpia y un sistema de sedimentación y desagüe para el agua usada. En el caso de inyección por medios mecánicos, es necesaria la instalación de una bomba que lleve el grouting hasta la altura a la cual se está realizando esta operación. Además del respectivo vibrador que garantice el llenado de la totalidad de las celdas.

5.0.1.3. Recepción, almacenamiento y manejo de los materiales

Todos los materiales de la obra deben almacenarse de manera que permanezcan protegidos contra el deterioro anormal o contaminación y deben utilizarse en los tiempos previstos.

5.0.1.3.1. Unidades de mampostería

Al momento de la entrega las unidades de mampostería deben cumplir con todos los parámetros establecidos en la norma NTC, ya sea para unidades de concreto o de arcilla cocida, según se especificó en la descripción de los materiales para la construcción de mampostería estructural. Para esto se deben tomar dos muestras. La primera sirve para realizar los ensayos y pruebas anteriormente mencionados, y la segunda, en caso de incumplimiento de alguno de los valores. Se debe evitar que las unidades de mampostería se contaminen con tierra u otros materiales que afecten sus propiedades posteriores de adherencia con el mortero o presenten problemas en los acabados. Se recomienda descargar las unidades únicamente sobre plataformas o disposiciones que garanticen el aislamiento del suelo. Los arrumes de unidades sueltas deben tener una altura máxima de 1.60 m para evitar que se derrumben.

Las unidades de concreto para mampostería nunca se deben mojar, por lo cual se les debe brindar protección contra la lluvia y contra la humedad proveniente del suelo. Se recomienda cubrir con láminas de plástico o conservarlas bajo techo para mantenerlas secas antes de la pega.

Para el transporte interno se recomienda el uso de carretillas hasta el sitio de trabajo, llevando sólo las unidades necesarias para la ejecución del muro, para evitar el deterioro y desperdicio de unidades.

Cuando no se tiene suministro de bloques especiales, es necesario cortar los bloques en la obra. Se debe evitar el uso de cinceles y hachuelas, prefiriendo la utilización de cortadoras de bloque que garanticen un trabajo preciso y un aprovechamiento máximo de los bloques.

5.0.1.3.2. Agregados

Para el almacenamiento de los agregados se deben construir cajones, que confinen los materiales, para evitar su dispersión y arrastre por aguas lluvias y de escorrentía. Se debe evitar la contaminación de estos materiales con el sustrato, mediante su disposición en un piso de mortero, con una pendiente que le permita evacuar el agua que drene del material.

5.0.1.3.3. Materiales cementantes

Los materiales cementantes se deben almacenar en bodegas cerradas e impermeables. Se recomienda una tarima de madera (15 cm Min), como piso provisional. Los sacos se deben arrumar en pilas de hasta 10 sacos, si van a estar más de un mes en la bodega; y de hasta 15 sacos si no va a superar un mes, dejando separación contra las paredes de 0.3 m mínimo, según lo recomienda el Instituto Colombiano de Productores de Cemento (ICPC).

5.0.1.3.4. Aditivos y productos químicos

El almacenamiento de productos químicos, líquidos o en polvo, se debe hacer en su empaque original (recipiente o saco), bien cerrado. Este almacenamiento se debe hacer en un lugar fresco y seco, vigilando la fecha de vencimiento del producto.

5.0.1.3.5. Refuerzo

Para almacenar las barras de acero se deben construir estantes, de modo que queden separadas e identificadas por sus diámetros y características, de forma organizada. El piso se puede construir con las mismas características para el almacenamiento de bloques. No es necesario que se haga bajo techo, pero si donde no se contamine, en especial con grasas y aceites. El lugar de corte y figurado del acero, al igual que la enderezadora para el acero que viene en chipas, debe tener espacio suficiente para producir las varillas de las longitudes requeridas.

5.0.1.3.0 Morteros premezclados

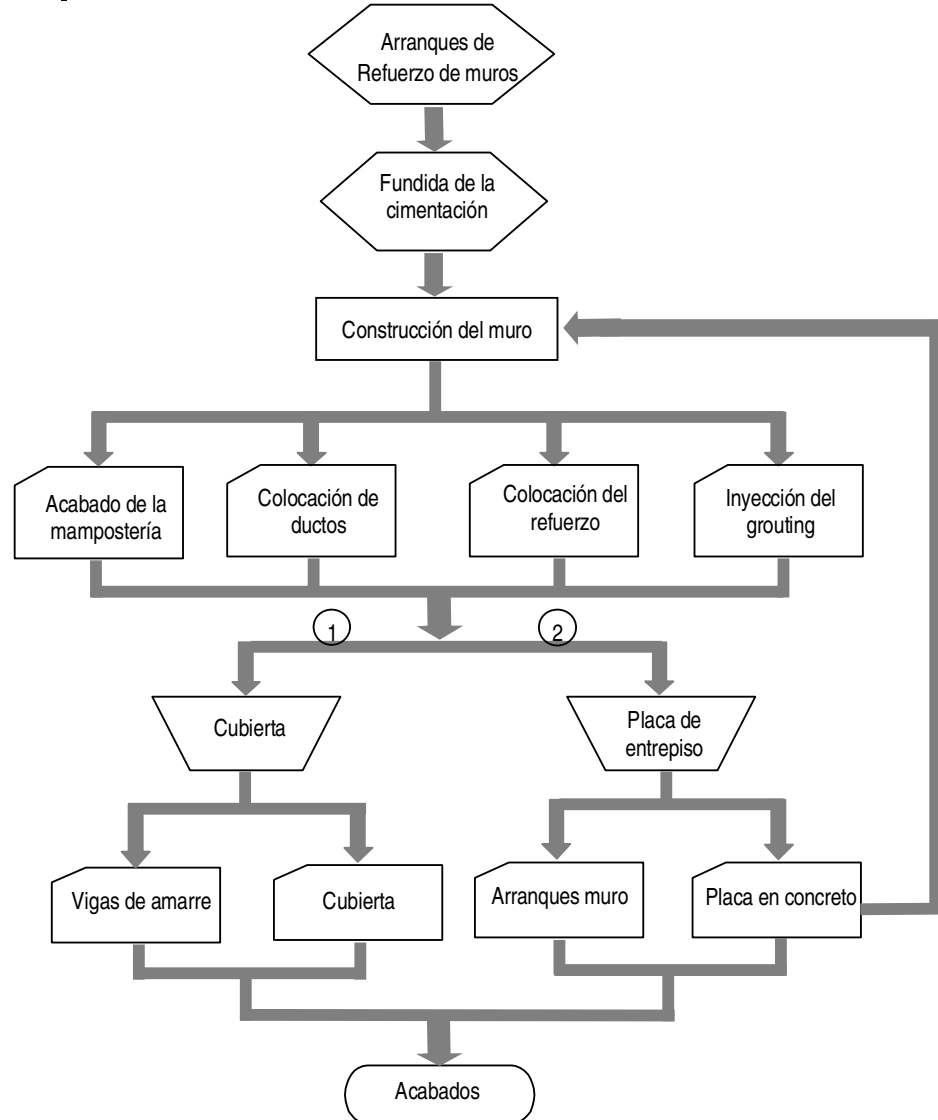
Cuando los morteros premezclados se van a preparar en obra, el sitio para mezclar el mortero debe ser de fácil acceso para todos los materiales. El área de producción como de almacenamiento debe estar protegida del sol y de la lluvia. Los recipientes para colocar el mortero deben estar limpios y ser impermeables y no absorbentes, y previstos de una cubierta que evite la pérdida de humedad del mortero. El mezclado debe efectuarse, preferiblemente, por medios mecánicos, colocando los materiales en la mezcladora en el siguiente orden: primero la mitad del agua, luego la mitad del agregado, los materiales cementantes y aditivos en su totalidad, mezclando por pocos minutos y agregando los materiales restantes para mezclar finalmente hasta obtener la consistencia adecuada, según el procedimiento descrito en el numeral 5.4.1 del Manual de Construcción de Mampostería en Concreto (MCMC) del ICPC. Los morteros preparados en planta de mezclas sólo requieren de un lugar para almacenar los recipientes no absorbentes que los contienen. Este lugar debe cumplir con las mismas recomendaciones que para el mortero premezclado en obra.

5.0.2 Rendimiento

En función de la programación de obra, la cual está estrechamente relacionada con el nivel de ventas del proyecto, el rendimiento del sistema de construcción de vivienda utilizando mampostería reforzada varía entre 50 y 75 m² diarios. Este rendimiento incluye la totalidad de las actividades requeridas para la entrega de la vivienda, desde las obras que se realizan después de la cimentación y sin los acabados finales. El rendimiento se consigue por la interacción de 4 cuadrillas conformadas por un oficial y dos ayudantes. Se requieren dos cuadrillas para la mampostería, una para las instalaciones y otra para el armado de la placa de concreto de entrepiso.

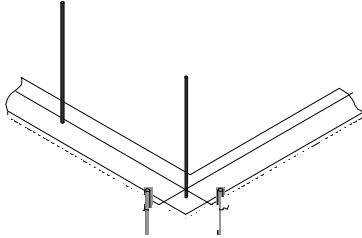
5.0.3 Descripción del proceso

5.0.3.1 Diagrama de flujo



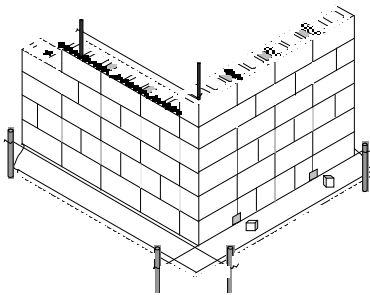
CONVENCIONES	
	Actividades de preparación
	Actividades consecutivas
	Actividades simultáneas
	Actividad con múltiples predecesoras
	Actividad final
	Finalización estructura vertical
	Continuación del sistema en altura

3.0.3.2 Esquema del proceso constructivo

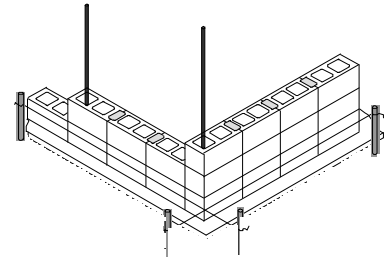


Replanteo de la cimentación y ejes del refuerzo vertical (arranques)

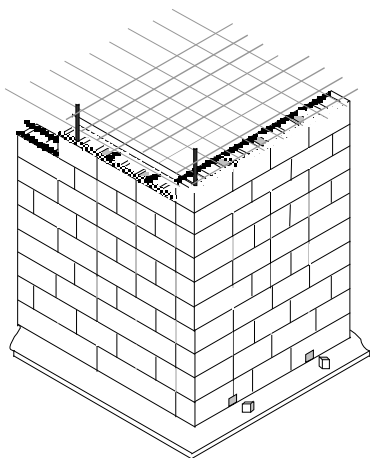
Colocación de las hiladas desde la esquina y verificación de ductos



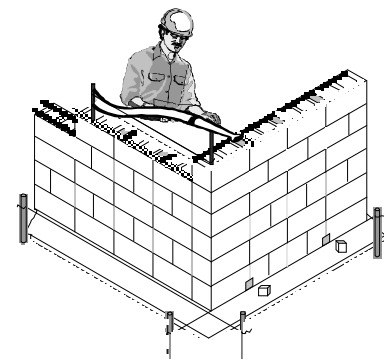
Elevación del muro, colocación del refuerzo vertical y horizontal



Inyección del mortero de relleno inspección de las cavidades



Terminación del muro y colocación del refuerzo de placa 2º piso



5.6.3.3 Sistema constructivo

Los requisitos constructivos para edificaciones de mampostería estructural debe cumplir con los parámetros establecidos en el Capítulo D.4 de la norma NSR-98.

5.6.3.3.1 Preparación del terreno

En esta fase se deben retirar los materiales no apropiados para soportar la edificación como escombros, material vegetal, suelo suelto, etc. Igualmente se deben realizar los drenajes interiores y laterales necesarios. Se deben realizar de manera simultánea las zanjas requeridas para las instalaciones y la malla de cimentación. Para las vigas de cimentación se debe colocar un mortero pobre de limpieza de unos 40 mm de espesor. Si la cimentación lleva concreto ciclópeo, este debe ser fundido antes de continuar con el siguiente paso.

5.6.3.3.2 Plano de la primera hilada

Una vez verificada la coordinación de todos los planos del proyecto, se debe identificar el plano de la primera hilada, con los vanos de puertas y ventanas, las celdas por donde deben ir los ductos, los bloques que vayan a llevar ventana de registro y las unidades especiales, si se requieren para la modulación del muro.

5.6.3.3.3 Colocación de la armadura de trinquete

Tanto el refuerzo longitudinal como el transversal debe cumplir con las cantidades y características especificadas en los planos estructurales. Una vez colocadas las armaduras de cimentación, se debe fijar y anclar el refuerzo de los muros en los sitios indicados en los planos.

5.6.3.3.4 Fundición del muro

Las características propias de las cimentaciones para mampostería estructural obedecen a condiciones del suelo de cimentación y del proyecto en sí. Su diseño y construcción debe ajustarse a lo dispuesto en la norma NSR-98 en el Título C y Título H. La construcción de edificaciones de mampostería estructural inicia su proceso distintivo desde la fundación. Antes de vaciar el concreto de la fundación se debe verificar que todos los refuerzos verticales de los muros estructurales cumplan con la longitud de anclaje en el sistema de cimentación y se realice el empalme mediante barras que sobresalgan la longitud de traslape necesaria para cumplir con los requisitos establecidos en la NSR-98. Se admite, para el empalme del refuerzo en la cimentación con el muro, las tolerancias definidas en el numeral D.4.4.3 de la NSR-98. Se deben cumplir con los requisitos de vaciado y alineamiento del cimiento según los Requisitos constructivos para cimentaciones (D.4.4) de la norma NSR-98.

5.6.3.3.5 Impermeabilización de las losas de piso

Las losas construidas directamente sobre el terreno deben impermeabilizarse, de tal manera que se provea una barrera que evite el ascenso de humedad. Esta puede ser una película de polietileno colocada sobre el entresuelo o base que la va a soportar.

5.6.3.3.6 Construcción del muro

Para la obtención de mampostería reforzada es necesario cumplir con procedimientos específicos, con el fin de lograr los estándares de calidad que garanticen el funcionamiento estructural del muro.

Primera hilada: El procedimiento para la elevación del muro se inicia con la colocación de las unidades en posición normal, de acuerdo con la unidad de mampostería utilizada. Se debe ubicar la línea exterior del borde de la primera hilada, marcándola sobre la viga de fundación, con referencia a los ejes de la construcción. Se debe rectificar el nivel superior del cimiento, ya sea a través de un realce en la viga de cimentación o distribuyendo la diferencia con sobre espesores de las juntas de pega.

Impermeabilización del sobrecimiento: Se define el sobrecimiento como las hiladas de bloques que quedan debajo del nivel de impermeabilización. El sobrecimiento por lo tanto debe ser impermeabilizado, para evitar el ascenso, por capilaridad, de agua a través de la parte inferior del muro.

Colocación de las hiladas: Cuando el muro no se cruza o traba en las esquinas o en cualquier punto intermedio, las unidades se deben colocar por hiladas siguiendo el siguiente procedimiento:

- Se coloca la primera hilada sobre la fundación, sin pegarlos, para ajustar las unidades a la medida del muro (cortes).
- Se coloca el mortero de la primera junta sobre el cimiento, en una longitud de trabajo adecuada.
- Sobre el mortero se pegan los bloques de los extremos, localizándolos de acuerdo con los ejes de los muros. Para garantizar el alineamiento y perpendicularidad de los muros se debe verificar su alineamiento individual mediante el uso de nivel y plomada.
- Luego se colocan las unidades intermedias alineándolas con las extremas, con la guía de un hilo. Se debe verificar la ubicación de las ventanas de inspección de las celdas que van a ir llenas con mortero de inyección.
- Se continúa la elevación del muro por hiladas completas, verificando progresivamente su alineamiento y perpendicularidad.

Cuando el muro se cruza con esquinas o en cualquier punto intermedio, es práctico elevar primero las esquinas o cruces del muro, unas cuantas hiladas (4-6), formando una especie de pirámide en cada extremo o cruce, para terminar por llenar el cuerpo del muro, colocando las unidades hilada por hilada.

Corte de unidades de mampostería: La partición de unidades de mampostería debe hacerse en forma mecánica, empleando cortadoras de disco y pulidoras eléctricas para evitar la fisuración del material. Las piezas cortadas deben tener las mismas características de las otras unidades empleadas como: color, resistencia y apariencia.

Pega de las unidades: Para la colocación de las hiladas en el muro, se deben preparar las juntas de los bloques, antes de la pega de las unidades en la hilada, procediendo de la siguiente manera:

Las juntas verticales se preparan aplicando mortero en uno de sus extremos, después de haberlos apoyado en una superficie externa al muro, sobre su otro extremo. La preparación de las juntas verticales permite un relleno más adecuado y eficiente de estas. Las juntas horizontales se preparan formando una canal con dos palustres e incorporando el mortero, o con la palma de la mano, a lado y lado de la arista horizontal superior externa de las unidades. Solo se coloca mortero en los tabiques cuando limitan con celdas que van a ir llenas con mortero de inyección.

Posteriormente se procede a colocar los bloques previamente preparados de la siguiente hilada, verificando su posición correcta de alineamiento y de nivel.

El espesor de las juntas de mortero de pega entre bloques es de 10 mm. (espesor de diseño).

El reacomodo o reposicionamiento de unidades sólo se puede realizar, cuando el mortero de pega está aún fresco; por lo cual los bloques deben colocarse con mortero fresco, cuando el primero haya endurecido.

5.0.3.3.1 Acabado del muro

El acabado de las juntas debe hacerse antes que el mortero de pega se endurezca, pero sea capaz de resistir la presión de un dedo. Para el acabado de las juntas se utilizan ranuradores especialmente diseñados para cada tipo de junta. Se debe eliminar inmediatamente el excedente de mortero que escurra o sobresalga de la pared de cada unidad. Este mortero se puede reutilizar si se encuentra en estado fresco y no se ha contaminado. Los excedentes de mortero que caigan sobre bloques ya colocados se pueden limpiar cuando el mortero se haya secado, con herramientas adecuadas para realizar esta actividad. Pero es aconsejable limpiar inmediatamente cualquier mancha proveniente del mortero, pues cuando está seca es difícil de remover.

5.0.3.3.2 Colocación de ductos

Es inconveniente romper los muros para introducir los ductos de las instalaciones, pues se estaría debilitando la resistencia estructural del muro. Los ductos de instalaciones eléctricas se pueden introducir en los muros, en celdas que no lleven refuerzo e inyección, progresivamente con la elevación del muro. Sus cajas para salidas deben quedar ubicadas sobre perforaciones, para que los ductos se puedan colocar dentro de las celdas. Los ductos para instalaciones hidrosanitarias se deben colocar en buitrones o muros no estructurales.

§8.3.3.9 Colocación del refuerzo

Todo refuerzo empleado en la mampostería reforzada debe estar embebido en el mortero de relleno o mortero de pega, y debe estar localizado de tal manera que se cumplan los requisitos de recubrimiento mínimo, anclaje, adherencia, y separación mínima y máxima con respecto a las unidades de mampostería y otros refuerzos. Los refuerzos que se empleen en la mampostería estructural deben cumplir, además, con los requisitos establecidos en el numeral D.4.2, "Detalles de refuerzo", de la norma NSR-98.

- Refuerzo horizontal: El refuerzo horizontal requerido estructuralmente o para conectores debe quedar embebido en el mortero de la junta, a medida que avanza la obra, cumpliendo los requisitos expuestos anteriormente para este tipo de material.
- Refuerzo vertical: Este se debe colocar en las celdas especificadas por el diseño estructural, a medida que se eleva el muro, verificando la continuidad de los traslapes del refuerzo. Antes de colocar el refuerzo, el muro debe tener sus celdas limpias de excedentes de mortero de pega. Nunca se deben limpiar estas celdas con chorro de agua, pues se saturarían las unidades, alterando la adherencia del mortero de inyección a las unidades. Se deben emplear medios mecánicos o por chorro de aire.

El refuerzo vertical debe colocarse en el centro de la celda, ajustando su posición mediante un soporte adecuado para este fin. Siempre debe haber mortero de inyección entre la barra y la pared, por lo cual no se permite recostarlo contra la pared de la celda. Se debe verificar que el refuerzo que continúa sobresalga, por lo menos su longitud de traslapo. Las barras traslapadas deben quedar embebidas, en toda su longitud de traslapo, en una sola operación de relleno de las celdas.

§8.3.3.10 Colocación del mortero de inyección

Para la colocación del mortero de inyección se debe cumplir con el siguiente procedimiento:

- Se debe verificar la limpieza de la celda, para garantizar el llenado, evitando la segregación del mortero.
- Colocar las tapas a las ventanas de inspección ("Ratoneras"), que deben ser rectangulares y medir 75 mm por 100 mm.
- La inyección del mortero de relleno se debe iniciar una vez el mortero de pega ha endurecido (24-48 horas después de levantado el muro). La colocación del mortero puede realizarse manualmente, con embudos y mangueras, o mediante bombeo, lo cual define la altura máxima de inyección.
- El vaciado del mortero se debe suspender 50 mm por debajo del nivel del muro en cada operación, para crear un anclaje con la nueva inyección. Las diferentes inyecciones en una misma celda deben realizarse en el mismo día, con separaciones de no más de 1 hora.
- El mortero inyectado se debe compactar con un vibrador de punta redondeada.
- No está permitido doblar ni desdoblar el refuerzo después de endurecido el mortero de inyección.

§8.3.3.11 Construcción de las vigas de amarre

Las vigas de amarre se construyen mediante bloques canal o tabiques perforados, fabricados o modificados para este fin. Después de colocadas las unidades en el muro se dispone el refuerzo en las vigas para luego proceder a vaciar el concreto.

§8.3.3.12 Curado de los muros

Los muros de la mampostería reforzada deben ser curados para evitar que el mortero, de relleno y de pega, pierda el agua de mezcla que le permite al cemento hidratarse y darle resistencia y adherencia a la junta. Para el curado se puede humedecer la cara expuesta del mortero de junta, con una brocha húmeda o cubriendo el muro con láminas impermeables que retarden la evaporación del agua del mortero.

§8.3.3.13 Construcción de las losas de entrapite

Los elementos de la losa de entrapite que se apoyan directamente sobre los muros deben quedar suficientemente soportados durante la construcción y vinculados en forma permanente a los muros. Se debe garantizar que el apoyo de la losa no cause volcamiento en la hilada de apoyo por exceso de excentricidad, ni que haya la posibilidad de

desprendimiento de la placa en la etapa constructiva o en la etapa de servicio. Las vigas de amarre deben formar parte del sistema de entrepiso, dispuestas en anillos cerrados en el plano horizontal del mismo, con lo cual se entrelazan con los muros estructurales. La mampostería reforzada permite la utilización total o parcial de entrepisos prefabricados, disminuyendo costos por la reducción en la utilización de formaletería y obra falsa; dando mayor velocidad al proceso constructivo.

5.6.3.4. Consideraciones espaciales

5.6.3.4.1. Coordinación de diseños

Esta actividad es importante para que en el momento de la construcción no se incurra en errores de ocupación de celdas por más de un elemento o servicio y estos se localicen organizadamente. Al coordinar los planos hidráulicos con respecto a los de la mampostería, se tendrá en cuenta, la localización exacta de tuberías, aparatos y griferías, salidas de instalaciones de cimentación, detalle de la ubicación en los muros, detalles de diámetros y elementos de las tuberías, etc. Al verificar los planos eléctricos se deben ubicar los tableros, la distribución de las redes, tomas e interruptores, localización de tubería en las celdas, cruces con redes hidráulicas, capacidad máxima de ductos por celda, etc., teniendo los mismos controles para la instalación de gas.

Todas las instalaciones se deben ubicar en el interior de los muros a medida que avanza la obra, simultáneamente con la elevación de los muros y con la colocación de entrepisos, evitando el rompimiento y debilitamiento de los muros, el desperdicio de material y mano de obra.

5.6.3.4.2. Identificación de juntas de control

Las juntas de control son separaciones verticales, continuas en toda la altura y profundidad del muro, permitiendo su movimiento y previniendo la fisuración. El espaciamiento de las juntas de control depende tanto de las propiedades de la mampostería como del grado y tipo de restricciones del movimiento a lo largo del muro, de acuerdo con el diseño estructural.

5.6.3.4.3. Localización de ventanas de inspección

Las ventanas de inspección, denominadas coloquialmente "ratoneras", se deben cortar con anterioridad al inicio de la construcción de los bloques de la primera hilada que servirán como ventanas de inspección para las celdas que se van a inyectar con mortero (o realizar el pedido al productor). Estas ventanas no deben generarse una vez construido el muro, ya que lo debilitarían estructuralmente.

5.6.3.4.4. Localización de los respiraderos

La disposición de estas aberturas contribuye a mantener el interior y exterior de las celdas en equilibrio con la temperatura y la humedad exterior. Se deben proteger de la penetración de insectos para prevenir su morada en estas cavidades. Su existencia es imprescindible para evitar condensación excesiva de humedad en el interior de las viviendas.

5.7. CONSIDERACIONES ECONÓMICAS

El sistema de construcción de mampostería reforzada no presenta consideraciones económicas particulares, por cuanto es esencialmente un método mejorado de construcción tradicional. Esto implica que el factor económico propio de la construcción en este sistema sea comparable al de cualquier método tradicional. El costo proveniente de equipos especiales y capacitación de mano de obra, por ejemplo, no incide considerablemente su estructura de costos. El costo directo por m² de unidades de vivienda de interés social construidas con este método es de \$ 280.000. Costo que cubre la totalidad de los sistemas que conforman la construcción, desde la cimentación hasta los acabados finales de la vivienda incluyendo la estructura en muros de mampostería reforzada y las instalaciones hidro-sanitarias y eléctricas. En particular el costo directo (mano de obra y materiales), por m² de muro estructural es aproximadamente de \$ 14.500, costo en el cual se deben considerar las condiciones específicas del medio y de negociación con los proveedores en cada proyecto en particular.

5.3. BALANCE DEL SISTEMA

5.3.1. Evaluación funcional

CONDICIONANTE		INTEGRIDAD DEL SISTEMA			JUSTIFICACIÓN
		Alta	Media	Baja	
INTEGRIDAD	Ante acciones mecánicas	x			Características de la mampostería
	Ante acciones climáticas	Agua		x	Permeabilidad de las unidades no tratadas
		Sol	x		Reflexión y absorción de las unidades
		Viento	x		Sistema cerrado de muros
	Ante animales y plantas	x			Mampostería en materiales inertes
SEGURIDAD	Acciones directas del hombre	x			Resistencia de la mampostería
	Acciones indirectas	Contaminación	x		Materiales poco degradables
		Fuego	x		Materiales incombustibles de los muros
FLEXIBILIDAD	Posibilidades arquitectónicas			x	Disposición ortogonal de los muros
	Constructiva	Construcción progresiva		x	Con la planeación inicial en el mismo sistema o en otros muros no portantes
		Autoconstrucción		x	Rápido conocimiento de los procesos
CONFORT AMBIENTAL	Higrotérmico		x		Estabilidad térmica de la mampostería
	Higiénico		x		No acumula residuos
	Acústico		x		Aislamiento del muro de mampostería
	Visual			x	Según diseño arquitectónico de acabados
COMPOSICIÓN	Geometría		x		Adecuación de espacios
	Color		x		Acabado de las unidades

Tabla 5.12. Evaluación funcional de la mampostería reforzada

5.3.2 Evaluación Técnica

5.3.2.1 Método constructivo

EVALUACIÓN TÉCNICA	Alta	Media	Baja	JUSTIFICACIÓN
Industrializado				No aplica
Prefabricado			x	Paneles de mampostería pueden ser prefabricados
Necesita formaleta		x		Las unidades sirven de formaleta al grouting
Posibilidad de reutilizar formaleta				No aplica
Facilidad de Transporte	x			Materiales no requieren equipo de transporte
Facilidad de almacenamiento		x		Se deben cumplir normas. Campamento corriente
Cuidados en la manipulación	x			Conservar integridad de las unidades
Cantidad de mano de obra	x			En función del rendimiento requerido
Calidad de la mano de obra		x		Personal especializado
Rendimiento en el montaje		x		Procedimientos manuales rutinarios
Cuidados en el montaje	x			Relleno de las celdas reforzadas
Control de calidad		x		Revisión de procedimientos constructivos
No. de elementos que necesitan mantenimiento		x		Cuidados superficiales de la mampostería a la vista
Frecuencia del mantenimiento			x	Reparación fortuita de fisuras, manejo manchas
Necesidad de técnicas especiales		x		Manejo del grouting
Control de calidad en el mantenimiento			x	Actividades de pocas especificaciones
Construcción en altura	x			Más de 5 pisos

Tabla 5.13. Método constructivo

5.3.2.2 Materiales básicos

MATERIALES BÁSICOS	FACILIDAD PARA CONSEGUIRLOS EN BOGOTÁ			ACEPTACIÓN SOCIO-ECONÓMICA			REQUISITOS			GENERACIÓN DE DESPERDICIOS		
	Alta	Media	Baja	Alta	Media	Baja	Altos	Medios	Bajos	Alta	Media	Baja
Unidades mampostería	x			x			x				x	
Mortero de pega	x			x			x				x	
Grouting	x			x			x				x	
Refuerzo	x			x			x					x

Tabla 5.14. Materiales básicos

5.3.2.3 Maquinaria y equipo

MAQUINARIA Y EQUIPO	ESPEC. TÉCNICAS (REND.-CAPACIDAD-ETC)			FACILIDAD DE ADQUISICIÓN		
	Alta	Media	Baja	Alta	Media	Baja
Cortadora de ladrillo	x			x		
Bomba grouting	x			x		
Vibrador de concreto	x			x		
Pulidora		x		x		
Pluma	x			x		

Tabla 5.15. Maquinaria y equipo

5.3.2.4 Mano de obra

PARÁMETRO A EVALUAR	EVALUACIÓN			JUSTIFICACIÓN
	Alta	Media	Baja	
Mano de obra calificada		x		Personal especializado más que calificado
Necesidad de entrenamiento			x	Actividades de la construcción tradicional mejoradas
Facilidades para conseguirla	x			Disponibilidad de oficiales y ayudantes en el mercado
No. De personas necesarias	x			Mano de obra intensiva

Tabla 5.16. Mano de obra.

5.3.2.5 Inclusión de los subsistemas

SUBSISTEMA	ELEMENTO	PERTENECE AL SISTEMA	INCORPORADO EN OBRA
Estructural	Cimentación		x
	Estructura vertical	x	
	Estructura horizontal		x
Cerramientos	Fachadas	x	
	Cubiertas		x
	Tabiquería	x	
	Puertas		x
Acabados	Ventanas		x
	Pisos		x
	Paredes	x	
	Techos		x
Instalaciones	Exteriores	x	
	Hidráulica		x
	Sanitaria		x
	Eléctrica		x
	Gas Natural		x

Tabla 5.17. Inclusión de los subsistemas

3.3.3. Ventajas

- Disminución de desperdicios de material de muros y acabados dada la modulación de las unidades de mampostería, permitiendo aplicar directamente sobre los muros, estucos delgados o pinturas, o aprovechar la textura y colores propios de las unidades corrientes o de las que tienen características arquitectónicas.
- Los elementos de la fachada pueden ser portantes, brindando la doble función estructural y arquitectónica.
- Dentro de las celdas verticales de los muros elaborados con bloques, se pueden colocar las conducciones eléctricas, hidrosanitarias y de telecomunicaciones. Además, se eliminan, en gran cantidad las perforaciones de los muros, las reparaciones y los desperdicios, reduciendo la mano de obra, fijaciones y materiales de reparación.
- Se elimina la utilización de fomaletaría y obra falsa de la estructura vertical, ya que el refuerzo en esta dirección se coloca dentro de las celdas de las unidades de mampostería.
- Permite utilizar entrepisos totales o parcialmente prefabricados dando mayor velocidad al proceso constructivo.
- En viviendas debidamente diseñadas se puede construir toda la estructura con mampostería, reduciendo el número de proveedores y el manejo de materiales y equipos, con la consecuente disminución de costos.
- Por las características físicas de las unidades, la mampostería reforzada provee al sistema un buen aislamiento térmico y acústico.
- Es un método tradicional que se encuentra contemplado en la Norma NSR-98.

3.3.4. Desventajas

- Por ser un sistema estructural diferente al de pórticos y otros sistemas de muros, se hace indispensable un riguroso control sobre los procedimientos de manejo y colocación de sus materiales.
- Se deben conocer muy bien las características mecánicas de las unidades de mampostería, ya que son parte fundamental del sistema estructural.
- Requiere de un diseño arquitectónico riguroso que permita la adecuada modulación vertical y horizontal de los muros.
- Dado que la mampostería construida con este método es estructural, no se pueden modificar indiscriminadamente los espacios interiores de las edificaciones.
- Por la novedad del sistema constructivo se requiere del entrenamiento inicial de la mano de obra no conocedora del sistema.
- Tiene un peso ligeramente mayor que las edificaciones de pórticos de concreto con particiones livianas.
- Por las características del relleno de las celdas de las unidades, su dureza dificulta la modificación o que se perfore o se clave en ellos.
- Por lo general para las instalaciones de gas se tienen requisitos especiales en su localización, por lo cual quedan expuestas por fuera de los muros o dentro de buitrones de acceso directo.
- Se deben especificar las celdas por las cuales van colocadas las redes y la altura a la cual quedarán las cajas y orificios de las mismas, lo cual implica cortar las unidades con anterioridad a su colocación en el muro, o pedir las al proveedor si se encuentran disponibles comercialmente.

3.4 FUENTES DE INFORMACIÓN

- Manual de Construcción de Mampostería en Concreto. Instituto Colombiano de Cemento; Herrera V., Angélica María, Madrid M. Germán Guillermo, Medellín, 1999. 89p.
- Recomendaciones de diseño para mampostería reforzada. Besada, Ramiro. Universidad de Los Andes. Santa Fe de Bogotá. 1998.
- Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. NSR-98. Norma Sismo-Resistente. Ley 400 de 1997, Decreto 33 de 1998. Santa Fe de Bogotá. 1997-1998.
- Normas Técnicas Colombianas. NTC. Instituto Colombiano de Normas Técnicas. ICONTEC. Santa Fe de Bogotá. 1998.
- Documentación de mampostería estructural. Acevedo, Catalina. Universidad de Los Andes. Santa Fe de Bogotá. 1997.
- Manual de procedimientos para el control de la mampostería reforzada. Constructora Colpatria. Santa Fe de Bogotá. 1999.