



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

CISMID - LABORATORIO DE ESTRUCTURAS - DIVISI3N DE ENSAYOS A ESCALA REAL CONSTRUYENDO EDIFICACIONES DE ALBAÑILERÍA CON TECNOLOGÍAS APROPIADAS

GUÍA PARA LA CONSTRUCCI3N CON ALBAÑILERÍA



Marzo del 2005

Lima - Perú



CONTENIDO

LA CONSTRUCCIÓN DE LA VIVIENDA DE ALBAÑILERÍA

1.	Introducción -----	1
2.	¿Qué materiales usamos? -----	1
	● <i>Cemento</i>	
	● <i>Arena (fina y gruesa)</i>	
	● <i>Piedra chancada (agregado grueso)</i>	
	● <i>Hormigón (mezcla natural de agregados)</i>	
	● <i>Agua</i>	
	● <i>Unidades de albañilería</i>	
	● <i>Acero corrugado de refuerzo</i>	
	● <i>Madera</i>	
3.	¿Qué elementos son parte del sistema estructural ? -----	3
4.	¿Dónde se encuentran estos elementos y materiales en una casa?-----	4
5.	¿Cómo saber si la cantidad de muros es suficiente? -----	5
	● <i>Ejemplo de verificación de la densidad de muros</i>	
6.	¿Qué debo de hacer antes de iniciar la construcción? -----	9
	● <i>Preparación del terreno</i>	
	● <i>Replanteo de la estructura en el terreno</i>	
7.	¿Cómo debo construir la cimentación? -----	10
	● <i>Condiciones de sitio</i>	
	● <i>Excavación del cimiento</i>	
	● <i>Preparando el fondo de la cimentación</i>	
	● <i>Colocado del refuerzo de columnas para muros</i>	
	● <i>Colocado del concreto ciclópeo en el cimiento</i>	
	● <i>Ejemplo de detalle del cimiento</i>	
8.	¿Cómo construir el sobrecimiento? -----	12
9.	¿Cómo construir los muros? -----	12
	● <i>Preparación de los ladrillos</i>	
	● <i>Preparación del mortero</i>	
	● <i>Proceso constructivo del muro</i>	
	● <i>Notas adicionales</i>	
10.	¿Cómo preparar las columnas de confinamiento? -----	15
	● <i>Colocando los encofrados</i>	
	● <i>Colocado del concreto (vaciado)</i>	
11.	¿Cómo amarrar los muros y columnas? -----	16
12.	¿Cómo construir la losa y vigas? -----	17
	● <i>Preparación de encofrados y acero de refuerzo para vigas y losas</i>	
	● <i>Preparando el concreto de losas y vigas</i>	
	● <i>Colocado del concreto en losas y vigas</i>	
13.	¿Cómo dar acabado a los elementos (tarrajeo)? -----	21
14.	¿Cómo realizar el control de calidad de los materiales? -----	22
	● <i>Obteniendo muestras de concreto fresco</i>	
	● <i>Revenimiento</i>	
	● <i>Control de calidad de la albañilería</i>	
	GLOSARIO -----	24
	● <i>Definiciones Básicas</i>	
	● <i>Materiales</i>	
	● <i>Herramientas y Equipos</i>	

CONSTRUYENDO EDIFICACIONES DE ALBAÑILERÍA CON TECNOLOGÍAS APROPIADAS

Comité Asesor Japonés

Universidad Nacional de Yokohama
Dr. Yutaka Yamasaki



Centro para Mejoramiento de la Vida
Laboratorio de Ensayos de Edificaciones de Tsukuba
Dr. Mikio Futaki



Ministerio de la Tierra, Infraestructura y Transporte
Instituto Nacional de la Tierra, Infraestructura & Manejo
Dr. Takashi Kaminosono
Dr. Tetsuro Goto



Instituto de Investigación de Edificaciones
Dr. Hiroto Kato
Dr. Koichi Kusunoki



Instituto de Desarrollo de Infraestructura
Sr. Ryokichi Ebizuka
Sr. Satoshi Nomura



Comité de Investigadores Peruanos

Participantes del CISMID/FIC/UNI



Dr. Carlos Zavala
Ing. Patricia Gibu
Ing. Claudia Honma
Ing. Oscar Anicama
Ing. Jorge Gallardo
Ing. Leslie Chang
Bach. Ing. Guillermo Huaco
Sr. Germán Bautista
Sr. Larry Cárdenas

AGRADECIMIENTO

Esta guía ha sido elaborada basados en las mejoras y conocimiento adquirido en el marco del Programa Promoción y Desarrollo de Tecnologías para la Construcción para países no desarrollados y en vías de desarrollo, el cual es supervisado por el Ministerio de la Tierra, Infraestructura y Transporte del Japón.

Este programa, establecido para países en vías de desarrollo, promueve el desarrollo y mejora de tecnologías de construcción utilizadas en estos países, adaptando el estado del arte de tecnologías desarrolladas en Japón para la mejora de las metodologías tradicionales, luego de una certificación a través de proyectos piloto locales y experimentos relacionados con estas tecnologías.

La ejecución de este programa fue encomendada por el Ministerio de la Tierra, Infraestructura y Transporte del Japón al Instituto de Desarrollo de Infraestructura del Japón (IDI) y al Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres (CISMID) para recopilar los procedimientos tecnológicos en una guía con el aporte financiero y tecnológico del Japón. El proyecto fue asesorado por un comité de especialistas japoneses durante su desarrollo.

En el Perú los edificios de albañilería de ladrillos de arcilla y adobe son los sistemas estructurales más usados en la construcción de viviendas en zonas urbanas. Estas viviendas han sufrido serios daños durante los últimos eventos sísmicos debido a defectos estructurales o falta de control de calidad del trabajo en obra y los materiales.

Ante este hecho, el programa fue planeado para mejorar esta situación. El proyecto intenta contribuir a la mitigación del daño ocasionado por los sismos, mejorando la capacidad resistente -frente a terremotos- de las construcciones de albañilería confinada. Este mejoramiento se lleva a cabo de manera que la población peruana pueda, en lo posible, seleccionar mejor sus materiales; construir elementos con detalles de refuerzo más convenientes y realizar un adecuado control de calidad sin alterar los métodos tradicionales de construcción. Se han realizado experimentos para verificar la resistencia de muros y viviendas cuyo punto culminante fue el ensayo de una vivienda de dos pisos a escala natural. Los ingenieros locales, a través de la guía, pueden hacer el seguimiento de construcción a través de este programa, el mismo que ha quedado registrado en la guía.

Esta guía representa una de las metas del Programa Promoción y Desarrollo de Tecnologías para la Construcción del Japón como contribución al mejoramiento de la resistencia sísmica de viviendas del Perú.

Deseo expresar mi profundo agradecimiento al Ministerio de la Tierra, Infraestructura y Transporte del Japón, y al Instituto de Desarrollo de Infraestructura del Japón (IDI) por su contribución en la difusión de los métodos constructivos de viviendas en el Perú a través del soporte a este proyecto.

Dr. Carlos ZAVALA
Profesor Asociado
Universidad Nacional de Ingeniería
CISMID/FIC/UNI
Lima - Perú

INSTRUCCIONES INICIALES

Las viviendas de albañilería, para tener un buen comportamiento estructural, deben ser construidas con procedimientos constructivos apropiados, buen detallado de los planos estructurales y un buen control de calidad. Esta guía ha sido dividida en catorce secciones siguiendo el procedimiento constructivo. El detalle de los planos estructurales y el control de calidad fue discutido con el Comité de Asesores Japoneses y los miembros de CISMID, considerando el sistema constructivo peruano y los conceptos de detallado estructural japoneses, como los anclajes de refuerzo así como criterios de control de calidad. Esta guía debe ser usada para viviendas de uno y dos pisos, ya que nuestra experimentación se llevó a cabo en una vivienda a escala real de dos pisos.

Cada sección presenta preguntas sobre cómo ejecutar los trabajos de construcción y también muestra recomendaciones para asegurar un buen control de calidad en la obra. Cuando algún ítem es muy importante se muestra una señal donde aparece un pequeño hombrecito, mostrando una recomendación en color verde. Asimismo si es una nota crucial, aparece una señal de alerta con la recomendación en color rojo. Esta clase de recomendaciones debe seguirse si deseamos lograr un buen control de calidad en la obra.

Esperamos que usted disfrute de la lectura de esta guía y que el conocimiento y recomendaciones que pudiera adquirir de ella sea difundido entre sus colegas. Esto ayudará a mejorar nuestra tecnología constructiva en viviendas de albañilería.

LA CONSTRUCCION DE LA VIVIENDA DE ALBAÑILERIA

1. Introducción

El sistema estructural que más se utiliza en el Perú y Sudamérica para la construcción de viviendas en zonas urbanas es la denominada albañilería de ladrillos de arcilla. Más del 43% de las viviendas son construidas con este sistema estructural. En el sismo de Atico 23/6/2001 (Arequipa, Perú) muchas viviendas de albañilería sufrieron daño. La principal fuente de este daño es la no existencia de un control de calidad adecuado durante la etapa constructiva y una deficiente configuración estructural. El construir una vivienda sin seguir las normas de diseño sísmico y las normas de diseño de albañilería y las recomendaciones de esta guía puede producir daño estructural.

2. ¿Qué materiales usamos?

- **Cemento**

El cemento es vendido en bolsas de 42.5 kg. Estas deben ser protegidas de la humedad para que no se endurezcan antes de su uso. El lugar de almacenaje para el cemento deberá estar aislado de la humedad del suelo usando mantos de plástico o creando una superficie flotante con cartones y/o tablas de madera.



- **Arena (fina y gruesa)**

Esta será usada en la mezcla con el cemento, la piedra y el agua. Su misión es reducir los vacíos entre las piedras. La arena no debe contener tierra orgánica, mica, sales, agentes orgánicos, componentes de hierro, ni tener apariencia oscura. No debe mojarse la arena antes de usarse.



Puedes probar si la arena es mala, colocando la misma en un recipiente con agua. Si flota mucho polvo o suelo, esto indica que se separará de la mezcla.

- **Piedra Chancada (agregado grueso)**

La piedra debe ser partida y angulosa. Debe ser dura y compacta. Las piedras que se parten fácilmente no son buenas.



- **Hormigón (mezcla natural de agregados)**

El hormigón es una mezcla natural de piedras de diferentes tamaños y arena gruesa. Es usado para preparar concreto de baja resistencia de sobrecimiento, falsos pisos, calzaduras.



- **Agua**

El agua no debe tener impurezas, debe ser limpia, bebible y fresca.



No use agua sucia



- **Unidades de Albañilería**

Existen ladrillos de arcilla y sílico calcáreos. La unidad de albañilería puede ser sólida, hueca o tubular. Para ser considerados sólidos el área sin huecos debe ser mayor al 75% del área bruta geométrica. La resistencia mínima en compresión de las unidades debe ser, al menos, 50 kg/cm².



No usar ladrillos crudos (faltos de cocción) o con rajaduras. Ladrillos blanquecinos no deben ser usados.

- **Acero Corrugado de Refuerzo**

Para los elementos de confinamiento de concreto deberá utilizarse barras de acero corrugado de 9.15 m de longitud y diámetros de 3/8", 1/2" y otros. Para los estribos de corte pueden usarse barras lisas de 1/4" de diámetro. Para ajustar y unir las barras se recomienda el uso de alambre N°16. Durante su almacenaje se recomienda cubrir las barras con láminas de plástico o planchas de triplay para prevenir la oxidación.

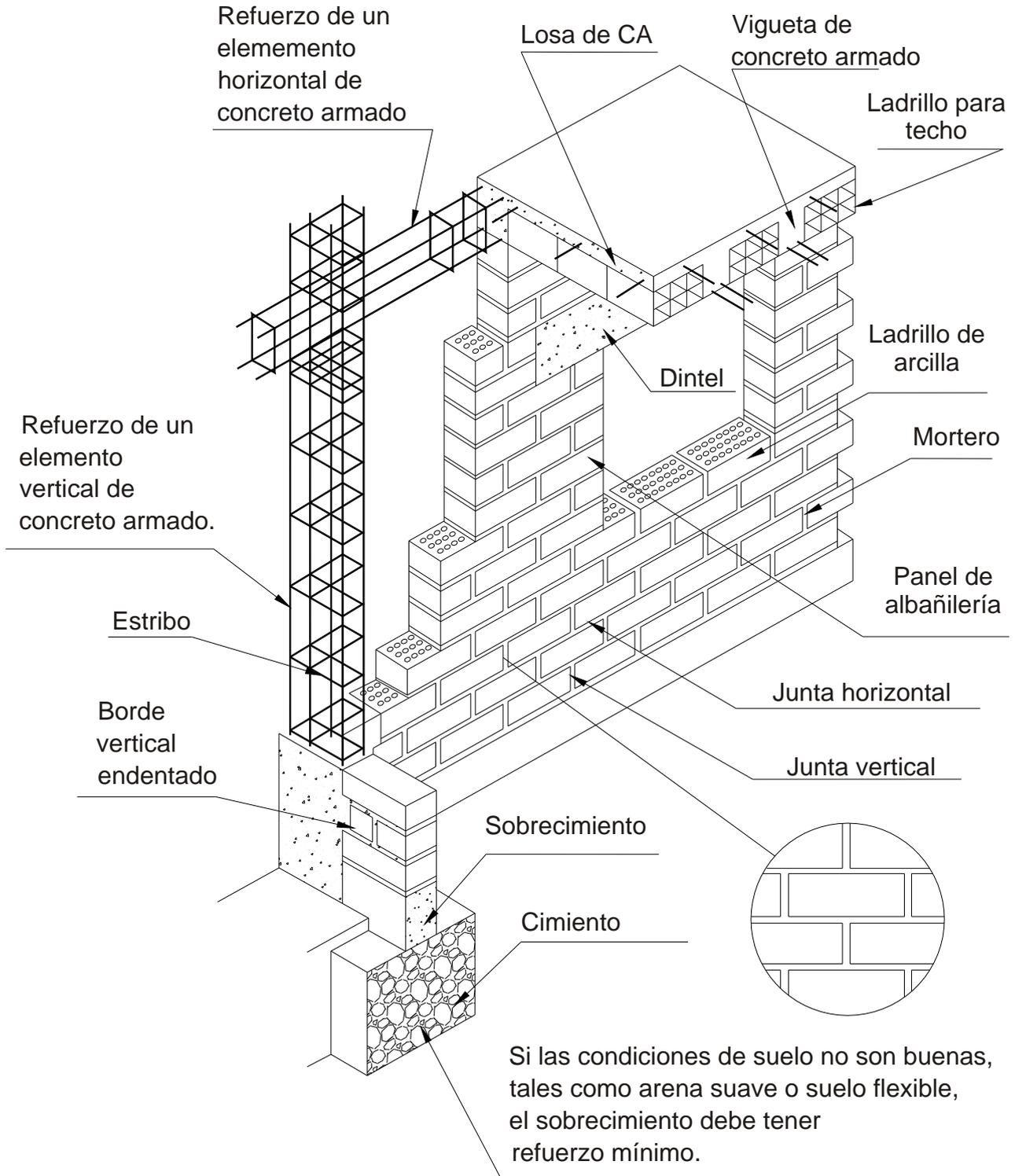


- **Madera**

La madera a ser utilizada como encofrado debe estar seca. Se debe proteger la madera del agua, de lo contrario ésta se queda húmeda, se hincha y se ablanda. Se acostumbra aplicar petróleo o kerosene antes de ser utilizada como encofrado.

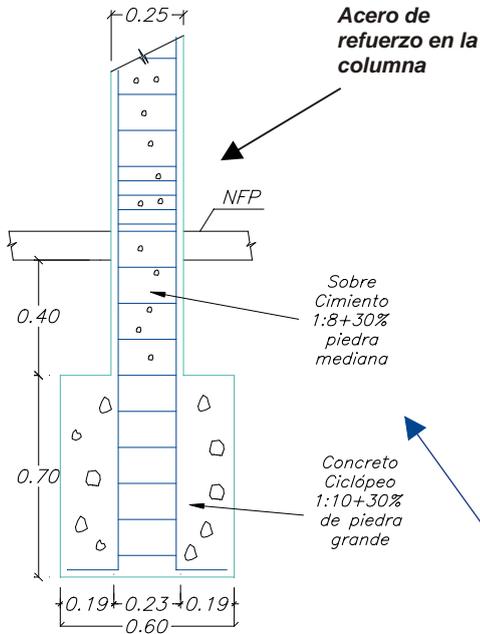


3. ¿Qué elementos son parte del sistema estructural?



4. ¿Dónde se encuentran estos elementos y materiales en una casa?

Detalle de Columna de Confinamiento

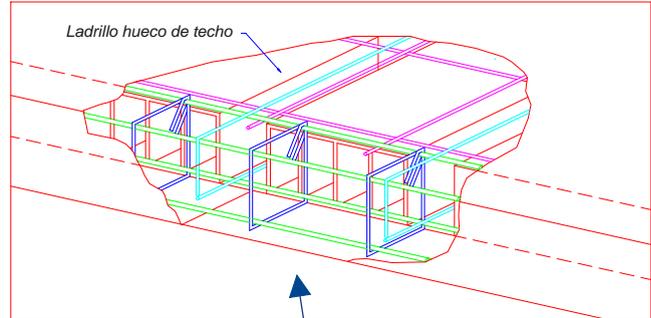


Cimiento corrido y sobrecimiento
 (extensión vertical de la cimentación antes de colocar las hiladas de ladrillos con el fin de proteger de la humedad del suelo)

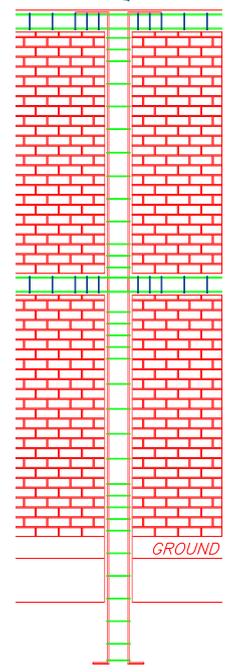


Principal elemento estructural: Muros portantes de albañilería y sus elementos de confinamiento (vigas y columnas) trabajando en conjunto.

Vigas y Losa (aligerado)



Detalle de la columna de confinamiento en toda su longitud



5. ¿Cómo saber si la cantidad de muros es suficiente?

Es necesario que se ejecute un proyecto de Ingeniería Estructural que calcule los elementos necesarios de refuerzo, confinamientos, muros, cimentaciones, etc.

El cálculo preliminar a nivel de anteproyecto o dimensionamiento de la vivienda es el denominado verificación de la densidad de muros. Este procedimiento es sumamente simple y consiste en hallar la densidad de muros de cada piso, la cual se define como la relación del área de los muros al área de la planta del piso en estudio. La relación debe examinarse rigurosamente en las direcciones vertical y horizontal. No se consideran aquellos muros cuya longitud es menor a 30 cm. El valor resultante deberá ser comparado con los valores propuestos por el comité de la norma de diseño de albañilería que se detallan en la siguiente tabla:

Suelo Tipo	Zona-3	Zona-2	Zona-1
S1	4%	3%	1%
S2	4%	3%	2%
S3	5%	4%	2%

Aquí se muestra la densidad de muros mínima requerida para viviendas, expresada porcentualmente como una función de la zona sísmica y del tipo de suelo de cimentación detallado en la norma de diseño sismorresistente.

● Ejemplo de verificación de la densidad de muros

Como ejemplo consideraremos la vivienda de dos pisos ensayada en CISMID/FIC/UNI, durante este proyecto.

En la figura presentada en la siguiente página, se muestra el plano de planta de la vivienda. A manera de ejemplo desarrollaremos la densidad de muros del primer nivel.

a) Verificación en la dirección vertical en el 1er piso

Cada muro será identificado en base a los ejes más cercanos entre los extremos del muro y el eje donde se encuentra el muro. Así tendremos en cada muro su longitud como la longitud del muro incluyendo las columnas y el espesor efectivo del muro (descontando el tarrajeo). Sabiendo que el área de cada piso es de 51 m², se tabula la siguiente tabla en donde se muestran los cálculos efectuados para hallar la densidad de muros.

Ejemplo de Cálculo de Densidad de Muros en la Dirección X-X

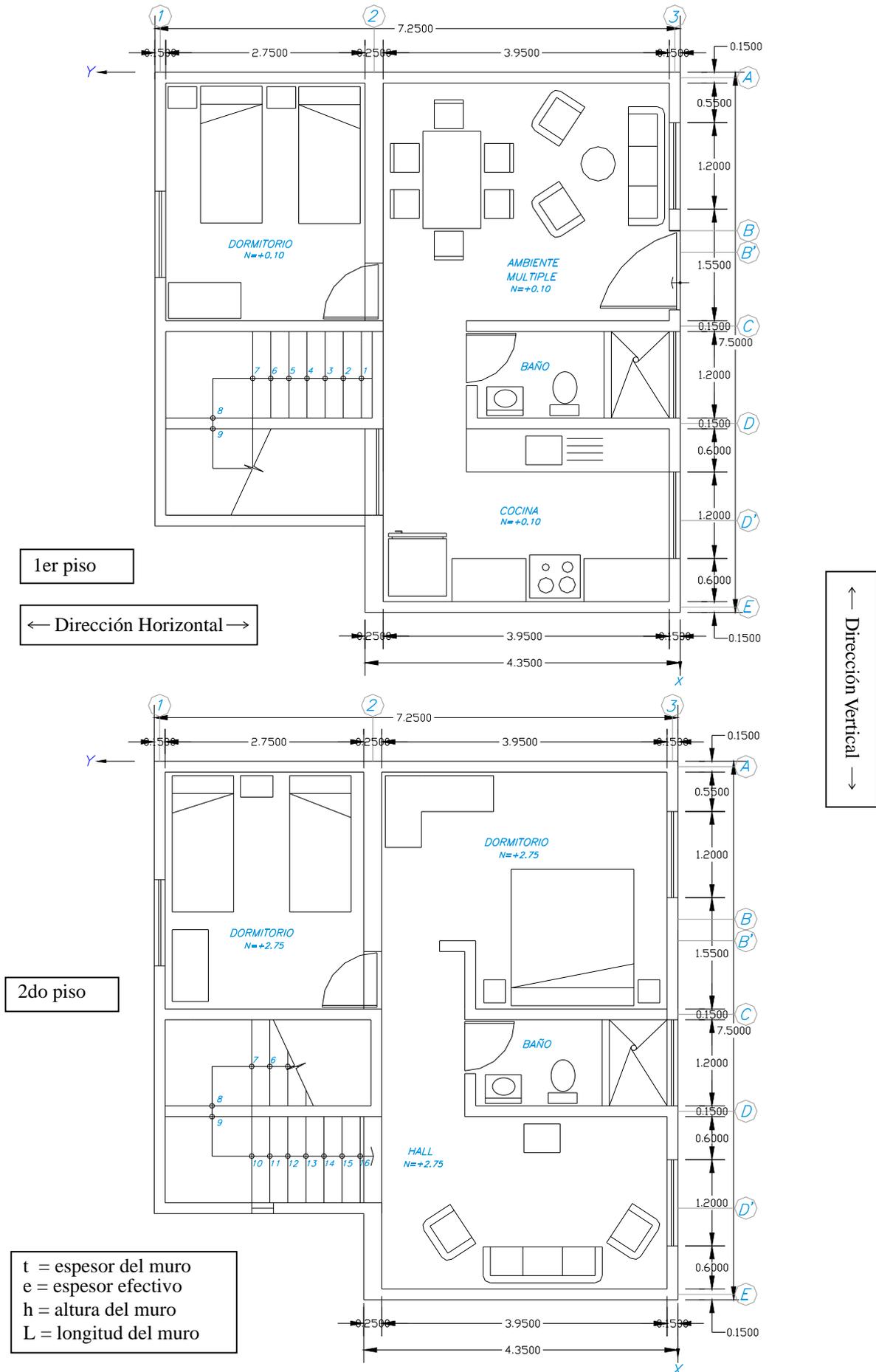
Ladrillo de	Material	Muro	L (m)	L(cm)	t (cm)	e (cm)	h (m)	h (cm)	Amuro(m2)
Soga	Mampostería	AB1	1.50	150.00	15.00	13.00	2.50	250.00	0.20
Soga	Mampostería	B'C1	0.50	50.00	15.00	13.00	2.50	250.00	0.07
Cabeza	Mampostería	AB2	2.50	250.00	25.00	23.00	2.50	250.00	0.58
Soga	Mampostería	AA'3	0.70	70.00	15.00	13.00	2.50	250.00	0.09
Soga	Mampostería	CD'1	2.70	270.00	15.00	13.00	2.50	250.00	0.35
Soga	Mampostería	DD'3	0.80	80.00	15.00	13.00	2.50	250.00	0.10
Soga	Mampostería	D'E3	0.80	80.00	15.00	13.00	2.50	250.00	0.10
Cabeza	Mampostería	D'E2	1.20	120.00	25.00	23.00	2.50	250.00	0.28



Cuando la densidad de muros es menor a la requerida puede incrementarse el espesor del muro, o la rigidez, reemplazando un muro de mampostería por uno de concreto.

Σ Amuro= 1.76 m²
 Acasa= 51.00 m²
 Densidad= 3.5% \geq 4.0%
 de Muros Insuficiente

De los cálculos se ha encontrado que la densidad de muros de 3.5% es insuficiente en el ejemplo ya que para la zona 3, con un suelo del Tipo S2, se requiere una densidad de muros mínima del 4%. Por esta razón será necesario incrementar la cantidad de muros o reemplazar uno de los muros de mampostería por un muro de concreto.



b) Ejemplo de inclusión de muro de concreto

En nuestro ejemplo consideraremos la última alternativa, reemplazando el muro de cabeza D'E2 por un muro de concreto de las mismas dimensiones. En este caso, debido al uso de otro material distinto a la mampostería, debemos de hallar la equivalencia del muro de concreto como muro de albañilería, por ese motivo multiplicamos el espesor del muro de concreto por la relación E_c/E_m (relación entre módulo de elasticidad del concreto a módulo de elasticidad de la albañilería).

Ladrillo de	Material	Muro	L (m)	L (cm)	t (cm)	e (cm)	h (m)	h (cm)	Amuro(m2)
Soga	Mampostería	AB1	1.50	150.00	15.00	13.00	2.50	250.00	0.20
Soga	Mampostería	B'C1	0.50	50.00	15.00	13.00	2.50	250.00	0.07
Cabeza	Mampostería	AB2	2.50	250.00	25.00	23.00	2.50	250.00	0.58
Soga	Mampostería	AA'3	0.70	70.00	15.00	13.00	2.50	250.00	0.09
Soga	Mampostería	CD'1	2.70	270.00	15.00	13.00	2.50	250.00	0.35
Soga	Mampostería	DD'3	0.80	80.00	15.00	13.00	2.50	250.00	0.10
Soga	Mampostería	D'E3	0.80	80.00	15.00	13.00	2.50	250.00	0.10
Cabeza	Concreto	D'E2	1.20	120.00	25.00	212.38	2.50	250.00	2.55

Σ Amuro= 4.03 m2
Acasa= 51.00 m2

$E_c = 217000 \text{ kg/cm}^2$
 $E_m = 23500 \text{ kg/cm}^2$

Densidad= 7.9% \geq 4.0%
de Muros Conforme



Las propiedades del muro de concreto deben ser transformadas en propiedades equivalentes de mampostería

Finalmente, con la inclusión del muro de concreto se logra una densidad de muros de 7.9% valor superior al 4% requerido, hecho que manifiesta seguridad frente a sismos, y deberá considerarse como un análisis preliminar para el predimensionamiento del sistema estructural.

c) Verificación en la dirección horizontal del 1^{er} piso

De manera similar a la dirección vertical, los muros son denominados a través de los ejes verticales más cercanos y el eje de su plano. Para cada muro se identifica su longitud como la longitud del muro incluyendo las columnas y el espesor efectivo del muro (descontando el tarrajeo). Los resultados para esta dirección son presentados en la siguiente tabla:

Ladrillo de	Material	Muro	L (m)	L (cm)	t (cm)	e (cm)	h (m)	h (cm)	Amuro (m2)
Soga	Mampostería	12A	2.35	235.00	15.00	13.00	2.50	250.00	0.31
Soga	Mampostería	23A	3.45	345.00	15.00	13.00	2.50	250.00	0.45
Soga	Mampostería	12C	2.35	235.00	15.00	13.00	2.50	250.00	0.31
Soga	Mampostería	2'3C	2.30	230.00	15.00	13.00	2.50	250.00	0.30
Soga	Mampostería	2'3D	2.30	230.00	15.00	13.00	2.50	250.00	0.30
Soga	Mampostería	12D'	2.35	235.00	15.00	13.00	2.50	250.00	0.31
Soga	Mampostería	23E	3.45	345.00	15.00	13.00	2.50	250.00	0.45

Σ Amuro= 2.41 m2
Acasa= 51.00 m2

$E_m = 23500 \text{ kg/cm}^2$

Densidad= 4.7% \geq 4.0%
de Muros Conforme

La densidad de muros en esta dirección es mayor al 4% de densidad requerida, valor que asegura un buen comportamiento sismorresistente.

d) Verificación en la dirección vertical en el 2^{do} piso

Para encontrar la densidad de muros en este nivel, se consideran aquellos muros que nacen en el nivel inferior. Esto significa que sólo los muros que nacen en la cimentación serán considerados para los cálculos. Por lo tanto, la cantidad de muros en esta dirección es similar a la del primer piso pues el muro BC3 no se considera. Luego, reemplazando los datos del muro D'E2 se toma en cuenta en este piso, obteniéndose los cálculos que se presentan en la siguiente tabla:

Ladrillo de	Material	Muro	L (m)	L (cm)	t (cm)	e (cm)	h (m)	h (cm)	Amuro(m2)
Soga	Mampostería	AB1	1.50	150.00	15.00	13.00	5.00	500.00	0.20
Soga	Mampostería	B'C1	0.50	50.00	15.00	13.00	5.00	500.00	0.07
Cabeza	Mampostería	AB2	2.50	250.00	25.00	23.00	5.00	500.00	0.58
Soga	Mampostería	AA'3	0.70	70.00	15.00	13.00	5.00	500.00	0.09
Soga	Mampostería	CD'1	2.70	270.00	15.00	13.00	5.00	500.00	0.35
Soga	Mampostería	DD'3	0.80	80.00	15.00	13.00	5.00	500.00	0.10
Soga	Mampostería	D'E3	0.80	80.00	15.00	13.00	5.00	500.00	0.10
Cabeza	Concreto	D'E2	1.20	120.00	25.00	212.38	5.00	500.00	2.55

Σ Amuro= 4.03 m²

Ec= 217000 kg/cm²

Acasa= 51.00 m²

Em= 23500 kg/cm²

Densidad= 7.9% ≥ 4.0%
de Muros Conforme

e) Verificación en la dirección horizontal del 2^{do} piso

En esta dirección el muro 12D' tiene una ventana, y es dividido en dos: muro 11'D' (antes de la abertura) y muro 1'2D' (después de la ventana). La densidad de muros calculada se muestra a continuación:

Ladrillo de	Material	Muro	L (m)	L (cm)	t (cm)	e (cm)	h (m)	h (cm)	Amuro(m2)
Soga	Mampostería	12A	2.35	235.00	15.00	13.00	5.00	500.00	0.31
Soga	Mampostería	23A	3.45	345.00	15.00	13.00	5.00	500.00	0.45
Soga	Mampostería	12C	2.35	235.00	15.00	13.00	5.00	500.00	0.31
Soga	Mampostería	2'3C	2.30	230.00	15.00	13.00	5.00	500.00	0.30
Soga	Mampostería	2'3D	2.30	230.00	15.00	13.00	5.00	500.00	0.30
Soga	Mampostería	11'D'	0.93	93.00	15.00	13.00	5.00	500.00	0.12
Soga	Mampostería	1'2D'	0.93	93.00	15.00	13.00	5.00	500.00	0.12
Soga	Mampostería	23E	3.45	345.00	15.00	13.00	5.00	500.00	0.45

Σ Amuro= 2.35 m²

Ec= 217000 kg/cm²

Acasa= 51.00 m²

Em= 23500 kg/cm²

Densidad= 4.6% ≥ 4.0%
de Muros Conforme

Luego, la densidad de muros muestra una reducción en esta dirección, pero que es suficiente para satisfacer el valor mínimo requerido del 4% para esta estructura.

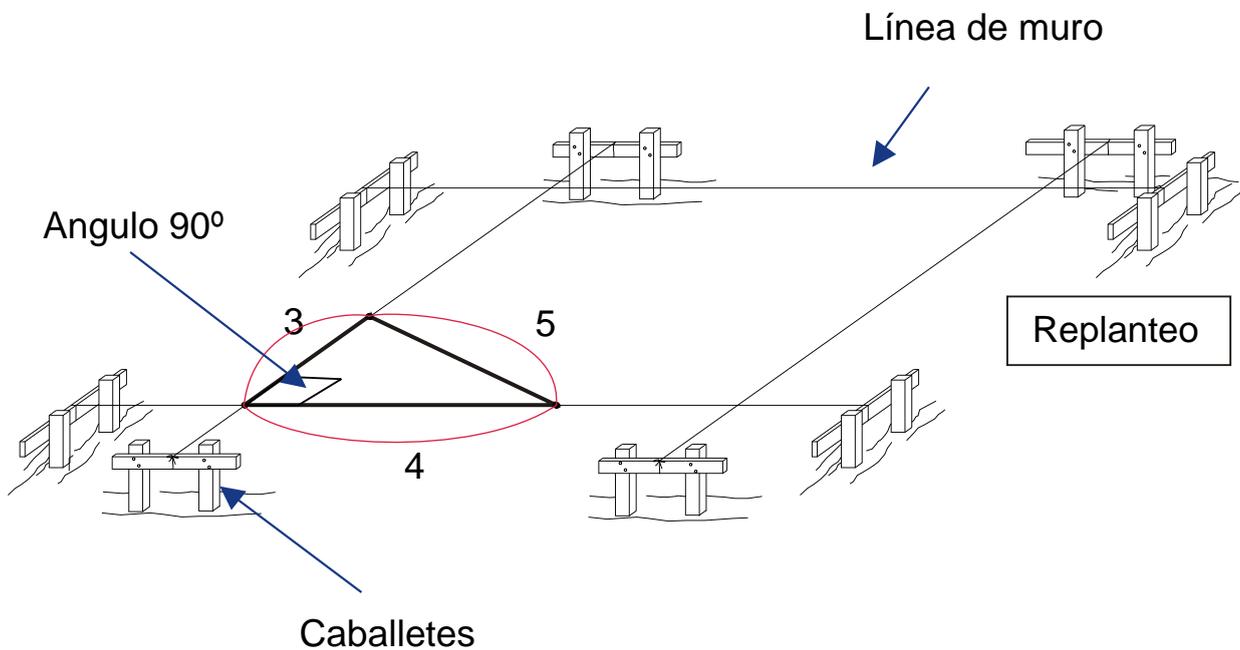
6. ¿Qué debo hacer antes de iniciar la construcción?

- **Preparación del terreno**

El terreno debe estar limpio, sin basura, sin materia orgánica u otro elemento extraño al terreno.

- **Replanteo de la estructura en el terreno**

Se tensan cordeles utilizando caballetes formados por dos estacas de madera que se clavan en el suelo y en la madera horizontal que las une. Los caballetes se ubican en la parte exterior de la construcción. Se verifica el ángulo de 90° en los cantos haciendo un triángulo de 3,4 y 5 de lados, conforme al esquema que se muestra a continuación.



Se debe verificar el nivel del terreno para saber si hay desniveles. Para ello se puede utilizar una manguera o teodolito. El trazado de los ejes del edificio y el alineamiento de los muros se ejecutan usando polvo de yeso, tiza o similar sobre el terreno a fin de marcar las zanjas a excavar para el cimiento.



7. ¿Cómo debo construir la cimentación?

● Condiciones de sitio

El comportamiento de una cimentación depende de las condiciones de sitio del suelo. Gravas bien graduadas, arenas compactas o arcillas rígidas son ejemplos de buenos suelos. Los cimientos asentados sobre estos tipos de suelo no experimentarán ningún tipo de problemas.



El suelo formado por rellenos sin control o depósitos de basura espera grandes asentamientos en la cimentación. Por lo tanto la cimentación en esta clase de suelo debe evitarse.

● Excavación del cimiento

Se debe hacer una excavación con las características especificadas en el plano de cimentaciones.



Es importante que el nivel del cimiento se encuentre por debajo del nivel del terreno; en suelos naturales la profundidad no debe ser menor a 1.0 m. Si la potencia del estrato de tierra de cultivo es mayor a 1.0 m la excavación deberá continuar hasta alcanzar el nivel del terreno natural para ser rellenada con concreto simple.

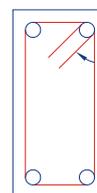
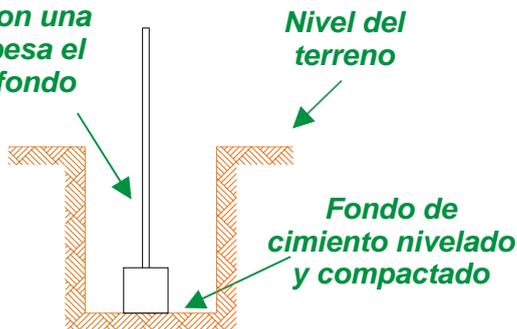


● Preparando el fondo de la cimentación

El fondo de la cimentación, también conocido como solado, debe ser preparado y nivelado. Las dimensiones de la cimentación deben de tomar en cuenta las futuras ampliaciones del edificio, incremento de pisos, los que deberán haber sido considerados durante el proceso del diseño.



Apisonar con una pesa el fondo



*Estribos con ángulo a 135°
 El diámetro mínimo de un estribo de confinamiento es 6 mm.*

● Colocado del refuerzo de columnas para muros

Las barras de refuerzo de las columnas, previamente ensambladas como canastillas, son colocadas y arregladas dentro del cimiento.



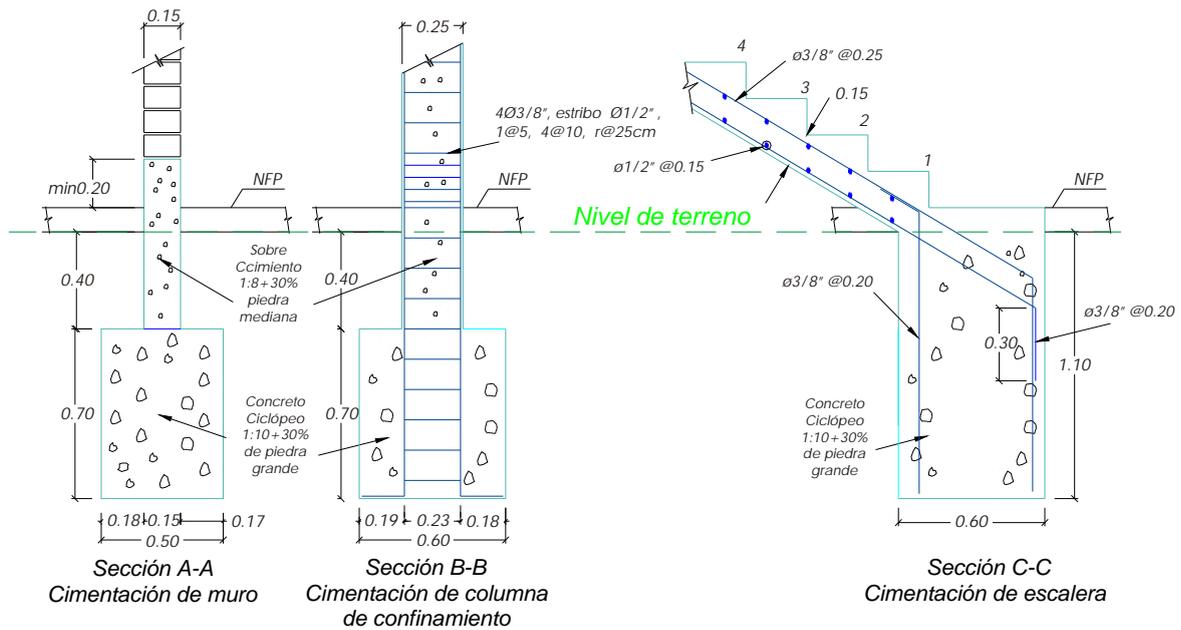
La canastilla de estribos debe tener el suficiente espaciamiento para permitir el ingreso del vibrador dentro de la columna.



- **Colocado del concreto ciclópeo en el cimiento**
Finalizado el colocado de los fierros de columnas se llena la cimentación con concreto ciclópeo. Para el cimiento la mezcla del concreto ciclópeo tiene una proporción de 1:10 (1 cemento y 10 hormigón) + 30% de piedra grande; y para el sobrecimiento la dosificación de la mezcla es de 1:8 (1 cemento y 8 hormigón) + 30% de piedra mediana.



- **Ejemplo de detalle del cimiento**



En la figura anterior se muestra ejemplos de cimientos comúnmente usados para buenas condiciones de suelos: la sección A-A de 0.50x0.70 m usada como cimiento para muros de 15 cm de espesor; La sección B-B de 0.60x0.70 m usada como cimiento para columnas de confinamiento en muros de 25 cm de espesor; La Sección C-C de 0.60x1.10 m usada como cimiento de una escalera de 1.10 m de ancho. Cuando las condiciones de suelo son malas, los anchos y profundidades de los cimientos deben ser incrementados

Debe tenerse cuidado en el transporte del concreto fresco, desde el lugar de mezclado a la zanja, para que no haya separación de la piedra del concreto fresco. Un buen curado (mojar el elemento con agua) es necesario a fin de alcanzar la resistencia, la impermeabilidad y la durabilidad del concreto. De no realizar un buen proceso de curado se puede producir una disminución de la resistencia, así como aparecer rajaduras o grietas debido a la contracción por secado del concreto.



8. ¿Cómo construir el sobrecimiento?

Sobre el cimiento corrido se coloca el sobrecimiento, el que es usado como soporte del muro. Su función es aislar el muro del suelo y provee protección contra la humedad. En la foto se observa el encofrado para el moldeado del sobrecimiento.



Si las condiciones del suelo son malas, como en suelos blandos o flexibles, el sobrecimiento debe reforzarse a fin de que trabaje como una viga de cimentación.



Se recomienda el uso de una mezcla cemento, arena y hormigón para el sobrecimiento de: 1:8 más 30% de piedra mediana. Debe usarse vibrador a fin de lograr una buena uniformidad en la mezcla.

9. ¿Cómo construir los muros?

Para construir los muros debemos preparar los ladrillos y el mortero antes de iniciar el proceso constructivo. Encima del sobrecimiento se coloca la primera hilada de ladrillos –llamada emplantillado– sobre una cama de mortero, iniciándose el apilado de hiladas de ladrillos para el muro.

- **Preparación de los ladrillos**

Los ladrillos deben mojarse antes de colocarse en las hiladas, de manera que no absorban el agua de la mezcla del mortero y que se obtenga una buena adherencia entre mortero y ladrillo.



- **Preparación del mortero**

El mortero se prepara con una mezcla de arena - cemento de proporción 5:1. La arena y el cemento deben ser mezclados secos, fuera del recipiente. Luego esta mezcla es puesta en la carretilla para agregarle agua y formar una mezcla trabajable.



● Proceso constructivo del muro



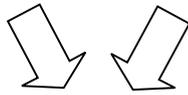
Unidades de Albañilería (ladrillos)

Los ladrillos deben humedecerse a fin de que no tomen el agua de la mezcla y lograr una buena adherencia.

Cemento,
arena gruesa,
agua



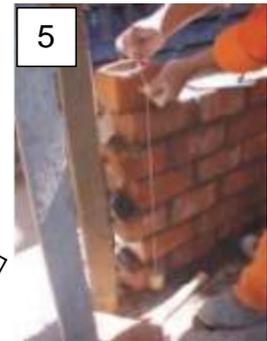
La mezcla de arena y cemento debe hacerse en seco. Luego esta mezcla se coloca en el recipiente para agregar el agua y lograr una mezcla trabajable.



Usando el badilejo se coloca la mezcla sobre los ladrillos de manera que penetre en la junta entre ladrillos.



Colocar los ladrillos sobre la cama de mortero en las esquinas, los que serán ladrillos maestros (guías).



La verticalidad de cada hilada debe ser verificada con la plomada, y la altura de cada hilada con el escantillón (regla graduada).



Con la ayuda del escantillón y un cordel amarrado entre los dos extremos se verifica la altura de cada hilada, incluyendo el espesor de la junta. Así, los dos ladrillos maestros tienen la misma altura y alineación para que los otros ladrillos a ser asentados tengan también el mismo espesor de junta.



El muro alcanza su altura final.



Verificar el nivel de verticalidad del muro luego de cada hilada. No debe construirse más de 1.2 m de altura de muro por día.

● **Notas Adicionales**



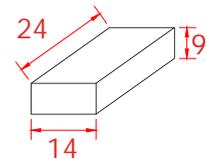
Para las siguientes hiladas este procedimiento debe repetirse. Es muy importante el espesor de la junta de mortero, Si ésta excede 1.5 cm la resistencia del muro será menor a la especificada.

Para cortar un ladrillo se utiliza la picota. El lado más puntiagudo sirve para marcar y el otro lado para alisar el borde del ladrillo.

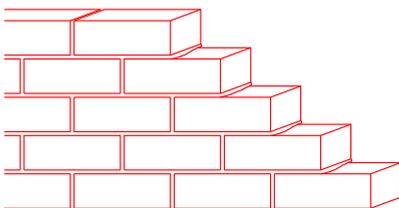
Hasta 1.50 m de altura el operario podrá asentar el ladrillo parado en el suelo, a partir de esta altura es necesario un andamio donde se pueda colocar los materiales y el operario.



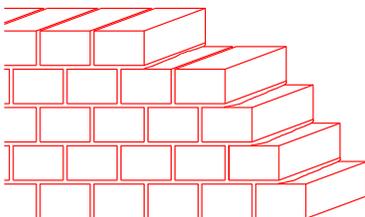
Consideremos como ejemplo un ladrillo artesanal con dimensiones 14x24x9, estos ladrillos pueden ser colocados en hiladas longitudinales (muro de 14 cm de espesor - sogá), o hiladas transversales (muro de 24 cm de espesor - cabeza).



Muro con aparejo de sogá



Muro con aparejo de cabeza



Cuando los ladrillos son artesanales hay una variación en la dimensión de los mismos, alterando el ancho de los muros mencionados.

No se debe picar el muro para hacer instalaciones empotradas (tuberías), para ello se debe dejar en los muros el espacio para todas las instalaciones de agua, luz y desagüe. Es decir, donde se aloje alguna instalación se deja un espacio o cavidades entre los ladrillos, se coloca el respectivo tubo espiralándolo con alambre No.16 (en caso de tubos de diámetros mayores a 2") y se rellena con mortero. Las instalaciones serán siempre verticales y nunca en diagonal.



La relación entre la sección horizontal del muro (longitud por espesor) y el área del piso se denomina relación de densidad de muros. Para viviendas en condiciones de suelo flexible esta relación deberá ser de al menos 5%. Bajo buenas condiciones de suelo, esta relación deberá ser al menos de 3.5 %.

10. ¿Cómo preparar las columnas de confinamiento?



Asegúrese que las barras de refuerzo de las columnas y sus estribos se han colocado apropiadamente encontrándose fijas al cemento. La distancia máxima entre columnas de confinamiento para muros de 14 cm de espesor es de 3.50 m y para muros de 24 cm de espesor es de 5.00 m. En los extremos laterales de los muros van a quedar espacios vacíos entre hiladas intercaladas (tal como se muestra en el gráfico o foto), llamados dientes, que permitirán un mejor agarre con el concreto de la columna a ser vaciada.



- **Colocando los encofrados**

Los encofrados pueden ser hechos con madera o planchas de acero. Puntales de arriostre son necesarios para asegurar la estabilidad del encofrado. Si es de madera deberá humedecerse a fin que no tome al agua de la mezcla.



- **Colocado del Concreto (vaciado)**

El concreto será transportado por el operario en latas limpias y ser vaciado desde la parte superior de la columna. El proceso debe ser continuo de manera que se asegure la uniformidad de la mezcla y se eviten las juntas secas. Asimismo se requiere de un buen proceso de vibrado de la mezcla.

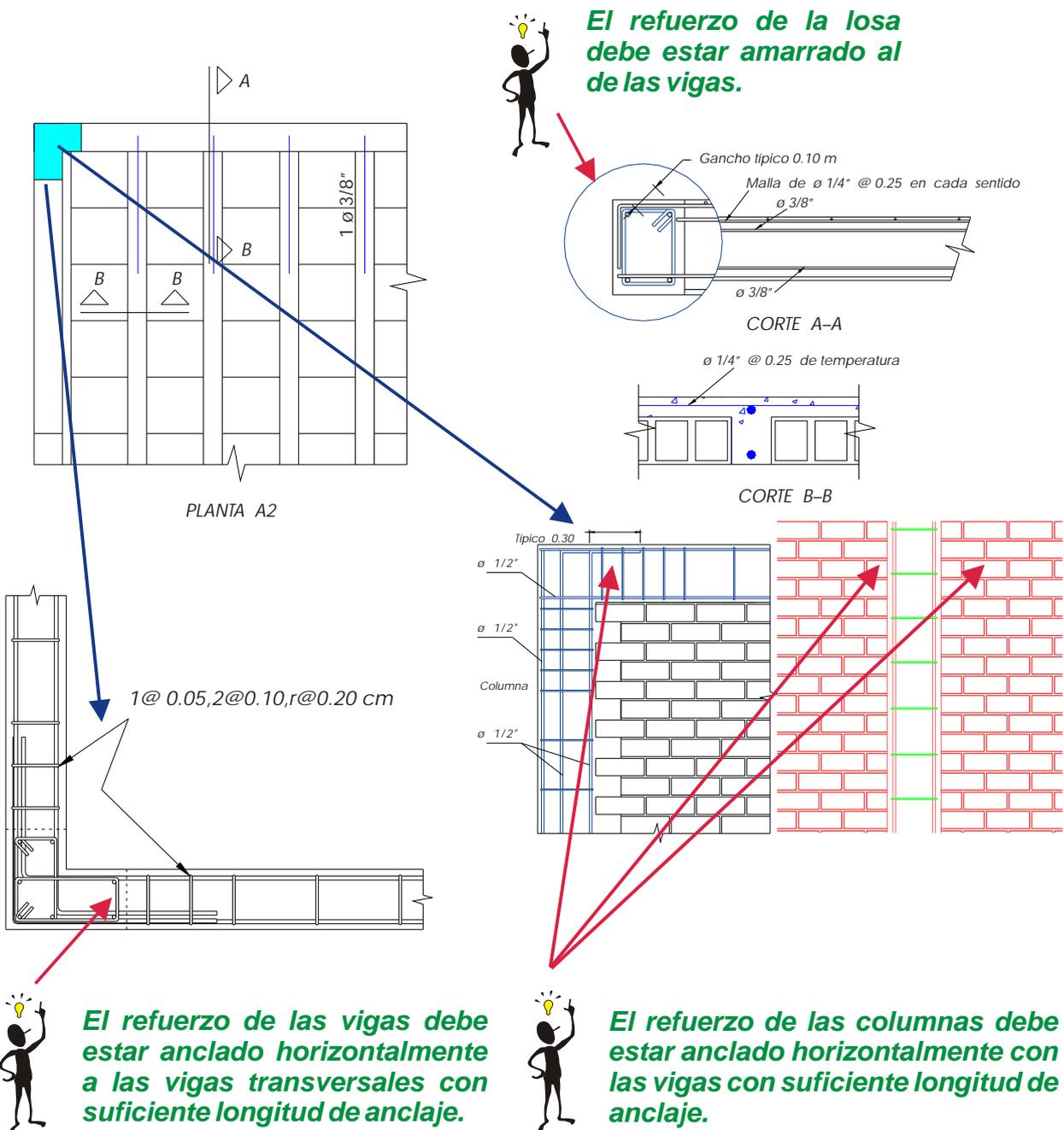


El colocado del concreto requiere de un buen vibrado (de ser posible con el uso de un vibrador) para obtener un elemento continuo sin bolsas de aire o cangrejeras que disminuyen la resistencia del muro. Para un concreto de 210kg/cm^2 de resistencia a la compresión, las proporciones en volumen de material son 1 de cemento, 2 de piedra y 2 de arena. La relación agua cemento se encuentra alrededor de 0.45. La cantidad de agua puede variar de acuerdo a las condiciones de temperatura y otros factores externos.

11. ¿Cómo amarrar los muros y columnas?

Se debe usar la llamada viga collar que se encuentra sobre los muros y entre las columnas, la misma que distribuye las cargas de la losa, proporcionando a la vez confinamiento y arrioste a los muros.

La viga collar tiene ancho igual al espesor del muro y su altura es la misma que la losa pero 17 cm como mínimo. El refuerzo mínimo de esta viga son 4 barras No. 3 con estribos espaciados cada 25 cm. El concreto para las vigas de amarre se coloca simultáneamente con el concreto de la losa.



12. ¿Cómo construir la losa y vigas?

- Preparación de encofrados y acero de refuerzo para vigas y losas.



Para elementos de concreto (columnas, vigas, escalera y losas) los refuerzos son varillas de acero corrugado cortadas en longitud apropiada. Teniendo todos los muros construidos y la habilitación de refuerzo de las vigas listas, se hace el encofrado del techo. Se debe de tomar en cuenta los debidos anclajes y traslapes en el armado del elemento de concreto armado, así como sus recubrimientos correspondientes (ver tabla abajo).

Recubrimiento mínimo en elementos de concreto vaciados en obra	
Descripción	e (cm)
Elementos en contacto con el terreno o expuestos a temperatura	
Para diámetros menores o iguales a 5/8"	4
Para diámetros mayores a 5/8"	5
Elementos colocados sobre la tierra o en contacto con agua de mar	7
Elementos sin contacto con el terreno o no expuestas a temperatura	
Losas aligeradas	2
Muros y muros de corte	2
Vigas y columnas (medido al estribo o espiral)	4
Parrillas o losas ultradelgadas	2



Si se utilizan encofrados de madera, las planchas deben ser humedecidas antes de colocar el concreto, igual que los ladrillos de techo. Debe de tomarse un especial cuidado en los niveles de los encofrados. Sólo una pequeña deformación de las planchas o tablas de encofrado podría ocasionar flexiones de los elementos. Se debe revisar la longitud del empalme de las barras de acuerdo con su diámetro. La longitud del empalme debe ser mayor que 20 veces el diámetro de la barra.



Los niveles de las planchas de encofrados en losas y vigas deben ser verificados para asegurar la altura del entrepiso.



Antes de colocar el concreto en la losa se debe verificar la posición de las varillas de refuerzo, tuberías eléctricas y otros. Asimismo debe verificarse la posición de las tuberías de agua y desagüe y sus niveles.



Si se trabaja en un piso alto deberá usarse elevadores eléctricos (winches) para transportar el concreto o usar una carretilla para transportar a través de rampas provisionales.



Poner tablas de madera sobre el armado de la losa para trazar una ruta de flujo de tránsito durante el proceso de vaciado del concreto.



● Preparando el concreto de losas y vigas

Para un concreto de 210 kg/cm^2 de resistencia a la compresión las proporciones de material en volumen son: 1 de cemento, 2 de piedra y 2 de arena. La relación agua cemento es del orden de 0.45. La cantidad de agua varía del diseño de mezcla debido a las condiciones climáticas, temperatura y otros factores externos. Se recomienda el uso de una máquina mezcladora para batir la mezcla de concreto. Los ingredientes de la mezcla son colocados en la máquina en el siguiente orden: primero se introduce $\frac{1}{4}$ de la cantidad de agua, luego la piedra y después la arena, mezclándose, para finalmente agregar el cemento y completar con los $\frac{3}{4}$ del agua restante.



● Colocado del concreto en losas y vigas



Antes de colocar el concreto la superficie de los ladrillos de techo debe mojarse para evitar la absorción del agua del concreto por parte de los bloques.



El vaciado de la losa comienza con el llenado de las viguetas para continuar con el vaciado de 5cm de mezcla sobre la losa. Durante el vaciado del concreto para la losa, el espesor del concreto debe ser verificado mediante el reglado (enrasado) para conseguir el nivel en cada sector.



Una manera de hacer esta nivelación es el colocar tablas o reglas en los extremos para luego llenar los espacios vacíos, enrasando como se observa en la foto. Este procedimiento se repite de lado a lado sucesivamente hasta terminar el vaciado de la losa.



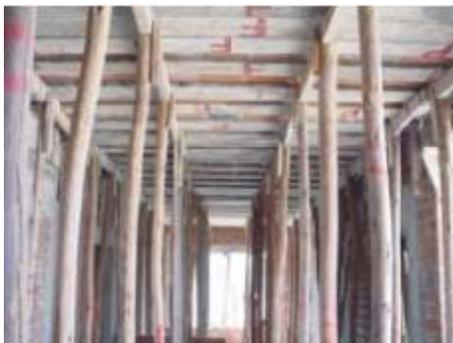
- **Debe realizarse un buen proceso de vibrado para evitar vacíos en el concreto.**
- **Pueden ser usados vibradores o barras de acero de chuceo.**
- **Si aparecen vacíos e irregularidades la resistencia del concreto decrece.**



Terminado el vaciado se utiliza una plancha o un badilejo pasando suavemente en la superficie dando un mejor acabado al piso.



Se debe curar la losa inmediatamente después que empiece a fraguar y/o endurecerse el concreto, durante 7 días como mínimo. El primer día o la primera noche es la más importante del curado. En losas delgadas o elementos estructurales expuestos a condiciones climáticas extremas deberá tomarse especial atención. Los encofrados pueden ser retirados luego de 7 días del vaciado. Para el último techo, deberá de cubrirse las losas con ladrillo pastelero, mantas o tierra, a fin de protegerlo del granizo o de la nieve.



Mínimo número de días luego de vaciar alcanzar endurecimiento inicial y retirar el encofrado	
Elemento	Días
Muros	1.0
Columnas	1.0
Lados de Vigas	1.0
Fondos de Vigas:	
Longitud menor a 3 metros	7.0
Longitud entre 3 y 6 metros	14.0
Longitud mayor a 6 metros	21.0
Fondo de losas en una dirección	
Longitud menor a 3 metros	4.0
Longitud entre 3 y 6 metros	7.0
Longitud mayor a 6 metros	10.0



Los encofrados deberán de permanecer durante un tiempo mínimo para alcanzar el endurecimiento inicial del concreto. En la tabla adjunta se muestran los tiempos mínimos para cada clase de elementos.

13. ¿Cómo dar acabado a los elementos (tarrajeo)?



Para el acabado de los muros y la superficie interna de los techos es necesario el uso de andamios, de manera que el tarrajeo del acabado de los elementos puede realizarse en altura. Se inicia desde la parte superior y continúa hacia la parte inferior. La mezcla en volumen es de una relación cemento arena de 1 en 3.



Es muy importante mantener el mortero trabajable, de manera que la proporción de la mezcla se mantenga idéntica durante todo el proceso.

En las columnas o elementos de concreto deberá picarse la superficie a fin de lograr una buena adherencia del mortero de tarrajeo con el concreto del elemento. Para verificar el espesor de la superficie se usa pequeños dados de madera o concreto. Una vez finalizado y secado el tarrajeo (unos 5 días) se colocan los marcos de madera o metálicos para las puertas y ventanas.



Después se realiza el pintado de los techos y muros, iniciándose con un lijado de los elementos para continuar con imprimación primaria y empastado de las imperfecciones. El acabado final se da con la aplicación de la pintura.



14. ¿Cómo realizar el control de calidad de los materiales?

● Obteniendo muestras de concreto fresco

Es muy importante la toma de muestras en obra de la mezcla de concreto que se está usando. Estas muestras deberán ser ensayadas después de fraguadas y alcanzada la edad mínima de endurecimiento. Esta prueba llamada ensayo de compresión de cilindros de concreto, verifica la calidad y resistencia del material.

A continuación se muestra el procedimiento de toma de muestras de concreto fresco:

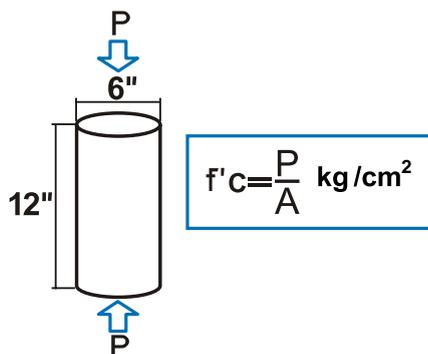
- Se toma una parte del concreto que se está vaciando.
- Se coloca la muestra en un cilindro metálico debidamente engrasado, en 3 capas, cada capa se compacta con 25 golpes con una varilla lisa de 5/8" de diámetro y 60cm de longitud.



- Se alisa la superficie del cilindro de concreto.
- Se marca las probetas para poder identificarlas, indicando el lugar de donde se extrajo la muestra, (columna, vigas, losa) y la fecha de su vaciado.
- Al día siguiente se retira la muestra del molde y se sumerge en agua para su curado. Se deja las muestras curando por 7 días



La resistencia a la compresión está dada por la siguiente expresión:



Donde P es la máxima fuerza aplicada al cilindro al momento de la falla, y A es el área de la sección del cilindro. El ensayo de compresión se hace por lo general a los 7 y a los 28 días. La resistencia del concreto depende de la relación agua - cemento y del grado de compactación de la mezcla. Esta prueba se realiza en laboratorios calificados de ensayos de materiales.

● Revenimiento

Este ensayo, llamado también del cono de Abrams, prueba la trabajabilidad de la mezcla de concreto a usar en la obra. Para tal fin se utiliza un cono metálico truncado sin tapa de fondo, que tiene una altura de 30 cm, con un diámetro de la parte inferior de 20 cm y 10 cm de diámetro superior. La forma de llenar el cono con la mezcla es similar a la de la probeta cilíndrica. Una vez llenada la mezcla se quita el molde y se mide cuanto fue su asentamiento respecto a la altura del cono. Para que la mezcla sea trabajable, el asentamiento debe de estar entre 3 a 4 pulgadas.



● Control de calidad de la albañilería

a) Ensayo compresión de pila

Se prepara una pila de 4 ladrillos, como se muestra en la figura. Mediante este ensayo se determina la resistencia a la compresión de una pila de albañilería denominado $f'm$. Se coloca cada ladrillo con una junta de mortero de espesor no mayor a 1.5 cm. La relación cemento-arena del mortero debe de ser la que se usará en la construcción.



b) Ensayo de tracción diagonal

Este ensayo simula el comportamiento de la albañilería bajo acciones de corte extremas. El elemento debe ser cuadrado de 1.20 m de longitud y debe ser construido con el mismo ladrillo que se usa en la construcción. La carga es aplicada al espécimen en dirección diagonal y es incrementada bajo una velocidad constante hasta alcanzar el colapso.



c) Ensayo de Compresión del Mortero

Este ensayo determina la resistencia a la compresión del mortero de asentado de la albañilería. Se preparan testigos cúbicos de 5 cm de lado, o cilindros prismáticos de 5 cm de diámetro y altura de 10 cm. Después de 28 días de ser preparado el testigo, se ensaya en una máquina de compresión, determinando su resistencia.



GLOSARIO

Definiciones Básicas

Viga = Elemento estructural esbelto, generalmente horizontal que trabaja fundamentalmente a flexión. Una viga de confinamiento transmite cargas al muro.

Muro portante = Muro diseñado y construido en forma tal que pueda transmitir cargas horizontales y verticales de un nivel a un nivel inferior y a la cimentación.

Columna = Elemento de concreto armado con la función de transmitir las cargas horizontales y verticales a la cimentación.

Albañilería confinada = Albañilería reforzada con elementos de confinamiento concreto.

Muro confinado = Muro con elementos de refuerzo en sus cuatro lados.

Confinamiento = Conjunto de elementos de refuerzo, su función es dar ductilidad a los muros portantes.

Cimentación = Parte de la edificación que transmite al subsuelo las cargas de la estructura.

Junta = Separación mínima que se deja en las estructuras. Su función es controlar los efectos de la contracción, expansión y la vibración, evitando que la estructura se agriete.

Replanteo = Trazado sobre el terreno de disposición de paredes y el ancho de las zanjas para los cimientos, utilizando estacas y cordeles.

Losa = Elemento estructural plano usado como techo o piso, generalmente horizontal, armado en una y dos direcciones.

Densidad de Muros = Relación entre la sumatoria de los productos de longitudes por espesores de los muros y el área del piso

Materiales

Concreto ciclópeo = Concreto simple, sin armadura, a cuya masa se incorpora piedras de un tamaño máximo de 10", cubriendo hasta el 30% como máximo del volumen total.

Concreto = Es la mezcla de pasta de cemento, agua, arena y piedra triturada.

Albañilería = Material estructural formado por unidades de albañilería, asentados con mortero.

Mortero = Mezcla de aglomerantes, agregados y agua en las proporciones adecuadas empleado para asentar unidades de albañilería.

Hormigón = Mezcla al natural de agregados: arena y piedra de depósitos de río.

Herramientas y Equipos

Nivel de aire o de burbuja

Instrumento utilizado para determinar el nivel (horizontalmente) entre dos o más puntos próximos



Badilejo

Espátula metálica o de madera usada para esparcir el mortero sobre las hiladas de ladrillo o en los acabados de superficie.



Cordel

Hilo grueso utilizado para nivelar.



Plomada

Herramienta utilizada para determinar la verticalidad. Se compone de un peso de forma cónica, suspendido por un hilo



Picota

Pico pequeño usado para partir ladrillos. Un lado sirve para marcar y el otro para cortar.



Andamio

Estructura metálica o de madera que permite trabajar en altura.



Escantillón

Regla con espacios demarcados para controlar la altura ladrillo/mortero por hilada.



Escuadra

Puede ser metálica o de madera ensamblados a 90° y manteniendo su posición por otro listón



Puntal o Arriostre

Elemento de refuerzo horizontal y vertical cuya función es proveer estabilidad y resistencia al muro en la dirección perpendicular durante su construcción



Teodolito

Equipo topográfico que se usa para medir niveles y ángulos (verticales y horizontales) desde un punto de referencia.



Batea

Contenedor donde la mezcla de agregados son colocados para generar el mortero.





Av. Túpac Amaru 1150 - Lima 25 - PERÚ
Apartado Postal 31-250 Lima 31 - PERÚ
Teléfono/fax: (511) 482 0790, (511) 481 1070 / 422

www.cismid-uni.org lab-estructuras@uni.edu.pe czavala@uni.edu.pe