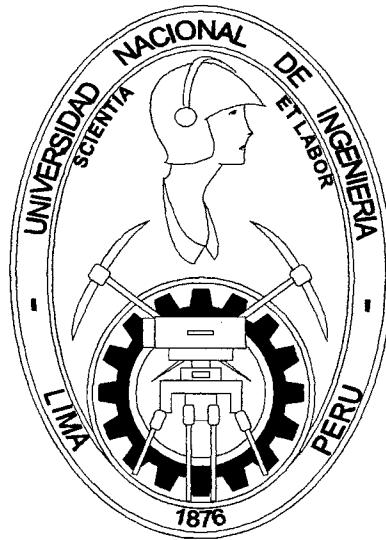


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**



**ESTADO DE ARTE DE LA CONSTRUCCIÓN
CON BLOQUES DE CONCRETO**

TESIS

Para optar el Título Profesional de:
INGENIERO CIVIL

PAULO CESAR FLORES FERNANDEZ

Lima - Perú
2001

Digitalizado por:

Consortio Digital del
Conocimiento MebLatam,
Hemisferio y Dalse

DEDICATORIA

A LOS MEJORES AMIGOS CON LOS QUE SIEMPRE PUEDO CONTAR

GONZALO

JULIA

JUAN CARLOS

RICARDO

JULIO

Mis padres, Gonzalo y Julia, los que con su educación me enseñaron valores, como la responsabilidad y la constancia; a mis hermanos, Juan Carlos y Ricardo, por sus experiencias y consejos y; a Julio, por su forma de ser y, por compartir los buenos y malos momentos.

"Ellos me brindan todo su apoyo, son la fuente de mis fuerzas".

AGRADECIMIENTO

Un especial agradecimiento para el Dr. Ing. Javier Piqué del Pozo, por su apoyo incondicional, consejos é indicaciones para que el presente trabajo sea una realidad.

Asimismo, gracias a todas aquéllas personas é instituciones que colaboraron en la realización del presente trabajo:

- Ing. Héctor Kitroser B. "CONSULBLOCK"
- César Romero Ortiz, Ingeniero Civil, especializado en albañilería de Concreto, Generation Masonry. Phoenix, Arizona; FIRTH INDUSTRIES PERU S.A.
- DIN, Departamento de Investigación y Normalización - SENCICO, Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción.
- CISMID, Centro Peruano-Japonés de Investigación Sísmica y Mitigación de Desastres.
- Ing. Carlos Casabonne, "Gallegos - Casabonne - Arango - Ingenieros civiles".
- Ing. Dr. Javier Arrieta Freyre, "Centro Peruano Japonés de Investigación Sísmicas y Mitigación de Desastres" - CISMID.
- Ing. Jorge L. Gallardo Tapia, "Centro Peruano Japonés de Investigación Sísmicas y Mitigación de Desastres" - CISMID.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCION	xiv
GLOSARIO	xvi
CAPITULO PRIMERO: EL BLOQUE DE CONCRETO	1
I.- Generalidades	1
A.- Breve reseña histórica	1
B.- Conceptos básicos	2
1.- Ladrillo	2
2.- Bloque	2
C.- Tipo de unidades de albañilería	2
1.- Unidad Sólida o Maciza	2
2.- Unidad Hueca	3
3.- Unidad Perforada	3
4.- Unidad Tubular	3
II.- El Bloque de Concreto	3
A- Concepto	3
B.- Características	4
C.- Aplicaciones	5
1.- Muros Portantes	5
2.- Muros No Portantes	5
3.- Otra Estructuras	5
III.- Tipos de Bloque de Concreto	5
A.- Unidades Enteras	6
B.- Media Unidad	6
C.- Otros Sub-Módulos	7
D.- Piezas para Viga y Dintel	7
E.- Bloque de Esquina	7
F.- Piezas Especiales	7
1.- Bovedillas	7
2.- Calados	7
3.- Rejillas	8
4.- Adoquines	8
IV.- Dimensionamiento	8
A.- Coordinación modular	8
B.- Formas y Dimensiones	9

V.- Propiedades Mecánicas	10
VI.- Proceso de Fabricación	10
A.- Descripción de los materiales	12
1.- Cemento Pórtland	12
2.- Agregados ó Aridos	12
3.- Agua de amasado	12
4.- Aditivo incorporador de aire	13
5.- Otros componentes	13
B.- Proceso de Fabricación	13
1.- Selección de canteras	13
2.- Selección de agregados	13
a).- Tamaño máximo del agregado	13
b).- Contenido de Finos	14
c).- Granulometría	14
3.- Composición de la mezcla	15
a).- Dosificación del cemento	15
b).- Proporción de la mezcla	15
c).- Factor a/c (agua - cemento)	16
4.- Diseño de mezclas	16
a).- Ponderación	16
b).- Dosificación preliminar	16
c).- Cálculo racional de los componentes	17
5.- Proceso	17
a).- Amasado	17
b).- Moldeado y Asentado	18
c).- Curado	18
d).- Maduración	19
6.- Textura	19
7.- Color	20
8.- Taller de producción	20
9.- Flujo de producción	21
10.- Calidad en la producción	21
a).- Fase Inicial	22
b).- Fase Final	22
VII.- Características Físicas	22
A.- Densidad	22
B.- Absorción	23
C.- Impermeabilidad	23
D.- Aislamiento Térmico y Acústico	24

VIII.- Calidad del Bloque	24
1.- Bloque Estructural	25
2.- Bloque de Cerramiento	25
3.- Bloque de División	25
IX.- Rendimiento y Productividad	25
Tablas y Cuadros	26
Figuras	30
CAPITULO SEGUNDO: CARACTERISTICAS DE LA ALBAÑILERIA CON BLOQUES DE CONCRETO	38
I.- Generalidades	38
II.- Control de Aptitud de los Bloques	39
A.- Muestreo aleatorio	39
B.- Ensayos de bloques	40
1.- Ensayo de Compresión	40
a).- Unidades	41
b).- Albañilería	41
c).- Resistencia Característica	41
d).- Dosificación Optima	42
e).- Ensayo de Corte	42
f).- Resistencia a la Tracción	43
2.- Densidad	44
3.- Módulo de Elasticidad	44
a).- Rigidez	44
4.- Alabeo	44
5.- Durabilidad	45
6.- Succión	45
7.- Absorción	46
8.- Contenido de Humedad	46
9.- Resistencia al fuego	46
10.- Variación dimensional	46
Tablas y Cuadros	47
Figuras	50

CAPITULO TERCERO: CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCION DE MUROS

	54
I.- Generalidades	54
A.- Diseño Arquitectónico	55
B.- Configuración Estructural	55
1.- Distribución de muros	55
2.- Forma	55
3.- Diafragma horizontal	55
4.- Detallado	56
C.- Diseño y Cálculo Estructural	57
1.- Diseño	57
2.- Cálculo	57
D.- Modulación	58
1.- Cuadrículas modulares	58
2.- Posición de los componentes	59
E.- Clasificación de los muros	59
1.- Muro No-Portante	59
2.- Muro Portante	60
a).- Albañilería Confinada	60
b).- Albañilería Armada	60
II.- Concreto Líquido (Grout)	60
A.- Concepto	60
B.- Componentes	61
1.- Cemento	61
2.- Cal	61
3.- Agregados	61
4.- Agua	62
5.- Aditivos	62
C.- Dosificación y Mezclado	62
D.- Transporte y Vaciado	62
III.- Contracción y Agrietamiento en el Bloque	63
A.- Consideraciones para el Diseño y Construcción de muros	64
B.- Mecanismo de Agrietamiento	64
C.- Causas de Contracción de los bloques	65
1.- Cambio de temperatura	65
2.- Secado posterior a la fabricación	66
3.- Cambios de humedad	66
4.- Fraguado a largo plazo	66
D.- Factores que afectan la forma del Agrietamiento	67
1.- Humedad y Temperatura del medio ambiente	67

2.- Forma de los bloques	67
3.- Calidad de los bloques	67
4.- Mortero y Mano de Obra	68
5.- Características del diseño	68
6.- Control de los bloques antes de ser colocados	68
7.- Circunstancias especiales	69
IV.- Resistencia y Refuerzo de Muros	69
A.- Tipo de acero	69
B.- Acción del refuerzo	70
C.- Especificación y Control	71
Tablas y Cuadros	73
Figuras	75
CAPITULO CUARTO: REQUISITOS CONSTRUCTIVOS	84
I.- Generalidades	84
II.- Control de Fisuración	87
A.- Juntas de control	87
B.- Armadura secundaria	88
III.- Mortero de Albañilería	88
A.- Función del mortero	89
B.- Calidad del mortero	89
C.- Efecto de los materiales	89
D.- Componentes	90
1.- Materiales aglomerantes	90
2.- Arena para mortero	90
3.- Agua para mortero	91
4.- Colorantes	91
E.- Propiedades del mortero	91
1.- Trabajabilidad	91
2.- Retención del agua	91
3.- Adherencia	92
4.- Resistencia a la Compresión	92
5.- Durabilidad	92
IV.- Preparación del Mortero	92
A.- Dosificación	92

B.- Mezclado	92
1.- Mezclado mecánico	93
2.- Mezclado manual	93
C.- Tiempo de Utilización	93
D.- Calidad y Resistencia	94
Tablas y Cuadros	95
Figuras	97
CAPITULO QUINTO: ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE MUROS DE ALBAÑILERIA A ESCALA NATURAL	102
I.- Antecedentes	102
A.- Descripción del Sistema Estructural	104
II.- Muros sometidos a Carga	104
III.- Correlación de resultados con Especímenes pequeños	105
A.- Ensayos de edificios a escala reducida	105
B.- Ensayo de edificio a escala natural	106
C.- Ensayos Seudo-Dinámicos de estructuras de albañilería confinada	107
D.- Comportamiento sísmico de muros de albañilería de bloques de concreto con "Junta Vacuada"	109
E.- Estudio experimental de estructuras de bloques de concreto	110
1.- Geometría	110
2.- Cargas	110
III.- Correlación de resultados con Modelos a escala reducida	111
Tablas y Cuadros	114
Figuras	117
CAPITULO SEXTO: NORMAS DE DISEÑO	124
I.- Antecedentes	124
A.- Criterios de Diseño Sísmico	125
1.- Estado límite de Servicio	126
2.- Control de daños en el estado límite	126
3.- Estado límite último	126
B.- Normas Nacionales	126

C.- Normas en otros Países	126
II.- Norma Nacional	127
A.- Requisitos generales	127
B.- Definiciones	128
C.- Componentes de la albañilería	128
1.- Mortero	128
2.- Concreto líquido	128
3.- Unidad de la albañilería	129
4.- Mano de Obra	129
D.- Muros No-Portantes	130
E.- Construcciones de albañilería	131
III.- Normas en el ámbito Internacional	133
A.- Nueva Zelanda	134
B.- Estados Unidos	136
C.- Australia	140
1.- Albañilería Ordinaria	141
2.- Albañilería Calculada	141
3.- Albañilería Especial	141
D.- México	141
1.- Albañilería Confinada	141
2.- Albañilería Reforzada	141
E.- Chile	143
F.- Colombia	144
G.- Venezuela	147
H.- Argentina	148
1.- Resistencia a la Compresión	148
2.- Absorción de agua	149
3.- Bloques huecos	149
4.- Muestreo	149
5.- Contenido de humedad	149
6.- Contracción por secado	149
7.- Requisitos a cumplir por la albañilería	150
8.- Control de aptitud de los materiales intervinientes en la albañilería	150
9.- Reglamento sísmico resistente INPRES-CIRSOC 103	151
III.- Comparación de Normas	151
Tablas y Cuadros	152

CAPITULO SEPTIMO: PROCESO CONSTRUCTIVO EN EDIFICACIONES	156
I.- Cimentación	156
A.- Tipos de cimentación	157
1.- Cimiento corrido	157
2.- Platea (losa) de cimentación	157
B.- Ventajas de la "Losa De Cimentación" Frente a los "Cimientos Corridos"	158
C.- Recomendaciones para la construcción de los cimientos	158
II.- Muros	159
A.- Recomendaciones para la construcción de muros	159
1.- Emplantillado	159
2.- Juntas de mortero	159
3.- Muros	160
4.- Concreto líquido	162
III.- Columnas, Soleras, Dinteles y Vigas	163
IV.- Armadura de Refuerzo	163
A.- Refuerzo Vertical	163
B.- Refuerzo Horizontal	164
V.- Instalaciones	165
A.- Instalaciones Eléctricas	165
B.- Instalaciones Sanitarias	165
VI.- Juntas de Control	166
VII.- Acabados	166
A.- Acabados de "juntas"	167
1.- Juntas normales	167
2.- Juntas remetidas	167
3.- Juntas solaqueadas	167
B.- Impermeabilización del muro	167
Tablas y Cuadros	168
Figuras	169

CAPITULO OCTAVO: ESPECIFICACIONES TECNICAS PARA CONSTRUCCIONES CON ALBAÑILERIA DE BLOQUES DE CONCRETO	184
I.- Materiales	184
A.- Unidades de albañilería	184
B.- Materiales	186
1.- Cemento y Cal	186
2.- Agregados	186
3.- Agua	186
4.- Mortero	187
5.- Concreto líquido	187
6.- Acero de refuerzo	187
II.- Proceso Constructivo	187
A.- Mano de Obra	187
B.- Cimentaciones	189
C.- Albañilería	189
D.- Refuerzo	190
E.- Instalaciones	190
III.- Supervisión de Obra	190
IV.- Normas	191
A.- Unidades de albañilería	191
B.- Mortero	192
C.- Concreto líquido	192
D.- Acero	193
E.- Albañilería Simple	193
Tablas y Cuadros	194
Figuras	195
CAPITULO NOVENO: ANALISIS DE LA SITUACION ACTUAL EN EL PERU	202
I.- CAMPAMENTO DE "TINTAYA"	204
II.- URBANIZACION "VISTA ALEGRE" - CHAMA	208
III.- PROYECTO DE TECNIFICACION (SENCICO)	211

IV.- CONSTRUCCIONES FIRTH	216
CAPITULO DECIMO: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	222
BIBLIOGRAFIA	227
ANEXOS	229

INTRODUCCION

La siguiente tesis presenta en forma clara y sencilla el estado de avance de la construcción de albañilería con bloques de concreto, para edificios multifamiliares; con el fin de identificar las futuras actividades que sean necesarias para su establecimiento como sistema estructural alternativo y, la de ser un manual básico de ayuda a todo profesional relacionado con el campo de la construcción.

El trabajo, comienza por conceptos básicos respecto a albañilería, abarcando tipos de unidades de albañilería, el bloque de concreto, tipos de bloque, propiedades (físicas y mecánicas), proceso de fabricación, ensayos de aptitud, consideraciones para el diseño y la construcción de muros, requisitos de construcción, algunos resultados de ensayos realizados con albañilería; una rápida revisión de las normas en el extranjero y la norma nacional, recomendaciones y especificaciones básicas en la construcción de edificaciones, así como, una lista de las normas existentes en albañilería.

En nuestro medio, se viene tratando a la albañilería, más, como un “**material de construcción**” que, como “**material estructural**”; con un nivel de supervisión casi inexistente, por eso es muy recomendable tratar a la albañilería como un material muy variable, debiéndose diseñar con coeficientes de seguridad altos, sin dejar de considerar el efecto de la mano de obra en el proceso constructivo.

El ingeniero civil y magíster en estructuras, Héctor Gallegos, en su obra “Albañilería Estructural” comenta:

“El conocimiento racional de la albañilería es importante no sólo porque una considerable porción del inventario de edificios existentes, ya sean ellos históricos o utilitarios, está construidos con este sistema, sino porque la albañilería es hoy -y será sin duda por mucho tiempo, particularmente en el mundo en desarrollo- el principal material estructural para resolver las crecientes demandas urbanas.....”

“.....Dominar el material, diseñarlo con seguridad y economía, calcular las dimensiones y refuerzos, elaborar planos y especificaciones, adquirir los insumos debidos y construir utilizándolos correctamente, controlando y conduciendo el proceso constructivo, es lo que debe hacer el profesional para dignificar su ejercicio y servir eficazmente al hombre.....”

“.....Así como en el ejercicio profesional de la medicina la materia central es la salud humana, en la ingeniería civil el meollo lo constituye el equilibrio entre las demandas –usualmente antagónicas- de la seguridad y el costo de las obras que el hombre requiere para dominar la naturaleza y obtener su bienestar. El arte de la ingeniería es hacer las cosas, las obras, como deben ser, apoyándose –para lograr dicho propósito- en el conocimiento racional del comportamiento de los materiales y de las estructuras, en el dominio de las diversas técnicas involucradas y en el control de los procesos constructivos.....”

La vivienda se encuentra calificada como un bien esencial, pues es una de las necesidades básicas del ser humano, a su vez, existen numerosas maneras de construir una

vivienda, las mismas que según las técnicas, materiales y calificación de la mano de obra hacen variar los costos y la complejidad del sistema a usar; y, si le añadimos la dificultad de obtención de algunos materiales para la construcción, ligada a su limitada disponibilidad en ciertas zonas del país hacen ver al bloque de concreto como un material de fácil adquisición; pues, su elaboración requiere de materiales básicos de toda construcción, como son: piedra partida, arena, cemento y agua; siendo posible su elaboración "in situ", evitándose de esta forma posibles problemas de transporte que en determinadas zonas puede tener una fuerte incidencia en el costo de una obra; asimismo, la rapidez de ejecución, la economía, así como, la creciente falta de suelo apropiado para la fabricación de ladrillos de arcilla cocida, permiten que el uso de los bloques de concreto se incremente, hasta llegar no solo al uso de viviendas sino a otros tipos de edificación, en especial los de carácter industrial.

La estructura de edificación que tiene como unidad de albañilería al bloque de concreto posee una resistencia mecánica y durabilidad frente a los agentes climáticos; además, su economía de inversión al igual de su fácil moldeo le permite adaptarse sin problema a las condiciones arquitectónicas modernas así como, a las soluciones constructivas más variadas y complejas. Debe tenerse presente que el uso del concreto deberá ser mínima para cada unidad, de lo contrario el costo se elevaría.

La albañilería de concreto viene demostrando un excelente comportamiento pudiéndose apreciar a través de la experiencia internacional, el cual le viene dando una creciente preferencia respecto a otros procedimientos de construcción; además, si le añadimos la rápida fabricación de bloques nos encontramos con un tipo de albañilería que hace posible la solución al problema de la construcción en serie, pues la construcción con bloque de concreto implica un sistema de albañilería modular, versátil y racional, de fácil adiestramiento y rápida ejecución, sólido y durable sin requerir instalaciones ni acabados especiales.

Por lo general una estructura de edificación con bloques de concreto tiene una forma rectangular elemental, en donde, los muros se construyen en forma independiente de la carpintería, los entrepisos y los tabiques interiores; las instalaciones se adosan y / o alojan en cajones ó galerías, de modo tal que no interfieran con la albañilería, de esta forma se reduce al mínimo la dependencia de los elementos constructivos, permitiendo simplificar su colocación, optimando su rendimiento, adaptando la vivienda a las necesidades de los usuarios.

El sistema de albañilería de concreto, usado apropiadamente permite una adecuada distribución de esfuerzos; pues, cada elemento de los muros actúa como parte integral de la estructura de la edificación; cabe recordar que en la construcción existen dos factores primordiales, "La Capacidad Sísmica" y "La Economía" los cuales son evaluados a través de rigurosos ensayos de laboratorio como también de algunas experiencias constructivas, de esta forma se racionaliza el comportamiento estructural optimándose su aplicación en las obras de edificación.

GLOSARIO

A

Adhesión.-

Resistencia en tracción de la interfase mortero-unidad de albañilería. Se obtiene del producto de: valor unitario de adhesión por la extensión del área en contacto.

Aglomerado.-

Material artificial, resulta de mezclar y ligar con agua un aglomerante, con elementos granulosos e inertes (agregados); adicionando agua, el aglomerante reacciona recubriendo los granos de los áridos, los endurece y liga unos con otros formando una masa sólida.

Aglomerante.-

Sustancia polvorienta y químicamente activa, sirve para la unión de elementos en una masa compacta

Aglomerante Hidráulico.-

Cemento; un producto que endurece por interacción química con el agua, y que puede endurecer incluso bajo el agua.

Albañilería.-

Material estructural compuesto, integrado por unidades asentadas con mortero o apiladas sin él. Cuando las unidades son huecas, normalmente se llenan con concreto líquido.

Albañilería armada.-

Albañilería reforzada con armadura de acero difundida vertical y horizontalmente, respondiendo a un estudio previo de diseño y cálculo.

Albañilería confinada.-

Albañilería reforzada con confinamientos de concreto armado, respondiendo a un estudio previo de diseño y cálculo.

Albañilería reforzada.-

Albañilería armada o confinada.

Albañilería simple.-

Albañilería sin refuerzo.

Artesa.-

Recipiente en forma de tronco de pirámide invertido, donde se mezcla el mortero, empleándose para pequeños volúmenes de producción.

Alvéolo.-

Cada una de las celdas internas del bloque.

Amarre.-

El arreglo o disposición de las unidades de albañilería en un muro.

Área bruta.-

El área total sin descontar vacíos.

Área neta.-

El área total menos los vacíos.

Asentar.-

Unir unidades de albañilería con mortero en un lugar predeterminado.

Aspereza.-

En los morteros, la característica de no tener trabajabilidad.

B

Badilejo.-

Herramienta del albañil utilizada para extender, allanar y, en general, manipular el mortero

C

Cal.-

Se obtiene de la calcinación de la piedra caliza, por debajo de la temperatura de conglutinación, en esta fase se le denomina cal viva o aérea, por el contrario si se le apaga, sometiéndola al tratamiento con agua, se le denomina cal apagada ó hidráulica; esta última se endurece tanto al aire libre como con el agua, y alcanza resistencias mayores a la de la cal aérea.

Cara de asiento.-

Superficie de la unidad de albañilería en contacto con la junta horizontal de mortero.

Cemento Pórtland.-

Es un aglomerante hidráulico, proveniente de la trituración del clínker (proviene de la calcinación de arcillas y piedras calcáreas)

Cerco.-

Muro no portante perimetral que delimita un terreno.

Cierre.-

Muro no portante perimetral que delimita una edificación.

Concreto.-

Resulta ser un aglomerado pétreo artificial, proviene de mezclar y amasar una pasta (cemento y agua), a la cual se le agrega arena, y piedra triturada, grava u otro material inerte, la característica fundamental del concreto es que es duro, durable, fuerte bajo compresión, pero

a su vez es casi inútil para resistir fuerzas de tracción, para lo que requiere agregársele refuerzos de acero, para cuando trabaja como parte estructural, sobretodo en las partes que soportan esfuerzos de tracción y corte, distinguiendo dos tipos de concreto, según su peso específico:

Concreto Pesado.-

Concreto, cuyo peso específico es superior a 1.9 t / m^3 , empleándose sin armar, (concreto simple ó apisonado) o, concreto armado (en cimentaciones, muros de contención, escaleras, pisos, techos, columnas, dinteles, etc.).

Concreto Ligero.-

Concreto, cuyo peso específico es menor de 1.9 t / m^3 , posee a su vez mayor poder de aislamiento que el concreto pesado, apropiado para la construcción de viviendas, empleándose como concreto simple o en forma de ladrillos compactos y / o bloques huecos.

Confinamiento.-

Conjunto de elementos de concreto armado que enmarcan un muro.

Construcciones de albañilería.-

Edificaciones construidas predominantemente por muros portantes de albañilería.

D

Densidad Relativa.-

Es la relación entre el peso de un cierto volumen de material y el peso del mismo volumen de agua, siendo un número abstracto y, por consiguiente, no tiene unidad de medida.

Densidad Absoluta ó Peso Específico.-

Es el peso por unidad de volumen de un material, en condiciones de compactación óptima, sin considerar los espacios vacíos dentro de su masa.

Densidad Aparente ó Peso Unitario.-

Viene a ser el peso por unidad de volumen incluyendo los espacios vacíos contenidos en la masa, bajo su forma corriente de presentación (estado natural); en general para concretos ligeros varía entre $1.3 - 1.9 \text{ t / m}^3$, el cual se verá vinculado con el peso de los agregados y la porosidad del concreto.

E

Eflorescencia.-

Depósito de sales solubles, generalmente blancas y comúnmente sulfato de calcio, que se forman en la superficie de la albañilería al evaporarse la humedad.

Escantillón.-

Regla graduada que señala la altura de cada hilada.

H

Hilada.-

Una franja horizontal de mortero y unidades de albañilería.

J

Junta horizontal.-

La capa horizontal de mortero donde se asienta la unidad de albañilería.

Junta vertical.-

La junta entre los extremos de dos unidades de albañilería.

M

Mortero.-

Adhesivo con que se asientan las unidades de albañilería.

Muro portante.-

Muro diseñado y edificado en forma tal que lleva cargas horizontales y verticales adicionales a las provenientes de su peso propio.

Muro no portante.-

Muro diseñado y edificado en forma tal que sólo lleva cargas provenientes de su peso propio. Son cierres, parapetos, tabiques y cercos.

P

Parapeto.-

Muro no portante perimetral de baja altura en el nivel de techo o alrededor de los balcones.

R

Retemplado.-

Proceso por el cual se recupera el temple de un mortero que se ha secado.

Retentividad.-

Cualidad del mortero que mide su capacidad para retener su consistencia al entrar en contacto con una unidad de albañilería absorbente.

S

Succión.-

Absorción inicial de la cara de asiento de la unidad de albañilería.

T

Tabique.-

Muro no portante que separa ambientes.

Trabajabilidad.-

Propiedad reológica de los morteros que define la facilidad de su manejo con el badilejo.

CAPITULO PRIMERO

EL BLOQUE DE CONCRETO

I.- GENERALIDADES.-

A.- Breve reseña histórica [1] y [25].-

Los bloques de concreto tienen su origen en Europa, alcanzan gran avance en su producción con el desarrollo de la industria del cemento. Los primeros bloques eran sólidos y pesados, empleándose cal en su fabricación como una sustancia aglomerante.

En el desarrollo inicial los huecos consistían en dos ladrillos separados con un espacio de aire de alrededor de 2 pulgadas entre ellos. Los muros huecos fueron concebidos para reducir los problemas asociados con la penetración del agua, es decir, el agua que pudiese filtrarse dentro del muro exterior luego podría correr por ese muro, mientras que el muro interior permanece seco. Los muros huecos rápidamente fueron reconocidos como la mejor manera de construir, no solo porque permitía reducir los problemas de agua, sino porque permitía soportar una carga pesada como los techos. La fabricación y los usos del bloque de concreto evolucionaron en el transcurso de un largo periodo. El desarrollo de los muros huecos apresuró su evolución.

En 1850 se crea en Inglaterra un bloque de concreto con cavidades de aire. En 1889 se inventa en Francia la albañilería de concreto. A comienzos del siglo pasado se realizaron modificaciones al bloque de concreto hasta que la industria logró el producto estandarizado que conocemos en la actualidad. En las primeras décadas del siglo pasado, principalmente en Estados Unidos y Japón se desarrolló la albañilería de concreto mediante procedimientos racionales de diseño.

Es en 1918, cuando aparece el bloque hueco de concreto, dando una gran transformación a la actividad constructora, la cual se volcó a optimizar las técnicas de producción, dando inicio a su empleo masivo en Europa Occidental. Conforme pasaba el tiempo se fueron perfeccionando las técnicas de fabricación, desde la utilización de moldes metálicos con una compactación de la mezcla en forma manual; luego aparecieron las máquinas con martillos manuales.

Por el año de 1930, en EE.UU., se descubrió que se obtenía mayor eficacia con una compactación lograda basándose en vibración y compresión, en la actualidad se siguen usando dichas máquinas las cuales funcionan con un sistema de vibro-compresión. Posterior a la II Guerra Mundial, se obtiene otro avance significativo alcanzando logros importantes con el empleo de las máquinas que permiten moldear, vibrar, comprimir y desmoldar los bloques.

En el Perú, no se conoció el ladrillo hasta que se construyó la Gran Penitenciaría de Lima, por los españoles (1856-1862), instalando la primera fábrica de ladrillos de arcilla. En la actualidad, se viene dando mayor importancia al uso del bloque de concreto como unidad de albañilería, vistos desde el punto económico y facilidad de construcción.

B.- Conceptos básicos.-

Existen dos conceptos fundamentales en lo que se refiere a la unidad de albañilería, los mismos que nos permitirán establecer las diferencias entre el bloque y el ladrillo.

1.- Ladrillo.-

Unidad de albañilería, se caracteriza principalmente en que sus dimensiones son tales que hacen posible su manejo con una sola mano.

2.- Bloque.-

Unidad de albañilería, fabricado para manipularse con ambas manos permitiendo que su peso aumente considerablemente además de preverles huecos (alvéolos), permitiendo cogerlos y manipularlos sin peligro de maltratarse los dedos; posteriormente se inició el sistema constructivo denominado Albañilería Armada.

C.- Tipo de unidades de albañilería.-

La tipología de las unidades de albañilería se basa casi universalmente en la relación del área neta (área efectiva) y área bruta (área total), en lo que respecta al área de asiento de la unidad y en las características de los alvéolos; mas no tiene que ver, ni con los materiales con que se elaboran, ni con el tamaño de la unidad; es decir, para el mismo tipo de unidad pueden haber ladrillos ó bloques (Tabla 1.01).

1.- Unidad Sólida o Maciza.-

Los alvéolos son perpendiculares a la cara de asiento, los cuales ocupan un área menor al 25% del área de la sección bruta; para efectos de cálculo, se considera el área bruta (Fig. 1.01).

2.- Unidad Hueca.-

En el cual los alvéolos ocupan más del 25% de la sección bruta, dichos alvéolos son de dimensiones tales que puedan rellenarse con concreto líquido, considerándose para efectos de cálculo, el área de la sección neta (Fig. 1.02).

3.- Unidad Perforada.-

Diferenciándose de la unidad hueca, debido a que sus alvéolos son de menor dimensión, no permitiendo ser rellenados con concreto líquido (Fig. 1.03).

4.- Unidad Tubular.-

Dichas unidades tienen sus alvéolos paralelos a la cara de asiento y se consideran como unidades del tipo sólido (Fig. 1.04).

II.- EL BLOQUE DE CONCRETO.-

A.- Concepto.-

El bloque de concreto es una unidad hueca de albañilería moldeada y prefabricada, dicho molde debe ser asistido por presión ó vibración, ó por una combinación de ambas y, requiere un curado húmedo para alcanzar su resistencia. Cada bloque está formado por pretilas que encierran dos celdas o alvéolos, formando una unidad hueca, dichos alvéolos forman verdaderos conductos verticales para el paso de las instalaciones eléctricas y / o sanitarias ó incluyendo refuerzos de acero para luego rellenarlos de concreto líquido, de esta forma los bloques de concreto sirven de encofrado permanente convirtiéndose en elementos estructurales y sismo-resistentes.

El bloque se compone de una mezcla de cemento Pórtland, arena graduada y agua; además, dependiendo de los requisitos específicos, las mezclas pueden contener otros ingredientes, tales como pigmentos y agregados especiales. Las proporciones de los materiales varían de acuerdo a la resistencia de la unidad que se fabrique; debiéndose prevenir el uso de materiales que contengan sales solubles, para evitar el manifiesto de la eflorescencia, despegados o manchas sobre los paramentos.

El aglomerante más usado en la preparación de aglomerados de concreto es el cemento; los aglomerados suelen ser gruesos o finos dependiendo de la granulometría de los agregados, se recomienda el uso de granos limpios duros y durables, libre de materia orgánica, asimismo, el agua (vehículo de ligación del aglomerante), será limpia apta para el consumo.

El arte de producir unidades de concreto, consiste en obtener una resistencia adecuada con la mínima densidad y el mínimo contenido de cemento; reduciendo al mínimo el costo de los materiales y el riesgo de producir unidades con excesiva contracción de fragua, razón por la cual estas unidades de albañilería son huecas, consiguiéndose ganar volumen, disminuir el peso del bloque y facilitar su manipuleo en el asentado. (Tabla 1.02). El bloque se encuentra fabricado a base de concretos ligeros, (P.E. $< 1.9 \text{ t / m}^3$), asimismo, tiene una escasa conductividad calorífica y una buena absorción acústica; con un adecuado control de calidad adquiere una suficiente y necesaria resistencia a la compresión con un bajo porcentaje de retracción al secarse. Al fabricar bloques de

concreto, se deberá tener el cuidado de usar un concreto estructural ($f'_c > 140 \text{ kg / cm}^2$), a partir del cual se logran fabricar unidades de diversas densidades y resistencias netas a la compresión (f'_b); siendo muy importante, la distribución uniforme de la mezcla pastosa de concreto, para obtener bloques de calidad.

B.- Características.-

Las características del bloque permiten su correcta utilización en obra [2] originando ventajas en la construcción (Anexo 1.01), garantizando la calidad de obra:

- **Uniformidad**, en su apariencia y calidad; los bloques, cuando están conformando los muros, trabajan en conjunto; por esto se debe procurar que las características de todos los bloques sean muy parejas, para que no exista algunos más débiles o diferentes que perjudiquen el resultado final (Fig. 1.05-a).

- **Resistencia adecuada**, la cual indica la calidad del bloque, pudiéndose comprobar de la siguiente manera: al pasar rayando con un elemento duro (por ejemplo un clavo) sobre las caras del bloque terminado, el material no se debe desmoronar. Un buen bloque al ser soltado desde la altura de la cintura, debe aguantar el golpe contra un piso duro, sin quebrarse, pero puede presentar pequeños desbordamientos (Fig. 1.05-b).

- **Baja absorción de humedad**, como los bloques tienen un bajo nivel de absorción de agua son muy utilizados para Sobrecimientos y en obras que estén en contacto directo con terrenos húmedos (Fig. 1.05-c).

La tecnología nacional en la industria de los bloques de concreto, abarca una serie de etapas y / o procesos importantes, como lo son: La adecuada selección de materiales, la resistencia estructural del concreto, la excelencia en las propiedades de los bloques (dimensión, acabados, textura, aislamiento térmico, absorción del sonido, resistencia mecánica, etc.), de tal forma, que se logren las siguientes características:

- Buena resistencia mecánica, con el fin de resistir las condiciones de obra.
- Resistencia a la Helada (material sin enlucir y expuesto a la intemperie).
- Aislamiento térmico y acústico suficientes.
- Facilidad de colocación (asentado).

Asimismo, el bloque de concreto posee ciertas características físicas:

- Densidad
- Absorción
- Impermeabilidad
- Aislamiento térmico y acústico.

C.- Aplicaciones.-

La albañilería de concreto se usa para la construcción de:

1.- Muros Portantes.-

- Viviendas unifamiliares
- Edificios multifamiliares
- Centros educativos
- Tiendas comerciales
- Almacenes industriales

2.- Muros No Portantes.-

- Cercos
- Tabiques
- Parapetos

3.- Otras Estructuras.-

- Muros de contención
- Piscinas

Las características de los muros con bloques de concreto son las siguientes:

- Excelente durabilidad y bajo mantenimiento.
- Buena resistencia al fuego.
- Buen aislamiento acústico.
- Gran aislamiento térmico.
- Sin riesgo de eflorescencia.

III.- TIPOS DE BLOQUE DE CONCRETO.-

Los bloques de concreto se identifican por sus medidas, las cuales van en el siguiente orden: ancho, alto, largo. Por ejemplo, un bloque de 10 x 20 x 40, tiene 10 cm de ancho, 20 cm de alto y 40 cm de largo y se conoce como un bloque de 10. Los bloques de concreto usualmente se fabrican con diferentes anchos (10, 12, 15 ó 20 cm), altos (20 ó 25

cm) y de largo, constante (40 cm); es importante que todos los bloques tengan las mismas dimensiones para que se puedan utilizar como un buen elemento para la construcción de muros; por esto es importante que los moldes sean todos iguales y se conserven en buen estado (Fig. 1.06).

Según la norma ITINTEC 339.005; el bloque se clasifica dependiendo del uso para el cual fue diseñado [25]:

- Bloque tipo BI (40 kg / cm²); para muros que no están en contacto directo con humedad o terreno.
- Bloque tipo BIII (70 kg / cm²); Para muros que están en contacto directo con lluvia intensa, humedad, terreno y agua.
- Bloque tipo BIV (100 kg / cm²); Para ambientes salinos y / o temperaturas que llegan a la congelación del agua.

En el Perú, SENCICO -Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción- propone siguiendo la experiencia internacional (Anexo 1.02), estandarizar el tipo de bloque de manera de agilizar y simplificar el diseño y la construcción de edificaciones de albañilería de concreto, las cuales son:

A.- Unidades Enteras [1].-

El tener una mampostería que está basada en la coordinación modular, conlleva al desarrollo de piezas enteras, cuyas dimensiones nominales derivan de la medida del módulo patrón, de modo que la unión de las piezas de la mampostería sea ágil, efectiva y complementaria, permitiendo la ejecución de aparejo perfecto, logrando evitarse al máximo, el recorte innecesario de las unidades. El patrón de diseño considerado es una pieza de dimensiones; un ancho variable de 19, 14 ó 09 cm, 19 cm de alto y, 39 cm de largo (medida real), según el uso y capacidad portante del muro; dicha pieza patrón, está formada por dos pretilos de paramento, dos pretilos centrales de 30 mm de espesor y dos pretilos laterales, de 30 mm de espesor, los cuales encierran dos alvéolos verticales y una hendidura central de 10 mm de ancho, equivalente al espesor de la junta vertical (Fig. 1.07).

B.- Media Unidad [1].-

El medio bloque es el sub-módulo más común, usado preferentemente para completar los remates finales en los extremos del muro, así como, para poder ejecutar las juntas verticales y las trabas de los muros que convergen. Cada medio bloque equivale a la mitad de un bloque entero, excluyendo la hendidura central, de modo que se obtiene una pieza que encierra un solo alvéolo, consiguiendo una longitud total de 19 cm, equivalente a la mitad de la medida nominal del bloque menos 01 cm (correspondiente al espesor de la junta vertical); al igual que las piezas enteras, el ancho es variable, de 19, 14 ó 09 cm, según la capacidad portante del muro (Fig. 1.08).

C.- Otros Sub-Módulos [1].-

El “**Bloque tres cuartos**”, usado en los encuentros de muros, en forma de “T”, ó “+”, su forma y tamaño equivale a las tres cuartas partes de una pieza entera, descontándose en su longitud 10 mm (espesor de la junta vertical), cada pieza está formada por pretilas que encierran un solo alvéolo y a la hendidura central, tiene cabezales diferentes; en uno de los extremos sobresalen unos cabezales de 06 cm, con lo cual, se contabiliza una longitud total de 29 cm, equivalente a las tres cuartas partes de la medida nominal del bloque entero, menos 10 mm; estos cabezales se complementan con los de otro bloque similar, colocado en forma simétrica, formando un nuevo alvéolo, facilitando de esta forma la perfecta trabazón de los bloques en los encuentros de muros (Fig. 1.09).

D.- Piezas para Viga y Dintel [1].-

Los bloques viga, sirven para elaborar vigas soleras y / o dinteles prefabricados, cuyo vaciado se completa en el sitio, son piezas en forma de “U”, las cuales permiten la colocación del acero de refuerzo horizontal, conformando verdaderas armaduras, constituyendo la estructura resistente de la edificación.

Este tipo de pieza, está formado por dos caras de paramento y, una cara inferior, la cual está formada por dos tapas ciegas, en la zona correspondiente a los alvéolos, una de ellas presenta un espesor de 05 cm, el cual sirve de recubrimiento al refuerzo horizontal; la otra es de 01 cm de espesor, para facilitar una posible perforación (encuentro ó anclaje con los refuerzos verticales), todo espacio vacío dentro de la pieza, en donde se encuentran alojados los refuerzos horizontales, se rellenan con micro-concreto, el cual, al fraguar, conforma una unidad monolítica, rígida y reforzada interiormente (Fig. 1.10).

E.- Bloque de Esquina [1].-

Empleados únicamente para muros construidos con bloques de 14 cm de ancho, con el fin de compensar las diferencias o deficiencias en la modulación; de modo tal que la pieza mida 39 cm de largo, en un sentido, y 19 cm de largo, en el sentido transversal, siendo 14 cm de ancho constante del bloque, para lo cual, se ha transformado uno de los alvéolos a fin de adecuar el bloque a la forma de la esquina (Fig. 1.11).

F.- Piezas Especiales [1].-

Con el mismo tipo de procedimiento para fabricar los bloques, se pueden elaborar otras piezas de mampostería de concreto, entre las cuales destacan:

1.- Bovedillas.-

Bloques aligerados para losas, las cuales adoptan diferentes formas, se colocan entre viguetas prefabricadas, para luego, vaciar una capa de concreto, ó bien, pueden colocarse sobre tablas de encofrado y realizar el vaciado “in situ” de las viguetas.

2.- Calados.-

Son bloques con perforaciones horizontales, dispuestos para conformar muros que permiten el paso del aire a través de ellos; su uso varía según el clima local, aplicándose mayormente en zonas de clima tropical.

3.- Rejillas.-

Constituyen una alternativa de bloques huecos para pisos de jardín, son permeables, pudiéndose elaborar con el mismo procedimiento, empleado para fabricar bloques para muros.

4.- Adoquines.-

Son bloques compactos empleados para pisos y pavimentos, presentan características diferentes a los del bloque para muros, en lo que respecta a sus mezclas, resistencia y normalización. (Fig. 1.12)

IV.- DIMENSIONAMIENTO.-

Quando se construye paredes con bloques de concreto, se logran economías de tiempo, materiales y mano de obra, especialmente porque todos salen del molde con la misma forma y tamaño.

El tamaño y peso de los bloques resultan ser mayores a los respectivos en las piezas de ladrillos, dichas características hacen que la construcción parezca lenta; sin embargo, resulta más rápida y económica, pues, se emplean menos unidades, (reducción del número de juntas), y debido a la existencia de perforaciones o celdas de los bloques se utiliza mortero de pega sobre las caras y los tabiques de los bloques, con un consecuente ahorro en la mezcla, durante el asentamiento de las unidades [2]; cabe resaltar que la mínima cantidad de mortero usado en el asentamiento permite un mejor soporte de la obra, amenguando los movimientos por retracción del conglomerante; a su vez, la textura uniforme y la dimensión modular exacta del bloque permiten un fácil emplantillado, sin pensar en cortes ni fraccionamientos de las unidades, lográndose muros con superficies llanas, lisas y parejas, no siendo necesario el revoque, caso contrario, la homogeneidad de las unidades logra un economizado considerable de mezcla [1].

A.- Coordinación modular.-

La técnica de la construcción modular parte de la premisa por la cual todas las dimensiones, incluso el espesor de los muros, deben ser múltiplos de una medida modular, orientado al ahorro y a la racionalización en la construcción. El sistema modular afecta, también, al dimensionamiento de los ambientes que componen una edificación, para lo cual debe de tenerse presente, las condiciones generales y los requisitos para seleccionar las medidas modulares preferidas de los componentes modulares en general, de acuerdo a su ubicación en edificios en los que se aplica el sistema de coordinación modular.

Usualmente el módulo patrón "M" es de 10 cm ó 4", según el sistema de medida adoptado, en cada país, lo cual significa que, las dimensiones de los bloques, baldosas, ventanas, y demás partes de una obra, serán múltiplos ó sub-múltiplos de dicho módulo patrón; asimismo, sus medidas principales deben encuadrar en una cuadrícula tridimensional, espaciada según las dimensiones de la unidad modular. Las medidas modulares preferidas de los componentes modulares de la construcción en general consideradas, son medidas modulares básicas y sus múltiplos y submúltiplos podrán ser utilizados de acuerdo a las necesidades técnicas y económicas del Proyecto [5].

Lamentablemente, los espesores de los muros resultantes son imprácticos; el ancho de 10 cm es útil para tabiques, pero muy reducido para muros portantes, y el de 20 cm es excesivo para muros portantes de las edificaciones más comunes (de 4 a 6 niveles de altura) y también para muros No-Portantes; por diferentes motivos (ergonómicos, económicos y constructivos), el ancho más recomendable de las unidades de albañilería es alrededor de 12 cm; este ancho se presta tanto para muros portantes de edificaciones de mediana altura, como para los diferentes muros no-portantes (cercos, tabiques y parapetos); provee adecuado aislamiento acústico y razonable aislamiento térmico. La aplicación de este ancho implica, si se ha de continuar con la práctica tradicional de cruzar las unidades en las esquinas y encuentros de los muros, utilizarlo como la medida modular. En caso de que ésta resulte impráctica, una posible solución a adoptarse es la modulación parcial, en las que los espesores de los muros están desligados de la modulación de la planta y tienen un módulo distinto al del largo de los muros [3] (Fig. 1.13).

En lo que se refiere a las alturas preferidas para entrepisos, estas dependerán de sus variables del sistema constructivo y de los cálculos estructurales de cada forjado, la serie de medidas modulares preferidas son: 1M, 1.5M, 2M y 3M (M = 10 cm) [6].

Los bloques huecos de concreto de medidas modulares, llevarán estampado de fábrica en forma legible e indeleble, una marca o signo que los identifique como tales, ubicándose de tal forma que no afecte a la representación final de la obra [4].

El bloque, como unidad, es el principio fundamental de la albañilería, sus dimensiones determinan el ancho y la esbeltez de los muros, en función a la capacidad para soportar cargas; de igual forma, un aparejo perfecto, requiere del empleo de piezas enteras o de piezas parciales, confeccionadas para tal fin, eliminando al máximo el corte de piezas, implicando una construcción más económica, para proyectos en el que el diseño de las paredes se basa en una unidad modular. Hoy en día, la producción en serie, permite obtener unidades modulares de albañilería, de gran resistencia física y satisfacción estética, por otro lado, al tipificar los elementos, se disminuye el número de modelos, beneficiando la calidad y el costo.

B.- Formas y Dimensiones.-

La modulación de los bloques de concreto, implica que estos adopten la forma de un paralelepípedo rectangular, el cual presenta sus perforaciones verticales (alvéolos) limitadas por los pretiles ó paredes del bloque; dichas perforaciones sirven para aligerar el peso del bloque, aumentar sus propiedades aislantes, contener las tuberías de instalaciones eléctricas y / o sanitarias, y permitir el paso ocasional del refuerzo vertical, al igual que servirá como encofrado permanente para todo elemento de concreto armado, que se quiera empotrar en el espesor del muro.

El bloque ha evolucionado con respecto a sus medidas, alcanzando la modulación actual, con dimensiones nominales de 10, 15 y 20 cm de ancho, 20 cm de alto y de 40 cm de largo, según el tipo estructural del muro. La variación en el ancho del bloque obedece a su capacidad de soporte de cargas, en función de su área y de la esbeltez del muro; debemos de tener presente que las medidas reales (medidas de fabricación), son un centímetro menor a las medidas nominales ó modulares, esto tiene razón de ser, debido a

que, las juntas (horizontal y vertical), son de 1 cm de espesor, con lo cual se completaría la medida modular, usando el módulo básico de 10 cm (Tabla 1.03).

V.- PROPIEDADES MECANICAS.-

Las propiedades principales de las unidades de albañilería deben entenderse en su relación con el producto terminado, que es la albañilería, en ese contexto las principales propiedades relacionadas con la resistencia estructural son:

- Resistencia a la Compresión
- Resistencia al Corte.
- Módulo de Elasticidad.
- Resistencia a la tracción (tracción indirecta y / o tracción por flexión).

Existen otras características, no menos importantes, como lo son: la durabilidad y la resistencia al fuego. Por otro lado, las principales propiedades relacionadas con la durabilidad son:

- Resistencia a la Compresión.
- Absorción
- Absorción máxima.
- Coeficiente de Saturación.

VI.- PROCESO DE FABRICACION.-

Las unidades de concreto se producen en los tipos sólido y hueco, la fabricación se realiza por medio de máquinas o en forma manual, exclusivamente por moldeo asistido por presión o vibración, o por una combinación de ambas (Anexo 1.03); El color de las unidades es por lo general gris ó gris verdoso; lo peculiar de la fabricación de unidades de concreto es que las mezclas pueden ser dosificadas para obtener unidades de resistencia variable dentro del mismo tipo de unidad.

El bloque de concreto, del tipo hueco, es una unidad, con perforaciones verticales, constituyendo la unidad básica de la albañilería, el diseño de las piezas, abarca lo concerniente a la textura superficial, forma geométrica, y a la apariencia externa del bloque, ofreciendo una amplia gama de posibilidades, no obstante, debiéramos establecer medidas modulares uniformes y exactas para las dimensiones de los bloques, optimizando sus formas y texturas para poder armar los muros y simplificar los acabados.

Aún en la actualidad existen, dentro del campo de la albañilería, dos conceptos importantes; Albañilería Estructural y Albañilería de Construcción; el primero, se

encuentra diseñado por métodos racionales, los cuales culminan en planos y especificaciones, indicando las resistencias características que se controlarán en el proceso de construcción, garantizando la conformidad de lo exigido en el proyecto; en cambio, la característica principal de una Albañilería de Construcción, es que no está diseñada por métodos racionales, juntando el hecho del uso inseguro y / o dispendioso de los materiales.

En nuestro medio, se viene tratando a la albañilería, más, como un **“Material de Construcción”** que como, **“Material Estructural”**; con un nivel de supervisión casi inexistente, por eso es muy recomendable tratar a la albañilería como un material muy variable, debiéndose diseñar con coeficientes de seguridad altos, sin dejar de considerar el efecto de la mano de obra en el proceso constructivo. Asimismo, la fabricación de bloques de concreto presenta varias facetas importantes (correcta composición de la mezcla, perfecto moldeado de las piezas y permanente control de calidad de los productos), debiéndose tener presente, que el diseño de los bloques merece un estudio profundo de las características, anteriormente señaladas, sobre todo, de los factores económicos que definen dichas características.

Últimamente, han surgido notables avances en la producción de bloques de concreto, tanto en el perfeccionamiento de la maquinaria como en el adiestramiento de la mano de obra (Anexo 1.04); en lo que concierne a la maquinaria, esta realiza los trabajos que antes se realizaban en forma manual, por lo que disminuyó en cantidad; pero, aumentó en calidad; es decir, las máquinas modernas requieren de menor personal, son de mayor complejidad en su manejo, obligando a una permanente capacitación de los obreros que las han de manejar, además, siendo importante la presencia de personal técnico especializado, con la finalidad de una continua supervisión y control de la producción, para obtener un producto de alta calidad (Fig. 1.14).

En la producción de bloques se realizan dos funciones básicas, muy aparte de otras funciones complementarias; siendo la primera función básica, la de moldear el concreto, para obtener de este, la forma precisa y las dimensiones específicas; en lo que respecta a la segunda, de las dos funciones, es la de someter las piezas recién moldeadas, a un proceso de vibrado y compresión, con la finalidad de que el concreto tome la forma del molde, y al mismo tiempo se consiga una mínima porosidad. De forma complementaria, se debe de contemplar, los siguientes aditamentos:

- Un depósito para el almacenamiento de cemento y agregados.
- Una báscula, para la proporción adecuada de los materiales.
- Una revolvedora para amasar la mezcla de concreto.
- Una tolva para verter el concreto en los moldes.
- Una cámara para el curado, y estibado.

Asimismo, la producción de bloques incluye el control de aptitud de las unidades, con el único objetivo de mejorar la calidad del producto, realizándose a través de las pruebas de muestreo y ensayo de las unidades de albañilería (Anexo 1.05).

A.- Descripción de los Materiales.-

1.- Cemento Pórtland.-

Polvo gris, de gran valor como material estructural, su fraguado es lento, se emplea como aglomerante hidráulico artificial, siendo muy usado en obras de edificación, particularmente en la preparación de elementos de concreto, su fabricación proviene de la pulverización del clínker, derivado de la calcinación, a fusión inicial, de una mezcla homogénea de materiales calcáreos y arcillosos. Existen 5 tipos de cemento, los cuales están definidos de acuerdo a su composición química y a sus características físicas (Tabla 1.04).

En la fabricación de bloques, se emplea el cemento Pórtland Tipo I, debido a que es el más indicado (uso general en edificación), los demás tipos, se usan en casos restringidos, con el fin de otorgar propiedades especiales; la densidad y resistencia de la masa de concreto dependen de la dosificación y de la calidad del cemento, no obstante que la proporción a usar, se fijará, mediante un riguroso ensayo de mezcla.

2.- Agregados ó Áridos.-

Constituyen, el conjunto de partículas minerales, de acción inerte, los mismos que, al cohesionarse, entre si, por la acción del cemento, forman el concreto, sin sufrir cambio alguno en sus propiedades químicas ni minerales, de acuerdo a la calidad y proporción de dichas materias, se obtendrá una resistencia final del concreto. Los granos, unidos por el cemento, forman un conjunto integral, cohesivo y uniforme, confiriendo mayor dureza y estabilidad volumétrica a la masa de concreto (Tabla 1.05).

Los agregados varían de acuerdo al tamaño; aquellos compuestos por arenas ó piedras naturales firmemente trituradas se denominan “Agregado Fino” (granos de diámetro menor a 4.76 mm), estas arenas son el conjunto de partículas provenientes de la desintegración, mecánica ó química, de las rocas y, los compuestos por guijarros, gravillas y piedras trituradas, denominado Agregado Grueso (granos de diámetro mayor a 4.76 mm), las gravas, son el conjunto de fragmentos pequeños de piedras, provenientes de la disgregación de rocas, por la acción del hielo y otros agentes atmosféricos; el calibre máximo del agregado grueso, debe ser de 9.52 mm ($\text{Ø } 3/8''$); las gravas de dimensiones variables y en forma suelta, presentan de un 30-40% de vacíos, en cambio, las graduadas pueden presentar hasta un 28% de vacíos, el cual es aplicable, para la elaboración del bloque.

3.- Agua de amasado.-

Usada como vehículo de ligación entre el cemento y los áridos, proporcionando a la mezcla de concreto la fluidez y plasticidad requerida, debe ser limpia, natural y dulce, libre de sustancias nocivas (aceites, ácidos álcalis, materias orgánicas y / o otras sustancias perjudiciales), debiéndose tener mucho cuidado en su aplicación, sólo cierta cantidad de agua reacciona con el aglomerante; consecuentemente un exceso de agua diluye a la pasta, originando una baja resistencia y reducida durabilidad, en general el agua tiene las siguientes funciones:

- Ocupa volumen en la mezcla
- Lubrica las partículas de los agregados.

- Distribuye al cemento sobre la superficie de los agregados.
- Hace reaccionar al cemento, desarrollando función aglomerante.

4.- Aditivo Incorporador de aire.-

El mismo, que al ser añadido en el concreto, aumenta la porosidad de este, mejorando su impermeabilidad, generando poros muy pequeños, sin comunicación entre sí, ni con el exterior, asimismo, produce el esponjamiento de la masa, pues, la relación de volúmenes es del 3 - 6% (aire / cemento). El principal objetivo de estos aditivos es el de cortar vías capilares del interior de la masa de concreto, mediante la formación de minúsculas y numerosas burbujas de aire; además, le da una mayor resistencia a las heladas, sin aumentar la retracción; la dosificación estará dada por el fabricante, mediante pruebas y ensayos previos, debiéndose usar los de valor comprobado, descartándose los de composición dudosa (Tabla 1.06).

5.- Otros Componentes.-

Son los productos que se añaden al concreto, directamente, en porcentaje superiores al 5% de peso del cemento, con la finalidad de mejorar sus propiedades y bajar el costo; el más común es la ceniza volante, el cual es un derivado, resultante de la combustión del carbón, cuyo aspecto, es la de un polvo más fino que el cemento, con la adición de la ceniza volante, el concreto alcanza una resistencia más elevada que los concretos tradicionales.

B.- Proceso de Fabricación.-

1.- Selección de canteras.-

Están conformadas por los esteros, lecho de los ríos, playas de lagos y mares, depósitos abiertos; en la selección de canteras, se realizan estudios previos, que determinen la calidad del material; por lo general, las canteras usadas para la fabricación de bloques son: de arena, grava ó piedra menuda (confitillo), siendo estos los más usados, aunque también debemos explotar las canteras de piedras volcánicas, y los depósitos de escoria, y residuos agro-industriales. Dichas canteras deben de ubicarse lo más cerca posible a las plantas de producción de bloques, con el fin de minimizar costos en el transporte, lo ideal sería, la de establecer el taller de producción en el mismo lugar de la cantera y solo transportar los bloques fabricados, a los centros de consumo.

2.- Selección de agregados.-

Deben de seleccionarse aquellos agregados que permitan obtener el bloque deseado, para lo cual se tomará en cuenta ciertos conceptos:

a).- Tamaño máximo del agregado.-

El tamaño máximo del agregado, será aquel que permita, que al menos el 85% del peso, sea de dimensiones inferiores al tercio del espesor de los pretilos del bloque; el tamaño máximo del agregado fino es de, 4.76 mm ($\text{Ø } 3/16''$), y del agregado grueso es de, 9.52 mm ($\text{Ø } 3/8''$), debiéndose combinar el tamaño de los agregados, empleando la mayor fracción compatible con el espesor de los pretilos del bloque, alcanzando resistencias exigidas, optando por el menor consumo de cemento y disminuyendo el contenido de agua,

logrando de esta forma optimizar el rendimiento de los materiales, mejorar la calidad de los productos y conseguir una mejor rentabilidad de la producción.

b).- Contenido de Finos.-

El concreto requiere de un mínimo de finos, para alcanzar la cohesión y unión necesaria de sus componentes; todo concreto con bajo contenido de finos, requiere de una alta dosificación de aglomerante, encareciendo su costo, caso contrario ocurre con el concreto de alto contenido de finos, pues, se reduce su resistencia y aumenta la capacidad de helada. El contenido de finos apropiado será el que se encuentre entre 10 – 15 % del total de agregados.

c).- Granulometría.-

Se refiere a la cantidad en porcentajes de los pesos de los agregados, finos y gruesos, con la finalidad de alcanzar un determinado grado de absorción del concreto; la granulometría ideal, será la que le dé al concreto un acabado uniforme, con los suficientes espacios intersticiales, con la finalidad de que los bloques alcancen, una determinada porosidad y compactibilidad, que le permitan ofrecer sus condiciones de aislamiento y resistencia.

Dicha estructura interna del concreto se consigue, combinando fracciones diferentes de áridos; el Módulo de Finura (MF), es el controlador de la composición granulométrica, el cual es un índice numérico aproximadamente igual al tamaño promedio de la partícula de los áridos.

Para bloques de concreto un valor eficaz sería, $MF = 3.70$ (Arena), dicho valor corresponde a un modelo de curva granulométrica diseñada para obtener un prototipo de mezcla eficiente que permita lograr una óptima compactibilidad, máxima densidad y el mejor comportamiento resistente, con la menor cantidad posible de cemento, por consiguiente la textura del bloque no deberá ser ni muy fina, ni muy gruesa (Tabla 1.07).

Un camino para acercarnos a dicha curva granulométrica, sería la aplicación de las fórmulas de Pfeifferberger, las cuales nos permiten obtener una curva granulométrica de áridos aproximada, comprendida entre los calibres admisibles; su desarrollo se basa en la aplicación del MF de la arena y del agregado grueso, mediante las siguientes fórmulas:

$$X = 100 \times \frac{MG - MF}{MG - MA} \qquad Y = 100 - X$$

Siendo : $X = \% \text{ óptimo de agregado fino}$
 $Y = \% \text{ óptimo de agregado grueso}$
 $MF = 3.70$ (Agregado Fino)
 $MA = \text{Módulo de Finura del agregado Fino}$
 $MG = \text{Módulo de Finura del agregado grueso}$

De esta forma se obtiene los porcentajes de arena y gravilla, las cuales proporcionan una curva con un óptimo módulo de finura, eliminándose el trabajo de cribar los áridos por cada tamiz de la serie, lo cual sería un gran problema de orden práctico, debido al gran material empleado en la elaboración del concreto.

Se deben calcular los porcentajes, en peso, de cada árido, a fin de optimizar la consistencia de la mezcla y la calidad del concreto resultante. En principio, si dos volúmenes iguales de concreto, contienen la misma cantidad de cemento, será más resistente y durable aquel que combine mejor la densidad de sus agregados; por otro lado, si ambos volúmenes de concreto contienen igual porcentaje de agregados, será más durable y resistente el que contenga mayor cantidad de cemento.

3.- Composición de la mezcla.-

La cual se compone de una serie de pasos, permitiendo obtener las características deseadas:

a).- Dosificación del cemento.-

En la fabricación del bloque se requiere una mezcla de concreto ligero, cuyo peso unitario no exceda de $1.9 \text{ t} / \text{m}^3$, lo que implica dosificar adecuadamente la cantidad de cemento, en la mezcla, logrando una adecuada y suficiente resistencia del concreto ligero para bloques. En el caso de concretos ordinarios se usa, cuando menos, 300 kg de cemento por m^3 de concreto, en cambio, para el Concreto Simple Ligero (usado en fabricar bloques), deberá emplearse, no más de 200 kg de cemento por m^3 de concreto (Anexo 1.06). Si deseáramos incrementar la resistencia del concreto, es preferible, mejorar la calidad de cemento antes de aumentar la cantidad de este, pues, la elevación de la medida de cemento produce un relleno progresivo de los intersticios de la masa de concreto, lo que disminuiría el aislamiento térmico y aumenta el peso específico aparente.

b).- Proporción de la mezcla.-

Se debe de escoger la manera más económica de combinar los agregados de grano grueso y pequeño, para producir un concreto de plasticidad manejable, optimizando el efecto del aglomerante.

Por lo general, el volumen de los intersticios, que dependen de la granulometría de los agregados, es algo menor de la mitad del volumen del agregado grueso, por lo que se acostumbra usar una cantidad de arena equivalente a la mitad del volumen de agregado grueso; de tal forma, que las proporciones se expresen en el siguiente orden: Cemento, Arena y Agregado Grueso (1: 2: 4, 1: 3: 6, etc.) ó por lo general, se expresen mediante un solo número, el mismo que nos expresa el grado de compactación entre el cemento y los agregados, de esta forma, una mezcla 1: 2: 4, se puede expresar como 1: 6, sin embargo, estas fórmulas de proporción (cemento: áridos), expresadas en volúmenes, son empíricas é inexactas, pues, el grado de asentamiento del cemento y los áridos es muy variable; obteniéndose mayor precisión, expresándolos en pesos, a lo que se requiere de una báscula y cajas para las mediciones (Tabla 1.08).

Cuando más se aumenta la proporción de la arena o agregado fino, resulta un concreto más fácil de trabajar pero requiere de mayor cantidad de cemento, pudiendo ser antieconómico, como agregado fino se usa arena eólica o de río; como agregado grueso se usa grava, piedra menuda triturada ú otro tipo de agregado poroso ó ligero (escoria, piedras volcánicas, residuos industriales), para obtener mezclas de mejor calidad y óptima consistencia, es preferible usar áridos de categorías bien definidas, por lo que se recomienda almacenar por separado, según su calibre granular.

c).- Factor a / c (agua - cemento).-

Como es conocido, el concreto para fabricar bloques, es una pasta de agua y cemento, mezclada con agregados ligeros; al endurecer dicha pasta se forma una masa sólida, quedando los agregados, ligados entre sí; la calidad de la pasta depende de la relación en peso de la cantidad de agua y la correspondiente cantidad de cemento, determinando la impermeabilidad, la resistencia y la durabilidad del concreto y por ende, del bloque.

$$a / c = \text{agua(kg)} / \text{cemento(kg)}$$

El concreto en estado plástico es siempre manejable, no debiendo estar muy seco ni contener demasiada agua, esto se debe a que, si está muy seco, será difícil verterlo en los moldes y como consecuencia tendrá defectos en el acabado, por otro lado, si tiene demasiada agua, habrá segregación de los ingredientes. Para obtener una pasta manejable se debe de utilizar una mayor cantidad de agua que la requerida para la reacción química, con el cemento, pues sólo una parte del agua (aprox. 20% del contenido de cemento) se distribuye dentro de la pasta, para su combinación con el cemento, el resto se evapora dejando pequeños vacíos dentro de la masa, los mismos que disminuyen su compactibilidad y resistencia. Se tiene que para “Concretos Ordinarios”, los valores del factor a / c varían entre 0.5 y 0.6, pudiéndose alcanzar valores de 0.35 y 0.45, para “Concreto Ligero”; sin embargo, no es práctico, calcular la relación agua-cemento en concretos que contengan agregados ligeros, ya que no esta definida la determinación de absorción de dichos agregados.

4.- Diseño de mezclas.-

a).- Ponderación.-

Los diversos componentes, que intervienen en la fabricación de los bloques, deberán de estar en cantidades óptimas, de tal forma, que se obtenga un producto con las exigencias requeridas, dichas cantidades, pueden ser expresadas en pesos (kg) ó en volúmenes (litro, dm³, etc.); cabe resaltar que, entre pesos y volúmenes, es preferible la medición en pesos, pues, ofrece la mejor precisión, viéndose fundamentado en que, la calidad de los materiales, el porcentaje de vacíos entre los áridos y el grado de asiento del cemento crea grandes diferencias y variaciones, entre la relación de pesos y la relación de volúmenes, de los materiales. Si se dosifica en volumen, se debe de escoger un recipiente en buen estado, con el cual se medirán todas las cantidades de los materiales, por lo general, se escogen latas de aceite, pero, también, un recipiente de madera, cuyas medidas internas, en la base sean de 10 dm³ = 30 cm x 33.33 cm, y con una señal de referencia (clavo), a una altura que en centímetros, corresponda al número de litros que se desea incorporar.

b).- Dosificación preliminar.-

Como se sabe, las proporciones en volumen, son empíricas, basadas en la práctica y en la experiencia, las mismas que nos sirven de punto de partida en la elaboración del concreto según la resistencia deseada y con los materiales disponibles; estas proporciones no son exactas, pudiéndose modificar; sólo dan una idea preliminar del modo de dosificar los materiales que van a emplearse, cuyas cantidades en peso y en volumen deben de calcularse por métodos analíticos, con el único objetivo de, optimizar la resistencia del concreto y la economía de los recursos, para ello, se realiza un cálculo

preliminar de las cantidades de cemento, arena y gravilla que han de componer una determinada mezcla de concreto, mediante la aplicación de las fórmulas de Fuller.

FORMULAS DE FULLER

$$K = 14.4 / (C + A + G)$$

Vol. Cemento =	$0.106 \cdot K$
Vol. Arena =	$0.106 \cdot K \cdot A$
Vol. Gravilla =	$0.106 \cdot K \cdot G$

C = Proporción de Cemento

A = Proporción Arena

G = Proporción de Grava

K = N° Barriles de cemento (01 Barril = 0.106 m³)

Multiplicando los volúmenes hallados mediante las fórmulas de Fuller, por los respectivos pesos unitarios (Tabla 1.09) de cada material, hallaremos el peso de cada componente de la mezcla de concreto; dicho método no es muy exacto, pues, no considera el tamaño granular de los agregados y se basa en premisas arbitrarias y habituales, las cuales pueden ser de utilidad en producciones limitadas de concreto, recomendándose el cálculo racional, para producciones mayores.

c).- Cálculo racional de los componentes.-

El cálculo racional se basa en la combinación de los materiales necesarios para la elaboración de 1 m³ de concreto amasado, vertido y asentado, en un molde de 1 m³, para lo cual, se calculan las proporciones exactas de los materiales; una vez elegida la proporción a emplearse, según las relaciones volumétricas preliminares, se procede a afinar la dosificación.

Después de la determinación de los pesos y volúmenes de los diversos componentes, es recomendable realizar amasadas de prueba, que permitan afinar la cantidad de agua necesaria y rectificar la composición, con el fin de mejorar el producto acabado (Anexo 1.06).

5.- Proceso.-

Una vez obtenida toda la información acerca de lo que se va a producir, es decir, la dosificación, el diseño y las cantidades de materiales, se procede a realizar un riguroso proceso de fabricación, el cual consta de un procedimiento a seguir (Fig. 1.15):

a).- Amasado.-

Cuando a la mezcla de materias primas le añadimos agua, se forma una masa pastosa, la cual, requiere de un amasado y batido para darle uniformidad, dicha operación influye en la limpieza de los granos, permitiendo la adherencia entre ellos por medio del aglomerante. La función de la pasta cemento es la de envolver los áridos, recubriendo cada uno de estos granos con una capa fácilmente adherente, permitiendo una íntima cohesión; el amasado puede ser a máquina o a mano.

Amasado a mano; método largo y laborioso, resultando costoso, empleándose en ocasiones donde el volumen de producción es reducido, el concreto resultante es de calidad irregular, recomendándose no amasar grandes cantidades a la vez. Debe de realizarse sobre una losa o sobre una plataforma de madera o metal, evitándose en lo posible realizarlo sobre el suelo, para evitar la introducción de tierra; el mezclado se realiza tres veces en seco y tres veces con adición de agua, empleándose palas y batideras con el fin de formar una pasta plástica y uniforme; el mezclado en seco se hace combinando primero los agregados finos y gruesos, añadiendo posteriormente el cemento, luego de revolver bien se crea un hoyo en el centro del montículo de la mezcla, para luego añadir el agua; batiendo, poco a poco, el material de los costados, hasta que toda la masa este uniformemente mezclada, opcionalmente se puede adicionar cal, en la mezcla en seco, en mitades con la proporción de cemento, para anular la acción de posibles sales.

Amasado mecánico; realizada por medio de unas máquinas concreteras, brindando un trabajo rápido y de seguridad en resultados, asegurando calidad y regularidad de la mezcla; las máquinas deben ser conducidas por personal adiestrado, con el fin de obtener una mezcla con humedad constante, asimismo, debiera de proveerse de un depósito dosificador de agua, permitiendo una medida precisa y regular, al momento de adicionarla; el adicionamiento del agua puede ser antes de los materiales secos, o bien, durante el amasado, debiendo ser la duración del amasado por lo menos 1 - 2 minutos, pues, cabe la posibilidad de que el prolongamiento provoque un fuerte desgaste en los áridos y, por consiguiente, en el peso aparente del Concreto Ligero.

b).- Moldeado y Asentado.-

El concreto amasado se debe de verter en moldes en la brevedad posible, evitando hacerlo después de iniciado su fraguado; con la finalidad de conseguir la forma precisa y las dimensiones exactas.

La forma de asentar el bloque, recién moldeado, se basa en el chuceo o vibrado del "Concreto Ligero", en estado pastoso o blando; con tal finalidad se emplean mesas con superficies vibratoras, las cuales se hacen funcionar después de llenar el bloque y situarlo sobre el tablero horizontal, de esta forma, se comunica un movimiento vibratorio que se transmite por inercia a la masa de concreto.

Cuando no se dispone de aparatos vibradores, se emplean hurgones de Hierro, agitándose hasta dejarlo bien asentado, apisonándolo, al mismo tiempo, con pisones ligeros de superficie ancha; los moldes contienen dispositivos que confieren presión a la masa de concreto, dichos dispositivos se accionan por medio de palancas movidas a mano, de aire comprimido o por acción mecánica, para después proceder al desmolde, dicho desmolde debe de realizarse con especial cuidado para evitar fisuras y asentamientos en los bloques, iniciando seguidamente el proceso de fraguado y endurecimiento.

c).- Curado.-

Debe de tenerse presente que el endurecimiento del concreto es consecuencia de la reacción entre el agua y el cemento, iniciándose en el amasado y continuando en forma indefinida, mientras exista humedad y temperatura favorables; lo que primero comienza es el fraguado inicial, tiempo durante el cual se evapora el agua produciendo una disminución de volumen, denominada retracción y, a menos se evite la pérdida brusca de humedad, el concreto se agrietará, debido a la diferencia de tensiones entre las capas

superficiales y las capas profundas; es debido a esto, que el concreto debe de protegerse de la pérdida brusca de humedad por un periodo de 7 días, dicha operación de preservar la humedad inicial del concreto, durante el proceso de fraguado, se denomina "Curado".

El curado puede realizarse por aspersión simple fresca o por saturación de vapor; el curado por aspersión, consiste en rociar agua en forma continua y periódica, por sobre la superficie de los bloques, este rociado debe de realizarse al menos durante las primeras 72 horas; el curado a vapor, se realiza en una cámara sencilla, acondicionada para tal fin; los bloques son sometidos durante 24 horas a un ambiente saturado de vapor, a una temperatura de 50° C y una humedad del 100%, terminado el período de saturación de vapor, los bloques deben ser retirados y almacenados en un ambiente donde circule aire seco, durante 7 días, antes de ser utilizados.

El curado nos asegura la obtención de un bloque de primera calidad, favoreciendo las condiciones de resistencia, impermeabilidad y durabilidad del mismo. Cabe resaltar que el bloque alcanza su resistencia máxima a una edad mínima de 28 días desde su fabricación.

d).- Maduración.-

Al establecer la temperatura máxima que se debe alcanzar, mediante un proceso de curado, se introduce el concepto de maduración del concreto. La maduración (M), es el producto de la temperatura T (°C) de curado (origen de temperaturas -10°C), por el tiempo t (horas) de duración de este curado; si la temperatura es constante, $M = T(°C) \times t$ (horas).

Cuando la temperatura no es constante se entiende por maduración como el valor de la integral de la curva Tiempo vs. Temperatura, representativa del proceso de curado, adoptándose como base 0°C. La hipótesis se basa en admitir que a igual grado de maduración de concreto, corresponde a este, una misma resistencia, sin considerar la forma de como se haya proporcionando dicha maduración; a mayor temperatura corresponde un menor tiempo de curado para alcanzar la misma resistencia, que se obtiene con temperaturas más bajas en tiempos más largos.

Cuando se usan otros componentes, como las cenizas volantes, se requiere una mayor madurez para alcanzar la misma resistencia que el concreto normal, esto se debe a que estas componentes retrasan la aparición de resistencias a edades tempranas, permitiendo el desarrollo de resistencias mayores a edades posteriores a los 28 días.

6.- Textura.-

Las máquinas a usar en la fabricación de los bloques, utilizan el moldeado por extrusión, permitiendo obtener diversidad en lo que es apariencia y textura de las unidades; en general, la textura depende de: la relación pasta / agregado, relación agregado fino / agregado grueso, módulo de finura de la arena, contenido del agua, forma de las partículas de los agregados, proceso de compactación de la mezcla, etc.; es posible obtener texturas muy cerradas, hasta texturas muy abiertas, dependiendo de la segregación de la mezcla dentro de las unidades; muy aparte del atractivo del bloque, para su uso en fachadas, la textura tiene influencia en ciertas características de las unidades, tales como, comportamiento acústico, absorción del agua, retención de polvo (cuando quedan expuestas), el consumo de pinturas o materiales de recubrimiento, etc.

7.- Color.-

El color ha adquirido una vital importancia en la fabricación del bloque junto a la textura, han contribuido a deshacer el mito del bloque gris. El color dependerá exclusivamente del color del cemento (gris ó blanco), el cual puede modificarse con colorantes minerales, usados comúnmente para colorear el concreto; al utilizar cemento gris los colores serán siempre pardos; caso contrario, cuando se utiliza el cemento blanco, pues los colores resultantes serán brillantes, pero, su costo se elevaría.

8.- Taller de producción.-

La construcción de instalaciones, destinadas a la producción de bloques de concreto, es flexible y poco costoso, es decir, se puede realizar instalaciones de diferentes capacidades de producción, siendo susceptibles de ampliarse con facilidad y a un costo no muy elevado; el tamaño de la planta de producción varía según el tipo y rendimiento de la maquinaria a utilizar, el proceso de curado y el volumen de producción; sin embargo, la oferta y la demanda son los que determinan el tamaño de la fábrica de cualquier planta de producción [2]. Los principales elementos; cemento, arena, grava u otro agregado grueso, aditivos, se envían al taller de producción y se almacenan en las debidas condiciones, del mismo modo, es importante y necesario disponer de abundante agua limpia (Fig. 1.16-a).

Toda planta de producción, se encuentra dividida en zonas de dosificación, producción y fraguado, las cuales, contarán con máquinas para dosificar, moldear y manipular los bloques; estas zonas deben de proteger a los bloques y materias primas de la acción del Sol y de la lluvia, al igual que se deben de evitar los vientos fuertes, especialmente en las zonas de curado y fraguado. El piso deberá estar bien nivelado y tendrá una superficie pareja y firme, permitiendo un apropiado proceso de fabricación, esta superficie puede ser de concreto o un entarimado de madera o metal (Fig. 1.16-b).

En lo que respecta a la maquinaria a utilizar, será de acción manual y / o mecánica, pudiéndose usar moldeadoras fijas, las cuales entregan el bloque fresco, directamente sobre canales o sobre tablillas metálicas, asimismo, existen las máquinas móviles o ponedoras, las mismas que depositan el bloque directamente en el suelo; las máquinas modernas compactan por vibrado y compresión, sustituyendo a las máquinas antiguas (hidráulicas o mecánicas), obteniéndose una mejor y mayor compactibilidad de las piezas. Es de vital importancia organizar el lugar de trabajo, con el objetivo de conseguir una producción continua (Fig. 1.17), debiendo existir por lo menos los siguientes componentes:

- *Patio de Materiales*; El cual consta de dos partes Recepción y Almacenamiento de Áridos (reciben y clasifican los áridos según sus granulometrías)
- *Depósito de Materias Primas*; Conformado por: Silos de acopio de cemento y Silos de acopio de aditivos.
- *Zonas de dosificación*; Consta de básculas para medir al cemento y áridos y el dosificador de aditivos.
- *Zona de Producción*; Donde se produce el concreto, consta de máquinas moldeadoras y amasadoras, durante esta proceso se realiza la vibro-compresión.

- *Zona de Fraguado*; Consta de calderas para la producción de vapor, así como, cámaras de Curado.
- *Zona de Almacenamiento y Despacho*; Se inspecciona y selecciona el producto terminado, procediendo a su estibado.
- *Oficinas*; Area de control de producción, abastecimiento y ventas.
- *Depósito de herramientas*; donde se guardan los instrumentos necesarios para la producción de bloques.
- *Servicios*; Consta de vestidores, servicios higiénicos y áreas de recreación del personal.

9.- Flujo de producción.-

Es determinante conocer los tiempos y funciones de producción (rendimientos del material, mano de obra y maquinaria), con la finalidad de no llegar a la obstrucción de labores, llegándose de esta forma a crear un flujo continuo de producción (Fig. 1.18). Los principales puntos de control del proceso son: Control de Recepción y Almacenaje de materias primas, Control de la conformación de productos; control Final o control de calidad del producto terminado.

10.- Calidad en la producción.-

La calidad de los bloques es muy sensible al mínimo cambio que pueda producirse en las materias primas (cemento, agregados, agua, aditivos y adiciones) y / o a la falta de un riguroso control de los requerimientos técnicos, a pesar de contar con tecnologías apropiadas; entre las dificultades que se pueden suscitar tenemos las siguientes:

- Elevado porcentaje de pérdidas.
- El no-control de calidad de las materias primas.
- Incumplimiento respecto a las normas de calidad.
- Elevado consumo de cemento en las dosificaciones.
- Desconocimiento de exigencias mínimas en el proceso tecnológico.

De igual forma, se debe de prever estas deficiencias, con el fin de obtener mejoras en la producción, para lo cual se podrá implementar un sistema de control de calidad, el cual tendrá tres principales objetivos, y realizándose en dos fases:

- Regularidad en la calidad obtenida.
- Uso de buenos productos de construcción
- Mejora del rendimiento de producción y aumento de la rentabilidad.

a).- Fase Inicial.-

- Control de calidad y dosificación de las materias primas.
- Verificación de los tiempos de mezclado
- Limpiar continuamente la mezcladora.
- Inspección periódica de las básculas, en especial del ajuste al cero.
- Realizar estudios para optimación de la mezcla de concreto.

b).- Fase Final.-

- Inspección y separación de los productos defectuosos y no permisibles.
- Correcta identificación del producto y lote.
- Realizar un muestreo aleatorio para los ensayos (guiándose de la norma)
- Efectuar ensayos de resistencia, absorción, y dimensionamiento.

VII.- CARACTERISTICAS FISICAS.-

El bloque de concreto como toda unidad de albañilería, posee ciertas características físicas como son:

- Alabeos (concavidades o convexidades en la superficie de asiento).
- Succión ó velocidad inicial de absorción en la cara de asiento.
- Textura de la cara de asiento.
- Variabilidad dimensional con relación a la unidad nominal, o mejor, con relación a la unidad promedio, y, principalmente, la variabilidad de la altura de la unidad (Fig. 1.19).

Asimismo, es importante tener presente las características de; densidad, absorción, impermeabilidad, aislamiento térmico y acústico.

A.- Densidad.-

En lo que respecta al concreto ligero, este tiene una reducida densidad y una buena resistencia estructural; sin embargo, para la fabricación de bloques, según las solicitaciones, se prefiere; para muros de carga, los concretos con densidades aparentes de $1.7 \text{ t} / \text{m}^3$ (Concreto Ligero estructural); para tabiques, se prefiere los concretos con densidades aparentes de $1.6 \text{ t} / \text{m}^3$ (Concreto ligero No-Estructural) (Tabla 1.10).

La densidad esta íntimamente ligada a la absorción (característica que define la porosidad o compactibilidad de un material), asimismo, la absorción máxima define el “Grado de los Bloques”, el cual se encuentra clasificado en:

- Normal: $d > 1.9 \text{ gr / cm}^3$
- Intermedia: $1.9 \text{ gr / cm}^3 > d > 1.6 \text{ gr / cm}^3$
- Semi-ligera: $1.6 \text{ gr / cm}^3 > d > 1.3 \text{ gr / cm}^3$
- Ligera: $1.3 \text{ gr / cm}^3 > d$

Los “bloques normales” poseen excelentes resistencias mecánicas, una buena durabilidad y un excelente aislamiento acústico, por lo que son muy empleados en exteriores y para usos estructurales.

B.- Absorción.-

Representa el grado de porosidad o compactibilidad de un bloque de concreto, dicha característica junto con la resistencia a la compresión, determina la durabilidad del bloque y el posible uso en muros exteriores sin revestimientos. El rango de absorción deberá estar comprendido entre 0.21 y 0.32 g/cm^3 [1].

La porosidad del bloque se determina por la composición granulométrica de los áridos, otorgando al material, condiciones aislantes (térmicas y acústicas); por otro lado, la compactibilidad del bloque se ve ligada a la densidad aparente del concreto y a la capacidad de ligación del aglomerante, es decir, a mayor densidad aparente del material implica una menor cantidad de vacíos entre los granos de los agregados, lo que nos da un material más compacto; asimismo, una adecuada combinación en la posición de los granos confiere una adecuada compactibilidad al concreto de los bloques, generando una mayor resistencia y durabilidad.

C.- Impermeabilidad.-

Condición por el cual, un material impide el paso de la humedad, la cual, siendo un agente climático, merma poco a poco la resistencia y calidad del material, desmejorando el aspecto general del revestimiento del muro; manifestándose por la presencia de manchas o eflorescencias en el mismo revestimiento y / o la aparición de fisuras en las juntas; los bloques de concreto tienen baja permeabilidad, es decir, una reducida capacidad de absorción del agua, en consecuencia no retienen la humedad, por lo que es posible poder asentarlos sin tener que humedecerlos previamente.

El principal agente transmisor de la humedad, en los muros, no es el bloque, sino más bien el mortero, con el cual son asentados y revocados; a lo que una solución para evitar el efecto del “Puente Hidráulico” es el asentar los bloques colocando el mortero sólo sobre los pretilos que forman los bordes del bloque, nunca sobre los pretilos transversales, sólo así, se evitaría cualquier contacto entre los frentes del muro, evitando la transmisión de la humedad (Fig. 1.20) (Anexo 1.08).

Se recomienda apilar los bloques en ambientes secos, evitándose en lo posible mojarlos antes de su uso en obra, debido a que el material contiene un elevado coeficiente de retracción por desecado, debiéndose utilizarlos secos para que no produzcan

contracciones que den lugar a la formación de fisuras; asimismo, se debe mojar los bloques en la medida necesaria, pero, sólo en las partes que han de tomar contacto con el mortero, de tal forma que el bloque no absorba el agua que el mortero requiere para su fraguado.

D.- Aislamiento Térmico y Acústico.-

El grado de porosidad del concreto, así como, la presencia de alvéolos en los bloques de concreto, hacen posible que dicho bloque tenga una reducidísima capacidad de transmisión térmica y una excelente absorción acústica.

Dichas características aislantes las podemos usar en nuestro favor, por ejemplo, en la transmisión de calor, a través de las paredes; lo que es un problema que afecta por igual, a las zonas cálidas y frías; en las zonas cálidas debemos de aislar el interior de la vivienda de las inclemencias del calor externo, de igual forma, en las zonas frías, debemos tratar de preservar el calor interno de la casa.

El coeficiente de conductividad térmica del bloque de concreto varía según las dimensiones de los alvéolos, la densidad de las unidades y de los tipos de agregados empleados en su fabricación.

La absorción acústica que posee el bloque de concreto es muy buena, teniendo así, que la energía del sonido transportada por el aire, se convierte en calor dentro de los diminutos canales del concreto ligero; los bloques tienen capacidades de absorción que varían entre el 25% y el 50%, de lo que solo se toma en cuenta un 15% como valor promedio, el mismo que se considera aceptable para los materiales empleados en la construcción de muros (Anexo 1.09).

Además, los muros construidos con bloques no dan motivo a la repercusión del sonido ni a la formación de ecos; De este modo se establece que el aislamiento acústico o resistencia a la transmisión de sonido, de los bloques de concreto, es muy superior a la de cualquier otro material empleado para la construcción de muros y tabiques.

VIII.- CALIDAD DEL BLOQUE.-

La calidad es el conjunto de características y propiedades que posee el material, dándole a este, la aptitud de satisfacer determinadas necesidades; para el bloque de concreto, dichas características y propiedades le confieren soportar eficientemente las cargas, sin la presencia de las deformaciones, por lo que la calidad es una condición básica para lograr una excelente construcción de la albañilería de bloques de concreto; un excelente indicador de la calidad es la “Resistencia a la Carga de Rotura” (Tabla 1.11).

Existen otros requisitos importantes que determinan la calidad de los bloques de concreto (aislamiento térmico, absorción acústica, textura, grado de contracción, retención de clavos y facilidad de corte), pues requiere de mucho control, tanto en la producción del material, como en la construcción de la obra, para obtener una mejor calidad; asimismo, dichos factores definen y determinan gran parte de los costos de una edificación.

Existe una forma de clasificación, dada por la resistencia a la compresión, del cual, resultan tres tipos de bloque:

1.- Bloque Estructural.-

Especiales para la construcción en fábricas estructurales, exclusivos para resistir cargas, tienen una resistencia a la compresión de $R_c > 60 \text{ kg / cm}^2$.

2.- Bloque de Cerramiento.-

Destinados para fachadas sin función estructural, teniendo como resistencia a la compresión $40 < R_c < 60 \text{ kg / cm}^2$.

3.- Bloque de División.-

Son los de menor resistencia dedicados a la construcción de tabiques no-portantes, su resistencia a la compresión es $R_c < 40 \text{ kg / cm}^2$.

IX.- RENDIMIENTO Y PRODUCTIVIDAD.-

Los bloques de concreto, en comparación con las unidades de arcilla, presentan un alto rendimiento con respecto al costo de los materiales, avance diario y efectividad de la mano de obra; además, no requiere revoques ni recubrimientos, los cuales incrementarían el valor de la obra, pero de revocar los muros, se requiere menor cantidad de material, pues, basta con un revoque muy delgado, de 0.5 cm de espesor, caso contrario para un muro de ladrillo, el cual requiere de un revoque de 1.5 cm de espesor.

Para la fabricación del bloque, se requiere de materiales inertes, extraídos de canteras en áreas eriazas; sin el uso de la arcilla (proveniente de la depredación de terrenos agrícolas), los cuales escasean día a día; asimismo, no se requiere de procesos de cocción, lo cual deshecha el gasto en combustible y elimina la contaminación del medio ambiente; solo requiere de un curado, el cual se puede realizar a vapor o por aspersion, empleando únicamente agua, que es un elemento reciclable. En suma, construir con bloques de concreto resulta ser muy eficaz y rentable, pues, permite lograr un mayor número de metros cuadrados de muro a un menor costo. De igual forma, al considerar, como patrón, la productividad alcanzada por la albañilería de ladrillos de arcilla, notaremos que los bloques de concreto, superan en más de tres veces, la productividad relativa (Tabla 1.12).

TABLAS Y CUADROS

LIMITACIONES DE APLICACION ESTRUCTURAL DE LOS TIPOS DE UNIDADES DE ALBAÑILERIA [3]

TIPO	POSIBILIDAD DE APLICACION			
	MURO EN ZONA SISMICA		MURO EN ZONA NO SISMICA	
	Portante	No Portante	Portante	No Portante
SOLIDA	Optima	Aplicable, pero muy pesada y costosa	Optima para cargas elevadas	Aplicable, pero muy costosa
HUECA	No aplicable tal cual. Optima si se llenan alvéolos con concreto líquido		Aplicable	Optima
PERFORADA	No aplicable, salvo que el área alveolar sea $\leq 30\%$ del área bruta		Aplicable	Optima
TUBULAR	No aplicable		No aplicable	Optima

Tabla 1.01

DENSIDADES DE UNIDADES DE CONCRETO ELABORADAS CON DIFERENTES AGREGADOS [3]

AGREGADOS	DENSIDAD (kg / m ³)
Arena y Piedra	2000 - 2350
Escorias	1600 - 2200
Arcilla expandida	1200 - 1500
Piedra Pómez	950 - 1300
Concreto celular	400 - 700

Tabla 1.02

MEDIDAS DE LOS BLOQUES DE CONCRETO

Tipología		Dimensión		Nº unidades / m ²	Peso en kg
Muros	Bloque	Nominal a x alt x L	Real L x alt x a		
De carga	Tipo I: de 20	20 x 20 x 40	19 x 19 x 39	12.5	17.0
	Tipo II: de 15	15 x 20 x 40	14 x 19 x 39	12.5	13.5
Tabiques	Tipo III: de 10	10 x 20 x 40	09 x 19 x 39	12.5	9.3

Fuente: ITINTEC 339.005 - 70

Tabla 1.03

TIPOS DE CEMENTO PORTLAND

TIPO	CARACTERISTICAS
Tipo I	Usos generales de edificación
Tipo II	Resistencia moderada a los sulfatos
Tipo III	Alta resistencia inicial
Tipo IV	Bajo calor de hidratación
Tipo V	Alta resistencia a los sulfatos

Tabla 1.04

TIPOS DE AGREGADOS [1]

AGREGADOS	ELEMENTOS
Arenas	Arenas eólicas / arenas sedimentarias
Gravas	Confitillo, guijarros, piedra menuda
Escorias	Turba, carbonilla, antracita, vermiculita
Piedras volcánicas	Toba, andesita, piedra pómez
Residuos industriales	Aserrín, bagazo, corcho, fibra de madera

Tabla 1.05

TIPO DE ADITIVO INCORPORADOR DE AIRE [1]

ADITIVO INCORPORADOR DE AIRE	ELEMENTOS
Expansivos (desprenden gases)	Polvo de Aluminio (desprende Hidrógeno)
	Peroxido de Hidrógeno (desprende Oxígeno)
	Carburo Cálculo (desprende Acetileno)
Espumantes (generan burbujas)	Resinas de Urea (disoluciones jabonosas)

Tabla 1.06

CUADRO DE GRANULOMETRÍAS DE LOS AGREGADOS PARA BLOQUES[3]

Tamiz ASTM	% que pasa		
	Textura fina	Textura media	Textura gruesa
3/8"	100	100	100
# 4	79	75	70
# 8	64	60	50
# 16	49	45	33
# 30	34	30	19
# 50	18	15	9
# 100	6	5	2
Módulo de Fineza	3.5	3.7	4.2

Tabla 1.07

RELACIONES CEMENTO / ARIDO (EN PESOS) [1]

TIPO DE ARIDO		USO COMUN	ESPECIALES
PESO NORMAL	Grava y Arena		
	Caliza	1:9 - 1:12	1:5 - 1:6
	Granito		1:7 - 1:8
	Escorias	1:8 - 1:12	
LIGEROS	Cenizas	1:6 - 1:8	
	Escoria	1:6 - 1:8	1:5 - 1:7
	Pómez	1:4 - 1:8	
	Perlita		1:3 - 1:4
	Poliestireno y Arena		1:2.7 - 1:4

Tabla 1.08

CUADRO DE PESOS ESPECIFICOS Y UNITARIOS [1]

TIPO DE DENSIDAD	MATERIAL	VARIACION kg / dm ³	PROMEDIO kg / dm ³
Peso específico	Cemento Pórtland		3.10
	Arenas y gravas		2.65
	Agua		1.00
Peso unitario	Arena seca	1.40 - 1.70	1.55
	Arena Húmeda	1.70 - 1.90	1.80
	Grava ó Gravilla	1.60 - 1.70	1.65
	Piedra partida	1.45 - 1.50	1.48
	Cemento*	1.20 - 1.30	1.25

* Peso unitario del Cemento Pórtland Normal Tipo I es de 1.50 kg / dm³

Tabla 1.09

PESOS UNITARIOS DEL CONCRETO [1]

ALGUNOS TIPOS DE CONCRETO	P.E. kg / m ³
Concreto Pétreo armado normal	2400
Concreto Pétreo simple normal	2300
Concreto Pétreo Simple Ligero para Losas	1900
Concreto Estructural Ligero para Muros de Carga	1700
Concreto No-Estructural Ligero para Tabiques	1600
Concreto Ligero de Escorias para Relleno	1200

Tabla 1.10

VALORES ESTANDARES DE LAS RESISTENCIAS DE LOS DIFERENTES TIPOS DE BLOQUES

TIPO DE BLOQUE	CARGAS DE ROTURA (kg / cm ²) (*)	
	Promedio de 3 Unid.	Individual
Tipo I	40	35
Tipo II	50	40
Tipo III	70	55
Tipo IV	100	80
Tipo V	120	95

(*) Respecto al área bruta; Fuente: ITINTEC 339.005-70 [7]

Tabla 1.11

VALORES DE PRODUCTIVIDAD RELATIVA PARA DISTINTOS TIPOS DE ALBAÑILERÍA [1]

ELEMENTO DE ALBAÑILERÍA (cm)	ANCHO MURO (cm)	PRODUCTIVIDAD RELATIVA
Lad. K-k 18 h 24-12-09	Cabeza 24	1.30
Lad. C-v corr. 24-12-06	Cabeza 24	1.00
Bloque de Concreto 39-19-19	Cabeza 19	3.00

Tabla 1.12

FIGURAS

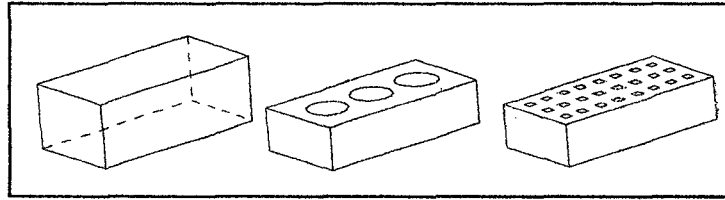


Fig. 1.01. Unidad Sólida.- Puede tener huecos o perforaciones perpendiculares a la cara de asiento. El área de estos vacíos esta limitada a 25% del área bruta de la cara de asiento.

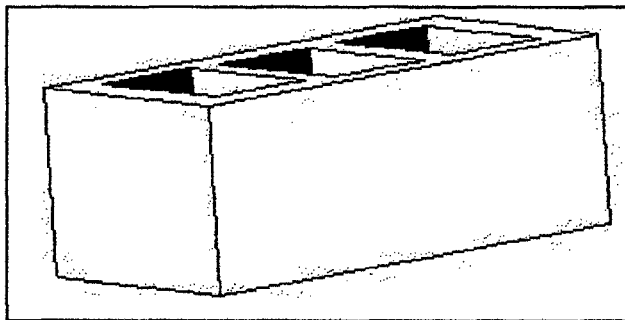


Fig. 1.02. Unidad Hueca.- Tiene huecos o perforaciones perpendiculares a la cara de asiento que representan mas del 25% de su área bruta, permitiendo el relleno con Concreto Líquido.

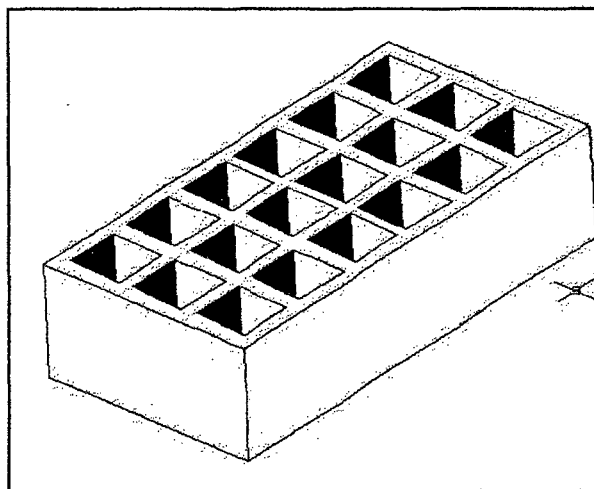


Fig. 1.03. Unidad Perforada.- Tiene huecos o perforaciones perpendiculares a la cara de asiento que representan mas del 25% de su área bruta, no permitiendo el relleno con Concreto Líquido

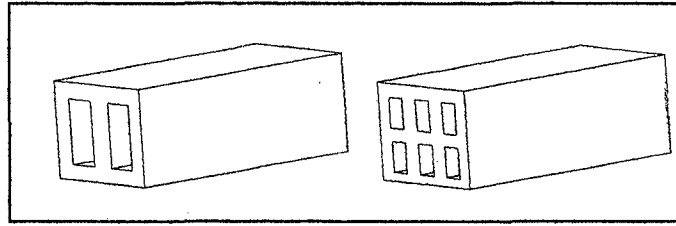


Fig. 1.04. Unidad Tubular.- Tiene huecos o perforaciones paralelas a la cara de asiento. No hay limitaciones de área

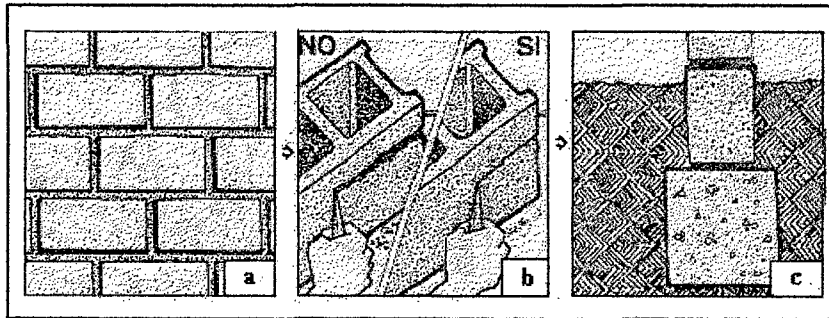


Fig. 1.05. Características básicas del bloque

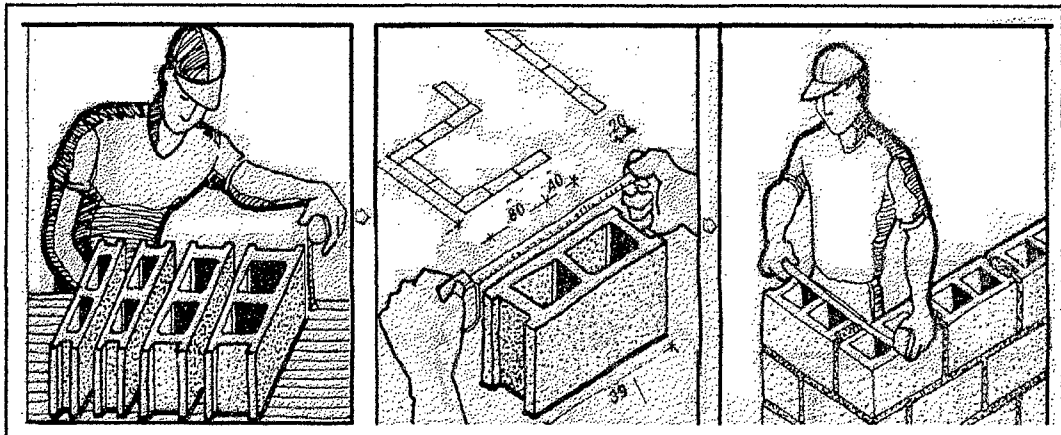


Fig. 1.06. dimensiones del bloque.

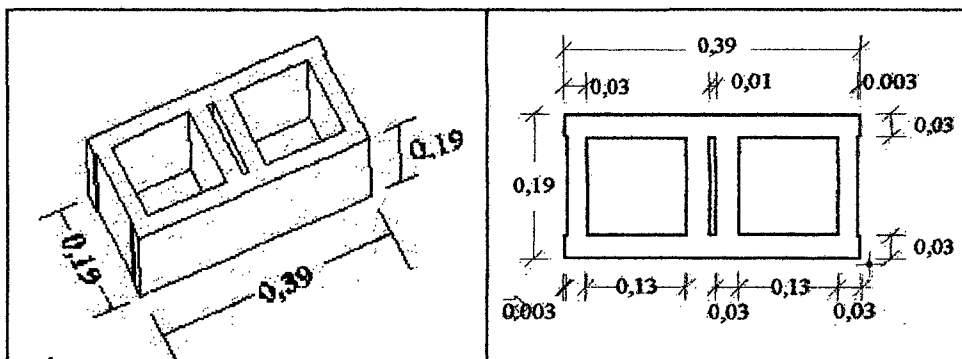


Fig. 1.07. Bloque Entero

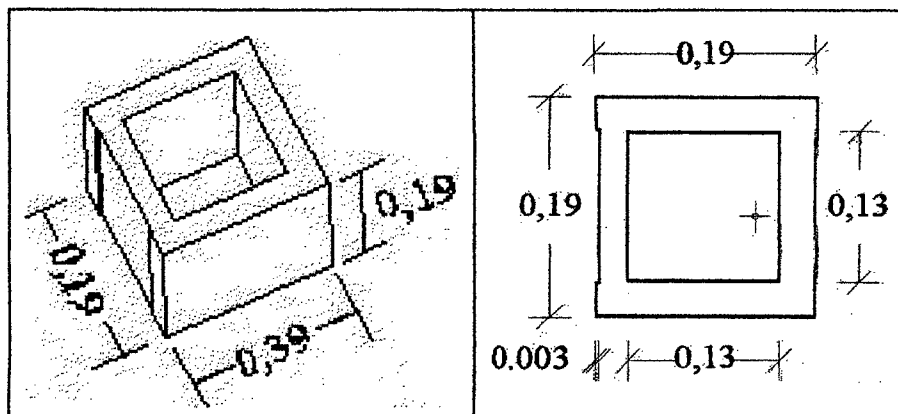


Fig. 1.08. Bloque : Media Unidad

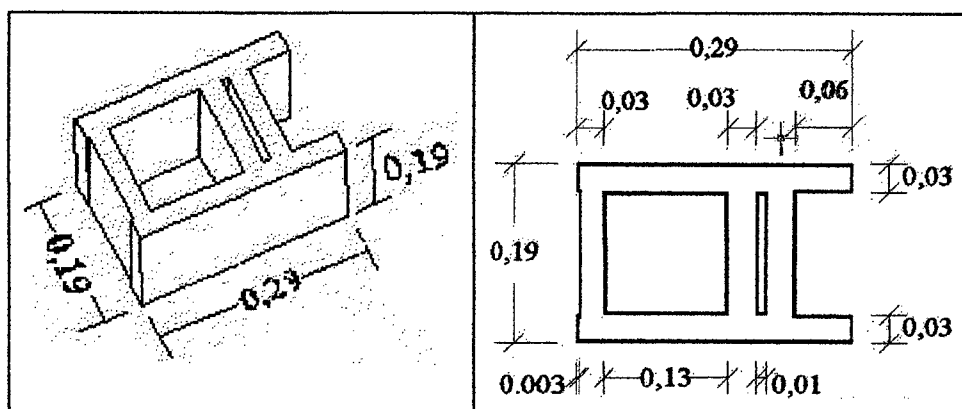


Fig. 1.09. Bloque : 3 / 4

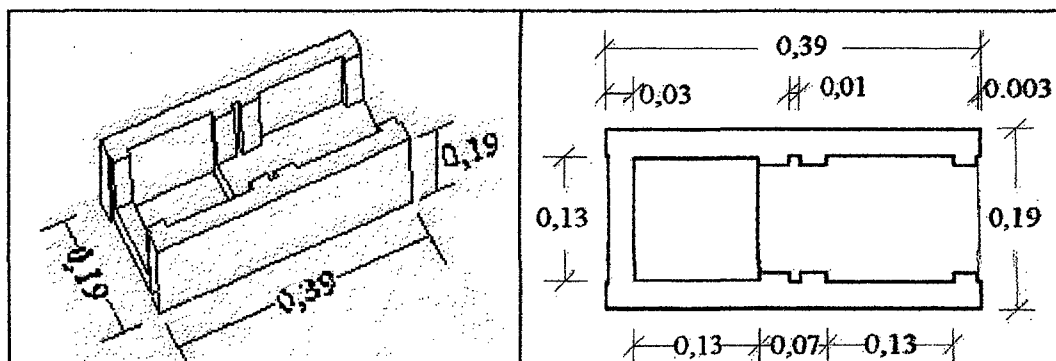


Fig. 1.10. Bloque : " U "

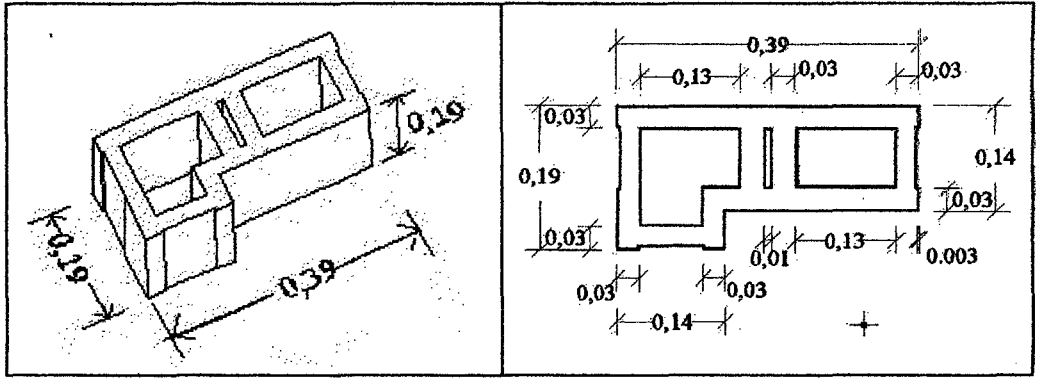


Fig. 1.11. Bloque : " L "

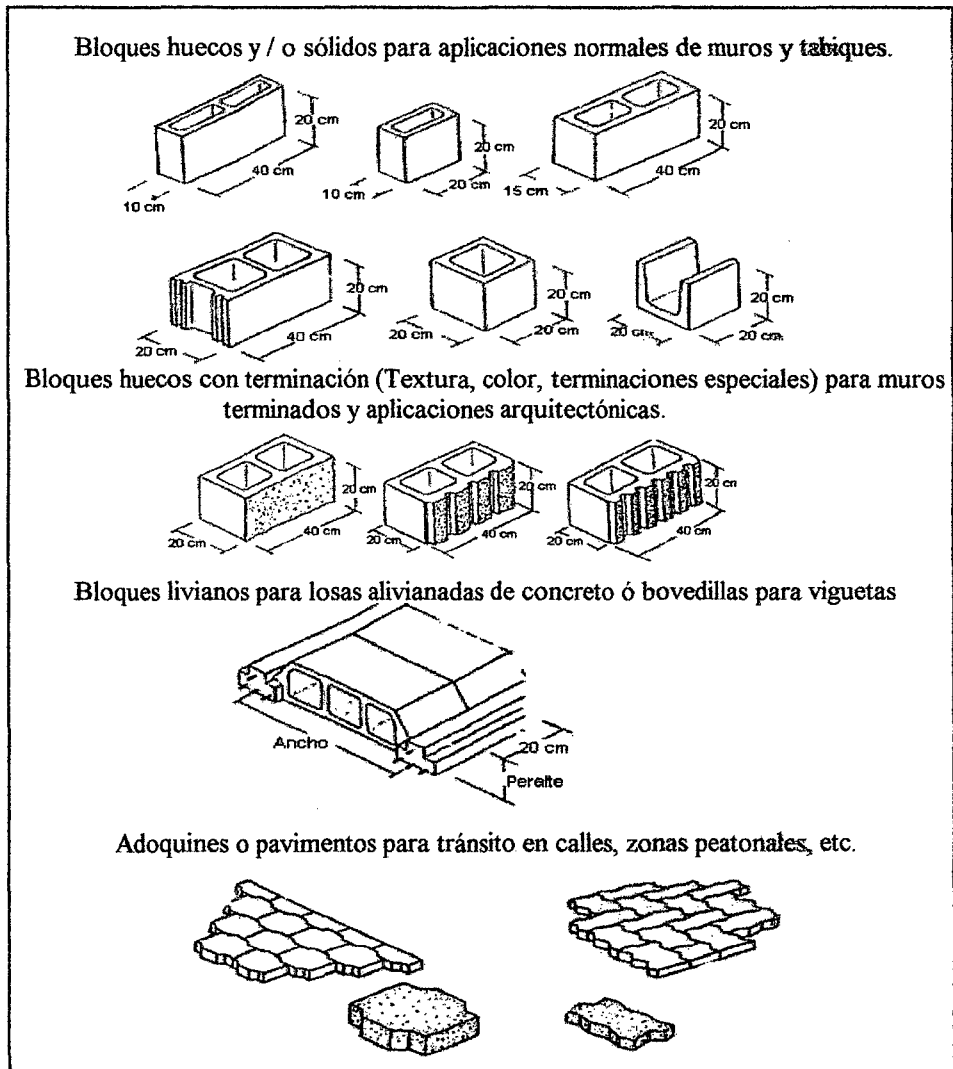


Fig. 1.12. Otros tipos de bloque

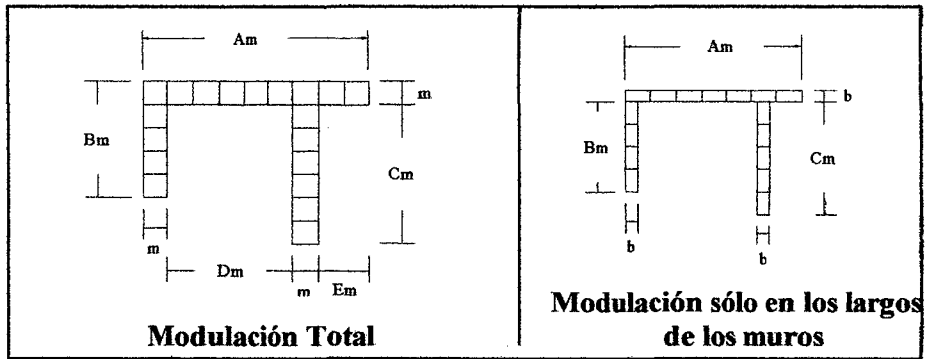


Fig. 1.13. Tipos de modulación

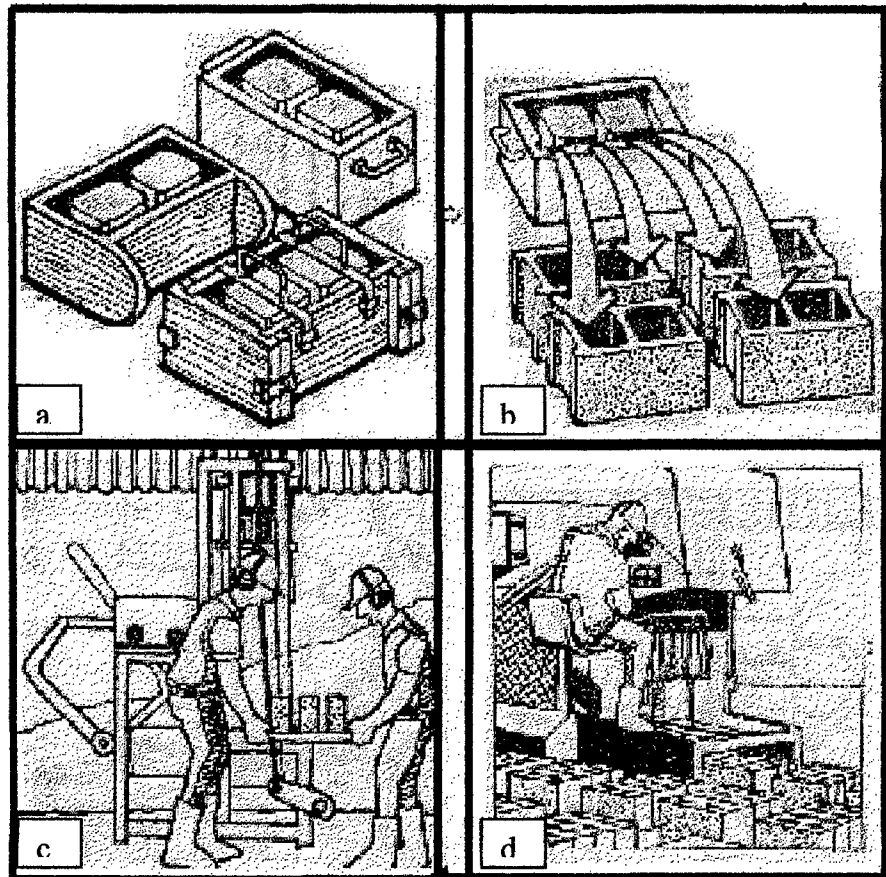


Fig. 1.14. a.- Moldes metálicos y de madera; b.- moldes rígidos y resistentes; c.- máquinas estáticas; d.- máquinas ponedoras.

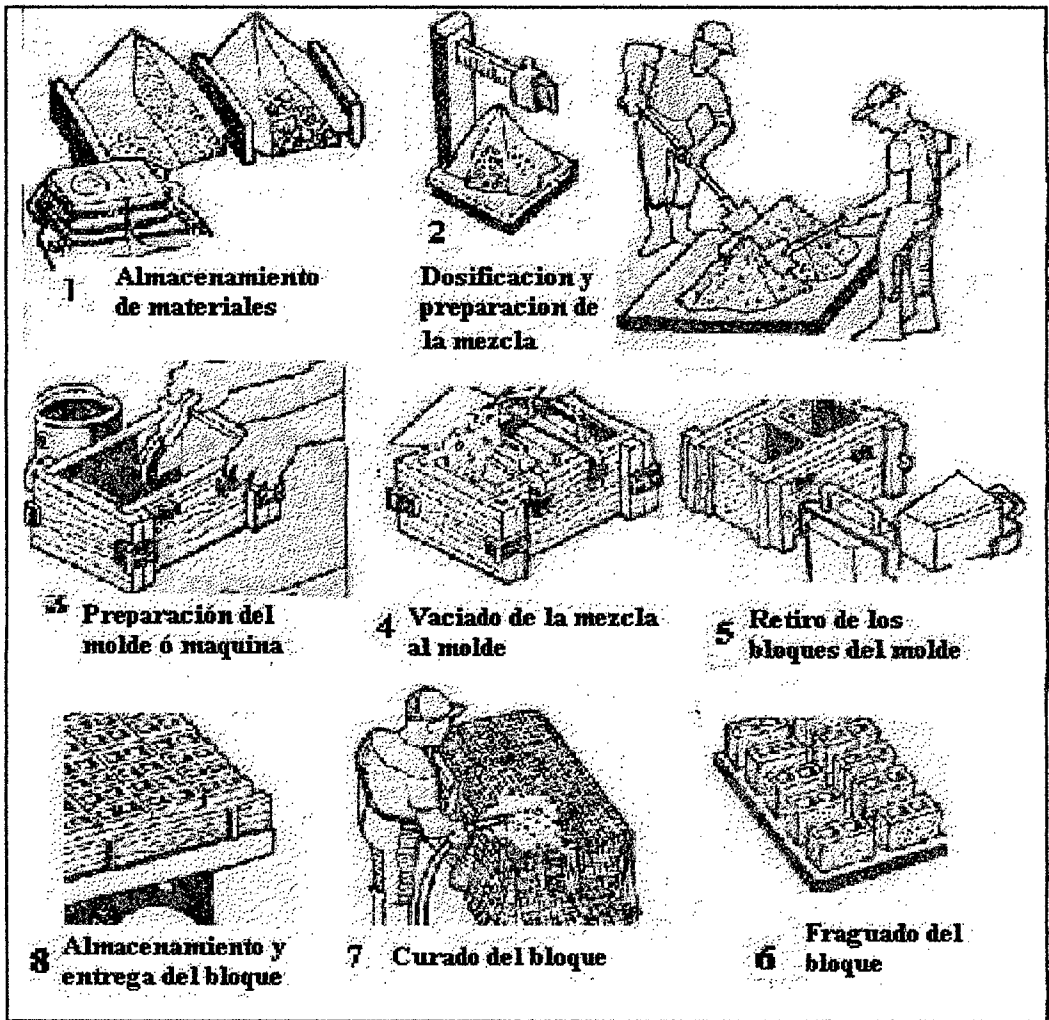


Fig. 1.15. Esquema de fabricación manual.

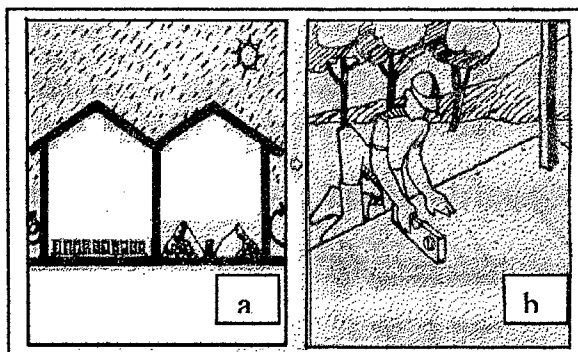


Fig. 1.16. Recomendaciones generales, en la fabricación del bloque.

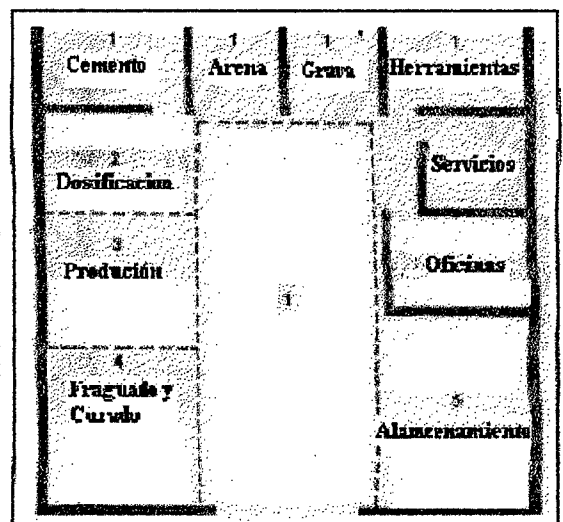


Fig. 1.17. Ejemplo de organización del lugar de trabajo.

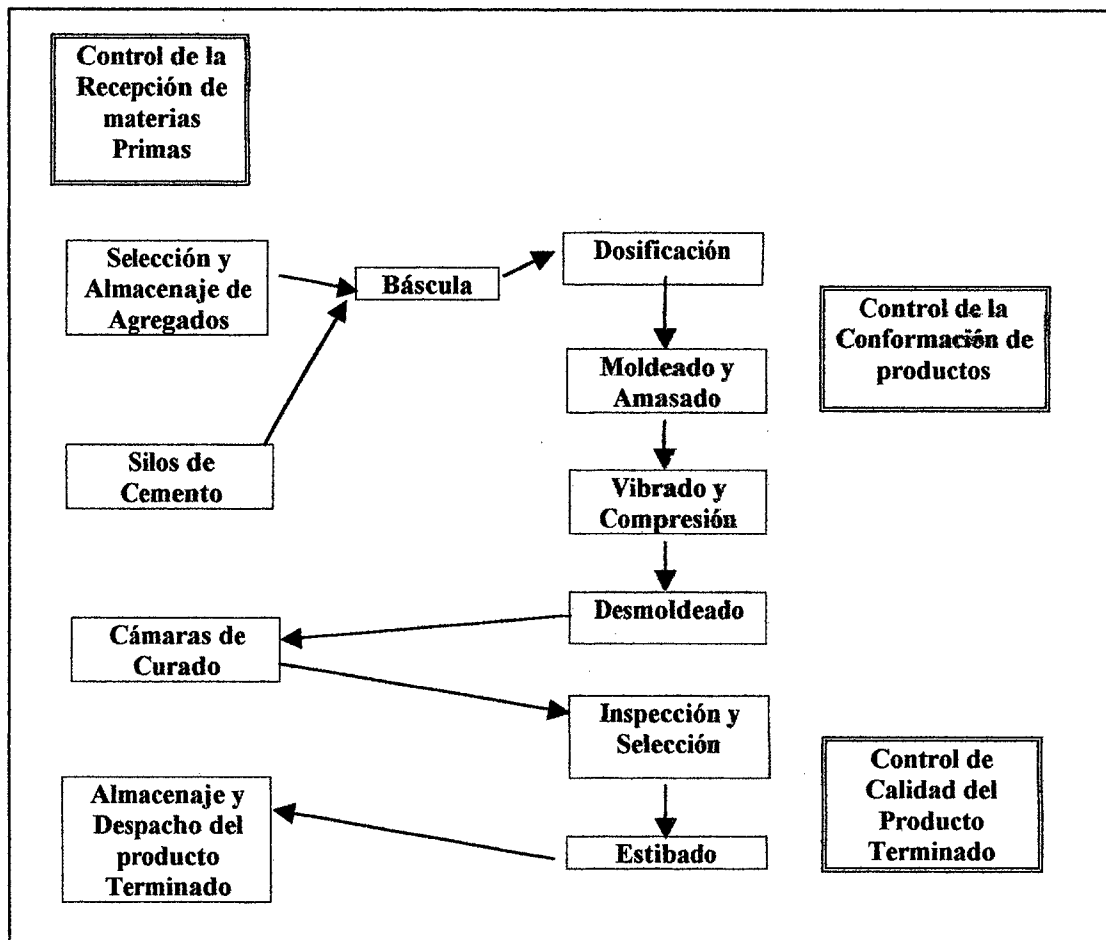


Fig. 1.18. Flujo de Producción

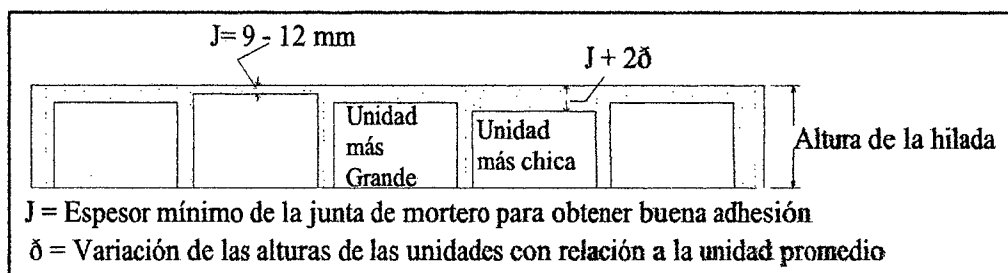


Fig. 1.19. Determinación de la altura de la hilada



Fig. 1.20. Colocar el mortero solo en los pretiles, evitando el efecto del puente hidráulico

CAPITULO SEGUNDO

CARACTERISTICAS DE LA ALBAÑILERIA CON BLOQUES DE CONCRETO

I.- GENERALIDADES.-

La resistencia sísmica y la economía son factores relacionados con el comportamiento estructural de la edificación, estos factores son evaluados mediante rigurosos ensayos de laboratorio; los mismos ensayos junto a las experiencias constructivas racionalizan el comportamiento estructural de la edificación con el objetivo de optimizar su aplicación en obra.

La resistencia sísmica está relacionada con los elementos de concreto armado que se encuentren depositados en los alvéolos del bloque, dentro del espesor de los muros, dándole resistencia a la estructura, permitiendo reducir la masa de edificación y, admitiendo menor espesor en los muros con la finalidad de aprovechar el espacio libre disponible; a su vez, el mayor tamaño del bloque origina una menor cantidad de juntas aumentando el rendimiento en la construcción; además, la textura uniforme de los bloques permite eliminar el enlucido, lográndose una importante reducción en los costos de edificación.

Conseguir una edificación conformada por muros menos gruesos es un logro tecnológico, en el cual, es indispensable disponer de unidades de albañilería de elevada calidad y dimensión uniforme, en consecuencia, se dispone de casas más ligeras y seguras, resistentes a las condiciones sísmicas é ideales para zonas con riesgos de vulnerabilidad.

II.- CONTROL DE APTITUD DE LOS BLOQUES.-

Durante el proceso de fabricación de los bloques se contempla el control de calidad de los mismos con la finalidad de establecer un orden de aptitud en los bloques.

A.- Muestreo aleatorio.-

Corresponde a la toma de muestras (al azar) de la producción de bloques, a modo de inspeccionar las características físicas de las unidades, así como, evaluar su calidad, con el objetivo de mejorar el diseño y la fabricación del mismo.

Se realizará una inspección previa, la cual, consistirá en que de cada lote se extraerá al azar 10 unidades de albañilería para verificar los requisitos de dimensiones y aspecto; si se encuentran 2 defectuosos se deberá extraer una segunda muestra formada por otras 10 unidades de albañilería, si de esta muestra adicional se encuentran otros 2 defectuosos, se rechazará el lote del que fue extraída la muestra; en el caso de que no se encuentren ningún defectuoso en el segundo lote se deberá sacar una tercera muestra de 10 unidades de albañilería, debiéndose presentar ningún defecto para aceptar el lote por inspección previa; de los especímenes extraídos que hayan cumplido satisfactoriamente la inspección previa, se extrae 3 bloques que serán empleados para verificar los ensayos de resistencia a la compresión y absorción de agua.

El lote estará de acuerdo a la norma correspondiente si el promedio de la resistencia a la compresión y a la absorción de agua del lote, así como, de cada espécimen, cumplen con los valores indicados en la norma; si la resistencia promedio a la compresión y de la absorción de agua de la muestra cumplen con los requisitos de la norma, pero, sólo un espécimen no cumplió con alguno de los requisitos de la norma correspondiente, se ensayará una muestra adicional de 6 especímenes, tomados al azar de dicho lote, para ese caso el lote estará de acuerdo a la norma correspondiente sólo si el promedio de la resistencia a la compresión y la absorción de agua en el total de 9 especímenes, cumplen con los requisitos de la norma correspondiente, y siempre que todos los especímenes de la muestra adicional cumplan con todos los requisitos de la norma correspondiente [8].

Las unidades a inspeccionar deberán estar enteras y libres de rajaduras ú otros defectos que pudieran interferir con su correcta colocación o perjudicar al bloque en lo que se refiere a su resistencia en la edificación; se pasarán por alto las pequeñas fallas circunstanciales, resultantes del manipuleo propio de almacenado y / o distribución de los mismos; solamente se aceptará que, un máximo de 5% de las unidades, de una partida despachada tenga defectos, dichos defectos podrán tener una longitud no mayor de 25 mm, en cualquier sentido (Fig. 2.01).

Para las unidades a ser usadas, en superficies expuestas, deberán de ajustarse a las muestras las cuales no pasarán de cuatro unidades representativas (para el rango de textura y color permitidos), el ensayo a realizar consistirá en no presentar defectos perceptibles a una distancia menor de 6 m (bajo iluminación difusa). Las unidades a ser revocadas o estucadas deben presentar una rugosidad aceptable, con el objetivo de lograr una adecuada adherencia.

En lo referente a las medidas totales de largo, alto y ancho de las unidades, estas pueden diferir en un máximo de ± 3 mm de las medidas específicas, designadas por el

fabricante (medidas reales), cabe resaltar, que la variabilidad o tolerancia dimensional para cada tipo de bloque determina el espesor mínimo de mortero requerido en las juntas (horizontal y vertical). Acerca de la densidad de los bloques, se deberá aceptar un valor característico de 1.6 - 1.7 kg / dm³, según, el destino a usar del bloque (tabique y / o muro de carga).

B.- Ensayos de bloques.-

En el proceso de calidad de las unidades de albañilería, existen diversos ensayos, entre los cuales tenemos: Ensayo de Compresión; Densidad; Módulo de Elasticidad; Alabeo; Succión; Absorción; Contenido de Humedad.

1.- Ensayo de Compresión.-

La resistencia a la compresión es, por sí, la principal propiedad de la unidad de albañilería. Los valores altos de la resistencia a la compresión señalan buena calidad para todos los fines estructurales y de exposición, en cambio, los valores bajos son muestra de unidades que producirán albañilería poco resistente y poco durable. La resistencia a la rotura (por compresión) debe ser suficiente para soportar las cargas a que estarán sometidos los muros.

Lamentablemente, esta propiedad es difícil de medir adecuadamente; de un lado, la gran variedad de formas y dimensiones de las unidades (principalmente de sus alturas) impide relacionar el resultado del ensayo de compresión con la verdadera resistencia de la masa componente, esto se debe a los efectos de la forma y de la esbeltez en el valor medido y, a la restricción ocasionada por los cabezales de la máquina de compresión que modifica el estado de esfuerzos en la unidad.

Cuando hablamos de resistencia, hablamos de la capacidad del material para resistir los esfuerzos de compresión, además de resistir esfuerzos de tensión, esfuerzos de corte y esfuerzos de adherencia, todo depende de las dosificaciones de los agregados y de la capacidad de liga de los aglomerantes, con las cuales se fabrican los bloques; para hablar acerca de la resistencia de los bloques, se debe conocer la denominada "Carga última de rotura (f'_c)", el cual, es el esfuerzo último de compresión, obteniéndose al aplicar a una probeta de concreto, un ensayo de compresión, posterior a los 28 días de curado (Tabla 2.01).

Los bloques se fabrican con Concreto Estructural ($f'_c = 140$ kg / cm²), estructuralmente, los bloques son de dos tipos: **Tipo I**, los cuales se destinan a soportar cargas (Concreto Ligero Estructural) y; **Tipo II**, que solo actúan como tabiques divisorios (Concreto Ligero No Estructural); la norma ITINTEC 339.005 muestra una correlación para valores mínimos de resistencia a la compresión que deben tener los diferentes tipos de bloque. (Tabla 2.02)

El ensayo se realiza sobre unidades secas, aplicando una carga perpendicular a la cara de asiento de la muestra, coincidiendo con la dirección, en el cual va a soportar el muro; previamente se alisan las caras con un mortero de cemento y yeso u otro material, de tal forma, que su resistencia sea mayor o igual al bloque para lograr un contacto uniforme con los cabezales de la máquina de compresión. La velocidad de carga será de 20 - 30 kg /

cm² / minuto; dichos ensayos se deberán realizar tanto para los bloques como unidad (f'_b) y los bloques como conjunto (f'_m) (Fig. 2.02).

a).- Unidades.-

Los bloques deberán de ensayarse, individualmente, para determinar la resistencia a la compresión (f'_b); el bloque se expondrá, a una fuerza de compresión, hasta alcanzar su rotura, ensayándose de 3 a 5 unidades, por cada 400 m² de mampostería (en obra) ó planta ejecutada (en fábrica), tomándose el menor de los valores obtenidos, para luego determinar el promedio de estos, los resultados se evaluarán estadísticamente obteniendo el valor de la resistencia característica, el cual, es el límite máximo de aceptación, admitiendo hasta un 10% de valores defectuosos (para su evaluación). La resistencia a la compresión axial (f'_m) se determina, dividiendo la carga de rotura (P_u) entre el área neta (A_n) del bloque.

$$f'_b = \frac{P_u}{A_n} \text{ (kg / cm}^2\text{)}$$

b).- Albañilería.-

Se requiere de prismas de albañilería, conformados por el ensamblaje de más de dos bloques, unidos por mortero, uno encima de otro; para someterlos a compresión axial simple.

La resistencia prismática (f'_m), viene a ser el cociente, resultante de la división entre la carga máxima y el área de la sección transversal (cuando el prisma tenga sus huecos rellenos de concreto, debe de usarse el área bruta, obtenidas al realizarse la medición de las unidades; si los tuviera vacíos, se calculará tomando en cuenta, sólo el área de contacto).

Los prismas debe de construirse reflejando al máximo las condiciones de los materiales y mano de obra, que tendrán efectivamente en la construcción, por ningún motivo se aceptará algún refuerzo vertical dentro de los prismas.

Con respecto a los huecos de las unidades, estos se rellenarán, con concreto de relleno (sólo en el caso que se requiera, en obra); el llenado con el concreto de relleno, se realizará desde el extremo superior del mismo, dos días después de construido el prisma, utilizando el mismo método de hurgamiento, usado en obra.

Todos los prismas serán de las mismas dimensiones, cada espécimen deberá ser del mismo espesor que el muro en la estructura; la longitud del espécimen deberá ser igual o mayor que el espesor del mismo y, con respecto a la altura del espécimen, este deberá ser, al menos el doble de su longitud (esbeltez = altura / ancho >2), y con un mínimo para la altura de 39 cm. (altura > 39 cm).

c).- Resistencia Característica.-

Después de haber realizado las pruebas de resistencia mecánica de los bloques de concreto, se procede a realizar la interpretación de los mismos, sobre el análisis de datos y computo estadístico, calculándose la denominada resistencia característica.

$$f'_{bk} = \bar{f}'_b \times \left(1 - m' \times \frac{v}{100}\right)$$

Donde:

m' = factor, su magnitud depende de valores defectuosos aceptables y del tamaño de la muestra.

v = Coef. de variación (%).

$$v = \frac{S_n \times 100}{\bar{f}'_b}$$

S_n = Desviación Estándar.

\bar{f}'_b = Promedio aritmético de los ensayos.

La resistencia característica se establece en el promedio de tres elementos, considerando que cada espécimen no se encuentre por debajo del valor mínimo determinado. Además, la resistencia característica y la desviación estándar son los principales indicadores de la calidad de la producción sobretodo para realizar los ajustes de la cantidad de cemento en la mezcla, procedimiento que se puede denominar “criterio de rendimiento del cemento”, se define como; El cociente entre el consumo de cemento por metro cúbico de concreto (aplicado en la dosificación) y la resistencia característica obtenida, de tal forma que el consumo de cemento se obtendrá multiplicando el rendimiento por la resistencia que se desea obtener.

d).- Dosificación Optima.-

Una vez determinada las proporciones de los materiales a utilizar se deberán realizar mezclas de prueba y ensayar los bloques a compresión (Anexo 2.01), con la finalidad de obtener una dosificación ideal; y para el cual, debe tenerse presente que el curado juega un papel importante en la elaboración del bloque.

El curado (Fig. 2.03) es sumamente importante y determinante en la elaboración del bloque y aún más cuando se usa el riego por aspersion, pues, debemos tener presente que, tanto, el desmolde inmediato y la textura porosa del concreto, originan una rápida evaporación del agua de la mezcla, a esto se suma la existencia de una gran parte del cemento que no ha sido hidratada, debido a la baja relación agua / cemento. Cuando el curado se realiza por un periodo mínimo de 7 días, la resistencia aumenta en un 20%, de igual forma el curado controla posibles contracciones que puedan ser causas frecuentes de grietas notables en los muros a construir.

El control de calidad en la elaboración del bloque puede realizarse con la evaluación de la desviación interna del ensayo (within test), la cual permite evaluar con suficiente precisión, la calidad con que se efectúan todos los procedimientos y métodos de preparación de las muestras y la calidad con que se realizan los ensayos de resistencia mecánica. El valor obtenido del coeficiente de variación interna indica el grado de control obtenido para el tratamiento y ensayo de la muestra, lo que permite, en aquellos casos donde los resultados son aceptables y / o deficientes, buscar medidas de solución a las elevadas dispersiones que ocurren en un mismo ensayo (Tabla 2.03).

e).- Ensayo de Corte.-

El ensayo más utilizado para determinar la resistencia al corte o resistencia a la tracción diagonal es, probablemente, el de corte o compresión diagonal (Fig. 2.04).

“Seguramente por la similitud de la forma de falla del ensayo con la forma de falla de ciertos muros de edificaciones ante acciones sísmicas, muchos investigadores lo han considerado como el ensayo representativo ideal, cuando las condiciones de borde son, por lo general, totalmente diferentes entre ensayo y realidad. Estrictamente hablando, el valor de este ensayo es ser, un método simple y práctico de evaluar las resistencias al corte y a la tracción diagonal de diferentes albañilerías” [3].

El testigo estándar es un murete de 1.20 m. Se hace de la albañilería cuyas características se quiere determinar y del espesor del muro investigado, se puede usar especímenes de menor dimensión; esto es posible siempre y cuando se calibren los resultados, ya que los especímenes más pequeños producen resultados mayores para la misma albañilería, y que no se reduzca tanto el tamaño que ya no constituya un ensayo de la albañilería sino de la unidad.

Los testigos se elaboran en el laboratorio y no se mueven durante siete días; luego de eso se almacenan, no se curan, hasta la fecha de ensayo (28 días después).

El ensayo consiste (cuando no se aplica la compresión perpendicular a la junta) en cargar diagonalmente el murete con una carga de compresión creciente y a un ritmo controlado hasta la rotura.

f).- Resistencia a la Tracción.-

La resistencia a la tracción de la albañilería es relativamente pequeña y muy variable. En la mayor parte de aplicaciones para albañilería, esta resistencia se supone nula. Sin embargo, existen ocasiones en las que se utiliza, ello ocurre cuando se trata de: muros confinados sometidos a carga coplanar ó, muros arriostrados de albañilería simple sometidos a cargas laterales perpendiculares a su plano, particularmente (como es el caso de muros no-portantes) cuando no existen cargas verticales.

La determinación de la resistencia a tracción coplanar se hace, normalmente, por métodos indirectos; por ejemplo, aplicando fuerzas de corte que ocasionan fallas de tracción diagonal del espécimen, o aplicando compresiones diametrales que ocasionan tracciones indirectas. La determinación de la resistencia a tracción por flexión (o módulo de ruptura) se hace mediante ensayos directos de flexión.

El ensayo de tracción indirecta (Fig. 2.05) se efectúa en la máquina de compresión sobre una unidad seca a la cual se ha fijado con precisión (arriba y abajo del plano de rotura), una barra de acero de pequeño diámetro. El resultado del ensayo de la resistencia de la tracción indirecta (f_{bt}^t) se obtiene de la fórmula siguiente:

$$f_{bt}^t = \frac{2 \times P_u}{\pi \times b \times t_b}$$

Donde:

P_u = Carga de rotura.

b = Ancho de la unidad.

t_b = Altura.

El ensayo de tracción por flexión se efectúa en la máquina de compresión sobre una unidad entera a la cual se apoya con una luz no mayor de 18 cm y se carga al centro. El resultado del ensayo es el módulo de ruptura (f_{br}^r), que se obtiene de la fórmula siguiente:

$$f'_{br} = \frac{3 \times P_u \times l}{2 \times b \times t_b^2}$$

Donde:

P_u = Carga de rotura.

l = Luz entre ejes de apoyos.

b = Ancho de la unidad.

t_b = Altura.

2.- Densidad.-

Es imposible buscar una ley general que relacione la densidad de la unidad y su resistencia a la compresión; sin embargo, para los mismos materiales básicos existe una relación directa entre la densidad y resistencia a la compresión (a mayor densidad mayor resistencia).

$$D = \frac{P_a}{(P_{sss} - P_s)} \times 1000 \text{ kg/m}^3$$

Donde:

D = Densidad del bloque (kg/m^3).

P_a = Peso sumergido en agua y suspendido (kg).

P_s = Peso seco al horno a 105°C (kg).

P_{sss} = Peso saturado superficialmente seco (24 hrs. sumergido en agua)(kg).

3.- Módulo de Elasticidad (E_b).-

a).- Rigidez.-

Es el grado de dificultad para deformarse que posee un material cuando se le somete a esfuerzos de compresión; el bloque resiste la deformación hasta alcanzar el denominado "Punto de Rotura", donde el material se fractura, en el preciso instante en que los esfuerzos internos sobrepasan el límite elástico, y es a partir del cual donde los materiales elásticos se deforman, sin incremento de carga.

A través de los años, el bloque soporta una acción de cargas permanente, para el cual los materiales elásticos soportan una deformación diferida, dicha deformación es proporcional a la magnitud de la carga, asimismo, los muros construidos con bloques de concreto soportan cargas, y con el transcurso del tiempo, adquieren una tendencia a cambiar de forma ó tamaño; sin embargo, no existe un grado de proporcionalidad entre los esfuerzos y las deformaciones y; el material tiende a fracturarse antes de empezar a deformarse.

Para realizar la prueba se recomienda ensayar 10 unidades, los cuales estarán sometidos a esfuerzos de compresión axial; midiendo las deformaciones para cada tonelada de carga podremos graficar la curva "Deformación Unitaria vs. Carga Axial", obteniéndose la pendiente de la secante a la mitad de la resistencia ultima, es decir, $0.5F_b$ (Fig. 2.06).

4.- Alabeo.-

En las unidades apilables, las deformaciones superficiales de concavidad y convexidad no podrán ser absorbidas por el mortero, por ello, es preferible que las

unidades se apoyen unas con otras, en forma uniforme, evitando así, se formen concentraciones de esfuerzos y exista estabilidad en el proceso constructivo del muro.

El alabeo se mide colocando de canto la regla, sobre cada una de las diagonales de la cara del bloque é introduciendo una cuña graduada en forma perpendicular a la regla en el punto correspondiente a la flecha máxima, según se trate de concavidad y / o convexidad; la planitud y uniformidad de la superficie de los tableros de madera son fundamentales para evitar problemas de alabeo y dimensiones. La tolerancia en el alabeo para unidades apilables deberá ser mucho menor a la señalada por la norma E – 070 (Tipo I - 4 mm; Tipo II - 8 mm) (Fig. 2.07).

5.- Durabilidad.-

Característica definida como la capacidad de soportar las condiciones de uso, la resistencia mecánica, la acción de los agentes climáticos y a la exposición de cualquier otro factor de deterioro; es decir, el material de los bloques debe de conservar su forma original, su calidad y sus propiedades de servicio; los cuales estarán asegurados con la práctica de un buen diseño, el uso de materiales óptimos y de buenas prácticas constructivas. Una edificación durable se valoriza con el tiempo, adquiriendo un buen valor de reventa; el principal aspecto de la durabilidad se refiere al intemperismo (Tabla 2.04); El efecto de la exposición a la intemperie de las unidades es dependiente del índice de intemperismo.

“Índice de Intemperismo; equivale al producto del promedio anual de días con ciclos de congelamiento y el promedio anual de la precipitación invernal medida en pulgadas; el día de ciclo de congelamiento es cualquier día en el cual la temperatura del aire pasa por encima o por debajo de 0° C; el número promedio de días con ciclos de congelamiento, en un año, es igual a la diferencia entre el número medio de días con temperatura mínima de 0° o menos y el número medio de días con temperatura máxima de 0° o menos. La precipitación invernal es la suma, en pulgadas, de la precipitación media mensual que ocurre durante el periodo entre la primera helada temprana en el otoño y la fecha normal de la última helada de la primavera; La precipitación invernal para cualquier periodo es igual a la precipitación invernal obtenida anteriormente menos un décimo de la caída total de nieve, hielo ó granizo. La precipitación para cualquier porción de un mes se obtienen mediante el prorrateo”. [3]

Se considera como zona con intemperismo, severa, a la que tiene un índice de intemperización de 500 ó más; moderada, a la que se encuentra entre 100 y 499; e insignificante, a la que tiene un índice de 99 ó menos. Las zonas de climas marítimos en las latitudes extremas de los continentes, son por lo general zonas con intemperización severa; la mejor manera de establecer la durabilidad para situaciones con intemperización severa es someter a las unidades de albañilería a ciclos alternados de hielo y deshielo; para las zonas con intemperización moderada es suficiente determinar las características de absorción y de resistencia, de la unidad de albañilería.

6.- Succión.-

Es la medida de avidéz de agua de la unidad en la cara de asiento, siendo la característica fundamental para definir la adherencia mortero–unidad en la interfase de contacto. (2.08). La resistencia a tracción de la albañilería, considera que para succiones mayores a 40 gr / minuto en un área de 200 cm² es requisito indispensable del proceso constructivo, que las unidades se humedezcan, siguiendo técnicas adecuadas, para modificar la succión de asentado. La succión no es crítica en cuanto a la adherencia para el caso de bloques diseñados con acero de refuerzo a lo largo del mismo, pues la misma estará determinada por el sistema que se forma al rellenarlos con el concreto fluido, pero a

su vez, será importante para decidir la fluidez de dicho concreto y que no se presente discontinuidades en el llenado (Tabla 2.05).

7.- Absorción.-

Relacionada con la capacidad de absorber agua por parte de la unidad de albañilería; se procede al ensayo, sumergiendo el bloque en agua, por 24 hrs.; después se retira y seca superficialmente, con el objetivo de pesarla, luego se lleva al horno y finalmente se pesa. Según la norma, para bloques de concreto se acepta un % de absorción máxima de 12 % (Fig. 2.09).

$$\%A_b = \frac{(P_{sss} - P_s)}{P_s} \times 100$$

Donde:

$\% A_b$ = % de Absorción de Agua.

P_s = Peso seco del bloque (105°C) (kg).

P_{sss} = Peso saturado superficialmente seco (24 hrs. sumergido en agua) (kg).

El coeficiente de saturación se obtiene de la relación entre absorción y absorción máxima, proporcionando una referencia de durabilidad; por lo general, para bloques de concreto, el coeficiente de saturación es 1.00.

8.- Contenido de Humedad.-

$$\%w = \frac{(P_h - P_s)}{P_s} \times 100$$

Donde:

$\%w$ = Contenido de humedad en %.

P_h = Peso del bloque en condiciones normales (kg).

P_s = Peso del bloque seco al horno a 105°C (kg).

9.- Resistencia al fuego.-

Es la dificultad que ofrece un material para quemarse; lo importante es determinar el tiempo en que demora su carbonización, en general, el bloque de concreto posee una resistencia al fuego, el cual es mayor que la de cualquier otro elemento de concreto ordinario, debiéndose a que el "Concreto Ligero" tiene menor tendencia a descascararse. El bloque de concreto no requiere de un ningún tratamiento para resistir al fuego (Tabla 2.06).

10.- Variabilidad dimensional.-

La variabilidad dimensional define la altura de las hiladas, ya que se manifiesta, con mayores variaciones, en la necesidad de aumentar el espesor de las juntas de mortero por encima de lo estrictamente necesario por adhesión, el cual es de 9 a 12 mm, conduciendo a una albañilería menos resistente en compresión (Fig. 1.19).

TABLAS Y CUADROS

RESISTENCIA A LA COMPRESION

TIPO DE BLOQUE	ROTURA A LA COMPRESION f_c (kg / cm ²)	DENSIDAD APARENTE kg / dm ³	ALABEO MAXIMO En mm (*)
Tipo I Muros de carga	140	1.70	3
Tipo II Tabiquerías	60	1.60	3

(*) El alabeo se medirá para concavidad y convexidad;

Fuente: Norma E.070

Tabla 2.01

RESISTENCIA MINIMA A LA ROTURA POR COMPRESION

Clasificación de los bloques según resistencias		
Tipo	Dimensión (cm)	Resistencia a la compresión f_b (kg / cm ²)
BI	10 x 20 x 40	40
	30 x 20 x 40	40
BII	10 x 20 x 40	50
	30 x 20 x 40	50
BIII	10 x 20 x 40	70
	30 x 20 x 40	70
BIV	10 x 20 x 40	100
	30 x 20 x 40	100
BV	10 x 20 x 40	120
	30 x 20 x 40	120

Fuente: ITINTEC N° 339.005-70 [31]

Tabla 2.02

VALORES DEL COEFICIENTE DE VARIACION INTERNA DEL ENSAYO PARA DIFERENTES GRADOS DE CONTROL [1]

TIPO DE OPERACION	GRADO DE CONTROL				
	Excelente	Muy Bueno	Bueno	Aceptable	Deficiente
Control en (campo ó Planta)	< 3.0	3.0 - 4.0	4.0 - 5.0	5.0 - 6.0	> 6.0

Tabla 2.03

INTEMPERISMO EN BLOQUES DE CONCRETO

TIPO DE UNIDAD	CONDICIONES DE USO	
Cualquier tipo	Para superficies que no están en contacto directo con lluvia intensa, humedad, terreno ó agua	
Bloque tipo III	Temperaturas superiores al punto de congelación del agua	Superficies expuestas al contacto directo con el agua, la humedad del terreno o lluvia intensa
Bloque Tipo IV y V	Ambientes salinos y temperaturas inferiores al punto de Congelación del Agua	

Fuente: *IIINTEC 339.005-70* [7]

Tabla 2.04

PROPIEDADES GENERALES DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERIA [3]

PROPIEDAD	ARCILLA		SÍLICE-CAL	CONCRETO	
	1	2		1	2
Resistencia (MPa)	2 - 6	6 - 100	14 - 30	2 - 6	6 - 28
Estabilidad volumétrica (%)	Expansión 0.00 - 0.015	Expansión 0.00 - 0.015	Contracción 0.01 - 0.035	Contracción Severa 0.05 - 0.10	Contracción 0.02 - 0.05
Densidad (kg / m ³)	1400 - 1700	1600 - 1900	1700 - 2000	1600 - 1800	500 - 2300
Variabilidad dimensional (+-%)	Grande 5 - 8	Media a reducida 3 - 5	Muy reducida 1 - 3	Grande 5 - 8	Media a reducida 3 - 5
Succión (gramos)	Muy elevada +60	Elevada a correcta 5 - 40	Correcta 10 - 30	Correcta 10 - 30	Correcta 10 - 30
Característica de Asentado	Mala	Buena	Buena	Mala	Buena
Absorción máx. (%)	Alta 15 - 30	Media a muy reducida 1 - 20	Media 7 - 16	Alta 10 - 18	Media 8 - 12
Riesgo de Eflorescencia	Grande	Grande	Nulo	Escaso	Escaso
Durabilidad	Mala	Buena a excelente	Muy buena	Mala	Buena a muy buena
Resistencia al Fuego	Moderada	Muy buena	Buena	Moderada	Buena
Expansión Térmica (x 10 ⁶ /°C)	5 - 8	4 - 6	8 - 14	10 - 12	10

Tabla 2.05

RESISTENCIA AL FUEGO EN BLOQUES DE CONCRETO [1]

ESPEJOR DEL BLOQUE (cm)	TIEMPO DE RESISTENCIA (minutos)
19	180
14	120
09	70

Tabla 2.06

FIGURAS

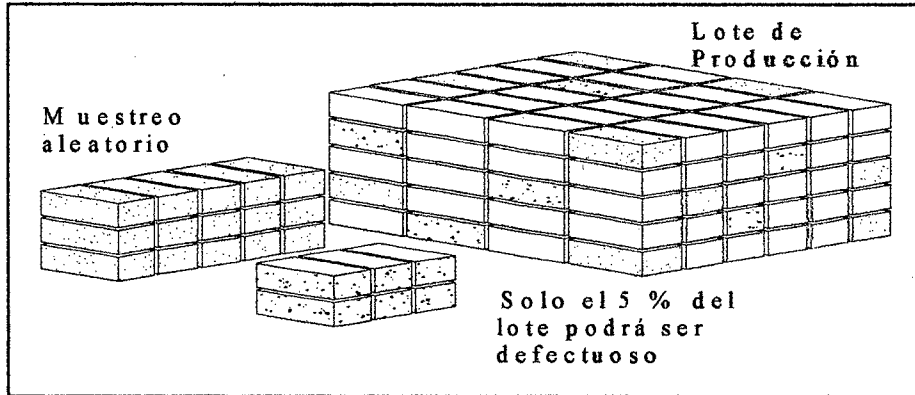


Fig. 2.01. Muestreo Aleatorio

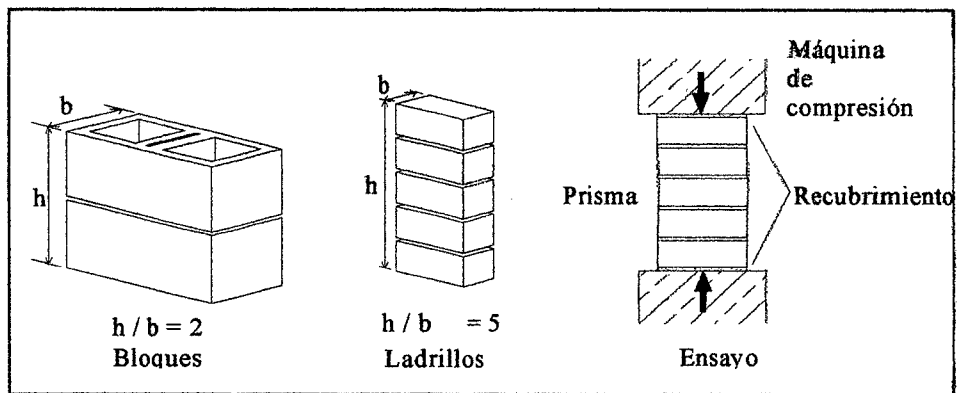


Fig. 2.02. Ensayo de Compresión

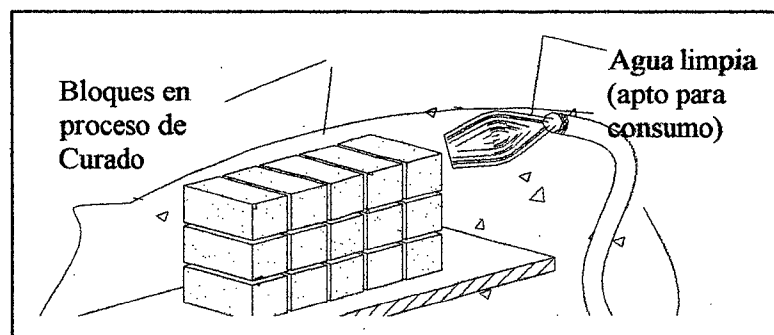


Fig. 2.03. Curado de los bloques

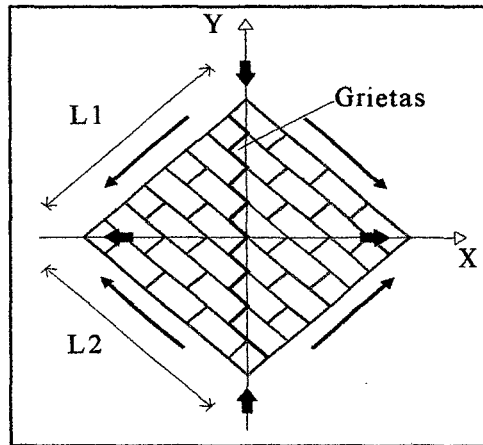


Fig. 2.04. Ensayo de Corte.

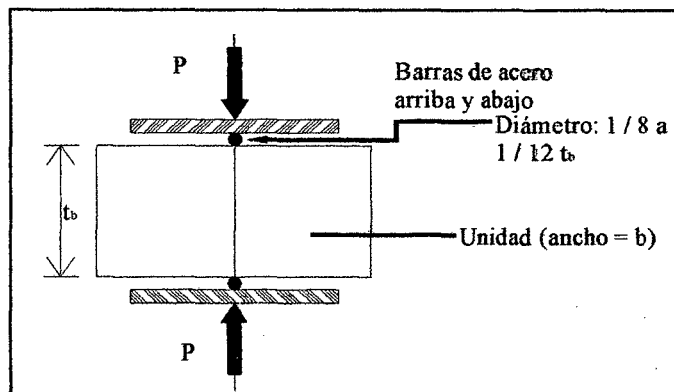


Fig. 2.05. Ensayo de tracción indirecta en la unidad de albañilería.

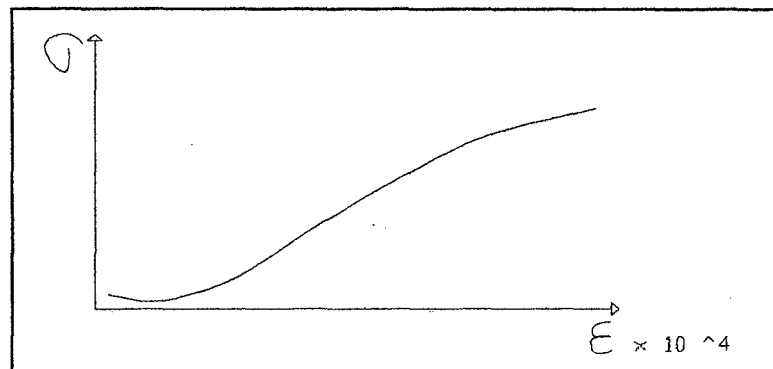


Fig. 2.06. Gráfica Esfuerzo vs. Deformación

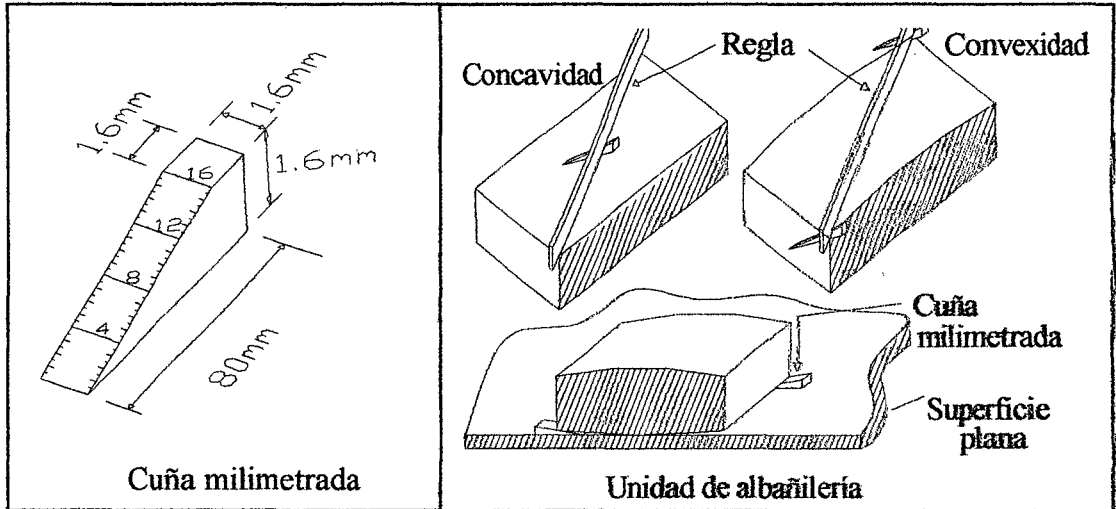


Fig. 2.07. Ensayo de Alabeo

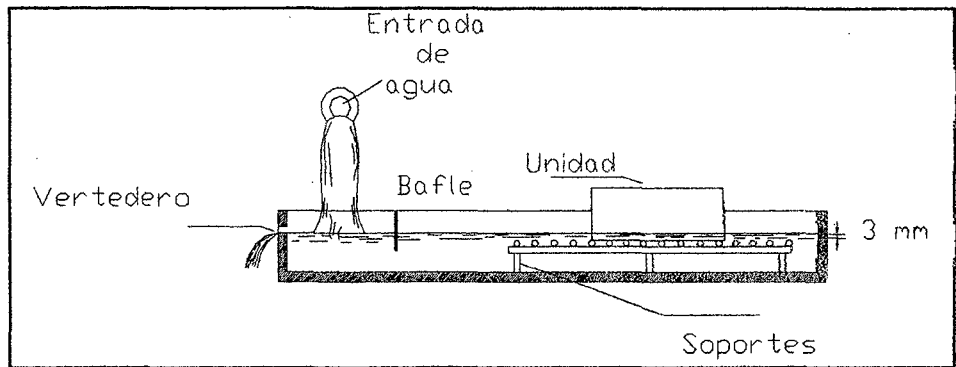


Fig. 2.08. Ensayo de Succión

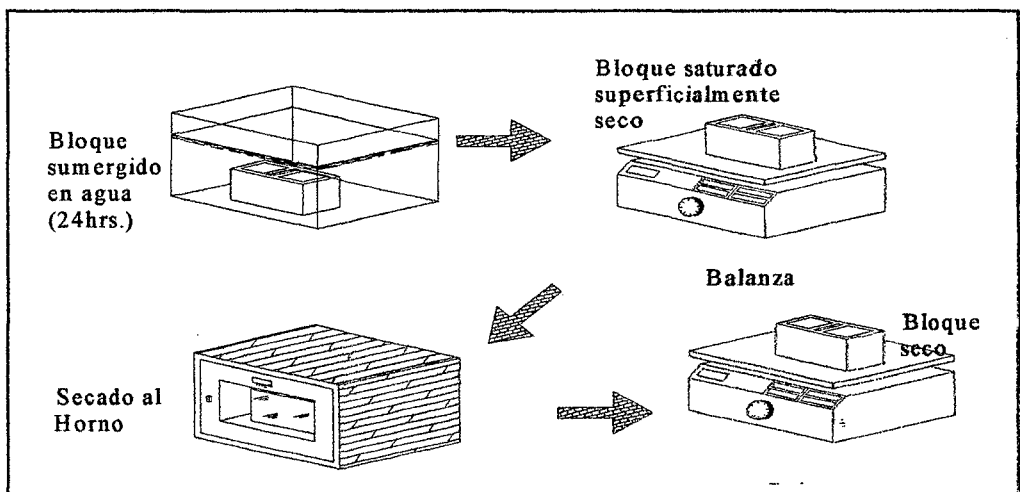


Fig. 2.09. Ensayo de Absorción

CAPITULO TERCERO

CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCION DE MUROS

I.- GENERALIDADES.-

En el Perú y el mundo, las edificaciones deben ser diseñadas y construidas de modo que aseguren un buen comportamiento estructural frente a las acciones sísmicas; existen un sin número de recomendaciones y normas, cuya finalidad es la de garantizar el buen comportamiento de la estructura, basándose en un buen diseño y un buen proceso constructivo. Una edificación de albañilería de concreto puede contrarrestar la ocurrencia de daños secundarios no estructurales; estas edificaciones cuentan con todas las funciones requeridas para lograr un sistema constructivo altamente eficiente; el muro, a la vez, estructura y acabado, cierre y división, posee aislamiento térmico y acústico, teniendo la capacidad de alojar conductos de agua y electricidad.

La construcción con bloques de concreto requiere de una supervisión constante, pues, cada uno de los elementos que conforman la edificación es parte integral de la misma, por esta razón, es de suma importancia determinar los patrones de colocación de las unidades, traslapes de las piezas, encuentros de muros y, refuerzos de la albañilería de concreto, consiguiendo que todos los elementos estructurales que conforman los muros, trabajen de forma integral en la transmisión de esfuerzos (Fig. 3.01), asimismo, las tensiones internas, producidas por fenómenos externos, debieran ser controladas convenientemente.

Es por esta integración, que se logra la solución más económica en el diseño estructural de la albañilería (Confinada ó Armada); la competencia frente a acciones sísmicas y la economía de recursos son cualidades naturales de la albañilería de concreto, las cuales quedan establecidas mediante ensayos de laboratorio y experiencias constructivas, permitiendo lograr la racionalización indispensable en el comportamiento estructural, consiguiendo una construcción de edificaciones de bajo costo. Al construir una edificación basándose en albañilería de concreto, se debe tener presente ciertos criterios de diseño, los que se ven vinculados al diseño arquitectónico, diseño estructural y modulación.

A.- Diseño Arquitectónico.-

Todo proyecto de edificación, debe ser concebido de acuerdo a ciertos parámetros, los cuales se ven ligados al uso eficaz del mismo, siendo necesario elaborar un programa inicial que incluya las solicitudes del usuario con respecto a la edificación, dicha información será procesada por el proyectista (Fig. 3.02), él mismo que se encargará de moldear dichas peticiones en planos (distribución, detalles constructivos, cortes, elevaciones, etc.), en estos planos se indicarán las distancias entre ejes de muros, dimensiones y niveles de los ambientes, tipos de acabados, tipo de albañilería, distancia entre forjados y entre elementos estructurales verticales. Aquí, en el Perú, existen normas, las cuales especifican los requerimientos mínimos para el diseño de casas, edificios multifamiliares, oficinas, etc.

B.- Configuración Estructural.-

1.- Distribución de muros.-

Es realmente importante que la cantidad de muros sea igual en cada una de las direcciones principales de la edificación, de la misma forma, que todos ellos sean del mismo largo (Fig. 3.03); dichas exigencias son imposibles de cumplir en la práctica, pero, debe tenderse hacia ellas; con respecto a su ubicación en planta, debe buscarse la simetría en la distribución de los mismos, con el propósito de minimizar la distancia entre el centro de masas y el centro de rigidez, ya que es indudable que los fenómenos de torsión tienen una mayor importancia de la que se les ha adjudicado hasta ahora.

2.- Forma.-

La forma del edificio, es decir, su aspecto volumétrico debe poseer simetría, continuidad, robustez y competencia torsional (Fig. 3.04); se debe de evitar edificios de forma irregular (en "L" "T" "U" ó "+") en caso necesario se debe subdividir el edificio en formas regulares que puedan responder independientemente.

3.- Diafragma horizontal.-

Después de la cimentación, el primer elemento en recibir la fuerza horizontal (sismo y / o viento) es el diafragma horizontal, comportándose como una gran placa de concreto (paralelo al plano de la fuerza) o como vigas horizontales de gran peralte, debiendo de amarrar al conjunto de muros y distribuir las fuerzas laterales a los mismos (en función de su rigidez relativa); el diafragma horizontal es muy importante en lo que respecta a la absorción de energía recomendándose que siempre lleve una viga entre el

entrepiso y el muro, de manera que trabaje como un solo elemento, que disipe la energía, sin llegar al colapso.

Asimismo, los dinteles tienen una función importante, cuando trabajan como vigas de acoplamiento dando rigidez y ductilidad, pudiendo ser indispensable desde los 6 a más pisos; pues para los de menor número de piso no se requiere tanta ductilidad o en todo caso los muros pueden ofrecérselo; en cambio a partir del 6 ó 7 piso, la ductilidad del muro requiere corregir los acoplamientos para obtener una ductilidad y rigidez del sistema

Por otro lado los diafragmas horizontales deben de poseer los atributos de simetría, continuidad, robustez y competencia torsional (Fig. 3.05). Para lograr el funcionamiento competente de los diafragmas es necesario que las aberturas inevitables (por ejemplo, para la circulación vertical) se ubiquen, de manera, que no desmejoren sensiblemente dichos atributos básicos.

El material usual para la construcción de entresijos y techo es el concreto armado, el cual puede satisfacer en principio y sin detallado especial los requisitos de un diafragma rígido; sin embargo, entre los entresijos y techo de concreto armado debe distinguirse entre; losa unidireccional (Nervada o Aligerada) y losa multi-direccional (maciza); entre ambas, es preferible el uso de losa maciza, pues, es potencialmente un mejor diafragma horizontal y porque transmite carga de gravedad a todos los muros de albañilería, proveyéndolas de una pre-compresión, sumamente útil para resistir las tracciones (originadas por las fuerzas sísmicas). *“...Por otro lado, la losa maciza permite minimizar los acabados y aunque su costo es mayor que el de una losa nervada o aligerada, cuando se analiza la edificación integralmente, ella constituye la solución más económica.... [9]”*.

4.- Detallado. -

La albañilería es muy sensitiva en lo que al detallado se refiere en función a su comportamiento estructural, debe analizarse la ubicación y tamaño de los vanos, las características de los alféizares y de los dinteles.

Los vanos deben ser ubicados uno sobre otro y su ubicación en planta debe respetar el principio de uniformar los largos de los muros (Fig. 3.06); los muros de largo reducido son inútiles frente a las sollicitaciones sísmicas, siendo, además; de difícil construcción; los vanos que se desplacen de un lugar a otro en elevación, concentran esfuerzos e impiden el correcto funcionamiento de los muros de corte.

Los alféizares deben ser separados de los muros, en caso contrario, contribuyen a la rigidez, pero no a la resistencia de los muros frente a la acción de corte, creando severas concentraciones de esfuerzo.

Los dinteles constituyen un obstáculo constructivo, pues tienden a causar concentraciones de esfuerzos, excepto que se conviertan en soleras corridas (como parte del diafragma horizontal) a lo largo de todos los muros; la mejor práctica es no colocar dinteles y llevar los vanos (ventanas y puertas) de piso a techo, es decir, hasta el fondo de las losas del diafragma horizontal.

C.- Diseño y Cálculo Estructural.-

1.- Diseño.-

Uno de los objetivos en el proceso del diseño es la reducción de masas en la edificación, siendo una condición básica é indispensable para lograr una eficiente resistencia sísmica, implicando, una reducción proporcional de los costos y una optimación de los diseños, sustentándose en el empleo de muros cuyos espesores son 10, 15 ó 20 cm (Fig. 3.07). El uso de estos espesores es un logro tecnológico integral, para ello, es imprescindible disponer de unidades de albañilería de elevada calidad y con uniformidad en sus dimensiones, lo cual está garantizado con el uso de la albañilería de concreto, los mismos que deberán de contar con diseños detallados que den seguridad sísmica y economía.

Dicho diseño estructural, se expresará en los planos de estructuras garantizando la estabilidad de los muros y cimentaciones, determinación de espesores, evaluación de esfuerzos, ubicación de juntas de control, etc.; en dichos diseños se considerará una resistencia a la compresión, la cual será la que tendrá el bloque, en el proceso constructivo.

2.- Cálculo.-

El cálculo estructural nos permite conocer el refuerzo que requiere determinado elemento de albañilería que forma parte de una edificación, por lo mismo, se deberá tener presente las diferentes condiciones de carga, como son las acciones verticales actuantes que determinan la carga total que deben de soportar los muros, las acciones horizontales (carga de viento y / o carga sísmica).

El primer paso en el proceso del cálculo de las edificaciones de albañilería, en áreas sísmicas, es la determinación del "Cortante Basal". En el Perú, de acuerdo al reglamento nacional de construcciones, este se determina de acuerdo a la fórmula.

$$H = \frac{Z \times S \times C}{R_d} \times P$$

donde:

H = Cortante Basal.

R_d = Reducción de ductilidad.

Z = Coeficiente de zona sísmica.

S = Coef. de amplificación por suelo

P = Peso total de la edificación + % (S / C) (en edificaciones A y B, 50%; en edificaciones C, 25% de la carga viva)

El segundo paso, es distribuir los cortantes, en función de la rigidez relativa de los muros de corte, con la debida consideración de las torsiones reales y accidentales que se deriven de la forma y distribución de los muros de la edificación y de las exigencias mínimas reglamentarias; para tal propósito se asume diafragmas rígidos horizontales y muros de corte, acoplados en cada nivel. No existe acuerdo con relación al mejor método para definir la rigidez de cada muro é idealizar matemáticamente el comportamiento de la estructura.

Finalmente; una vez distribuidas las fuerzas sísmicas equivalentes, el último proceso es verificar y diseñar cada muro de corte para un sistema de cargas (fuerzas verticales de gravedad y fuerzas horizontales coplanares de sismo); se trata de confirmar el

espesor asumido del muro, para no exceder los esfuerzos admisibles (compresión y corte) y, luego proveer armaduras para los esfuerzos de tracción (por flexión y tracción diagonal) y las armaduras requeridas por ductilidad.

En el proceso de verificar la ductilidad, se debe también, verificar el control de daños, es decir, la limitación de las medidas inelásticas; al diseñar una estructura, se supone que esta, se diseñará para un determinado comportamiento en el rango elástico, para lo cual debemos generar la ductilidad, limitando la deformación máxima, debiéndose llegar a un balance entre resistencia y dicha deformación, de manera de generar la absorción de energía que se requiere.

La deformación debida máxima no debe exceder de cierto valor ($h / 200$) de lo contrario el sistema estará demasiado fisurado y el muro ya no será reparable; para lo cual, se supone una fuerza actuante (H_z), la cual, tiene que ver con un valor de "R" (factor de ductilidad) y con esto calculamos una deriva última, si esta deriva es menor que $h / 200$, OK, caso contrario tuviésemos que hacer una corrección, la cual consiste en, aumentar la fuerza (reduciendo el factor "R"), volviendo a calcular la deriva hasta que se cumpla que sea menor que $h / 200$ (diseño sísmico, rango inelástico).

D.- Modulación.-

El diseño modular permite obtener la máxima economía en la construcción, al tratar de imponer un estilo de construcción, en la que los bloques determinan (de una forma u otra) las dimensiones de los muros (Fig. 3.08), conductos de agua y electricidad, vanos, etc.; lo cual significa un gran ahorro en lo que respecta a la mano de obra é inclusive de ciertos trabajos antes realizados (picado de muros, para conductos; corte de la unidad; etc.).

En general, los muros de albañilería realizan dos funciones específicas, las cuales son: función estructural (capacidad de soportar cargas) y la otra función es la de elemento de separación; en el aspecto estructural el muro debe de satisfacer las solicitaciones de las cargas tanto estáticas como dinámicas; como elemento de separación, el muro de albañilería tendrá que ser capaz de responder a ciertos requerimientos (aislamiento térmico y acústico, impermeabilidad al agua de lluvia y a la humedad del aire, durabilidad frente al intemperismo, etc.).

En la actualidad, los elementos empleados en la construcción, garantizan una mejor resistencia a las solicitaciones de las cargas y permiten reducir el espesor de los muros, siendo esto posible siempre y cuando se cumpla las siguientes características:

- Proyecto confeccionado para las características del material a usar.
- Ejecución en obra conforme a las especificaciones establecidas por la normativa vigente.
- Adecuada calidad de los materiales.

1.- Cuadrículas modulares [10].-

Debe de establecerse los criterios referentes a la elección de la posición de los distintos componentes de la construcción con respecto a las líneas de referencias de la cuadrícula modular en uso; existen cuadrículas modulares especiales, como son:

- Cuadrícula modular del Proyecto; usada para ubicar y dar medidas a los espacios arquitectónicos, componentes y conjuntos funcionales, recomendándose que el módulo sea el módulo del proyecto.
- Cuadrícula modular de estructuras resistentes; utilizada para ubicar y dar medidas a los elementos estructurales resistentes.
- Cuadrícula modular de detalle; se utiliza para dar medidas y diseñar a los detalles modulares.
- Cuadrícula modular múltiple; conjunto de cuadrículas simples, que pueden relacionarse de distinta manera.
- Zona neutra; zona sub-modular comprendida entre cuadrículas modulares de referencia (separadas entre sí).

2.- Posición de los componentes [10].-

La posición de los componentes de la construcción, con respecto a una línea de referencia de la cuadrícula modular (Fig. 3.09), admitirá las posibilidades siguientes:

- Posición simétrica; el componente estará entre la línea de referencia de la cuadrícula modular con su plano de simetría coincidente con ella.
- Posición asimétrica; el componente estará sobre la línea de referencia de la cuadrícula modular, con una de sus caras desplazadas de ella a distancia modular.
- Posición coincidente; una de las caras del componente coincidirá con la línea de referencia de la cuadrícula modular.
- Posición externa; el componente estará ubicado fuera de la línea de referencia de la cuadrícula modular y a distancia modular de ella.

En la elección de la posición de los componentes, con respecto a línea de referencia, se dará en función de las propiedades técnicas y económicas del proyecto; para cuando se trate de componentes con revestimiento, su espesor está incluido en el espesor del componente.

E.- Clasificación de los muros.-

En general, se puede ubicar a los muros en dos grandes grupos; los muros portantes y los no-portantes.

1.- Muro No-Portante.-

Denominados también Tabiques; dichos muros están contruidos únicamente para soportar su propio peso, siendo su función principal la de dividir ambientes exteriores y / o interiores; cuando se encuentran como divisiones exteriores deberán tener mayor resistencia que los muros interiores (frente a los agentes ambientales), esto se debe a que existen mayores sollicitaciones térmicas y / o hidráulicas, intemperismo, viento, etc.

2.- Muro Portante.-

Los llamados muros portantes, son aquellos muros destinados a soportar las cargas de compresión y tracción, debido a que tienen elementos de refuerzo estructural los cuales aumentan la resistencia del muro; a su vez, transmiten las cargas verticales de un piso superior a otro inferior y / o a la cimentación. Los muros transversales a los muros portantes, se denominan muros de arriostre, los cuales proporcionan estabilidad lateral a los muros portantes.

En el pasado se utilizó el concepto de albañilería simple y sin refuerzo, constituidas por bloques adheridos, entre sí, únicamente por el mortero de juntas; pudiendo ser portante o no (según el espesor del muro y la calidad de la mezcla); en la actualidad, los códigos modernos de estructuras ya no permiten su aplicación. La aplicación del refuerzo estructural, origina dos tipos de albañilería; albañilería confinada y albañilería armada.

a).- Albañilería Confinada.-

Se refieren a muros simples enmarcados, en sus cuatro lados, por elementos de confinamiento; dichos elementos son las columnas (elemento vertical) y las vigas soleras y / o cimentación (elemento horizontal); estos elementos de confinamiento proporcionan rigidez al muro, incrementando su capacidad para soportar las solicitaciones de carga.

b).- Albañilería Armada.-

La cual se compone de muros de calidad resistente, integrados por bloques huecos, en cuyos alvéolos se encuentra armaduras de refuerzo vertical y en el mortero el refuerzo horizontal, embebidas con “concreto líquido”, de modo tal, que el muro actúa en forma monolítica, soportando las cargas actuantes; es importante que el concreto sea lo suficientemente líquido para penetrar en los intersticios de los alvéolos a ser llenados, sin dejar vacíos; por otro lado, se tendrá cuidado de que el mortero no se desborde y caiga en el espacio destinado para el concreto líquido. En albañilería de unidades huecas, el muro ha de ser levantado a alturas menores de 1.50 m; el vaciado del concreto líquido se realizará en niveles de 1.20 m, esperando un tiempo máximo de 30 minutos, antes de realizar el siguiente vaciado. La albañilería armada se caracteriza por tener la armadura vertical (y para algunos tipos de unidades, la horizontal), ubicadas ambas de manera distribuida, en los alvéolos de las unidades de albañilería. Con el fin de lograr la integración de la armadura con la albañilería, estos alvéolos se rellenan con concreto, el cual para poder vaciarlo deberá de tener una elevada trabajabilidad.

El nombre en ingles de este concreto de elevada trabajabilidad es **Grout** y, el American Concrete Institute lo define como “*una mezcla de materiales cementicios y agua, con o sin agregados, en proporciones tales que se obtiene una consistencia líquida sin segregación de sus constituyentes*”.

II.- CONCRETO LIQUIDO (GROUT) [3].-

A.- Concepto.-

Palabra inglesa, proviene del vocablo sueco Grotto; se empleó por primera vez en 1925, para referirse a la consistencia de este preparado del cemento (semejante al de la sémola, en forma de sopa espesa).

El término Grout fue traducido inicialmente al idioma castellano como “lechada de cemento”, concepto que no contempla que el grout contenga agregados finos y gruesos (como es necesario para muchas de sus aplicaciones); luego, equivocadamente se le denominó “mortero líquido” (Grout con agregados), se dice equivocadamente, porque el mortero implica adhesión; mientras que Grout (con ó sin agregados), presume cierta resistencia a la compresión y, por lo tanto, es concreto y no mortero, posteriormente se estableció denominar “Lechada de Concreto” (Grout sin agregado) y “Concreto Líquido” (Grout con agregado).

El concreto líquido se emplea para llenar los alvéolos de la albañilería. El concreto líquido cumple la función de integrar la armadura con la albañilería y proporcionar mayor resistencia al muro.

El concreto líquido posee dos propiedades fundamentales:

- Trabajabilidad; es la propiedad fundamental del concreto líquido en su estado plástico e implica cohesión y consistencia líquida. La consistencia se mide con el cono de Abrahms y la falta de cohesión se manifiesta como segregación.
- Resistencia; se mide rompiendo a los 28 días en una máquina de compresión, tres testigos prismáticos de base cuadrada.

B.- Componentes.-

Para la mezcla de concreto líquido, se requiere de ciertos materiales (Fig. 3.10):

1.- Cemento.-

Solo son aceptables los cementos Pórtland tipo I, (aplicación general); tipo II (ligeramente resistente a los sulfatos) y tipo III (resistencia temprana), no siendo recomendable el empleo de cementos adicionados, pues para ser activos deben ser molidos a finuras elevadas, lo que, además, de demandar más agua para la misma consistencia, convierte al concreto líquido en retentivo (baja exudación). Este hecho lo conduce a mantener una mayor relación agua / cemento final, y, consecuentemente, a tener menor resistencia y mayor contracción de secado.

2.- Cal.-

De usarse cal, esta debe ser hidratada; la cal no es un componente indispensable, pero puede ser útil cuando se usa arenas mal graduadas con módulos de finza mayores de 3.00, pudiéndose mejorar la cohesividad al reducir la segregación. La proporción en volumen, no debe de exceder de 1 / 10 la del cemento, esto se debe a que en proporciones mayores el concreto se vuelve excesivamente retentivo, no cede agua, mantiene su relación agua cemento inicial, reduciendo así su potencial resistente.

3.- Agregados.-

Las condiciones generales para los agregados son iguales a las exigidas para elaborar un buen concreto; en cualquier caso deben de estar libres de sustancias deletéreas tales como partículas friables o livianas, impurezas orgánicas o exceso de arcilla. La norma señala un límite de 1% para el contenido de arcilla y de 0.5% para partículas que flotan en un líquido de peso específico igual a 2.00; debiéndose retirarlos antes del empleo de los

agregados; por otro lado, con el fin de reducir la demanda de agua para la consistencia deseada, debe preferirse los agregados redondeados a los angulosos (Tabla 3.01).

4.- Agua.-

Debe ser limpia, libre de sustancias como; aceites, ácidos, álcalis o cualquier otra dañina; el agua de mar no es aceptable.

5.- Aditivos.-

En general, el concreto líquido no requiere de aditivos, salvo en el caso de albañilería de alvéolos grandes, con el fin de reducir la relación agua / cemento, manteniendo la consistencia, y con albañilería de alvéolos pequeños para aumentar la consistencia sin aumentar la relación agua / cemento, ni reducir la cantidad de agregados; en cualquier caso se debe evitar el uso de aditivos con alto contenido de Cloruro de Calcio, por el elevado riesgo de corrosión del acero que su aplicación conlleva.

C.- Dosificación y Mezclado.-

En lo que a proporciones se refiere, deben precisarse para cada caso (concreto líquido fino y / o grueso), en función de los materiales y condiciones específicas; el contenido de agua se debe definir, como la mínima necesaria para lograr la consistencia adecuada para el total y completo llenado de los espacios o alvéolos destinados a recibir el concreto líquido. Existen limitaciones en las aplicaciones para cada tipo de concreto en función de la altura de llenado continuo y del ancho a llenar, en el caso de albañilería armada laminar; o del tamaño del alvéolo y / o canal a llenar en albañilería armada convencional (Tabla 3.02).

El método de medida de los materiales a usar será tal, que permita un control de precisión del orden de $\pm 5\%$, por lo que es más conveniente transformar la dosificación (en volumen) a dosificación especificada (en peso); por su parte, el mezclado debe de realizarse siempre a máquina, por un período no menor de cinco minutos, con el objetivo de conseguir homogeneidad y pasar con todos los ensayos que según norma debe seguir (Fig. 3.11).

D.- Transporte y Vaciado.-

El transporte y vaciado del concreto líquido pueden efectuarse por cualquier método no sujeto a segregaciones, hasta ser vertido en los alvéolos de la albañilería; cualquier método es bueno, siempre y cuando no produzca segregaciones y que no deje bolsones de aire entrampados en los alvéolos de albañilería; es aceptable el uso de bomba en el vaciado, cuando el volumen a llenar lo justifica.

El concreto líquido debe de compactarse, no siendo suficiente la presión hidrostática del mismo concreto líquido; por lo cual se requiere vibrar o chucear el concreto líquido; en lo que respecta al curado, este no es necesario.

Para un mayor control el concreto líquido a utilizar debe ser especificado en los documentos del proyecto, el cual incluirá:

- Las proporciones de la mezcla en volumen.
- La resistencia característica (28 días), frecuencia de muestreo, número de testigos, procedimiento, almacenaje y ensayo de los mismos.
- Las indicaciones de sus ingredientes, con sus respectivas normas.
- La consistencia del mezclado.
- Procedimientos mínimos aceptables de medición, dosificación, mezclado, transporte, colocación y compactación.

Todos estas características del concreto líquido a utilizar se tendrá que verificar en obra asegurándonos de cometer el mínimo de error en la construcción (Tabla 3.03).

Asimismo, todo proyecto de edificación deberá de contar con diseños detallados que determinen condiciones efectivas de seguridad y economía de los recursos, del mismo modo, el proceso constructivo debe ser riguroso y dar estos diseños a la práctica.

III.-CONTRACCION Y AGRIETAMIENTO EN EL BLOQUE.-

El agrietamiento es la causa más frecuente de fallas en el comportamiento de la albañilería; impedirlo, es entonces, una preocupación constante.

Se produce por deformaciones que inducen esfuerzos en exceso de la resistencia en tracción. Como esta resistencia es reducida en la albañilería, ésta es muy vulnerable a la ocurrencia de tracciones, es más, la albañilería es muy frágil en tracción, bastando deformaciones lineales unitarias de $1 / 4000$ ó distorsiones angulares de $1 / 3000$ para agrietarla bruscamente.

La deformación puede ser inducida por la imposición de cargas o por las restricciones al cambio volumétrico de los materiales. Los cambios volumétricos incluyen los originados en las variaciones de temperatura o de humedad, en la presencia temporal de agua, en la cristalización de sales y en la corrosión. Las cargas pueden ser impuestas por asentamientos diferenciales del terreno de cimentación, por la gravedad, viento y acciones sísmicas. Las grietas pueden ser causadas por explosiones, vibraciones y fuego (Fig. 3.12).

Para que una grieta sea visible, las superficies de la grieta recién formada deben separarse, indicando la existencia previa de tracción. Esto implica que es la tracción la causante de las grietas, sin importar que las cargas primarias sean compresión, tracción o corte. Por otro lado, es notorio que la compresión pura provoca tracciones transversales y el corte puro tracciones diagonales.

Es natural que las grietas prefieran ubicarse en las interfaces mortero-unidad, dada la menor resistencia a la tracción en ese plano; sin embargo, por la complejidad de las

acciones y efectos que ocurren en el proceso de agrietamiento, ellas usualmente atraviesan también las unidades y el mortero.

Las grietas con aberturas menores de 0.1 mm son insignificantes, casi invisibles, y no atentan contra la impermeabilidad de la albañilería; entre esa dimensión y 0.4 mm se clasifican como "muy finas", y no son causa de alarma ni atentan contra el aspecto de la albañilería; por encima de 0.4 mm las grietas se vuelven, en todo sentido, inaceptables.

A.- Consideraciones para el Diseño y Construcción de muros.-

Las grietas en los muros provienen principalmente de las construcciones de los mismos; dichas grietas tienen diversos orígenes (principalmente de las deformaciones de la estructura en que se apoyan), interviniendo siempre en mayor ó en menor grado la contracción del material de los bloques, lo que no sucede en muros construidos con ladrillos de arcilla, puesto que dichos materiales son más susceptibles de dilatarse que de contraerse a través del tiempo.

Todo material de concreto (mosaico, piedras artificiales, bloques de concreto y concreto) se contrae, lo que frecuentemente produce grietas en los elementos constituidos con ellos; son comunes los problemas ocasionados por esta causa en pavimentos ó pisos de concreto, en recubrimiento de fachada, en losas y uniones de estructuras de concreto y, en los muros construidos con bloques de concreto; si se construyen sin adecuadas precauciones, se corre el riesgo de agrietarse en forma inconveniente.

Es considerado que siempre se puede tener una solución técnica satisfactoria, pero que, en algunos casos la solución puede ser impráctica por su excesivo costo; a lo que con una adecuada información sobre los fenómenos que aparecen en los muros y la aplicación de un buen criterio, se pueden construir muros de bloques sin problemas importantes de agrietamiento y razonablemente económicos.

En conjunto se ve que las innumerables ventajas ofrecidas por la construcción con bloques de concreto se ven un tanto disminuidas por la tendencia a formarse grietas en los muros construidos con este material.

Otras observaciones de las estructuras de albañilería de bloques permite constatar que causas comunes de agrietamiento son los asentamientos desiguales de fundaciones (Fig. 3.13), los esfuerzos desarrollados por los movimientos de las losas de piso y techo (en contacto con los muros); asimismo un factor importante es el cambio de volumen experimentado por los bloques debido a la temperatura y en forma preponderante a la variación humectante.

B.- Mecanismo de Agrietamiento.-

Las grietas producidas debido a contracción, casi nunca afecta a la resistencia del muro, pero dan un aspecto desagradable, alarmando a las personas que poseen conceptos pocos claros respecto a los problemas de resistencia.

El mecanismo que origina las grietas es; *“...el muro es construido con un material, el cual al enfriarse y / o secarse se contrae, asimismo, sus extremos están sujetos a elementos estructurales los mismos que impiden su deformación; cuando se presentan las circunstancias que provocan la contracción y no poder producirse este, origina esfuerzos de tensión, dicha magnitud de esfuerzos es tal que produce en el muro una deformación igual y de sentido contrario a la que produciría su contracción libre; si dicha tensión sobrepasa a la resistencia de los bloques o la resistencia de las juntas de mortero, el muro se agrieta....”*.

Si el problema se ve desde el punto de vista de las deformaciones, se obtiene una visión más clara del proceso; *“....el material se contrae, reduciendo sus dimensiones, a esta deformación se suma otra igual y de sentido contrario necesaria para mantener el mismo perímetro original, que es indeformable; esta segunda deformación viene acompañada de tensiones; pensando en la deformación se comprende que el muro se agrietará forzosamente, si se sobrepasa a la deformación máxima que puede soportar el material sometido a tensión; esta elongación máxima se conoce con el nombre de extensibilidad del material.....”*. [7]

Un muro sujeto rígidamente en sus extremos se agrietará forzosamente si se somete a condiciones que provocarían (si tuviese libertad de deformarse) contracciones unitarias superiores a la extensibilidad del material; ó si las juntas de mortero no tienen suficiente resistencia para soportar los esfuerzos que se presenten, en esas condiciones, tal situación es frecuente en las construcciones normales y el agrietamiento es difícil de evitar.

El efecto de la contracción se distribuye entre un alargamiento del material y grietas que se presentan en los bloques ó en las juntas de mortero; los muros no se agrietan si tienen libertad de movimiento ó si ha sido estricto el control del material, tales condiciones se presentan pocas veces en la práctica; por lo general, el muro no puede tener libertad de movimiento, en especial en su desplante, es imposible que el movimiento no sufra algunas restricciones.

Las grietas que se presentan pueden ser pequeñas y numerosas ó grandes y escasas; las muy pequeñas son difícilmente perceptibles en los muros sin recubrir, sin llegar a afectar a los acabados de los muros recubiertos o los afectan en forma leve; las grietas grandes son visibles y molestas, por lo que conviene construir los muros de tal forma que si se formara grietas, sean lo más pequeñas y numerosas posibles.

C.- Causas de Contracción de los bloques.-

El objetivo en la construcción de muros es que estos sean de buena calidad y de comportamiento estructural aceptable; lo cual se dará cuanto menor sea la contracción de los bloques, es por eso que se debe de conocer el origen y la magnitud de esta contracción, para tratar de evitar en lo posible, y poder prever aproximadamente la evolución de las grietas con el tiempo; se han realizado diversos estudios, cuyos resultados permiten conducir que las causas más comunes de agrietamiento son:

1.- Cambio de temperatura.

Los cambios de temperatura afectan a las dimensiones del bloque, a través de su coeficiente de deformación lineal (aprox. 10^{-5} / °C), dichos cambios de temperatura dependen del medio ambiente, a lo que la posibilidad de su control es casi nula; lógicamente habrá menos contracciones cuando se coloquen los bloques a una temperatura ambiente baja; así, los cambios de temperatura serán incrementos de la misma y vendrán

acompañados de dilataciones, las cuales son contrarias a las contracciones (que provocan el agrietamiento).

2.- Secado posterior a la fabricación.-

El secado, en los días posteriores al colado, causa la contracción de mayor magnitud que se puede presentar en los bloques; dicha magnitud varía de acuerdo al material con el cual se fabricará el bloque, la calidad de los mismos y la forma de curado y secado; esta contracción es semejante a la contracción que se produce en cualquier colado de concreto, no se produce mientras el material permanece saturado ó pierde solamente el agua libre que llena los poros grandes (significando que no se realiza el periodo del curado); el material debe de secarse para producirse esta contracción; la forma de evitar su efecto en el muro, es la de construir con bloques, los cuales deben de haberse secado antes de su colocación, de forma tal, que su contenido de humedad se reduzca a límites aceptables.

En el medio actual de la construcción en el Perú, no parece razonable imponer una norma general de este tipo, sin embargo, se puede establecer en ciertos trabajos en que sea factible, aplicar un control de obra más riguroso que el usual, con el objetivo de reducir al mínimo el efecto de la contracción por secado inmediato, posterior al colado; se recomienda el uso de bloques fabricados con cierta anticipación y que se hayan secado algún tiempo.

3.- Cambios de humedad.-

Después del secado y contracción consecuente, posterior al curado, los bloques pueden sufrir variaciones volumétricas, debidas a otros cambios de humedad; la que más puede afectar a los muros es la producida por saturación (previa a la colocación), el material totalmente dilatado se secará ya colocado y se contraerá fuertemente, originando grietas.

La dilatación producida por saturación al sumergir los bloques en agua es de la misma magnitud que la que resulta al mantener los bloques dentro de un ambiente saturado (hr = 100%) durante varios días; una lluvia pasajera ó un ambiente húmedo no-saturado; las mismas que provocan dilataciones menores y a su vez menores agrietamientos. La expansión que se puede presentar en las circunstancias mencionadas nunca es tanta como para que el material recobre las dimensiones originales de fabricación; pero sí lo suficientemente grande para poder incrementar en forma importante las posibles contracciones que se presentarán cuando el muro ya terminado se seque, a lo que es importante que el muro se coloque con el mínimo contenido de humedad posible.

Las mejores previsiones que se pueden tomar, es el de almacenamientos en condiciones que circule aire en todas sus superficies; que no se humedezcan con la lluvia, que el ambiente a su alrededor sea seco y, que no se mojen antes de su colocación ni durante la misma.

4.- Fraguado a largo plazo.-

La contracción del bloque continúa a través de mucho tiempo, lo mismo que la de cualquier elemento de concreto, debido al proceso de fraguado lento (Carbonatación) del cemento que dura varios años. En EE.UU. se combate provocando una carbonatación rápida, en forma simultánea con el curado de los bloques, la calidad de los mismos mejora,

puesto que la carbonatación produce la contracción inmediata del material eliminando casi toda la contracción a largo plazo; además, el material carbonatado es menos sensible (se contrae y dilata menos) a los efectos de cambios de humedad.

D.- Factores que afectan la forma del Agrietamiento.-

1.- Humedad y Temperatura del medio ambiente.-

Depende totalmente de la localización del muro en la construcción (muro exterior ó interior) y de la ubicación (clima de la región).

El medio ambiente provoca la formación de grietas al producir la contracción del muro, por secado, por enfriamiento ó por carbonatación (fraguado a largo plazo); la contracción total medida a partir de la fabricación es seguramente muy parecida en todos los casos, pero, los muros exteriores de una construcción sufren variaciones volumétricas periódicas por temperatura y cambios de humedad y sus condiciones extremas de sequedad y frío pueden ser mayores a los del muro interior.

2.- Forma de los bloques.-

La forma del bloque hueco de concreto influye en la formación de grietas, debido a que se confiere a los muros distinta resistencia a la tracción, en cada una de sus partes; existen bloques con dos o tres huecos (alvéolos) pero los más usados son los de dos huecos, debido a que es evidente que la resistencia a la tensión horizontal de los bloques es mayor donde hay una división que en las paredes de los huecos.

Al construir los muros con un aparejo de media plaza (manera usual de proceder) se tiene que las juntas verticales, en general, más débiles que los bloques, quedan alineadas con las partes más resistentes de los bloques de las hiladas contiguas; lo cual impide la formación de líneas débiles verticales propicias a agrietamiento, favoreciendo a que las grietas que se produzcan tomen forma escalonada, siguiendo las líneas de las juntas verticales y horizontales.

3.- Calidad de los bloques.-

La calidad del bloque afecta a la formación de las grietas, debiéndose principalmente a su extensibilidad y a su mayor ó menor contracción, bajo la influencia del medio ambiente; La extensibilidad de bloques del mismo tipo (pesado, intermedio ó ligero) se considera proporcional a la resistencia a la tracción, por lo tanto, cuanto mayor sea la resistencia a la tracción, mayor será su deformación en el momento de la ruptura (extensibilidad) representando mayor defensa contra el agrietamiento; asimismo, la resistencia a la compresión es directamente proporcional a la resistencia a la tracción por lo que conviene que el bloque tenga un alto valor en esta prueba.

Los bloques sometidos a las condiciones del medio ambiente sufren cambios volumétricos debidos a cambios de temperatura y humedad, el coeficiente de dilatación es casi el mismo en todos ellos, aunque algo menor en los de tipo ligero; los cambios de humedad tienen diferente influencia en unos y otros, naturalmente siendo mejores los que se contraen y dilatan menos, en general, los bloques del tipo pesado (normal) sufren menos la influencia de los cambios de humedad que aquellos del tipo ligero.

4.- Mortero y Mano de Obra.-

El control de calidad del mortero y de la mano de obra corresponde a la dirección de la obra, ambos factores afectan a la resistencia de la junta (Fig. 3.14); al pretender obtener muros sin ningún tipo de grietas es necesario que las juntas sean lo suficientemente fuertes para resistir las tensiones (provocadas por las contracciones); pero, esto no nos garantiza evitar totalmente el agrietamiento, pues sucede que si las juntas son muy resistentes y aparecen grietas, tienden a concentrarse en pocos lugares, siendo por lo tanto, grandes y de mal aspecto; lo cual origina el rompimiento de los bloques que tienen menos resistencia que las juntas del mortero; por otro lado, si el mortero de las juntas es débil hay menos probabilidad de grietas grandes. El efecto de la contracción se distribuye fácilmente en varias grietas; la distribución es tanto más fácil cuanto más débil es el mortero.

En resumen, el empleo de morteros resistentes puede evitar las grietas, pero de producirse serán grandes, y el empleo de morteros débiles, que impide la formación de grietas grandes provoca que aparezcan grietas muy pequeñas; y de haber una resistencia óptima del mortero que soporte hasta cierto grado la tracción en las juntas no se puede saber cuál, pues, esta variará según las circunstancias, siendo difícil su obtención en la edificación, debido a la irregularidad de la mano de obra, la cual afecta sorprendentemente a las resistencias previstas del mortero especificado.

Podríamos obtener un muro con poca resistencia en las juntas, empleando un mortero pobre, si se emplea uno de alta resistencia y los bloques quedan excesivamente pegados será imposible repartir las grietas; es recomendable que el mortero sea lo suficientemente pobre (débil), para que las grietas se presenten en las juntas, pues solo así tenderán a distribuirse, sin embargo, con el mortero pobre no es fácil obtener un muro sin grietas.

5.- Características del diseño.-

- Las juntas de construcción ó el pequeño tamaño de los muros, permiten la libre contracción de estos, no quedando sometidos a las tracciones consecuentes.
- Los muros de gran tamaño ó amarrados perimetralmente a elementos rígidos (en general, de Concreto Armado) están en condiciones propicias de agrietamiento.
- Los elementos de liga colocados en el interior de los muros, los refuerzos de alambre en sus juntas, y las cargas verticales que soportan, contribuyen a que las grietas provocadas por la contracción no se concentren en uno ó pocos lugares, y hacen que se repartan en varios puntos, si estos puntos son numerosos, las grietas serán suficientemente pequeñas para no ser molestas ni apreciables a simple vista.

6.- Control de los bloques antes de ser colocados.-

El control de los bloques antes de la construcción contribuye a reducir el tamaño de las grietas, si se construye con bloques susceptibles de contracción excesiva, (lo cual ocurre si no se dejan secar suficiente tiempo después de su fabricación), origina un aumento en el tamaño de las grietas, sobrepasando a veces los límites tolerables aún en muros de grietas muy repartidas; si se construye con bloques muy secos y en condiciones

de temperatura y humedad recomendables, las grietas serán imperceptibles ó tal vez no se produzcan.

7.- Circunstancias especiales.-

Son los provocados por la existencia de puntos de poca resistencia ó zonas de concentración de esfuerzos en los muros, se acumula la deformación en una sola grieta grande; por lo general, dichos puntos débiles se encuentran en las ligas de perímetro de los muros con los elementos de las estructuras ó en lugares donde indebidamente se han roto los bloques para hacer una instalación oculta.

El movimiento que causa una de estas grietas se podría haber repartido en varias pequeñas é invisibles en el resto del muro (si no hubiera existido el punto débil), el cual se debe de eliminar con amarres y refuerzo.

Existen puntos de concentración de esfuerzos en las esquinas de los vanos de puertas y ventanas y en los lugares donde el muro cambia de altura, (estos lugares deben de reforzarse de manera especial).

IV.- RESISTENCIA Y REFUERZO DE MUROS.-

Si bien, la resistencia a la tracción de una determinada albañilería, tiene una magnitud independiente de la incorporación de armadura y de la cuantía de esta, el refuerzo impide la propagación del agrietamiento y lo distribuye, reduciendo de esta forma el tamaño de la abertura de las grietas, además, aumenta la resistencia última y, en ciertos casos, provee ductilidad; es por este motivo que la albañilería reforzada es indispensable en situaciones en que las fuerzas de tracción son preponderantes. El caso más crítico es el de la albañilería sometida a acciones sísmicas, en la que resulta indispensable la incorporación de alguna forma de refuerzo. La experiencia sísmica de construcciones de albañilería sin armadura ha sido desastrosa en muchas partes del mundo.

Las formas de incorporar armadura son esencialmente tres:

- La armadura es colocada en elementos de concreto armado, verticales y horizontales, que enmarcan el paño de albañilería, formando lo que se llama albañilería confinada (Fig. 3.15).
- La armadura es colocada distribuida, vertical y horizontalmente, en alvéolos o canales de las unidades de albañilería ó en las juntas de mortero, para obtener lo que se llama albañilería armada.
- La armadura es colocada, vertical y horizontalmente, en el espacio entre dos muros, obteniendo albañilería armada laminar (Fig. 3.16).

A.- Tipo de acero.-

El tipo de acero usado en el refuerzo de elementos de concreto que enmarcan la albañilería confinada y los usados en la albañilería armada laminar y armada (aquella que

esta colocada en alvéolos y canales, y no en la junta de mortero), es el mismo acero empleado en concreto armado.

Las barras redondas corrugadas pueden ser obtenidas en dos diferentes grados, definidos por su esfuerzo de fluencia: el grado 40, con un límite de fluencia mínimo de 2800 kg / cm^2 ; el grado 60, con 4200 kg / cm^2 . En general, en albañilería se debe procurar usar la mayor cantidad de barras con el menor diámetro prácticamente posible.

Lo que es peculiar de la albañilería, es la utilización de refuerzo en la junta de mortero; inicialmente se incluía sólo para controlar el agrietamiento, pero diversas investigaciones han demostrado que, siempre y cuando se usen morteros que alcanzan, en ensayos, en moldes absorbentes, resistencias características de 140 kg / cm^2 o más, se puede considerar como estructural; es decir, el refuerzo en la junta puede ser diseñado para cumplir funciones resistentes y de carácter dúctil (las cuantías de acero máximas alcanzables con refuerzo en la junta difícilmente pasan de 0.3%).

El refuerzo en la junta de mortero debe de hacerse, necesariamente, con alambres delgados, cuyo diámetro no exceda la mitad del espesor de la junta, o preferiblemente, con mallas de refuerzo prefabricadas (serán elaboradas con los alambres principales longitudinales y alambres transversales ubicados en el mismo plano (Fig. 3.17)), en ambos casos el acero puede ser liso o corrugado (Tabla 3.04). A mayor cantidad mejor será la distribución de las grietas, pues el refuerzo es más rígido; en muros cuyas juntas sean débiles será necesario menor refuerzo que en las juntas muy resistentes (en estos casos el alambre necesario para evitar las grietas excesivamente grandes puede ser antieconómica). Es importante notar que la inclusión de acero en la junta reduce la resistencia a compresión de la albañilería, pues, tiene el efecto de ocasionar una concentración importante de esfuerzos.

La cantidad de refuerzo requerido con morteros usuales hace que sea práctico y se especifique una separación máxima de 2 hiladas (40 cm) entre uno y otro, pudiendo variar el diámetro del alambre.

B.- Acción del refuerzo.-

El tipo de refuerzo y la calidad del mortero son factores imprescindibles en la construcción de muros, debiendo ser los adecuados al caso específico del muro que se va a construir, esto se debe a que las circunstancias del medio ambiente son usualmente incontrolables y el solo control de los bloques, antes de su colocación, no garantiza un muro sin problemas de agrietamiento.

Algunos muros pueden no agrietarse, pero, por lo general hay probabilidades de agrietamiento y al producirse se debe tratar de repartirlo en pequeñas grietas, mediante el refuerzo; se considera que este no empieza a trabajar mientras no se formen pequeñas grietas en el material del muro.

El muro cuyo material se contrae y tiene los extremos fijos se agrieta (si la contracción sobrepasa la extensibilidad del material ó a la resistencia de las juntas de mortero), la primera grieta queda dividida en dos partes, si no tuviera ningún refuerzo ambas partes se siguen contrayendo libremente, acumulando toda la deformación en la

grieta ya producida que resultará única y grande; si el muro cuenta con refuerzo de acero horizontal, este no se rompe en la grieta, la atraviesa y en ella queda sometido a una tracción y alargamiento simultáneo; la tracción se transmite hasta los extremos fijos del muro, vía las dos partes en que este queda dividido, si se siguiera contrayendo, la grieta crece y la tracción aumenta tanto en el refuerzo como en ambas partes en que la grieta queda dividida. La tracción viene acompañada de las deformaciones del refuerzo en el punto en que este cruza a la grieta, haciendo que esta crezca.

Para un cierto valor de la tracción, la deformación del refuerzo y el tamaño de la grieta, serán menor cuanto mayor sea la rigidez del refuerzo y cuanto menor sea la longitud libre del mismo, es decir, cuanto más rápidamente transmita su tracción al material del muro.

Se producirá una segunda grieta cuando la tracción sea lo suficiente para romper nuevamente al muro y se repite el proceso formándose nuevas grietas, deduciéndose que, para cierta magnitud de la contracción total, cuanto más rígido sea el refuerzo y menor la resistencia de la junta, las grietas serán abundantes y por lo tanto pequeños.

Como se sabe el refuerzo transmite la tracción a las dos partes de la grieta por adherencia con el material que lo rodea, a lo que una mala adherencia provocará un tramo largo de refuerzo libre y en consecuencia deformaciones grandes de refuerzo en las grietas, las cuales serán también grandes.

El método apropiado para lograr una máxima distribución de grietas por medio del refuerzo será:

- Gran rigidez del refuerzo horizontal respecto a la resistencia del muro.
- Transmisión efectiva de la tracción del refuerzo al muro.
- Separación vertical adecuada entre las líneas del refuerzo horizontal.

En la práctica los refuerzos van en las vigas soleras de concreto armado ó con alambres en las juntas de mortero, es interesante señalar que la forma en que el refuerzo reparte el agrietamiento es en teoría semejante a la forma que trabaja el acero llamado de temperatura (en los elementos de concreto armado o, en los pavimentos de colado continuo).

C.- Especificación y Control.-

El refuerzo debe ser especificado en los documentos del proyecto, incluyendo:

- La ubicación y diámetro de cada barra, alambre o malla.
- Las ubicaciones de los empalmes.
- Especificación de: doblado, anclaje, empalme y detalles del refuerzo.

- La especificación de la protección.
- Especificación del acero (si las barras son lisas o corrugadas).
- En el caso de mallas; todos los diámetros y dimensiones de fabricación.

En la mayor parte de los tipos de construcción de albañilería, cuando el refuerzo está en el mismo cuerpo de la albañilería y no en cuerpos de concreto armado, no es posible (salvo se utilicen espaciadores (Fig. 3.18)) asegurar que la ubicación de la armadura sea exactamente la deseada; siendo este el caso de alvéolos verticales o canales horizontales donde las barras se colocan libres. El problema, sin embargo, no es crítico, debido a que los ensayos demuestran poca diferencia en la adherencia con o sin espaciadores; lo esencial en estos casos es la correcta ubicación del concreto líquido para asegurar el completo llenado de alvéolos y canales.

TABLAS Y CUADROS

GRANULOMETRIA DE LOS AGREGADOS PARA CONCRETO LIQUIDO [3]

TAMIZ ASTM	% QUE PASA			
	Arena		Piedra	
	1	2	1	2
1 / 2"	-	-	100	100
3 / 8"	100	-	85 - 100	90 - 100
Nº 4	95 - 100	100	10 - 30	20 - 55
Nº 8	80 - 100	95 - 100	0 - 10	5 - 30
Nº 16	50 - 85	70 - 100	0 - 5	0 - 10
Nº 30	25 - 60	40 - 75	-	0 - 5
Nº 50	10 - 30	10 - 35	-	-
Nº 100	2 - 10	2 - 15	-	-
Nº 200	-	-	-	-

Fuente: Norma ASTM, C-104, *Aggregates for Masonry Grout*

Tabla 3.01

TIPOS DE CONCRETO LIQUIDO [3]

Tipo de concreto líquido	Cemento	Cal	Agregado (medido, húmedo suelto)	
			Arena	Piedra
Fino	1	0 - 1/10	2 ¼ - 3	NO
Grueso	1	0 - 1/10	2 ¼ - 3	1 - 2

Fuente: ASTM C-104, *Aggregates for Masonry Grout*

Tabla 3.02

LIMITACIONES PARA LA UTILIZACION DEL CONCRETO LIQUIDO [3]

Tipo de concreto líquido	Altura del llenado (m)	Dimensiones libres mínimas		Colocación de registros de limpieza (excepto si se adoptan provisiones especiales)
		Ancho del espacio (cm)	Secciones del alvéolo (cm x cm)	
Fino	Hasta 1.50	3.5	4.0 x 5.0	No
	1.51 – 2.50	4.0	5.0 x 5.0	Sí
	2.51 – 7.20	5.0	5.0 x 7.5	Sí
Grueso	Hasta 1.50	5.0	5.0 x 7.5	No
	1.51 – 2.50	6.0	7.5 x 7.5	Sí
	2.51 – 7.20	7.5	7.5 x 10.0	Sí

Tabla 3.03

DIAMETROS DE ALAMBRES PARA REFUERZO DE ALBAÑILERIA [3]

Tamaño	Diámetro nominal (mm)	Area nominal (mm ²)
W1	3	7.1
W2	4	12.6
W3	5	19.6

Tabla 3.04

FIGURAS

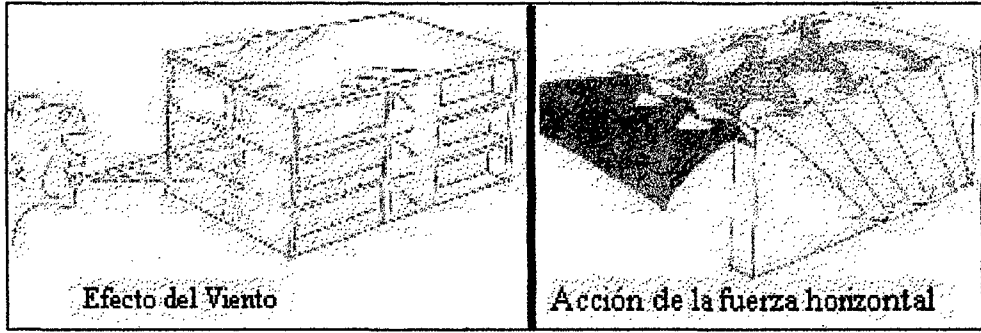


Fig. 3.01. Acción de la fuerza Sísmica.

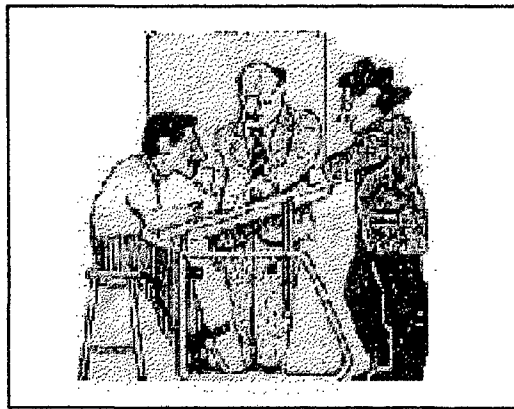


Fig. 3.02. Diseño Arquitectónico.

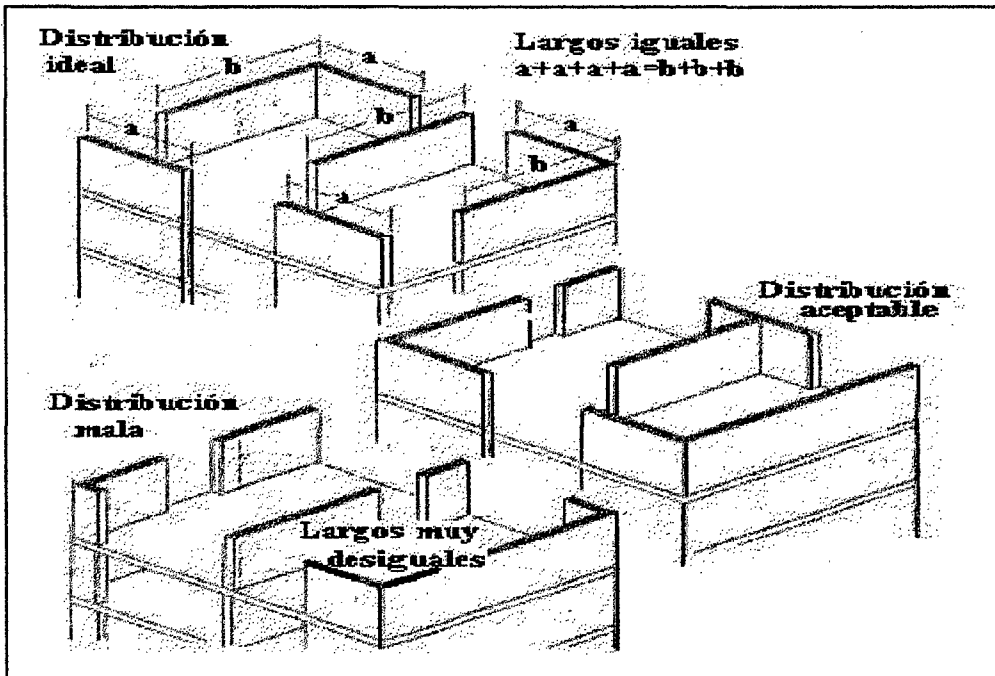


Fig. 3.03. Distribución de Muros.

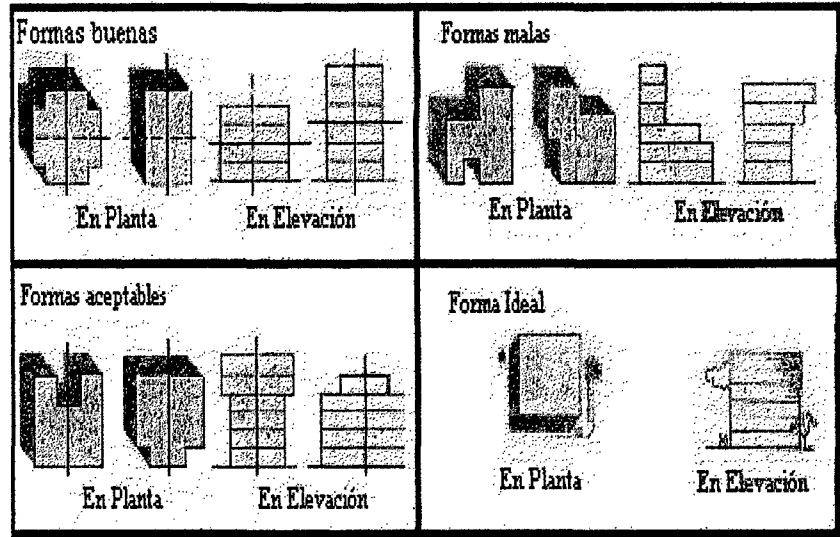


Fig. 3.04. Forma de las edificaciones.

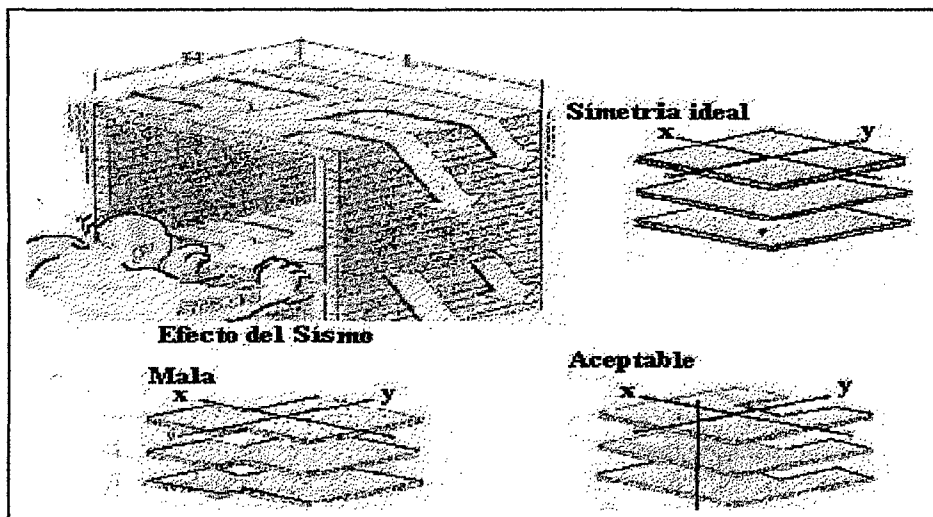


Fig. 3.05. Diafragmas.

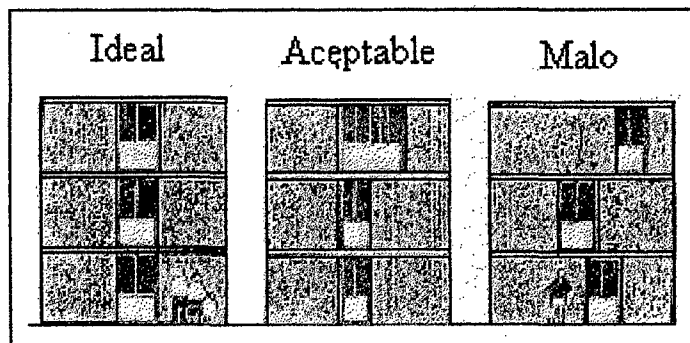


Fig. 3.06. Distribución de Vanos.

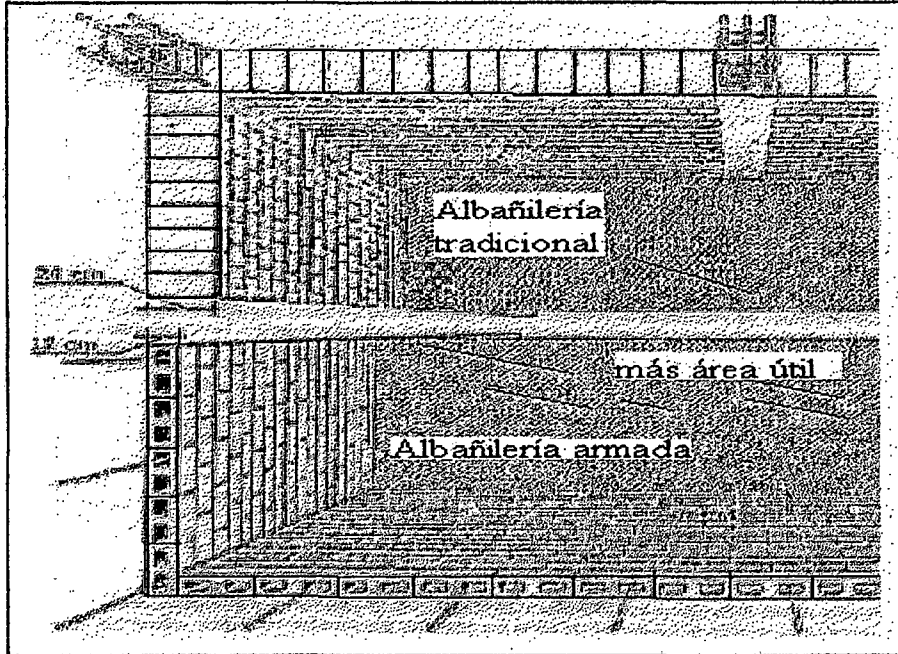


Fig. 3.07. Reducción en el espesor de los muros.

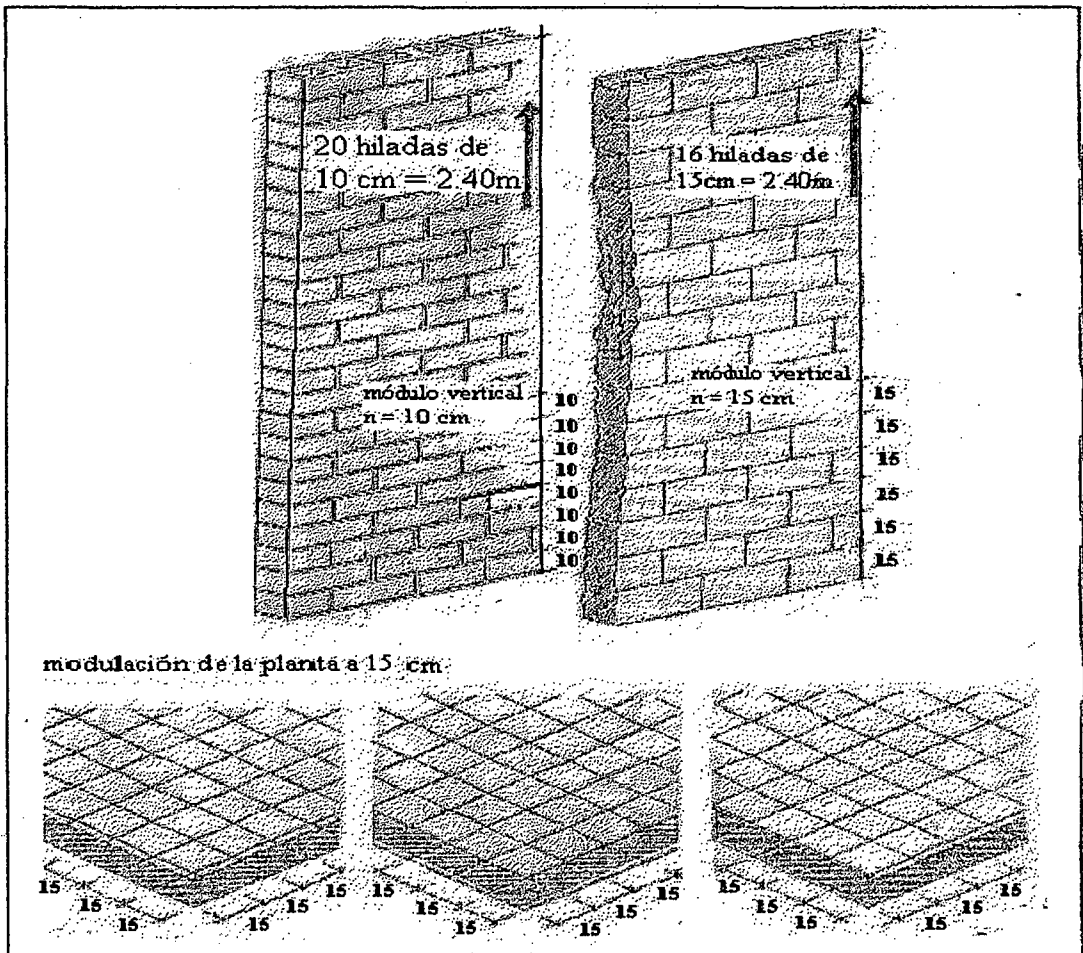


Fig. 3.08. Modulación

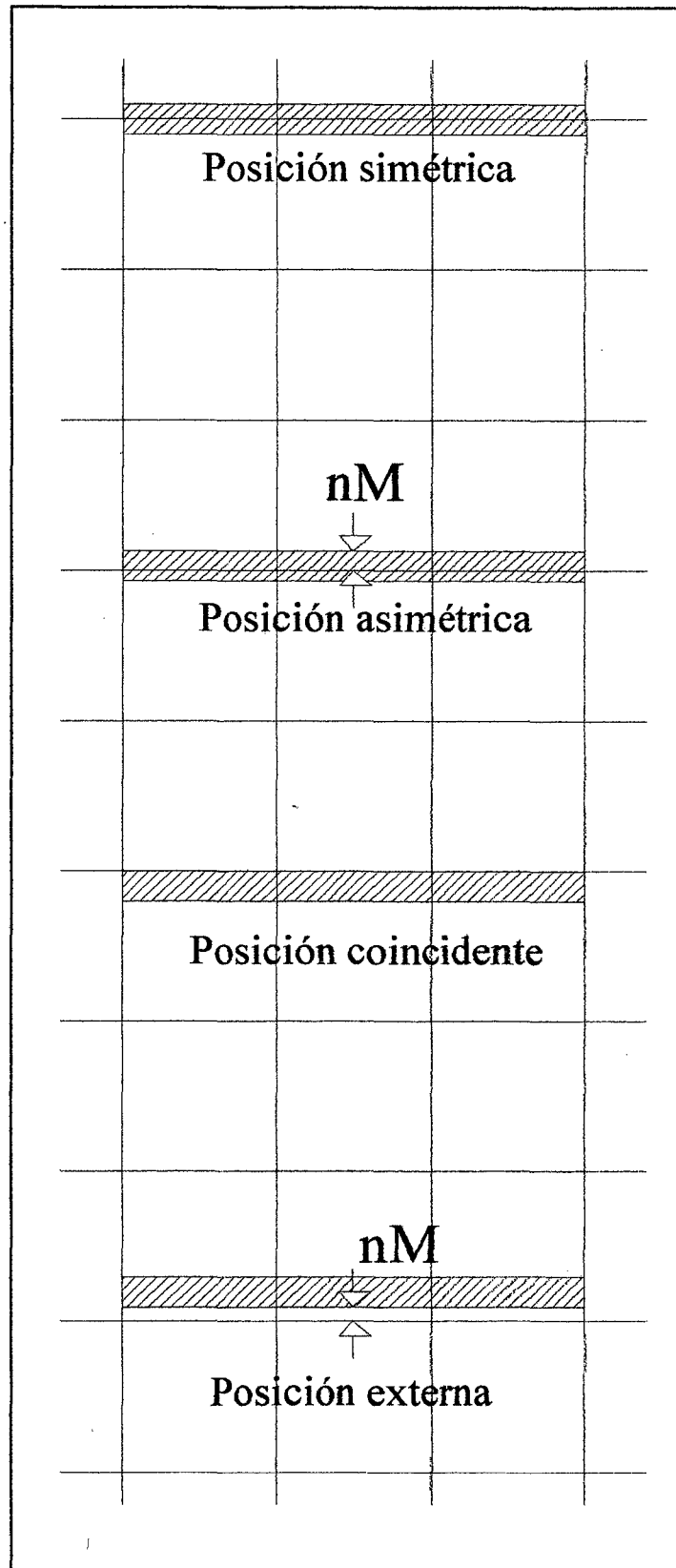


Fig. 3.09. Posición de los componentes, respecto a las líneas de referencia de la cuadrícula modular.

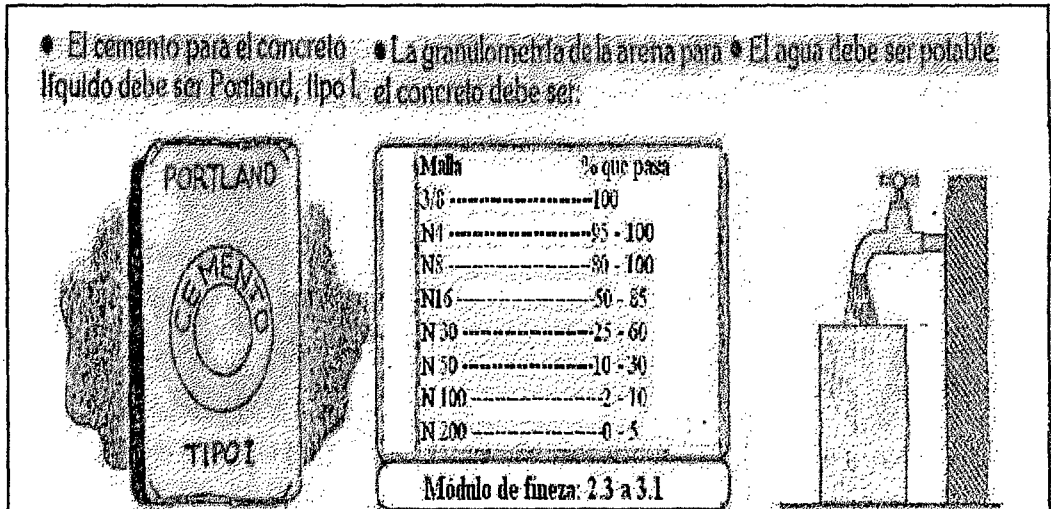


Fig. 3.10. Componentes del Concreto líquido

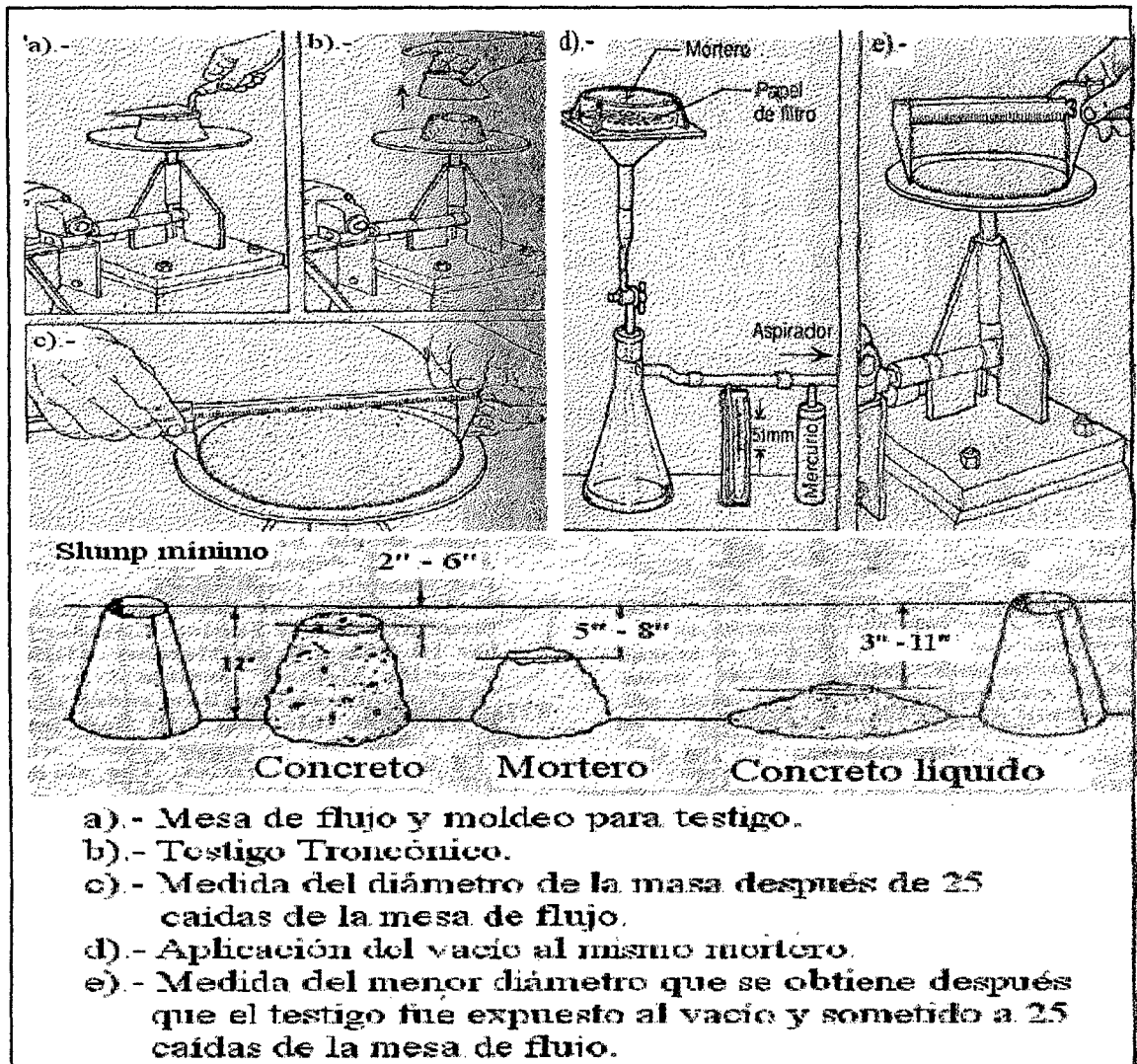


Fig. 3.11. Ensayos para Concreto líquido.

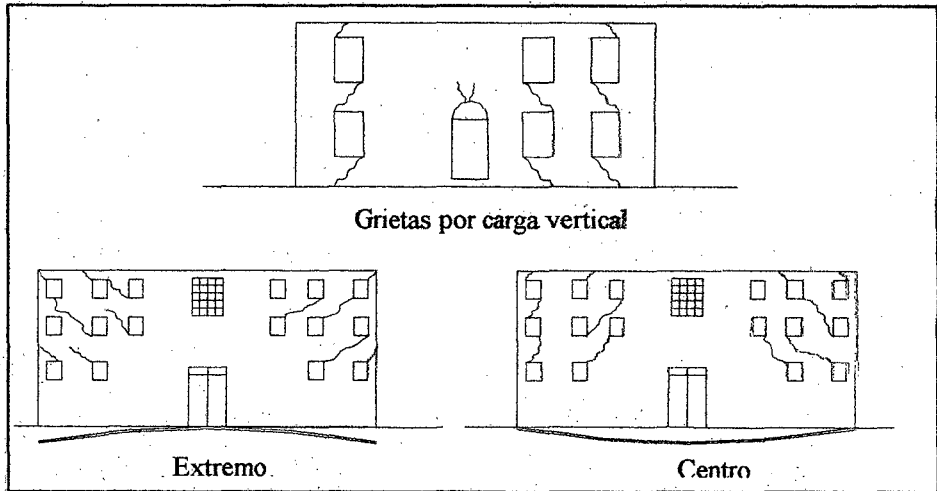


Fig. 3.12. Agrietamiento típico en las fachadas de edificios de albañilería

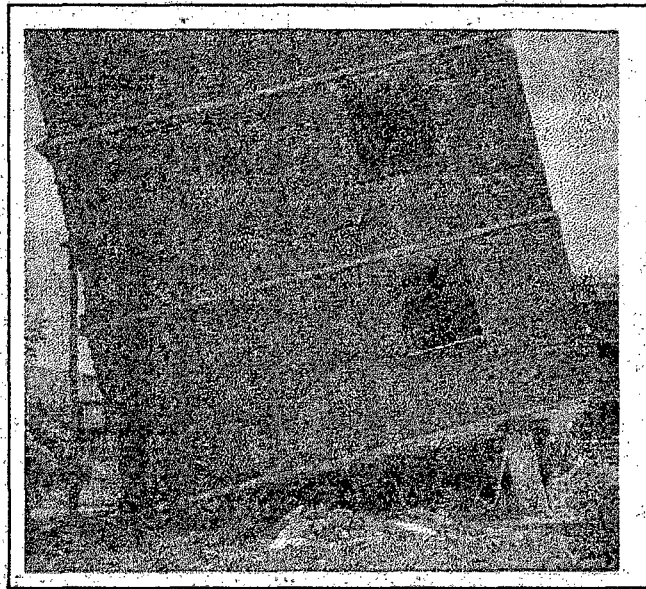


Fig. 3.13. Asentamientos desiguales causan el agrietamiento de los muros

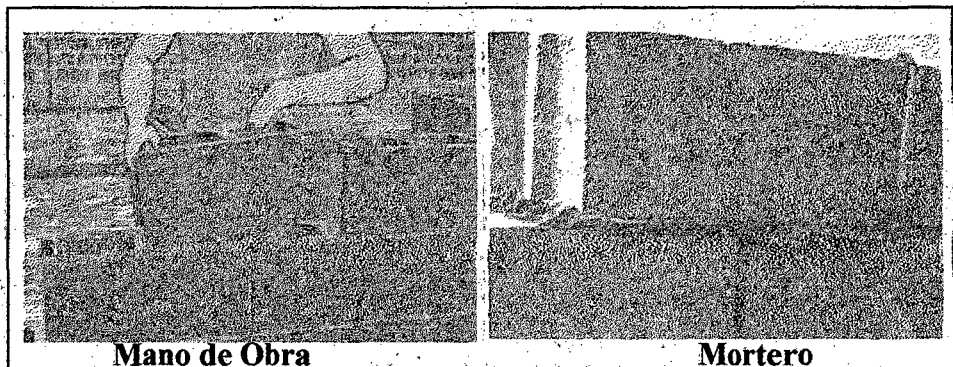


Fig. 3.14. Factores que afectan la forma del agrietamiento.

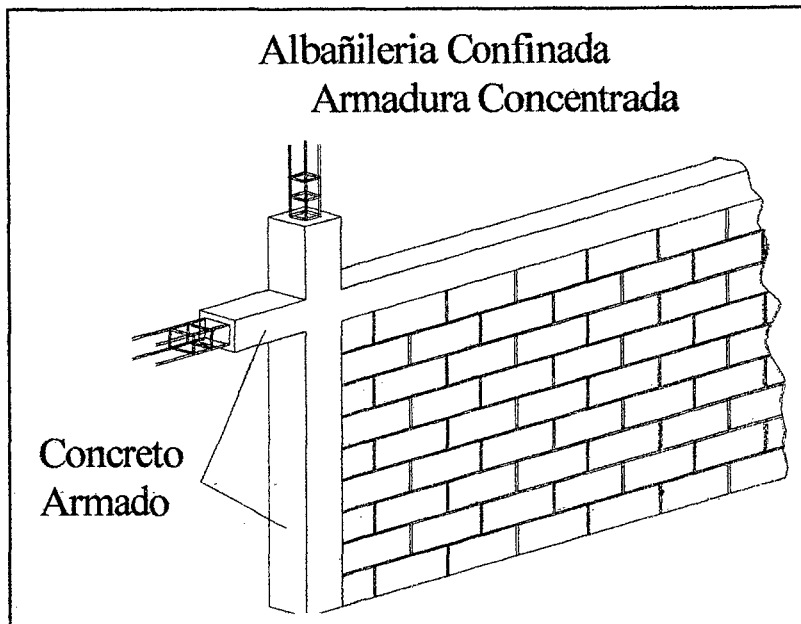


Fig. 3.15. Albañilería Confinada

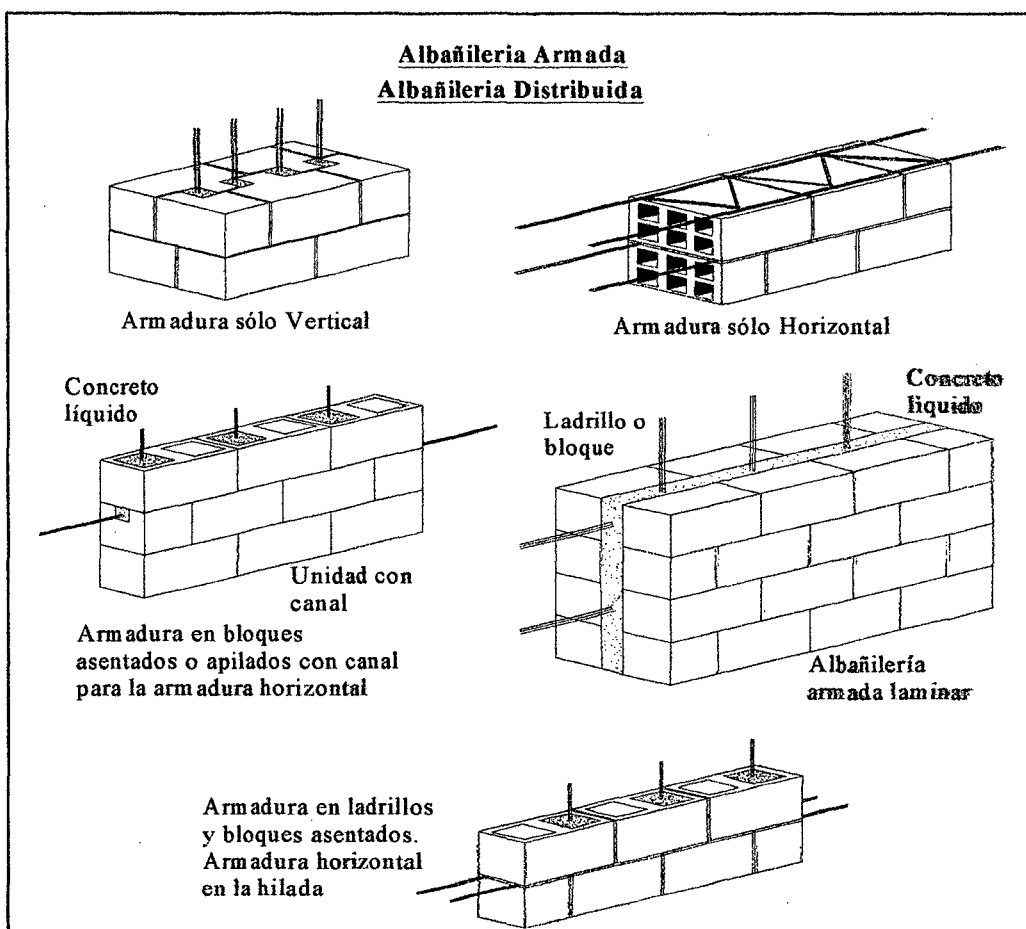


Fig. 3.16. Albañilería Armada

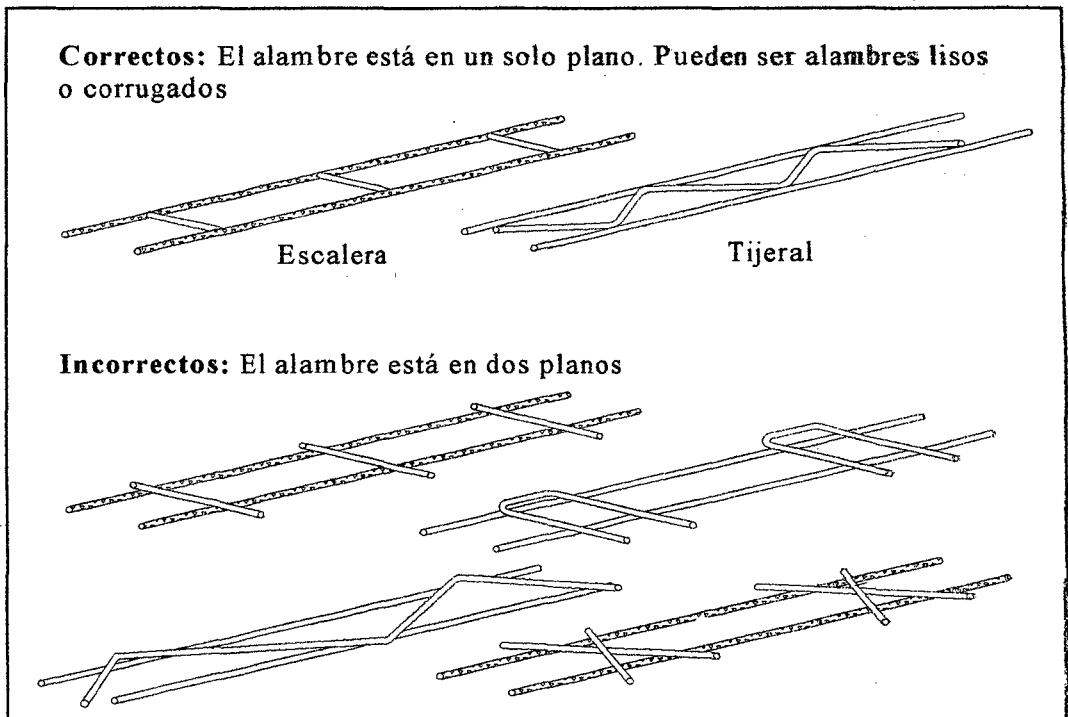


Fig. 3.17. Malla para refuerzo colocado en la hilada

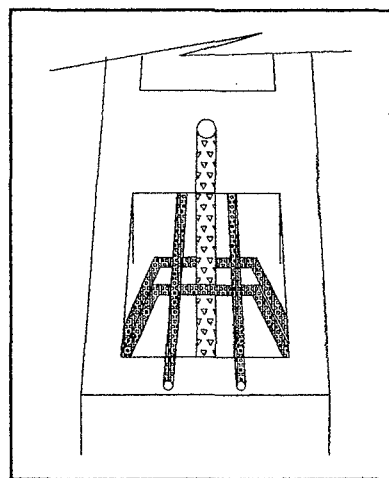


Fig. 3.18. Espaciadores para barras verticales y para verticales y horizontales

CAPITULO CUARTO

REQUISITOS CONSTRUCTIVOS

I.- GENERALIDADES.-

Durante décadas se creía que la calidad de la unidad y de la albañilería dependía de su resistencia a la compresión, pero el tiempo y la experiencia demostraron que esta resistencia es inútil si es que no se mantiene la integridad de la albañilería, la cual, depende de la resistencia a la tracción, tanto de la unidad, como de la albañilería; la misma que se obtiene con una fuerte, extensa y durable adhesión del mortero con la unidad.

La adhesión (Fig. 4.01) es requisito fundamental en la construcción con bloques de concreto, la cual, se da gracias al mortero, siendo importante que se dé en la medida necesaria, para atender al trabajo estructural (esfuerzos producidos por asentamientos, deformaciones y otros efectos); la resistencia a la compresión es de poca ayuda (por más alta que esta sea) si la adhesión no es la correcta, en especial para los países o zonas donde la albañilería debe resistir acciones sísmicas severas, pues, la experiencia nos dice que la falla se inicia siempre por tracción diagonal (muros portantes confinados) y / o por tracción debido a la flexión fuera del plano (cercos, parapetos y tabiques).

Muros de Cerco [9]; La deformación de los muros de cerco se encuentra restringida en su desplante (parte inferior sujeta a una cimentación indeformable, en el cual la rigidez de la misma cimentación distribuye el agrietamiento -grietas numerosas y muy pequeñas- las cuales pasan desapercibidas puesto que son imperceptibles en muros de bloques con acabado o, porque no afectan a los tarrajeos en muros recubiertos).

En la práctica se observa, que la liga entre el muro y el cimiento es por lo general suficientemente fuerte para evitar el desplazamiento y repartir su deformación (aunque los bloques de la 1º hilada se encuentren ligadas con morteros sin ningún tipo de

anclaje); en raras ocasiones, los bloques pueden deslizarse sobre el cimiento, facilitando la formación de grietas grandes. La contracción de la parte superior del muro podría provocar un agrietamiento inconveniente del muro, existiendo dos formas de evitarlo, dividiendo el muro mediante las juntas de dilatación ó el uso de refuerzos horizontales, con el objetivo de lograr una distribución amplia de las grietas.

Al dividir el muro mediante juntas de dilatación, se proyectará la separación de estas, dependiendo de ciertos factores (sí el muro tiene refuerzo o no, del tipo de refuerzo y de la calidad de los bloques y del mortero); teniendo como separación máxima aceptable de 3 a 4 veces la altura del muro, para evitar grietas; son necesarias juntas de dilatación más próximas (1.5 a 2 veces la altura del muro) con el objetivo de que la viga solera no se deforme en lo absoluto; sí el muro se construye continuo, sin juntas de dilatación, es necesario emplear refuerzo en el muro para impedir su agrietamiento. Frecuentemente estos muros son diseñados como muros confinados, estos modifican poco el agrietamiento debido a las contracciones horizontales, pudiendo ser motivo del origen de otras grietas, ya que las contracciones en sentido vertical serán mayores en los bloques que en los confinamientos y con el propósito de reducir este efecto se puede colocar, repartiendo el acero (en sentido vertical), a lo largo del muro (dentro de los alvéolos de los bloques).

Debe tenerse presente, que en muros con juntas de dilatación, el refuerzo repartido puede ir tan cercano como se quiera, sin tener alguna consecuencia perjudicial, pero en muros continuos no conviene que estén excesivamente próximos, teniendo en cuenta que los confinamientos no permiten los desplazamientos horizontales entre los bloques de hiladas continuas, evitando grietas en las juntas horizontales, lo cual no es conveniente, pues los confinamientos impiden la contracción del muro.

Edificación de un solo Piso [9]; En las construcciones de un solo piso y de altura normal para cada habitación (2 – 3 metros), son dos las características principales que hacen variar el comportamiento del muro, en lo que al agrietamiento por contracción se refiere ó la longitud de los muros y el tipo de techo empleado (losa de concreto armada (rígida y rígidamente unida al muro); techo de lámina de asbesto (simplemente apoyado y desligado del muro)). Sí los muros no están ligados con el techo, poseen la misma libertad de movimientos que los muros de cerco, dado que sus interacciones con otros muros perpendiculares no representan ninguna restricción especial a los movimientos, por lo mismo, sí son cortos, se comportan como muros de cerco con juntas de dilatación en los extremos de los muros y sí son largos, se comportan como muros de cerco sin juntas de dilatación; por razones constructivas conviene colocar una viga de concreto armado de remate, en la corona del muro, su comportamiento será el mismo que el de un muro de cerco con igual viga.

En lo que se refiere a los elementos verticales de confinamiento, estos tendrán los mismos problemas que en los muros de cerco con la diferencia de contar con vanos (puertas y ventanas), en los cuales sus esquinas son puntos de concentración de esfuerzos que debieran reforzarse en sentido horizontal con las vigas de refuerzo (dintel), la misma que deberá prolongarse lo suficiente en ambos lados del vano; las partes inferiores de las ventanas deben de tener refuerzo que pudiera ser de alambre o bien una viga colocada en las juntas horizontales de los bloques inmediatos al Alféizar (Fig. 4.02).

Sí tuviéramos muros ligados a losas de concreto armado (diafragma horizontal de entrepiso), se verán restringidos en sus movimientos en la misma forma que lo haría una viga solera (concreto armado) de remate, siempre y cuando las vigas tengan deformaciones extraordinarias propias de ellas. Una losa que no este suficientemente aislada y que se dilate y contraiga, agrietándose más que los muros en donde se apoya, provocará el agrietamiento de estos; siendo conveniente, reforzar la losa (en sus apoyos) con varillas longitudinales, sobre los muros ó bien colocar una viga solera que amarre su corona. Sí el muro es largo, se deben de proyectar juntas de dilatación ó un refuerzo horizontal que vaya de acuerdo con la calidad de los bloques y del mortero que se vaya a emplear.

Construcciones de varios pisos con muros de carga [9]; Los muros de este tipo de construcciones siempre tienen restringida la deformación horizontal en su base y en su corona, debido a los elementos de concreto armado de los entrepisos; además, las plantas bajas soportan las cargas verticales que representan los pisos superiores; las juntas de dilatación casi siempre son impropias por razones constructivas. Su restricción a la deformación determina que el muro se comporte como muros de cerco con vigas soleras de remate, sí tuviera carga vertical, esta favorecerá su comportamiento contribuyendo a evitar la formación de grietas.

Requieren de refuerzo aquellos muros cuya relación (longitud / altura) sobrepase los rangos de esbeltez, supeditado a la magnitud de la carga vertical, haciendo necesario el refuerzo, para cuando la carga es muy grande; existen problemas para las ventanas y puertas del mismo modo que para las edificaciones de un solo piso, con la única diferencia de ser más graves en las partes inferiores de las ventanas por el hecho de que los rincones están sometidos a deformación vertical por transmitir carga en dicha dirección (Fig. 4.03), por lo que el refuerzo, en las partes inferiores, deberá ser más cuidadoso. En lo que respecta a los elementos verticales de confinamiento, presentan el mismo problema visto para los muros de cerco; sí estos fuesen muy fuertes y rígidos, el problema se agrava y la contracción vertical del muro puede generar grietas horizontales; pudiéndose evitar reforzando el muro a todo lo largo, en los alvéolos de los bloques, con refuerzo ligados a los colados de los entrepisos.

Dado que los bloques tienen una alta resistencia a la compresión, que se mejora con refuerzos internos, es oportuno reforzar suficientemente los muros (vertical y horizontalmente), con lo cual, se les da características de albañilería reforzada, prescindiendo de los elementos verticales de confinamiento individual de mayor sección. El refuerzo mínimo especificado es 2% (aproximado) de la sección bruta del muro en cada dirección (vertical y horizontal), quedando incluido en este refuerzo el acero de las vigas soleras y el de los alambres de las juntas.

La adhesión está relacionada con el mortero; el cual, constaba de una mezcla de cal y arena (en la antigüedad), la misma que tarda mucho tiempo en fraguar y alcanzar su resistencia; debido a este inconveniente se ejecutaban juntas muy delgadas, por otro lado, este tipo de mezcla demandaba una mayor cantidad de mano de obra para adaptar y controlar cada pieza; en respuesta a tal inconveniente se desarrollaron morteros más resistentes y de fraguado rápido, lo que permitía asentar las piezas de los muros en menos tiempo, de igual forma las juntas gruesas permiten reparar de una forma u otra las variaciones dimensionales de las unidades; en un inicio el mejor mortero se obtenía mezclando cal con una pequeña cantidad de cemento, con el transcurrir de los años se

incrementó la proporción del cemento hasta invertir el proceso, actualmente la mayor parte de los morteros se preparan con cemento Pórtland; su composición incluye arena limpia bien graduada y suficiente agua limpia para producir una mezcla plástica y manejable.

El efecto de la mano de obra juega un papel importante en el proceso de construcción, el cual se ve reflejado en:

- Tratamiento de la succión de la unidad de albañilería.
- Preparación de morteros.
- Trabajabilidad de morteros.
- Asentado.
- Movimiento de la unidad después del asentado.
- Aplomo y Alineamiento.
- Ritmo de construcción.
- Retemplado de morteros.

Siendo difícil precisar cuantitativamente la consecuencia aislada y menos aún las interacciones de estos factores; se deberá realizar una evaluación cualitativa, no siendo factible determinar la calidad de la albañilería, teniendo en cuenta una sola propiedad.

II.- CONTROL DE LA FISURACION.-

Se conoce de la existencia de esfuerzos internos (Tabla 4.01) en la albañilería, causadas por fenómenos externos, las cuales originan algunos movimientos de la edificación, siendo proporcionales a la rigidez del muro; de igual forma, los esfuerzos internos producen diferentes efectos en la albañilería, creando fisuras en el muro (Fig. 4.04). Dicho muro formado de bloques de concreto admite (sin agrietamientos) algunos movimientos (pequeños é incompatibles), con el normal funcionamiento del edificio; el mismo que se ve sometido a movimientos mayores (causados por asentamientos, cambios de temperatura, humedad y contracciones); se tienen dos alternativas en la prevención de fisuras en los muros:

A.- Juntas de control.-

Son juntas verticales continuas (a lo alto del muro) aliviando las deformaciones, causadas por los esfuerzos de tensión horizontal, reduciendo las restricciones y permitiendo el movimiento del muro en su plano y en la dirección horizontal; su función principal es la de dividir é independizar los diferentes paños del muro (Fig. 4.05), evitando la aparición de fisuras, debidas por los efectos de la contracción, causadas por ligeros movimientos longitudinales, las juntas de control, serán ubicadas, en aquellos lugares donde se concentran los esfuerzos, tal como:

- Cambios de altura ó cambios en el espesor del muro.
- Coincidencias en las juntas de cimentación, pisos y techos.
- En la intersección de paredes transversales.

- En muros largos y sin aberturas.
- En los costados de los vanos (Fig. 4.06).

Asimismo, la distancia de separación dependerá de las siguientes variables (Tabla 4.02):

- La contracción lineal, por secado del bloque utilizado.
- El contenido de humedad del bloque durante su colocación.
- Las condiciones climáticas locales.
- Vinculación del muro con otros elementos (columnas, vigas, soleras, etc.).

B.- Armadura secundaria.-

Consiste en 2 varillas ($\emptyset \frac{1}{4}$ ", por lo general) para aumentar la resistencia a la tracción y también para controlar las grietas (Fig. 4.07).

III.- MORTERO DE ALBAÑILERÍA.-

Se denomina mortero de albañilería a la mezcla de uno ó más aglomerantes, con arena, dicha mezcla al ser amasada con suficiente agua (sin llegar a la segregación de sus componentes), se convierte en una masa pastosa y plástica, la misma que, después de reaccionar químicamente, se endurece. A pesar de que el mortero y el concreto poseen los mismos componentes (Fig. 4.08) las propiedades necesarias en cada caso son diferentes, el concreto tiene la propiedad fundamental de resistencia a la compresión y el mortero debe tener la adhesividad con la unidad de la albañilería, para lo cual debe cumplir ciertos requisitos:

- **Trabajabilidad;** debiendo mantenerse constante durante todo el proceso de asentado (Fig. 4.09), para ello, toda mezcla que ha perdido trabajabilidad deberá retemplarse; el retemplado dependerá de las condiciones climáticas, pudiéndose realizar dentro de 1½ a 2 hrs. (después de mezclado el mortero); Cuando un mortero no tiene cal es un mortero áspero.
- **Consistencia y retentividad;** consistencia o temple es la habilidad del mortero de fluir, y retentividad es su capacidad de mantener su consistencia durante el proceso de asentado.
- **Adhesividad;** es la capacidad del mortero de pegar los bloques y resistir las fuerzas que tienden a separar el mortero del bloque. Es esencial en el mortero.
- **Resistencia a la compresión;** es una propiedad incidental en el mortero.

- Usar solamente cementos tipo I ó IP y cal hidratada normalizada; para cuando no se use cal normalizada, los morteros deberán contener cemento y cal en proporciones mas o menos iguales en volumen.
- El agua empleada en la preparación de los morteros debe de estar limpia y libre de cualquier sustancia como aceite, ácidos, álcalis, sales, materia orgánica y otras sustancias perjudiciales al acero y / o mortero.

Al formar un muro, se utiliza mortero para unir los elementos de albañilería, el cual se adhiere en las superficies (más o menos) irregulares de las piezas, brindando al conjunto estabilidad y resistencia a la compresión; el mortero tambien se usa sobre las superficies a modo de empastado, tarrajeo ó revoque.

Cuando al mortero se la prepara con más de un aglomerante se denomina mortero bastardo, por lo general, el mortero bastardo comprende la combinación de cemento y cal hidráulica. En la construcción de albañilería de concreto se usa un mortero compuesto de cemento Pórtland (como aglomerante) y arena (como agregado fino), debiendo ser manejable, y permitir obtener una albañilería de buena resistencia y con juntas impermeables; se debe de tener en cuenta que los cementos de albañilería son diseñados especialmente para la preparación de morteros.

A.- Función del mortero.-

- Vincula los bloques entre sí, formando un conjunto estructural integrado.
- Evita la penetración del aire y humedad, actuando como sello hermético.
- Permite absorber pequeños movimientos internos que se den, en el muro.
- Recubre el acero de las juntas, evitando la fisuración.

B.- Calidad del mortero.-

La calidad del mortero, se refleja en su durabilidad frente a las condiciones de intemperismo y en su resistencia frente a la acción de cargas (peso propio, cargas de viento y / o sismo); dicha calidad es muy importante al igual que la calidad del bloque y la eficiencia de la mano de obra empleada en la construcción (Tabla 4.03).

C.- Efecto de los materiales.-

El factor fundamental, en la obtención de un mortero de calidad, es la condición de cada uno de sus componentes; cada cual contribuye, en forma individual a la eficiencia del comportamiento del mortero; es decir, el cemento, le brinda resistencia y durabilidad; la cal, le otorga mayor plasticidad y retiene al agua, asimismo, incrementa el poder de liga; por su parte, la arena actúa como relleno, proporcionando la consistencia necesaria, limitando la contracción de la masa y reduciendo la fisuración; y el agua, actúa como lubricante, permitiendo la hidratación del cemento.

El cemento de albañilería, es aquel aglomerante hidráulico, destinado específicamente a ser ingrediente del mortero (en la construcción de albañilería), se usa con la finalidad de obtener una mayor plasticidad y una mayor retención de agua, que las que se obtendría con el cemento Pórtland.

Por lo general, estos tipos de cemento se componen de más de uno de los siguientes materiales: cemento Pórtland, cemento puzolánico, cemento natural, cemento de escorias, cal hidráulica, caliza pulverizada, tiza, talco, puzolana, arcilla, yeso y aditivos.

Los nuevos y actuales cementos de albañilería son diseñados para facilitar la operación del mezclado en obra, mejorando el control de la calidad, pues su correcto uso produce uniformidad en el color y en el mezclado, los límites de estos requisitos están señalados en la normativa específica [3].

D.- Componentes.-

1.- Materiales aglomerantes.-

En la construcción con bloques de concreto, se emplea morteros cemento-cal, cuyos aglomerantes son; el cemento Pórtland y la cal hidráulica, según la norma ITINTEC 334-009 y norma ITINTEC 339-002, respectivamente.

El mortero “cemento-cal” (mortero bastardo) se usa en elementos estructurales sometidos a solicitaciones estáticas y condiciones de humedad normales, como revoque y enlucido. El mortero de cemento, sirve en aquellos elementos estructurales sometidos a fuertes solicitaciones estáticas y en las que pueda influir intensamente la humedad; cuando se usa como revoque, se busca impermeabilizar los paramentos expuestos a severas infiltraciones.

2.- Arena para mortero.-

La arena, en el mortero, se usa con la finalidad de disminuir el efecto de los aglomerantes, reduciendo de esta forma la contracción de la masa, que experimentaría el aglomerante puro; existen dos tipos de arena, las arenas naturales (arenas de mina, cantera o yacimientos, de río, de mar o de dunas) y las arenas de trituradora (piedras trituradas artificialmente), para ambos casos la arena debe de ser limpia y bien graduada, de granos resistentes y duros, libres de cantidades de polvo, terrones y materia orgánica, debiendo satisfacer la norma ASTM C-144.

Para la fabricación del mortero, las arenas de grano mezclado son muy favorables, el aglomerante actúa como una cola para la unión de los granos más gruesos, por lo que la cantidad del aglomerante es reducida.

Sí faltara la fracción fina de arena, se requerirá una mayor cantidad de aglomerante, con el fin de llenar los vacíos que se producen; cuando se tiene arenas de grano homogéneo (gran proporción de vacíos) y arenas con forma desagradable (de grano aplanado, alargado o en forma de esquirlas), exigirán un mayor consumo de aglomerante y no ofrecerán una compactibilidad adecuada. El grano más favorable es aquel cuyas dimensiones sean poco diferentes y, sí fuera posible, de formas cúbicas o redondeadas (Tabla 4.04).

3.- Agua para mortero.-

El agua es el elemento más importante é indispensable en lo concerniente al proceso de fraguado y endurecimiento del aglomerante, el agua debe ser potable, apto para el consumo humano, libre de componentes que puedan dañar la mezcla (ácidos, álcalis y materia orgánica) y de sales solubles (sulfato de Sodio y / o sulfato de Potasio) los cuales contribuyen a la aparición de eflorescencias; por otro lado, el agua que contiene azúcar retarda el fraguado.

El exceso de agua produce una serie de efectos contrarios, como son:

- Aumenta el tiempo de fragua.
- Disminuye la resistencia a la compresión.
- Produce la segregación de la arena y del cemento.
- Disminuye la adherencia entre un mortero viejo y uno nuevo.

Asimismo, la poca participación de agua, traerá consigo los siguientes efectos:

- Incremento de la porosidad.
- Poca impermeabilidad.
- Acortamiento del tiempo de fraguado.
- Decrecimiento de la resistencia.

4.- Colorantes.-

Se emplea para darle color a las juntas. Es un aditivo que se puede añadir al mortero y debe utilizarse de acuerdo a las recomendaciones del fabricante.

E.- Propiedades del Mortero.-

1.- Trabajabilidad.-

Propiedad por la cual el mortero puede extenderse y ser colocado con facilidad, pudiendo adherirse a las superficies verticales, verterse en las juntas (sin caerse o derramarse), permitir la unión entre bloques, y disminuir el riesgo de penetración de humedad en el muro terminado.

Un mortero trabajable es un mortero plástico, dicha plasticidad se determina según la consistencia y fluidez del mortero, para lo cual, se realiza la prueba de revenimiento (prueba que se realiza para medir el grado de asentamiento del mortero fresco, realizada con el cono de Abrahms), en el cual el valor del Slump es como sigue: Concreto (2" – 6"), Mortero (5" – 8"), Concreto líquido (3" – 11") (Fig. 3.11).

2.- Retención de agua.-

Propiedad por la cual se conserva el agua necesaria, para la hidratación del cemento, frente a los efectos: del aire, presencia de un ambiente seco y / o absorción, por parte de las piezas de albañilería; la capacidad de retención permite que el mortero no pierda plasticidad, evitando la fragua prematura y asegurando una buena adherencia y juntas herméticas.

3.- Adherencia.-

Capacidad del mortero para unirse con el bloque, absorbiendo los esfuerzos tangenciales existentes en la superficie de contacto, dicha propiedad se debe en su mayoría a que la pasta de aglomerante penetra en el bloque, debiéndose a la succión capilar que este ejerce.

La adherencia determina la resistencia de los muros frente a las cargas excéntricas, transversales o de pandeo, dichas cargas producen esfuerzos cortantes o de tracción. La adherencia se mejorará en la medida que se dé una adecuada dosificación, buena trabajabilidad, y una adecuada colocación (Fig. 4.10).

4.- Resistencia a la Compresión.-

Capacidad del mortero para soportar cargas, la cual debe ser la más elevada, sin sobrepasar el respectivo valor de los bloques; el periodo en el cual el mortero desarrolla su resistencia para soportar cargas se denomina tiempo de fraguado, el mortero empieza a fraguar después de adicionar agua a la mezcla (45 – 60 minutos), la misma que endurece a las 6 hrs, logrando su máxima resistencia a los 28 días; luego sigue endureciendo, lentamente, sin aumentar su resistencia.

5.- Durabilidad.-

Capacidad para soportar las condiciones de deterioro del intemperismo, se ve ligada con su densidad y con el contenido de cemento, el principal agente de deterioro es el agua, el cual penetra en los muros, para luego evaporarse o congelarse bruscamente, se tiene que los morteros de alta resistencia a la compresión poseen buena durabilidad; cuando se da el caso de tener juntas deterioradas, se requerirá proceder a su mantenimiento y / o reparación; este método se denomina calafatear (cerrar o tapar juntas).

IV.- PREPARACION DEL MORTERO.-

A.- Dosificación.-

Por lo general, se expresa en proporción de volúmenes (aglomerante y agregados); por ejemplo, una proporción de 1 : 3, significa que por un volumen de aglomerante tenemos tres volúmenes de agregado fino, y la cantidad de agua a utilizar estará supeditada por el tipo de aglomerante, el ambiente, la plasticidad deseada y de la aplicación para la que se requiere dicho mortero, recomendándose el uso mínimo de agua, pues, el exceso de esta, retrasa la fragua y al evaporarse, deja poros en la masa (Tabla 4.05).

B.- Mezclado.-

El mezclado es importante para lograr un buen mortero, por medio del mezclado, es posible mantener al mortero en estado plástico y manejable, distribuyendo los componentes de tal forma de mantener la consistencia deseada, además, un mortero correctamente mezclado incrementará la productividad y garantizará una apariencia uniforme en toda la obra; el mezclado puede darse de dos maneras; mezclado mecánico y mezclado manual. El mezclado manual solo es permitido en cantidades pequeñas en obras menores.

1.- Mezclado mecánico [1].-

Al utilizar una máquina mezcladora se asegura uniformar la mezcla, mejorando la calidad del mortero, esto implica algunos pasos a seguir:

1° Encender el motor y agregar la mitad de la cantidad de agua necesaria.

2° Agregar la mitad de la Arena.

3° Agregar toda la Cal.

4° Agregar todo el cemento y luego el resto de Arena.

5° Adicionar el resto del agua.

6° Hacer funcionar la máquina (3 a 5 minutos), deteniendo el motor cuando la mezcla alcanza una consistencia similar al barro.

2.- Mezclado manual [1].-

El mezclado en forma manual se realiza en una Artesa, debiéndose realizar una serie de pasos:

1° Distribuir la arena en la Artesa.

2° Adicionar sobre la arena los materiales aglomerantes (cemento y / o cal).

3° Mezclar los componentes mediante una pala, desde ambos lados de la artesa.

4° Agregar agua hasta que todos los elementos estén uniformemente húmedos.

5° Alcanzada la consistencia deseada, reposar la mezcla (5 minutos) y mezclar nuevamente, mínimo repetir tres veces.

C.- Tiempo de Utilización.-

El mortero debe de ser preparado conforme se vaya necesitando, para que de esta forma su plasticidad sea constante durante toda la jornada, esto se debe a que el mortero amasado y no utilizado comienza a secarse, poniéndose rígido; el mortero deberá ser utilizado dentro de las 2 ½ horas después del mezclado original, sin dejar pasar una hora, antes de volver a mezclar, caso contrario se desechará.

Cuando ha transcurrido mayor tiempo del permitido, se hace necesario proceder al retemplado del mortero, debiéndose de adicionar agua convenientemente, de modo de compensar la pérdida de humedad ya sea por evaporación y / o absorción, realizándose un mezclado completo; se desecha todo mortero sobrante, puede evitarse todo esto si se protegiera al mortero del frío o del calor, mediante plásticos o yutes. Los morteros de cal tienen tiempo ilimitado para su uso, siempre y cuando se conserven en las debidas condiciones.

D.- Calidad y Resistencia.-

La calidad del mortero está relacionada con la resistencia que posee respecto a los esfuerzos de tracción y compresión, que se producen en las juntas de hilada, por ello se debe de preparar una mezcla de consistencia uniforme, asimismo, el material a utilizar debe estar fresco (cemento y / o cal), sin terrones duros y que cumplan con las especificaciones técnicas.

La resistencia y calidad del mortero deben garantizar que las posibles grietas, causadas por movimientos de contracción, no atraviesen los bloques, sino que permanezcan en las juntas; de esta forma las grietas se rellenarán de nuevo (sin quedar un aspecto desagradable); se recomienda el empleo de morteros de alta resistencia, pudiendo usar aditivos plastificantes, siempre y cuando no provoquen corrosión en la armadura; se usará plastificantes en aquellos tramos de muro reforzados con armadura, no siendo recomendable el uso de morteros con alto contenido de cal.

Para la norma E-070 en su parte C – 1.5, se hace referencia de las proporciones en volumen, de los morteros; tanto, para morteros con cal como morteros sin cal; pudiéndose usar otras composiciones de mortero siempre y cuando se realicen pruebas de laboratorio suficientes para garantizar resistencias de la albañilería análogas a las que se obtienen en las proporciones descritas en dicha referencia y, asegure la durabilidad.

TABLAS Y CUADROS

TENSIONES INTERNAS EN LA EDIFICACION [1]

CAUSA	EFEECTO
Cambio de Temperatura: Calor / Frio	Expansión / Contracción
Cambio en la Humedad Ambiental: Seco / húmedo	Encogimiento / Expansión
Sobrecarga de las Estructuras: Carga Muerta, Carga Viva, Impactos y Vibración	Deflexión, Distorsión y Asentamiento

Tabla 4.01

DISTANCIAS MAXIMAS ENTRE JUNTAS DE CONTROL [1]

Distancia máxima de juntas horizontales (cm)	Distancia máxima de juntas verticales de control	
	Relación Longitud / altura	Longitud del panel (m)
---	2	12
60	2.5	13.5
40	3	15
20	4	18

Tabla 4.02

TIPO DE MORTERO SEGUN EL REQUERIMIENTO [1]

TIPO DE MORTERO	DESTINO SUGERIDO
A	Muros y zapatas de cimentación, muros portantes (alta carga de compresión ó carga horizontal debida a empuje de suelo, viento o sismo)
B	Muros portantes sujetos a compresión que requieran gran resistencia de adherencia para esfuerzos de corte debido a flexión
C	Muros portantes o muros exteriores de albañilería, sobre el nivel de terreno, con cargas moderadas
D	Tabique interior, no portante (divisorios o decorativos)

Tabla 4.03

GRADUACION DEL AGREGADO PARA MORTERO DE ALBAÑILERIA [1]

GRANULOMETRIA		PORCENTAJES QUE PASAN LAS MALLAS		
MALLA Nº	TAMAÑO GRANO	ASTM C144		CSA A82.56
		ARENA NATURAL	ARENA TRITURADA	
04	4.8 mm	100	100	100
08	2.4 mm	95 a 100	95 a 100	95 a 100
16	1.2 mm	70 a 100	70 a 100	60 a 100
30	590	40 a 75	40 a 75	35 a 80
50	297	10 a 35	20 a 40	15 a 50
100	149	2 a 15	10 a 25	2 a 15
200	--	0 a 5	0 a 10	--

Tabla 4.04

TIPO DE MORTEROS

MORTEROS EN GENERAL [3]	Tipo de Cemento	Tipo de Mortero	Cemento Pórtland	Cal	Arena	
	Cemento Pórtland	A	1	1	0 - 1/4	3
		B	1	1	1/2	4 - 4 1/2
		C	1	1	1	5 - 6
		D	1	1	2	8 - 9
	Cemento Adicionado	Tipo de Mortero	Cemento Adicionados	Cal	Arena	
		A	1	0	2 1/2 - 3	
		B	1	1/4 - 1/2	3 1/2 - 4 1/2	
		C	1	3/4 - 1	4 1/2 - 6	
	Cementos de Albañilería	Tipo de Mortero	Cemento Pórtland	Cemento de Albañilería Tipo N (6MPa)	Arena	
		A	1	1	4 1/2	
		B	1/2	1	4 - 4 1/2	
		C	1/4	1	3 - 4	
MORTEROS SEGUN NORMAS	Norma	Tipo	Cemento	Cal	Arena	
	Norma E-070	P1 - C	1	1	4	
		P2 - C	1	1	5	
		NP - C	1	1	6	
	ASTM	1	1	1/4	3	
		2	1	1/2	4 1/2	
		3	1	1	6	
		4	1	2	9	
	Norma E-070	P1	1	--	4	
		P2	1	--	5	
		NP	1	--	6	
	ASTM	1	No Equivalente	--	No Equivalente	
2		1	--	3 1/2		
3		1	--	5		
4		1	--	6		

P: Portante; NP: No-Portante

Tabla 4.05

FIGURAS

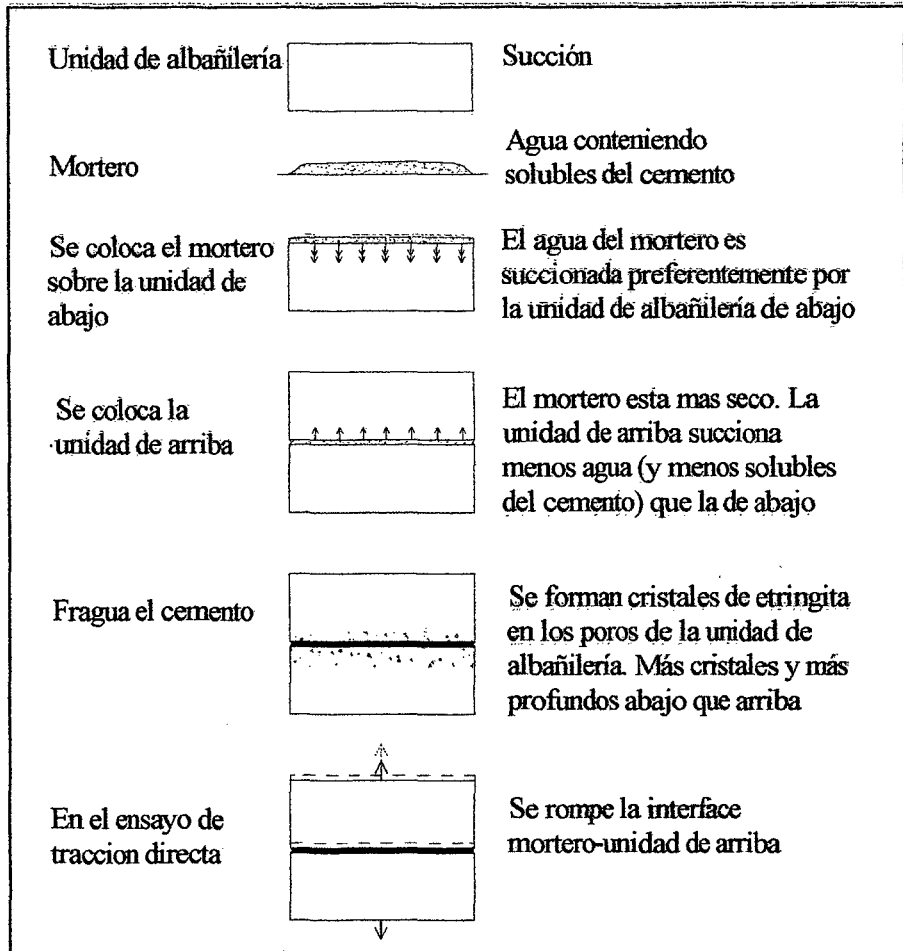


Fig. 4.01. Mecánica de la adhesión

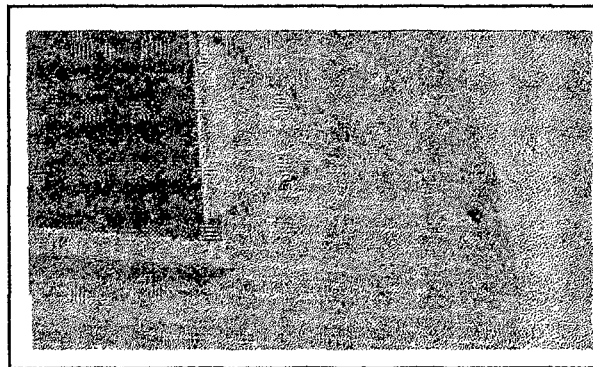


Fig. 4.02. Agrietamiento causado por concentraciones de esfuerzos, debido al Alféizar sin aislar.

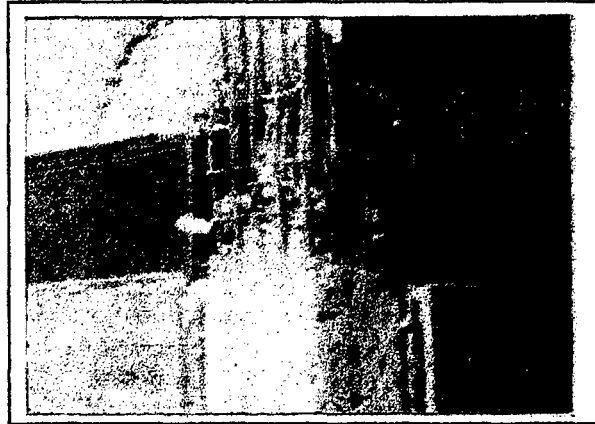


Fig. 4.03. Columna corta en las dos direcciones, por efecto del alféizar de albañilería.



Fig. 4.04. Edificación dañada gravemente por las tensiones internas causadas por el movimiento de la edificación, debido a fenómenos externos (Sismo)

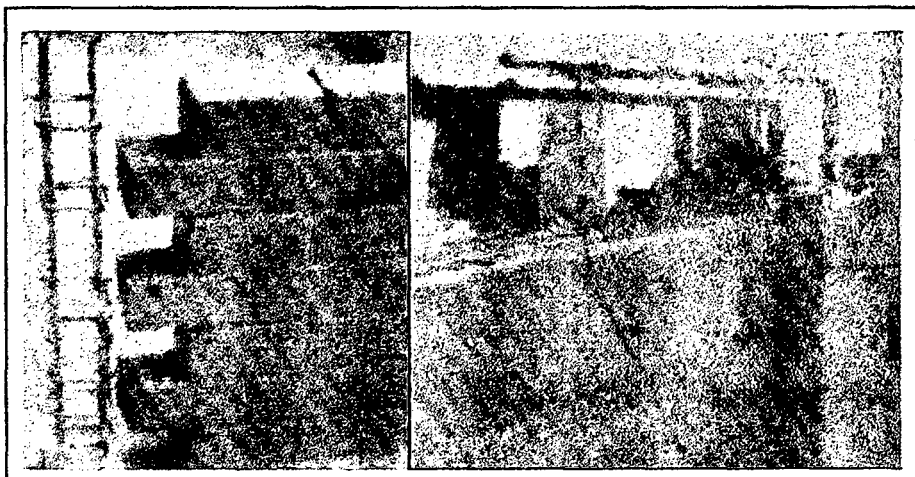


Fig. 4.05. Juntas de Control, reducen las restricciones y permiten el movimiento del muro en su plano y en la dirección horizontal

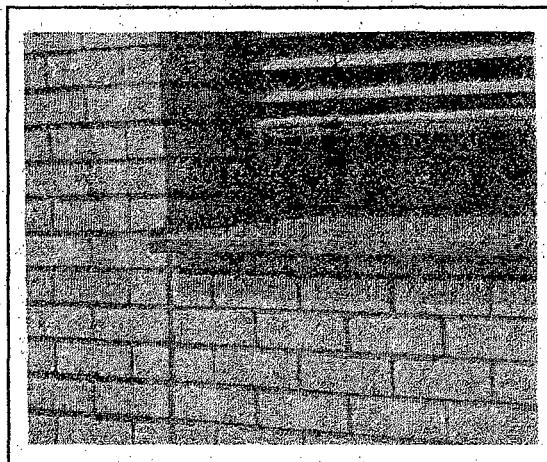


Fig. 4.06. La junta puede ser sellada con mortero de Cal, con sellos de Siliconas o poliuretano (para intemperismo severo).

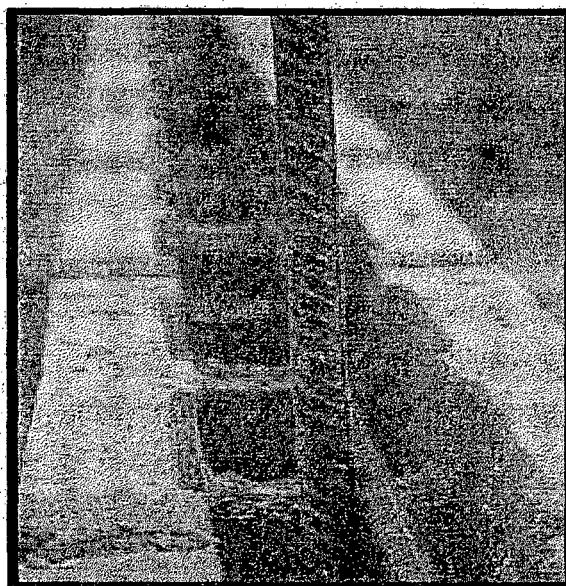


Fig. 4.07. Disposición del refuerzo en un muro armado, nótese el refuerzo secundario a lo largo del muro.

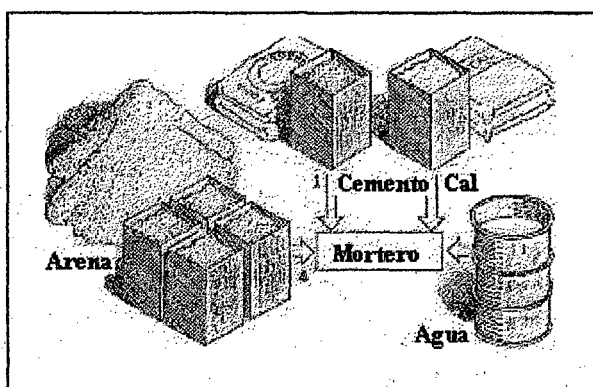


Fig. 4.08. Componentes del mortero.



Fig. 4.09. El mortero debe ser trabajable durante todo el proceso de asentado

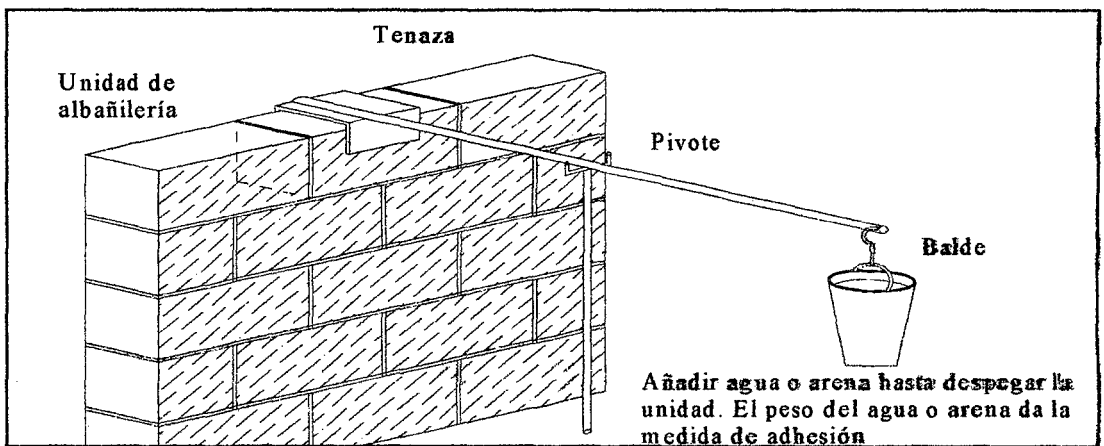


Fig. 4.10. Ensayo de campo para medir la adhesión

CAPITULO QUINTO

ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE MUROS DE ALBAÑILERIA

I.- ANTECEDENTES [13].-

La albañilería confinada de ladrillo de arcilla es el sistema estructural de construcción más usado en el país, en lo que respecta a la albañilería de bloques de concreto es poco o casi nada las construcciones encontradas; por ello se le debe de dar un tratamiento especial en el campo de la investigación, buscando técnicas apropiadas para mejorar su comportamiento sísmico.

El Perú al estar ubicado entre la placa de Nazca y la Sudamericana está sometido a eventos sísmicos constantes, es por ello, que las edificaciones existentes deben ser capaces de soportar dichos eventos, o al menos no colapsar. En las zonas urbanas del Perú, la mayoría de las edificaciones de baja y mediana altura están hechos con albañilería, y la característica principal es el uso inadecuado de la misma, derivándose en desperdicio e inseguridad.

La albañilería es definida como un conjunto de unidades adheridas entre sí, mediante algún material (mortero de barro ó cemento); las unidades pueden ser materiales naturales (piedra), ó artificial (adobes, ladrillos, bloques de concreto). Una de las características de la albañilería es su limitada capacidad sísmica, basado en:

- Estar compuesta por materiales que tienen una severa degradación de la resistencia cuando es sometida a una carga cíclica.

- Poseer una gran rigidez, por lo que presentará una mayor respuesta frente a ondas sísmicas debido a su corto periodo natural de vibración.
- Tener una gran variabilidad en su resistencia que depende de su calidad de construcción.
- Poseer una ductilidad limitada.

Por lo que se requiere de una mejor comprensión con respecto a la racionalización del uso y diseño de la albañilería, en especial, cuando el elemento estructural ingresa al rango inelástico y más aún, teniendo presente que está en una zona expuesta a movimientos sísmicos; cuando vemos en el pasado, encontramos construcciones compuestas de muros portantes (de ladrillo, 25–30 cm de espesor), los cuales tienen el objetivo de soportar cargas (peso propio, sobrecarga, cargas horizontales de sismo), estas edificaciones se caracterizan por su alta densidad de muros, usadas para edificaciones de 1 ó 2 pisos.

Por el año de 1940, se inicia una nueva era para las edificaciones, en la búsqueda de mejorar el comportamiento de la misma frente a las fuerzas laterales (en especial zonas de alto riesgo sísmico), en el cual, los muros son reforzados con acero a fin de otorgarle ductilidad, introduciéndose la albañilería confinada; pero, aún con la característica de la alta densidad de muros.

En los 80, se inicia el estudio de la albañilería estructural en la búsqueda de un mejor uso de la misma, consiguiéndose en 1982, promulgar la primera norma en albañilería (vigente hasta la fecha). En los últimos 10 años los fenómenos naturales produjeron diferentes tipos de desastres en el Perú, algunos de los problemas ocurridos fueron las inundaciones, deslizamientos de tierra, lluvias torrenciales y también sismos.

Es una exigencia de la época, obtener edificaciones económicas y seguras, lo cual es posible con el estudio del comportamiento estructural (frente a acciones a las que será expuesta); dicho estudio abarca ensayos experimentales de los mismos, con el objetivo de encontrar una alternativa de construcción al principal problema de la albañilería estructural (capacidad de adhesión mortero-unidad); viéndose reflejada en su respuesta frente a las fuerzas laterales, provenientes de movimientos sísmicos y / o cargas de viento.

Ultimamente el “Fenómeno del Niño”, trajo como consecuencia que, materiales tradicionales como el Adobe y la Quincha colapsaran; después de este desastre unas 200,000 familias perdieron sus viviendas y muchos de ellos fueron afectados, incluso en 2 oportunidades, por diferentes fenómenos, como sucedió en la ciudad de Nazca, la cual soportó el terremoto del 12 de Noviembre de 1996, donde el 75% de las casas quedaron afectadas especialmente las construcciones de adobe (100%) y estructuras de albañilería (30%). Los edificios públicos fueron afectados con fuertes grietas en la división de muros de albañilería, asimismo, las viejas iglesias sufrieron daño estructural en sus paredes y arcos.

Tomando en cuenta esto y otras situaciones, es que, se propone desarrollar edificaciones capaces de incrementar su resistencia contra las cargas estructurales y, fundamentalmente que la estructura goce de un comportamiento dúctil.

A.- Descripción del Sistema Estructural.-

- La cimentación (donde descansan los muros); encargada de transmitir la carga al terreno.
- Muros portantes; transmiten las cargas verticales y horizontales de nivel a nivel hasta la cimentación.
- Techo; diafragmas rígidos cuya función es distribuir las fuerzas verticales y horizontales de acuerdo a la rigidez de cada muro.
- Arriostres; encargados de dar estabilidad y resistencia a los muros (portantes o no-portantes), para cargas perpendiculares a su plano.

La albañilería es un material compuesto, heterogéneo y anisotrópico, en el que los planos de debilidad coinciden con las juntas verticales y horizontales; las juntas horizontales en particular (naturaleza continua) dividen a la albañilería en capas (las hiladas) dando la característica de un material compuesto discontinuo; por otro lado, cuando los alvéolos de las unidades huecas están llenos de concreto líquido, proveen una continuidad parcial, modificando de alguna forma, la descripción anterior y aminorando el grado de anisotropía.

II.- MUROS SOMETIDOS A CARGA.-

Las resistencias de la albañilería (compresión, tracción y corte) definen el comportamiento estructural de los diferentes elementos de albañilería ante la acción de solicitaciones reales, para lo cual, se han diseñado multitud de ensayos en pequeños especímenes, cuyos resultados constituyen la base de nuestro conocimiento estructural del material.

El comportamiento de estos especímenes (durante el ensayo) es el producto de la acción heterogénea de los componentes de la albañilería (la unidad, el mortero y / o concreto líquido), imitando o modelando el que asumen elementos de albañilería similar, sometidos a cargas iguales a las del ensayo. El “modelar” es complicado, debido a las características anisotrópicas de la albañilería, al igual que las cargas, no se presentan como en el ensayo (aisladas de efectos de borde y otras interacciones); hacer ensayos a este nivel de detalle es imposible, por los costosos é imprácticos que resultarían; la solución práctica para definir los ensayos y especímenes adecuados, es escoger determinadas orientaciones preferentes para la carga, como lo son:

- Para ensayos de compresión (Fig. 5.01) se aplica una carga co-planar perpendicular a la hilada (correspondiente a la acción gravitacional en muros con hiladas horizontales, que son los predominantes); por otro lado, el valor obtenido es útil en el análisis del comportamiento de muros de corte, ante la acción conjunta de las cargas de gravedad y las acciones sísmicas.

- La tracción coplanar se genera en los ensayos, aplicando fuerzas de corte, para producir tracciones diagonales, o fuerzas de compresión (Fig. 5.02), para producir tracciones indirectas, suele realizarse este ensayo, tomando tres ángulos con relación a la hilada (0° 45° 90°), lo que posibilita determinar (interpolando) la resistencia en cualquier dirección intermedia. Notemos que la resistencia a la tracción coplanar define el comportamiento del muro, hasta el nivel de agrietamiento para combinaciones de cargas gravitacionales y horizontales coplanares, originadas por sismo o viento.

- Para ensayos de tracción por flexión se aplica carga perpendicular al plano, para generar flexiones paralelas y perpendiculares a la hilada, lo que permite la determinación de los módulos de ruptura de la albañilería en estas dos direcciones principales; esta información es suficiente para analizar el comportamiento de muros sometidos a carga perpendicular a su plano, que puede tener condiciones de apoyo de borde, variadas.

- Para evaluar la resistencia al corte se utiliza el ensayo de cizallamiento en la junta horizontal de mortero, dicha junta (sometida al mismo tiempo a corte en su plano, y compresión vertical) puede ser el plano de falla de muros de albañilería simple y albañilería confinada (Fig. 5.03).

La determinación de resultados en los diferentes ensayos, es de considerable importancia, pues debe conducir, en conjunto, a ensayos repetibles, económicos e interpretables; asimismo, se recomienda el uso de máquinas simples, sin sofisticaciones excesivas, además de métodos confiables que se caractericen por tener coeficientes de variación reducidos. Si bien, es fundamental que los especímenes sean representativos, también lo es que, tengan tamaño reducido, de fabricación simple y de manipuleo fácil.

En resumen, la elaboración de criterios de fallas realistas, particularmente para cargas coplanares, debe contemplar los posibles modos de falla en tracción y en corte por cizallamiento, a lo largo de las juntas horizontales y verticales; en este último caso, debe tener en cuenta el efecto de las compresiones perpendiculares a la junta; es decir, la descripción cuantitativa de la falla en albañilería no puede basarse, en un único criterio general, sino, en los diversos modos en que esta puede ocurrir en un material compuesto.

III.- ENSAYOS.

A.- Ensayo de edificios a escala reducida [3].-

Como parte de un programa cooperativo técnico italiano-yugoslavo, destinado a la investigación del comportamiento sísmico de edificios de albañilería, Tomacevic y otros ensayaron en una mesa vibradora cuatro edificios de albañilería de tres pisos de altura construidos a la escala geométrica de 1/5. Los edificios tenían muros de bloques de concreto; dos de ellos eran de albañilería simple y los otros dos eran de albañilería armada, y los entrepisos y techo eran losas de concreto armado. La mesa vibradora fue programada para reproducir la componente N-S del registro del acelerógrafo colocado en suelo blando (en Petrovac, del sismo de Montenegro, Yugoslavia, en 1979). La aceleración pico del suelo fue en esa instancia de 0.49g y fue escalada cinco veces (a más de 2g) en la mesa

vibradora para asegurar que las fuerzas de inercia fueran de magnitud equivalente a las del sismo real y para conducir al modelo hasta el rango plástico de su comportamiento [14].

La parte más significativa de las conclusiones es la diferencia sustancial de comportamiento entre el edificio con muros de albañilería simple y aquel con muros de albañilería armada. Una vez alcanzada la resistencia máxima (cortante Basal igual para ambos edificios) los modelos tenían el aspecto mostrado (Fig. 5.04).

En esta oportunidad se removió la instrumentación y los modelos fueron sometidos a una aceleración de la mesa de 2g. El modelo de albañilería simple colapsó en el acto; el modelo de albañilería armada fue sometido a 5 ciclos de aceleración 2g sin colapso, y luego se incremento la aceleración de la mesa hasta 5g, sin poder colapsar la estructura. Los autores señalan, además, que el edificio de albañilería armada era reparable después de alcanzada la resistencia máxima.

B.- Ensayo de edificio a escala natural [3].-

Como parte del programa de investigación japonés-norteamericano, se llevó a cabo en Japón el ensayo pseudo-dinámico a escala natural de un edificio de cinco pisos, de albañilería armada [15]. El modelo escogido por los investigadores es un módulo de un edificio de departamentos de cinco pisos, definido como típico por el Instituto de Arquitectos del Japón (Fig. 5.05).

Todos los muros, columnas y vigas del modelo fueron elaborados de albañilería armada; los entrepisos y techo fueron losas macizas de concreto armado de 15 cm de espesor. Para la elaboración de la albañilería se emplearon bloques huecos de concreto de 20 cm de espesor nominal (Fig. 5.06).

La armadura vertical se colocó en los alvéolos de las unidades y la horizontal en los canales, con criterio de concentración más que de distribución; una vez construido el entrepiso los muros de este nivel, se llenaron íntegramente con concreto líquido. Es importante señalar que en muchas zonas de esfuerzos elevados o donde se esperaba la formación de una rótula plástica (tanto en muros como en vigas) la albañilería fue confinada con espirales de acero colocadas alrededor de las barras en los alvéolos o canales según correspondía (Fig. 5.07).

Las características de los materiales fueron en promedio los siguientes: resistencia del concreto líquido, 30 MPa; resistencia de la albañilería, 18 MPa; y esfuerzo de fluencia del acero, 350 MPa.

El ensayo se llevó a cabo en dos fases: la primera de carga estática cíclica hasta una carga igual a dos veces el nivel de servicio (cortante basal de 4800 KN y esfuerzo de corte promedio en los muros de 0.8 MPa); la segunda fue el ensayo pseudo-dinámico de deformación controlada hasta una deriva de 1/100 de la altura del edificio medida en el techo del mismo.

C.- Ensayos Seudo-Dinámicos de estructuras de albañilería confinada [16].-

En la 9ª Conferencia de Ingeniería Civil, realizada en el año de 1992, Ica-Perú; se presentaron los resultados de los ensayos Seudo-dinámicos (ESD), realizados por; Dr. Hugo Scaletti, Ing. Vicente Chariarse, Ing. Carlos Cuadra, Ing. Glagys Cuadros.

Los especímenes fueron de 2 niveles y una crujía; construyéndose dos especímenes a escala natural y otro a escala mitad, siguiendo las prácticas habituales. El modelo a escala mitad fue idéntico a otros dos modelos ensayados estáticamente y en una mesa vibradora; existe concordancia razonable entre los resultados, sin embargo, los (ESD) dieron menores valores de resistencia, posiblemente debido a defectos constructivos y a la relajación de esfuerzos.

Dicho estudio proviene de los resultados de los ensayos de estructuras de albañilería confinada, realizados en el Centro Peruano-Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres (CISMID), de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), en Lima, como parte de un programa de investigación conjunta con la universidad Pontificia Católica del Perú (PUCP). El término albañilería confinada se usa para denotar un sistema de edificación con muros portantes de ladrillos de arcilla confinada por elementos de concreto armado.

Existen diversas variables que influyen en el comportamiento sísmico de la albañilería confinada (diversidad de materiales, características de las unidades, esbeltez de los muros, magnitud de la carga vertical, sistemas constructivos que difieren en el aparejo de las piezas y en la calidad del mortero que las une, la proporción de la columna, su refuerzo, etc.).

Se trabajó con modelos de características geométricas simples, los ensayos que se realizaron fueron ensayos seudo-dinámicos de especímenes a escala natural y a escala reducida, un ensayo dinámico en mesa vibradora de un modelo a escala reducida y; un ensayo monotómico de un modelo a escala reducida, con la finalidad de comparar diferentes técnicas de simulación de cargas sísmicas.

El programa de ensayos, fue el siguiente:

- Ensayo estático del modelo reducido del modelo a escala reducida bajo carga monotómica con fuerzas horizontales iguales en cada nivel (PUCP).
- Ensayo en mesa vibradora del modelo a escala reducida con aceleración armónica en la base de amplitud variable (PUCP).
- Ensayos Seudo-dinámicos de los especímenes a escala natural y, a escala mitad (CISMID).

Con respecto a los especímenes, se usaron especímenes de dos niveles y una crujía, con dos muros paralelos de albañilería de arcilla confinada por columnas de concreto armado y, conectadas por una losa rígida. En el CISMID, se construyó 2 especímenes; uno a escala natural y otro aproximadamente a escala 1 : 2, siguiendo las

prácticas de diseño y, constructivas habituales. El modelo a escala mitad fue idéntico a otros modelos ensayados estáticamente y en una mesa vibradora por la PUCP (Fig. 5.08).

En un inicio el peso del espécimen a escala natural fue de 10.17 t, con una relación de 4 con respecto al modelo a escala 1 : 2; las dimensiones de la losa y las alturas de entrepisos no estuvieron exactamente en la proporción 1 : 2, sin embargo, se consideró un factor de escala de longitud igual a 2; la gravedad por ser una constante tuvo un factor 1, por lo que el factor de masas fue 4 permitiendo encontrar el factor de escala del periodo T igual a $\sqrt{2}$.

Asimismo, debido a limitaciones en la mesa vibradora usada en los ensayos realizados por la PUCP, se redujo la frecuencia fundamental de los modelos a escala mitad, adicionando para tal propósito pesos de 1.4 t, en cada nivel, la adición de estos pesos hizo necesario la corrección del peso del espécimen a escala natural, con la finalidad de mantener el mismo esfuerzo vertical en los especímenes.

Dichos cambios dieron como resultado lo siguiente:

- Peso del espécimen a escala natural: 15.25 t
- Factor de longitud: 2.
- Factor de gravedad: 1.
- Factor de masas: 3.
- Esfuerzos verticales estáticos variaron a la relación: 3 / 4.
- Factor de rigideces: 2.
- Periodo T: $\sqrt{(3/2)}$.

Los resultados obtenidos de los ensayos a escala reducida, determinaron que: en la primera etapa del ensayo, el modelo no sufrió daños manteniendo su frecuencia fundamental de 13.5 Hz; el movimiento de la base fue equivalente a una carga estática, el modelo fallo a una aceleración de 1.06 g, durante la tercera etapa antes de llegar a la aceleración máxima, 1.3 g (todo duró 16 hrs.).

En la 1° etapa, se produjo grietas finas en la base de los muros; para la 2° etapa, grietas diagonales, las cuales llegaron a incrementarse después de los 4 seg. (3° estado); al mismo tiempo, ocurrió un incremento en la deformación del acero longitudinal de las columnas; el tipo de falla fue por corte, involucrando tanto a las unidades de albañilería como a las juntas de mortero.

El mayor daño ocurrido, fue en el 2° nivel, estando claramente relacionado con las fallas constructivas en una de las paredes.

Para el caso del espécimen a escala natural, el comportamiento de este, fue similar al observado en los diferentes ensayos realizados en otros países, con la diferencia que las otras grietas fueron apreciables en los muros del 1° nivel.

El tipo de falla fue por corte. Los muros del 2° nivel permanecieron prácticamente sin daño. El promedio de duración de los ensayos fue 12 hrs.

De los resultados, se concluyó:

- Se encontró una razonable concordancia entre los resultados usando diferentes técnicas de ensayo.
- Aunque se obtuvo una menor resistencia para los ESD, posiblemente debido a efectos de relajación de esfuerzos.
- El comportamiento de estructuras de albañilería confinada es marcadamente no-lineal, por lo tanto, los procedimientos de análisis y diseño sísmico deben considerar las propiedades del material consistentes con el nivel de deformación esperado.
- Sí las no-linealidades en el comportamiento son tomadas en cuenta, puede afirmarse que hay consistencia entre los resultados para el periodo fundamental obtenido de los ensayos de vibración libre, vibración forzada y ESD.

D.- Comportamiento sísmico de muros de albañilería de bloques de concreto con “Junta Vacuada” [17].-

Tecnología desarrollada en Japón, para muros componentes de edificios por el método denominado por junta vacuada.

Se realizó con ensayos cíclicos llevados a cabo en el laboratorio para modelos a escala natural del instituto de investigación de edificios (BRI) del Japón, durante el curso de entrenamiento en manejo y mantenimiento de equipos para laboratorios de estructuras; se ensayó 3 muros y 2 vigas para concreto, usando un bloque especial japonés que tiene la capacidad de vaciar la junta, a los que se les proporcionó diferente cantidad de refuerzo de corte y flexión, para tal efecto se usó un equipo de actuadores controlados por válvulas, y, de igual forma, comparando esta tecnología con resultados obtenidos de ensayos similares usando bloques standard japoneses.

La metodología de la técnica de la junta vacuada, se basa en:

- Unidades especiales que pueden formar muros sin necesidad de uso del mortero en las juntas, y que tengan gran precisión en sus dimensiones para que se tenga un buen alineamiento y aplomo.
- Concreto fluido; es vaciado dentro de estas unidades que están provistas de una manera interna especial que auto-vacía la junta entre las unidades adyacentes.
- La estabilidad de las unidades y el confinamiento de los muros antes y durante el vaciado estarán asegurados por la forma de las unidades.

El bloque de concreto fue fabricado por Taiyo Cement Ltd.; quienes dentro de sus especificaciones técnicas adoptan el uso de un sellador elasto-métrico sintético de rápido secado de nombre DENX, usado durante el apilado de los bloques; entre hiladas se coloca externamente a la junta una franja del producto en mención, completada la altura y longitud del elemento se procede al vaciado del concreto fluido. Los especímenes tuvieron las siguientes características:

Muro (*):	Viga (*):
Altura: 1.80 m	Altura: 2.00 m
Longitud : 1.20 m	Longitud: 0.95 m
(*) Se conectaron a vigas de carga y cimentación.	
Los especímenes (tabla 5.01):	
WS4CJ y WF3CJ.....Muros, método de la junta seca	
WF3.....Forma convencional, mortero y bloque standard	
GS4CJ y CF4CJ.....Vigas, método junta vaciada.	

Los ensayos se complementan con estudios anteriormente realizados.
Concluyendo en:

- No existe diferencia en el comportamiento sísmico entre el método de la junta vaciada y el método convencional de junta mortero por lo que este método podría usarse en zonas sísmicas.
- Este método necesita requerimientos muy especiales, como bloques especiales capaces de auto-vaciar la junta y un sellador de rápido secado, que difícilmente podría usarse en países subdesarrollados.
- El método de la junta vaciada proporciona eficiencia y rapidez en metodología constructiva ya que proporciona un gran ahorro en tiempo, las características de resistencia son similares a las placas de concreto. Su posible uso en países en vías de desarrollo podría darse al remplazar estos elementos por las placas en edificios de poca altura, lo que significaría una disminución de costo de encofrado ya que este método proporciona el uso de un encofrado perdido (construido por bloques).

E.- Estudio experimental de estructuras de bloques de concreto [32].-

Los ensayos se realizaron en las instalaciones del “Laboratorio de Estructuras”- CISMID; se realizó usando el “Sistema Universal de Adquisición de Datos”, UCAM 5BT, el cual, cuenta con un conector GPIB, que transfiere los datos a un computador IBM, donde se almacenan en cada paso las mediciones de los sensores (Anexo 5.01).

De los resultados obtenidos, se pudo establecer, cual de los cinco tipos tiene un aceptable comportamiento, frente a cargas laterales y con una cuantía menor de acero de refuerzo vertical. Posteriormente, se pretende determinar los parámetros adecuados para el diseño de edificaciones construidas con muros formados con bloques de concreto.

Las características de los muros ensayados fueron:

1.- Geometría.-

Los nueve muros ensayados eran de 3200 mm de longitud, 2300 mm de alto y un espesor de 140 mm (Tabla 5.02).

2.- Cargas.-

Asumiendo que el espécimen muro pertenece al primer nivel de una vivienda unifamiliar de dos pisos, se estimó el peso que soportaría el muro como carga vertical de confinamiento. Para tal efecto se consideraron las siguientes cargas probables del nivel

típico sobre el muro, considerando un área de influencia del muro de 10.24 m^2 (3.2 m. x 3.2 m.):

- Peso del Muro 2112 kg
- Tabiquería $100 \text{ kg} / \text{m}^2$
- Sobrecarga vivienda $200 \text{ kg} / \text{m}^2$
- Peso propio aligerado $350 \text{ kg} / \text{m}^2$

De esta manera se estima una carga de 9.0 T. que actuará sobre el muro, simulando el efecto de un segundo nivel sobre éste, confinando verticalmente el muro.

Entre las principales conclusiones se tiene:

- Se obtienen magnitudes de rigideces del mismo orden para los cinco tipos de muros, excepto en dos especímenes (tipo 1-3 y tipo 4-1); exceptuando estos especímenes podemos apreciar que la influencia del refuerzo en la rigidez del muro es casi nula y más bien esta depende de las propiedades del muro y de sus características geométricas, lo cual es correcto (Tabla 5.03).
- Con respecto a los valores de cortante último se puede concluir que la mayoría de los especímenes presentan el mismo orden de magnitud arriba de las 20 T, excepto tres especímenes (tipo 1-3, 2-2 y 4-1); los especímenes tipo 1-3 y 4-1 presentaron también diferencias notables en cuanto a rigideces y corte de fluencia, correspondiendo el menor corte último al espécimen tipo 4-1 (12.6 T) y el espécimen tipo 1-3 (17.74 T). El espécimen tipo 2-2 alcanzó valores de 15.78 T de corte último, y esto era de esperarse toda vez que presenta menor refuerzo horizontal, no obstante, el muro tipo 2-1, de las mismas características, alcanzó 22.33 T.
- En los muros tipo 3 se incrementa el refuerzo horizontal y se obtuvieron valores de corte de fluencia más altos, tipo 3-1 (5.6 T) y tipo 3-2 (6.2 T), lo cual, nos muestra que un incremento del refuerzo horizontal incrementa el corte de fluencia.

III.- CORRELACION DE RESULTADOS CON MODELOS A ESCALA REDUCIDA.-

En los muros reales, los bloques no están asentados uno encima del otro, sino con algún tipo de amarre, asimismo, las alturas y esbelteces son bastante mayores que las de los prismas; sin embargo, si no ocurren fallas previas (por inestabilidad elástica o por excentricidad de la carga) la forma de falla del muro es semejante a la del prisma. *“Ensayos realizados en muros a escala natural indican que, debido a la ausencia de la restricción del cabezal y al tipo de amarre, para esbelteces usuales y cuando se evitan otro tipo de falla, la resistencia del muro equivale a 70% (Tabla 5.04) de la del prisma elaborado con materiales iguales; igualmente, los resultados que se obtienen, se ven notoriamente influenciados por diferentes factores (resistencia de la unidad, altura de la unidad, tipo de la unidad, tipo de mortero (Tabla 5.05), edad del prisma al momento del ensayo, espesor de la junta de mortero (Tabla 5.06), materiales de junta (Tabla 5.07)).” [3]*

Los ensayos de compresión axial en prismas de bloques rellenos con concreto líquido han demostrado que (unidades asentadas con mortero ó apiladas) la falla ocurre en el bloque debido al agrietamiento vertical de sus caras, sigue con el desprendimiento de las mismas y concluye con el aplastamiento del concreto líquido; dicho agrietamiento vertical es atribuible a la tracción lateral inducida en el bloque ya no solamente por el mortero (cuando existe), sino, y principalmente, por el concreto líquido, el cual tiene deformaciones unitarias laterales mayores que las que muestra la unidad. *“Es notorio que la resistencia unitaria a la compresión (prisma de bloques llenos de concreto líquido) es significativamente inferior a la resistencia (medida sobre el área neta) del mismo prisma (sin concreto líquido), aún cuando la resistencia del concreto líquido sea mucho mayor que la del bloque”*. [3]

La resistencia de la albañilería simple a tracción es reducida y frágil, siendo perfectamente competente para ser utilizada en los muros de estructuras (cargas esencialmente gravitacionales) en las que predominan esfuerzos de compresión, sin embargo, cuando se deba usar en estructuras donde ocurren esfuerzos de tracción ó en que se demanda comportamiento dúctil, su competencia estructural es recortada y, en casos de acciones sísmicas severas, nula; siendo necesario reforzar la albañilería; la aplicación fundamental de la albañilería reforzada es la construcción de muros sometidos a diferentes sollicitaciones (coplanares y laterales) en zonas sísmicas, pudiendo ser confinada o armada.

La naturaleza de la albañilería armada se ve reflejada en el comportamiento del acero y de la albañilería misma como un todo, semejante a la del comportamiento del concreto y acero en el concreto armado; el componente que integra la albañilería con el acero vertical es el concreto líquido, así como, lo es para el refuerzo horizontal, cuando se coloca en espacios o canales; cuando el acero horizontal se coloca en la hilada, el elemento integrador es el mortero; la competencia resistente a la tracción se confía exclusivamente al acero, mientras que la albañilería junto con el concreto líquido (sin participación del acero), tienen la función de resistir las compresiones y, además, proveen recubrimiento protector para la armadura. *“Es importante señalar que el esfuerzo de agrietamiento de la albañilería es independiente de la presencia y cantidad de acero, se ha determinado, en multitud de ensayos, que el acero comienza a trabajar sólo después del agrietamiento de la albañilería”* [3].

Cuando nos referimos a la albañilería reforzada, vemos que se ve ligada a los denominados “ensayos cíclicos”, dicho ensayos, simulan la forma de respuesta que pudiera tener la albañilería frente a las sollicitaciones dinámicas (en zonas sísmicas) una vez que hallan abandonado el rango elástico; el ensayo requiere de complejos sistemas de carga, dado que esta debe aplicarse con deformación controlada (Fig. 5.09), de igual forma debe contar con equipos electrónicos para recoger la información. El objetivo de los ensayos es determinar diversos parámetros, asociados con el comportamiento cíclico en la etapa inelástica, dichos parámetros incluyen:

- La ductilidad disponible.
- El índice de disipación de energía.
- La degradación de la resistencia.
- La forma de falla.
- La degradación de la rigidez.

Como una referencia de los muchos ensayos realizados a través del tiempo, podemos contar con los ensayos realizados por Shing y otros (Anexo 5.02) [3], en muros armados de albañilería de bloques de concreto y de ladrillos de arcilla; los ensayos tenían

como propósito, obtener información para elaborar fórmulas reglamentarias destinadas al diseño de muros de albañilería armada sometidos a cargas coplanares, empleándose dos variables fundamentales (cuantía de acero y compresión vertical), pudiéndoseles considerar como ensayos generales (Fig. 5.10).

Como conclusiones de dichos ensayos se tiene:

- Todos los muros demostraron contar con ductilidad y capacidad de disipación de energía, siendo adecuados para uso en estructuras sismo-resistentes, siempre y cuando estén sometidos a las solicitaciones previstas.
- Se observó que los especímenes que fallaron en flexión exhibieron mayor ductilidad que aquellos en los que dominaba el agrietamiento por tracción diagonal; teniendo en cuenta que la ductilidad por flexión puede reducirse cuando la carga axial es muy elevada, debiéndose al severo agrietamiento que ocurre en los talones comprimidos.
- Debido a lo anterior se recomienda usar confinamientos (planchas, mallas, o zunchos) en los talones comprimidos.
- El comportamiento más frágil por corte es indeseable y difícil de analizar; sólo se confirmó que la primera grieta depende principalmente de la resistencia a la tracción de la albañilería y de la carga axial aplicada, mas no, de la cantidad de refuerzo horizontal presente y; después del agrietamiento la resistencia al corte depende tanto de la cantidad de armadura horizontal como vertical.
- Los especímenes que fallaron por corte y que tenían reducida cantidad de acero vertical, fallaron casi inmediatamente después de ocurrida la primera grieta diagonal importante, mientras que los que tenían más acero vertical resistieron hasta un 20% más de carga.
- La influencia de la cantidad de acero horizontal en lo que se refiere a la resistencia al corte no es proporcional a la cuantía de dicho acero; no obstante, en todos los casos los especímenes de mayores cantidades de acero (vertical ú horizontal) respondieron con mejor ductilidad y mejor capacidad de disipación de energía.
- Se observó que un aumento en la cantidad de acero horizontal puede cambiar el comportamiento inelástico, pasando de una falla frágil (por corte) a una falla dúctil (por flexión).
- El aumento de la carga vertical de compresión cambia el comportamiento de una falla mixta (flexión y corte) a una falla frágil (en corte), pareciendo tener tanta influencia en la resistencia a flexión como la tiene en corte.

TABLAS Y CUADROS

CARACTERÍSTICAS DE LOS ESPECIMENES USADOS EN LOS ENSAYOS REALIZADOS POR; ING. ALBERTO ZAVALA TOLEDO Y ING. CARLOS CUADRA LIÑAN

Tipo	h cm	d cm	b cm	At cm ²	Aw cm ²	Aws cm ²
WS4CJ	180	120	20	2Ø ¾" 5.74 pt = 0.33	4Ø ½" 5.08	Pw= 0.167 1.27 ½@ 40
WF3 WF3CJ	180 200	119 120	19 20	1Ø ¾" 2.87 pt = 0.33	4Ø ½" 5.08	Pw= 0.33 1.27 ½@ 20
GS4CJ	200	95	20	2 Ø 1" 10.14	Ø 5/8" 1.99	Pw= 0.16 1.27 ½@ 40
GF4CJ	200	95	20	2 Ø ¾" 5.74	Ø 5/8" 1.99	Pw= 0.32 1.27 ½@ 20

At = Flexural Reinforcement. Aw = Vertical Shear Reinforcement Aws = Horizontal Shear Reinforcement

Tabla 5.01

CARACTERÍSTICAS DE REFUERZO EN MUROS ENSAYADOS, CISMID (1999-2000) [32]

Especímen	Refuerzo vertical		Refuerzo horizontal
	Extremos	Interior	
Muro Tipo 1 - 1	2 Ø 3 / 8"	2 Ø 3 / 8"	2 Ø 6 mm @ 0.40 m
Muro Tipo 1 - 2	2 Ø 3 / 8"	2 Ø 3 / 8"	2 Ø 6 mm @ 0.40 m
Muro Tipo 1 - 3	2 Ø 3 / 8"	2 Ø 3 / 8"	2 Ø 6 mm @ 0.40 m
Muro Tipo 2 - 1	2 Ø 1 / 2"	2 Ø 1 / 2"	Ø 3 / 8" @ 3 hiladas
Muro Tipo 2 - 2	2 Ø 1 / 2"	2 Ø 1 / 2"	Ø 3 / 8" @ 3 hiladas
Muro Tipo 3 - 1	2 Ø 1 / 2"	2 Ø 1 / 2"	2 Ø 6 mm @ 0.40 m
Muro Tipo 3 - 2	2 Ø 1 / 2"	2 Ø 1 / 2"	2 Ø 6 mm @ 0.40 m
Muro Tipo 4	2 Ø 3 / 8"	2 Ø 3 / 8"	2 Ø 6 mm @ 0.40 m
Muro Tipo 5	3 Ø 3 / 8"	2 Ø 3 / 8"	2 Ø 6 mm @ 0.40 m

Tabla 5.02

**VALORES OBTENIDOS DE LOS ENSAYOS REALIZADOS,
CISMID (1999-2000) [32]**

Especimen	Rigidez inicial k (T / mm)	Corte de fluencia V_y (T)	Desplazamiento		Ductilidad U_{max} / U_y	Distorsión Máxima (u / h) %
			de fluencia U_y (mm)	último $U_{máx}$ (mm)		
Muro Tipo 1 – 1	9.30	4.90	0.527	11.63	22.07	0.53
Muro Tipo 1 – 2	10.10	3.90	0.386	11.87	30.74	0.54
Muro Tipo 1 – 3	2.65	1.50	0.566	19.92	35.20	0.91
Muro Tipo 2 – 1	9.60	3.00	0.313	17.66	56.51	0.81
Muro Tipo 2 – 2	8.15	1.60	0.196	10.01	50.99	0.46
Muro Tipo 3 – 1	8.15	5.60	0.687	24.40	35.51	1.11
Muro Tipo 3 – 2	9.10	6.20	0.681	24.18	35.49	1.10
Muro Tipo 4	3.40	1.50	0.441	25.11	56.92	1.15
Muro Tipo 5	7.10	3.20	0.451	23.13	51.32	1.06

Tabla 5.03

**RESISTENCIA DEL LADRILLO (f_b EN MPa) PARA OBTENER
UNA DETERMINADA RESISTENCIA DE LA ALBAÑILERIA
(f_m) [3]**

f_m	Ladrillo de arcilla			Ladrillo de concreto			Ladrillo de sílice-cal		
	Mortero			Mortero			Mortero		
	Tipo A	Tipo B	Tipo C	Tipo A	Tipo B	Tipo C	Tipo A	Tipo B	Tipo C
3.5	7	7	7	5	5	5	--	--	--
7.0	16	16	20	9	9	9	--	--	15
10.5	27	28	35	14	14	15	15	15	18
14.0	40	42	56	19	20	21	20	21	25
17.5	52	55	--	25	26	--	25	27	--
21.0	64	68	--	--	--	--	--	--	--

Tabla 5.04

**EFFECTO DEL TIPO DE MORTERO EN LA RESISTENCIA
DEL PRISMA [3]**

MORTERO TIPO	PROPORCIONES	RELACION DE RESISTENCIA DEL:	
		MORTERO	PRISMA
A	1: 1 / 4: 3	2.00	1.06
B	1: 1 / 2: 4 ½	1.00	1.00
C	1: 1: 6	0.50	0.85
D	1: 2: 9	0.25	0.62

Tabla 5.05

EFFECTO DEL ESPESOR DE LA JUNTA DE MORTERO EN LA RESISTENCIA DEL PRISMA [1]

Espesor de la junta (mm)	Relación de resistencia del prisma
6	1.15
9	1.00
2	0.84
15	0.70
18	0.50

Tabla 5.06

EFFECTO DE DIFERENTES MATERIALES DE JUNTA EN LA RESISTENCIA DEL PRISMA [1]

Material de junta	Resistencia f_m (MPa)	f_m / f_h
Acero	56	1.40
Madera laminada	46	1.15
Nada	37	0.93
Mortero (1: 2: 9)	15	0.38
Caucho blando	7	0.17

Tabla 5.07

FIGURAS

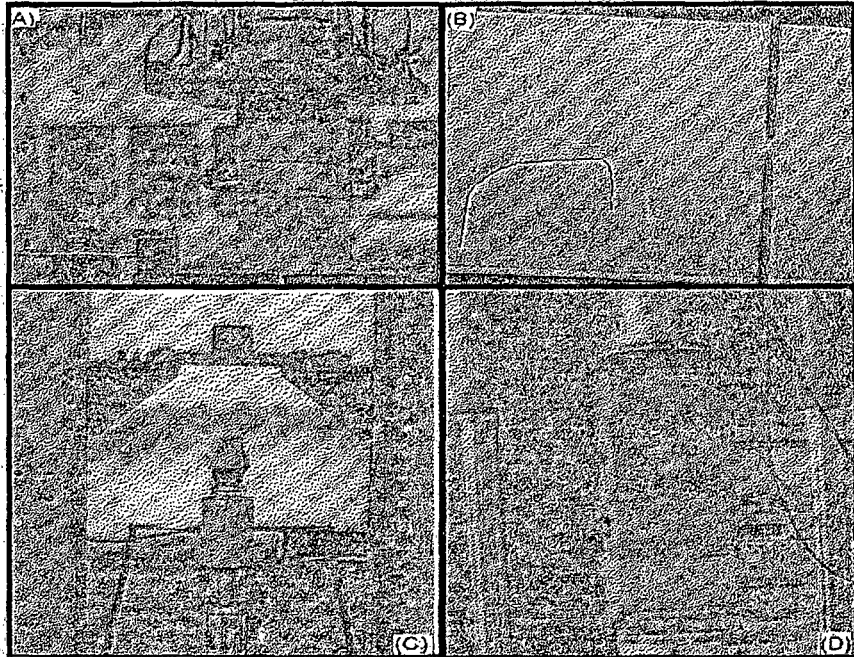


Fig. 5.01. Ensayo de compresión; A) Compresión en una probeta de concreto; B) Tracción del refuerzo y su gráfica (carga-desplazamiento); C) Adherencia acero-albañilería; D) Compresión sobre un pila de albañilería.

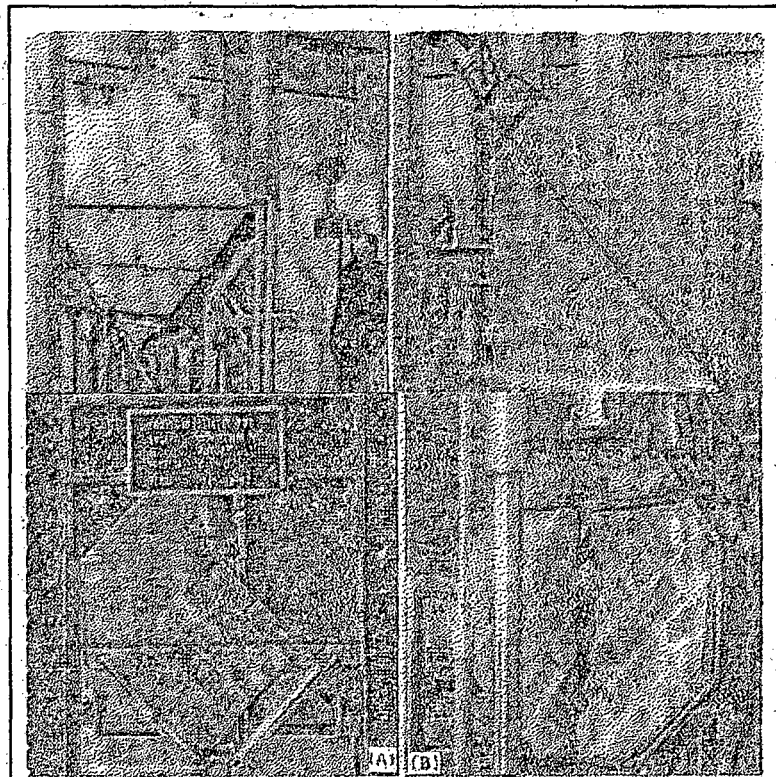


Fig. 5.02. Ensayos de compresión diagonal en muros cuadrados a gran escala y posibles fallas esperadas.

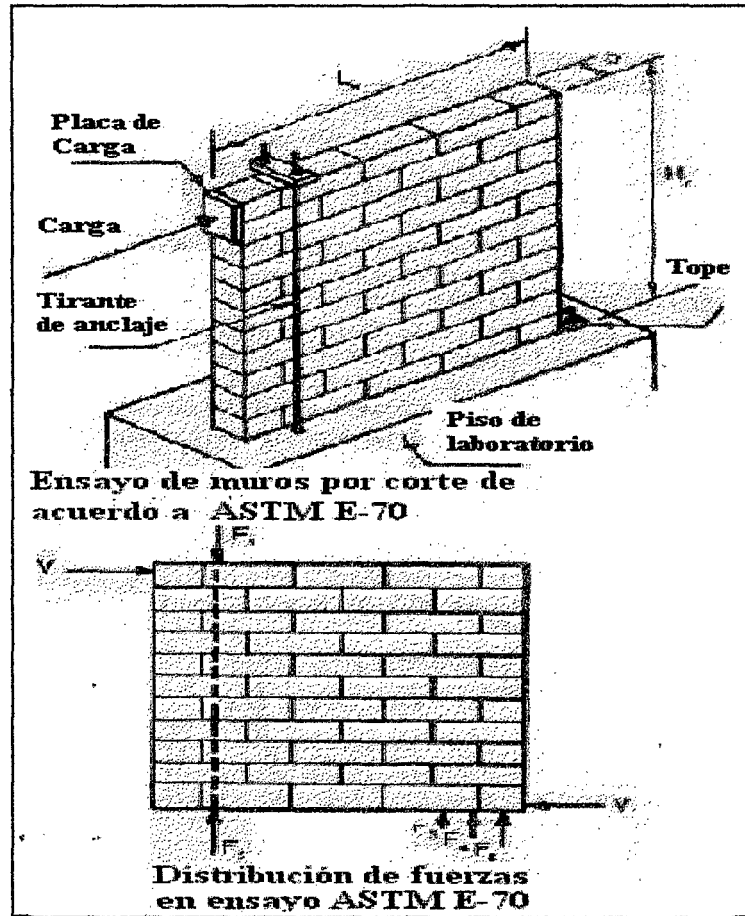


Fig. 5.03. Ensayo de Corte.

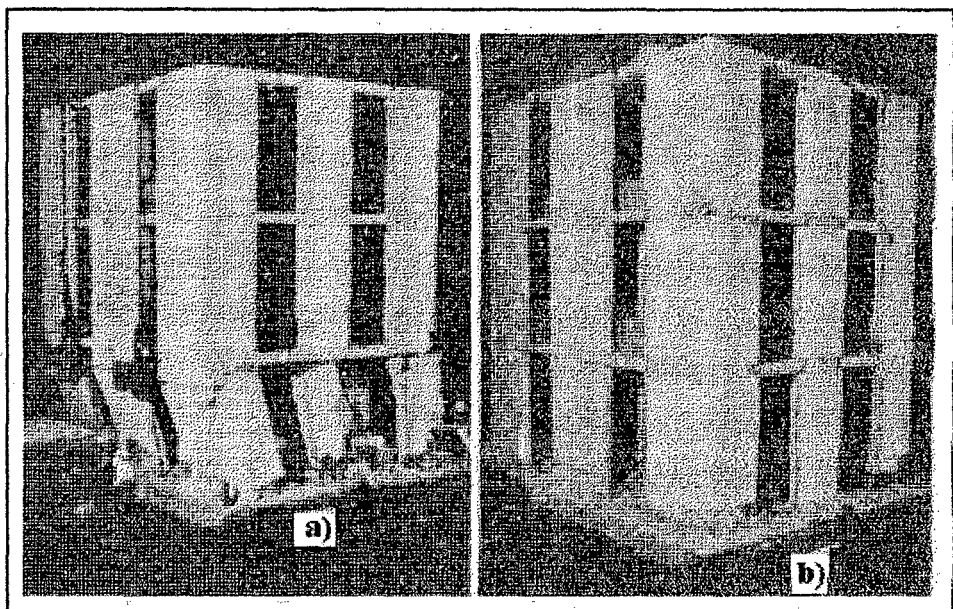


Fig. 5.06. Estado de los modelos de edificios (escala geométrica 1/5) después de alcanzar su resistencia máxima en la mesa vibradora. A). Modelo de albañilería Simple. B). Modelo de albañilería Armada

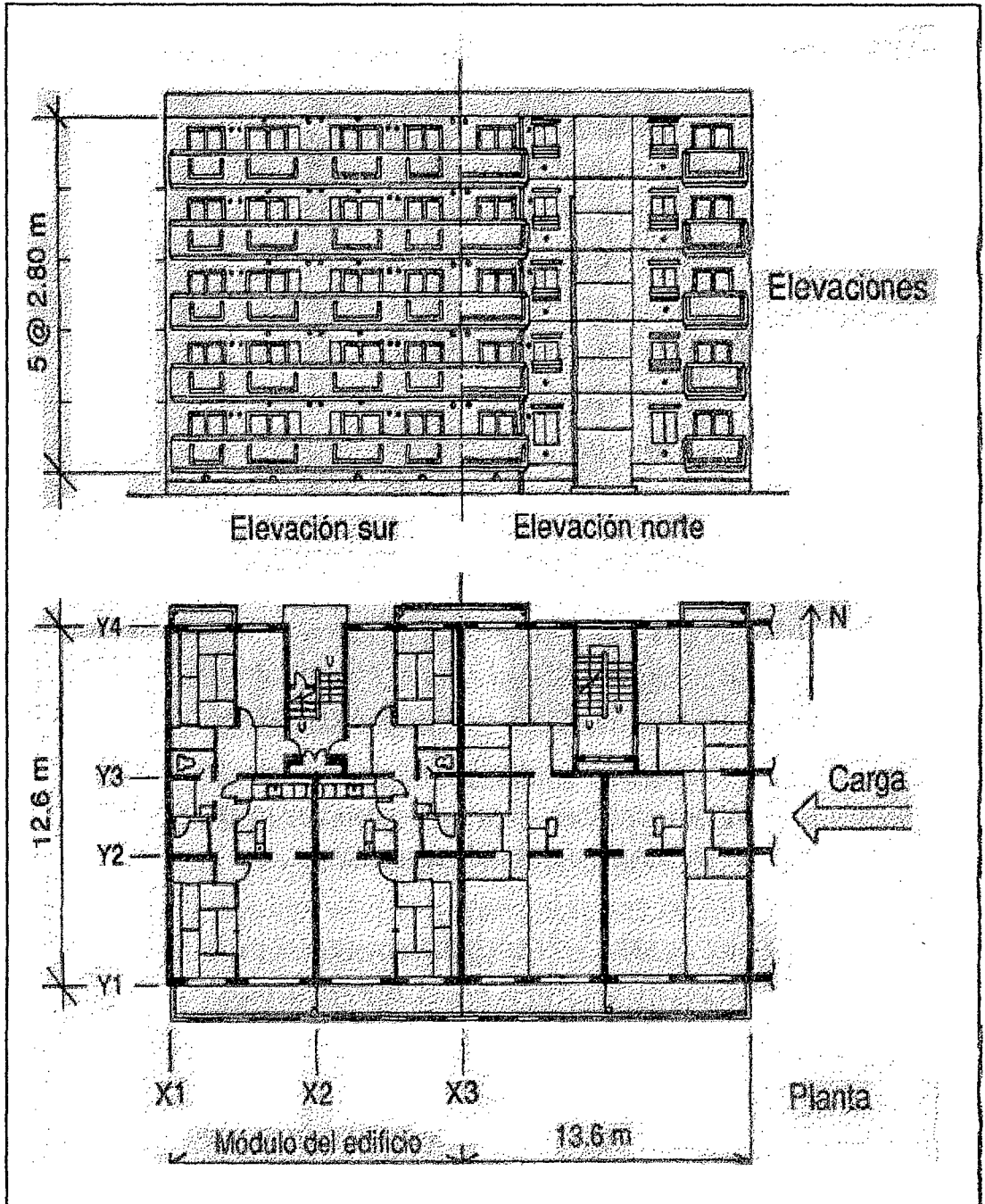


Fig. 5.07. Planos de Elevación y Planta del Módulo del edificio.

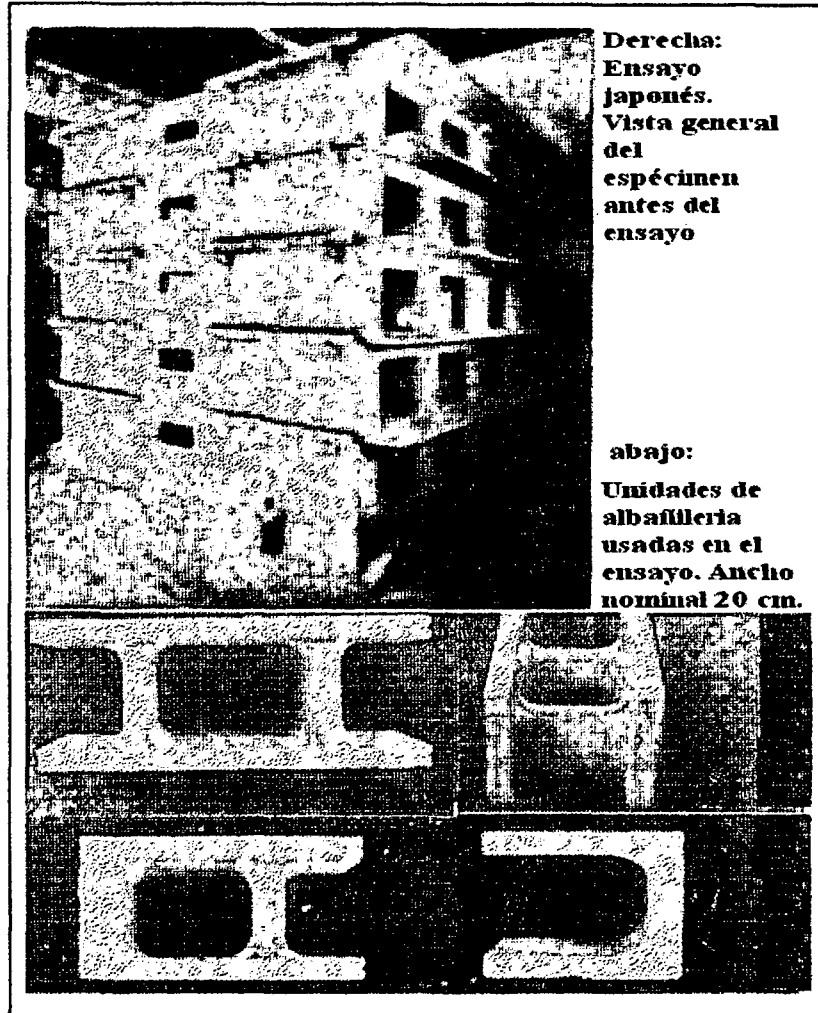


Fig. 5.08. Vista de las unidades usadas y del edificio antes del ensayo.

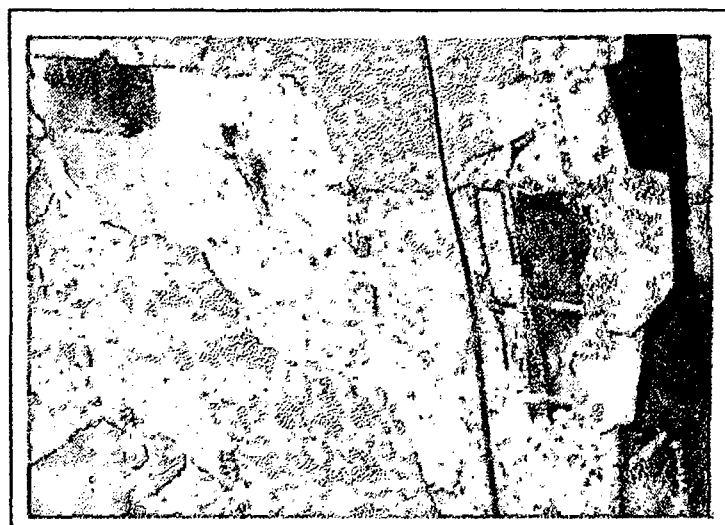


Fig. 5.09. Refuerzo en los talones de los muros; é importancia del muro transversal

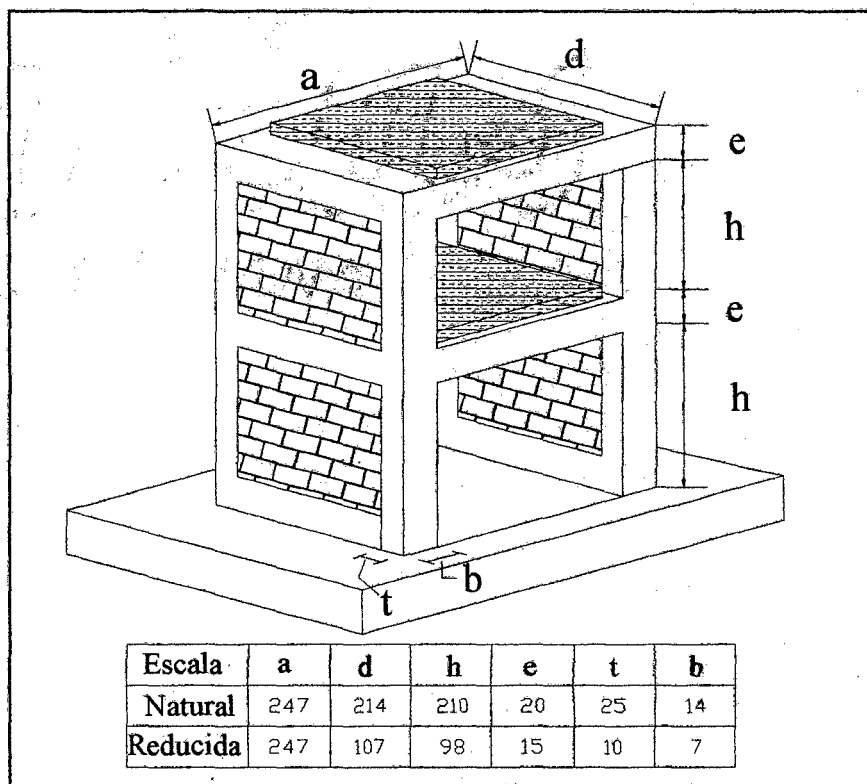


Fig. 5.10. Esquema del espécimen utilizado en los ensayos a escala natural y escala reducida.

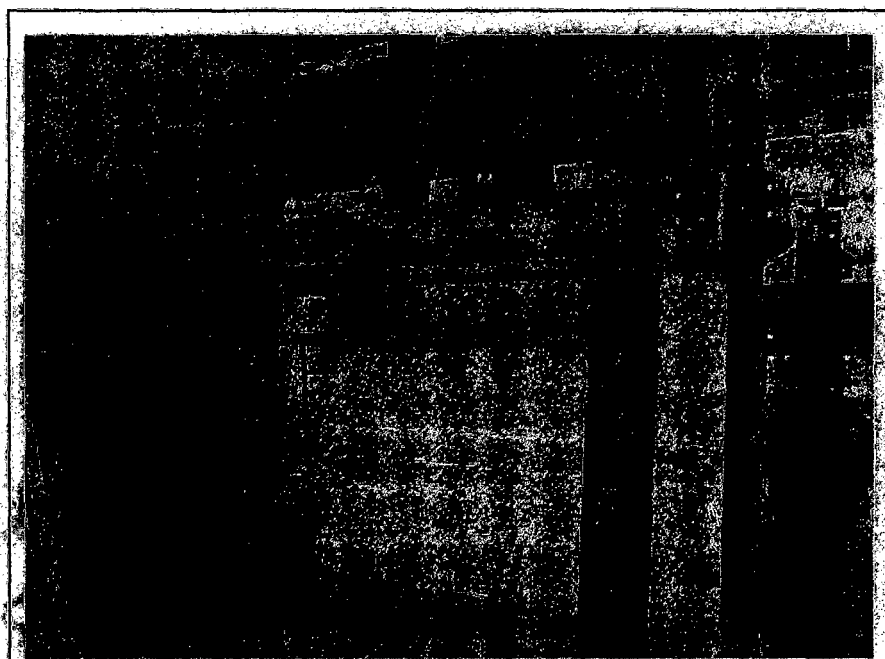


Fig. 5.04. Ensayo de carga cíclica. (CISMID-2000).

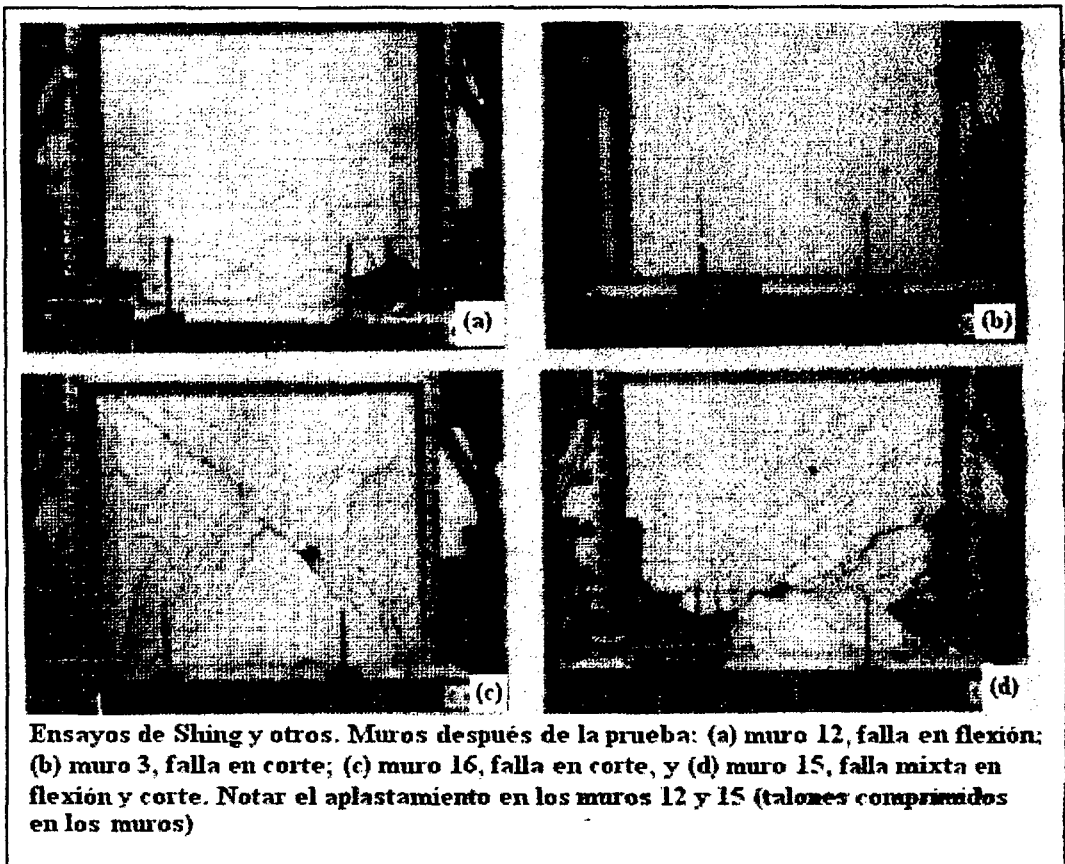


Fig. 5.05. Ensayos de Muros (Shing y otros).

CAPITULO SEXTO

NORMAS DE DISEÑO

I.- ANTECEDENTES.-

Los muros de albañilería confinada de ladrillos de arcilla son el sistema de construcción más usado en el país, especialmente en viviendas, debido a que trabajan como elementos estructurales y arquitectónicos; siendo, además, un material térmico y resistente al fuego por excelencia; sin embargo, la gran desventaja que tiene es su limitado comportamiento sísmico, debido a que están conformados por unidades de bloques, que en conjunto poseen una baja resistencia a la tracción (casi nula), mostrando una ductilidad baja, cuando se le somete a una acción sísmica; por otro lado, su gran rigidez hace que su respuesta sísmica sea grande. Cabe resaltar que la falta de un diseño adecuado y una deficiente dirección técnica (especialmente en zonas urbano-marginales) los hace todavía aún más vulnerables ante los sismos, no obstante, con apropiado refuerzo en los muros y el uso de marcos de concreto reforzado que confinen la albañilería, se puede obtener una respuesta dúctil.

El uso de la albañilería en el Perú, se inicia en tiempos muy antiguos, pero, es recientemente que su construcción y diseño tienen principios ingenieriles. Es en la década de los 70, que se inicia la investigación sobre el comportamiento de los muros de albañilería, naciendo (por el año de 1981) nuestra primera "Norma de Diseño de Albañilería", la que nos da básicamente parámetros de verificación de esfuerzo, cuando la estructura esta sometida a cargas de servicio.

Hoy en día, tomando en cuenta todas las investigaciones realizadas en el ámbito nacional é internacional, existen propuestas sobre una nueva reglamentación de "Diseño por Rotura", aceptado y difundido en otros países (donde las investigaciones se han desarrollado ampliamente).

ESTADO DEL ARTE DE LA CONSTRUCCION CON BLOQUES DE CONCRETO

La norma de albañilería, en el Perú; está orientada a ser una herramienta básica de ayuda en la construcción con unidades de albañilería; asimismo, se apoya en el reglamento nacional de construcciones (RNC), para concreto ciclópeo y armado en lo que sea aplicable; también recomienda que los planos y especificaciones deberán indicar en forma detallada las dimensiones y ubicación de todos los elementos estructurales y del acero de refuerzo, así como, las especificaciones de la unidad de albañilería, el mortero, el concreto, el acero de refuerzo y de todo otro material requerido; las cargas que definen el empleo de la edificación y toda información para la correcta construcción y posterior utilización de la obra. El reglamento es muy claro en lo que al uso del bloque de concreto se refiere, estas tendrán una edad mínima de 28 días antes de poder ser asentadas, no deberá presentar rajaduras, hendiduras o grietas, efectuándose todas las pruebas de acuerdo con la norma pertinente del ITINTEC.

Mucho tiempo ha tenido que pasar para pensar en sistemas que puedan ser capaces de reducir la entrada sísmica a los elementos estructurales; por medio de elementos especiales, que sean los encargados de soportar la mayor cantidad de entrada sísmica ó por medio de sistemas eficientes que controlen la respuesta estructural ante eventos sísmicos severos sin peligro de colapso y sin necesidad de tener que diseñar una estructura muy rígida; de forma tal, que se comporte elásticamente frente a un sismo severo, logrando de esta forma una construcción segura pero, a su vez costosa.

A.- Criterios de Diseño Sísmico.-

La mayor parte de las pérdidas económicas y de vidas humanas son causados por terremotos moderados y fuertes, debiéndose al colapso de instalaciones que fueron presumiblemente diseñadas y construidas para proporcionar comodidad, bienestar y protección; una de las maneras más eficaces de mitigar los efectos destructivos de los terremotos es desarrollar métodos de diseño que disminuyan la posibilidad de falla y , mejorar los métodos existentes.

Resulta muy costoso diseñar una estructura que tenga un comportamiento elástico durante sismos severos, pues estos ocurren rara vez, durante su vida útil, por lo general es más económico permitir que la estructura tenga cierto nivel de daño durante sismos muy intensos, que diseñar una estructura que no sufra daño; por ello, la filosofía de diseño sismorresistente permite que las estructuras experimenten un comportamiento inelástico durante sismos severos. La actual "Norma Peruana de Diseño Sismorresistente (E-030)", exige que la edificación tenga buen comportamiento; entendiéndose por buen comportamiento al hecho de que la estructura deba ser capaz de:

- Resistir sismos leves sin daño.
- Resistir sismos moderados, con posibilidad de daños estructurales leves.
- Resistir sismos severos, con posibilidad de daños estructurales importantes (sin llegar al colapso).

Lo que implica 3 estados límites de diseño, de acuerdo al nivel de protección de daño:

1.- Estado límite de Servicio.-

Los sismos de pequeña intensidad (menores que los de diseño) son frecuentes en una edificación siendo necesario que la estructura permanezca en estado elástico; por lo tanto, la propiedad estructural que gobierna es la rigidez; la estructura debe seguir operando normalmente (sin alterar su funcionalidad ni uso). El diseño requiere considerar control de daños y limitación de los desplazamientos que ocurren durante los sismos, asegurando que la estructura permanezca elástica con una resistencia adecuada en cada uno de sus componentes. Las edificaciones de concreto y albañilería pueden desarrollar considerable agrietamiento en el estado límite de servicio, pero no una fluencia significativa del refuerzo que origine grandes grietas; tanto, el concreto como la albañilería no deberán aplastarse.

2.- Control de daños en el estado límite.-

Para movimientos de suelo de intensidad mayor que la correspondiente al estado límite de servicio, algunos daños podrían ocurrir en la edificación; sin embargo, estos deben ser económicamente reparables, de tal manera que la edificación vuelva a cumplir con las funciones para la que fue diseñada. Si una estructura de concreto armado esta protegida contra los daños que durante un evento sísmico específico puede sucederle, las incursiones inelásticas durante la respuesta dinámica serán prevenidas, lo que significa que las estructuras tendrán una resistencia adecuada, para soportar las acciones internas, generadas durante la respuesta dinámica del sistema; este nivel de resistencia es definido por la resistencia nominal o ideal.

3.- Estado límite último.-

El único y más importante criterio de diseño es la preservación de la vida, la que puede verse amenazada por severos, pero raros eventos sísmicos y que deben ser considerados en el diseño; este estado es referido a la condición límite de supervivencia. Debe remarcarse que con detalles juiciosos en regiones críticas, los daños estructurales de los miembros serán minimizados aún después de un evento sísmico excepcional. La propiedad más importante asociada con el estado límite de supervivencia es la ductilidad; que es la habilidad para absorber grandes deformaciones inelásticas, sin pérdida significativa de la resistencia.

B.- Normas Nacionales.-

En el Perú, contamos con una norma técnica de edificación (E-070), dada por el ININVI, el cual fue incorporado al R.N.C. (data de 1982). La norma incluye conceptos, criterios y requisitos para la correcta aplicación de la construcción con unidades de albañilería; asimismo, contamos con 6 normas técnicas nacionales, aún vigentes, dadas por ITINTEC (ahora INDECOPI), las cuales hacen referencia a la albañilería con bloques y ladrillos de concreto, teniendo mayor importancia la fabricación y control de aptitud de los bloques de concreto (Tabla 6.01).

C.- Normas de otros Países [1].-

Tenemos las agencias internacionales ISO y EN, ambas agencias especializadas en normalización y a las cuales pertenecen diversas asociaciones de numerosos países. El objetivo principal es promover el desarrollo de una normativa que pudiera facilitar el intercambio de bienes y servicios, así como, la cooperación entre los países miembros.

Las Normativas ISO, en cuanto a bloques de concreto, contiene una norma dada por ISO / TC / 179, la misma que contiene a las secciones:

- D.P. 9652 (1, 2) Cálculo de Albañilería sin Armar.
- D.P. 9652 (4, 5) Método de Ensayo y Edificación.

A su vez, la normativa EN, posee una norma dada por el CEN / TC 125 / WG 1, en el cual se describe los requerimientos físicos y métodos de elaboración de los bloques, para su empleo en obras de edificación; dicha norma se pudiera completar con la EUROCODE N6/ COMMON RULES FOR MASONRY STRUCTURES (28), la cual describe el uso estructural de la albañilería en general y de bloques de concreto en particular.

II.- NORMA NACIONAL [23].-

La norma vigente en el país con respecto a albañilería es la denominada E-070, la cual consta de:

A.- Requisitos generales.-

- Para la obtención de los esfuerzos de la albañilería debe tenerse en cuenta todos los efectos de las cargas muertas, sobrecargas, carga de Sismo y / o viento, excentricidades, torsiones, cambios de temperatura y asentamientos diferenciales.
- Los elementos de concreto armado satisfarán los requisitos del reglamento nacional para concreto ciclópeo y armado en lo que sea aplicable.
- Las dimensiones y requisitos que se dan en el presente reglamento no eximen de manera alguna del análisis, cálculo y diseño correspondiente, los cuales, son los que definen las dimensiones y requisitos exactos para una determinada construcción.
- Los planos y las especificaciones serán indispensables en todo proyecto, las cuales indicarán las características de la unidad de albañilería, el acero de refuerzo, el mortero, la albañilería, el concreto y de todo otro material requerido, las cargas que definen el empleo de la edificación, etc. (Anexo 6.01).
- Para estructuras especiales de albañilería, tales como arcos, chimeneas, muros de contención y reservorios, las exigencias de este código serán satisfechas en la medida que sean aplicables.
- Las instalaciones eléctricas, sanitarias y de cualquier otra naturaleza, se alojarán en los muros, cuando los tubos correspondientes tengan un diámetro máximo 1/5 del espesor del muro; en cualquier caso se alojarán en cavidades dejadas en el proceso de construcción de la albañilería, que luego se rellenarán con concreto líquido, siempre serán de recorrido vertical y por ningún motivo se picará o se recortará el muro para alojarlas.

B.- Definiciones.-

Se dan conceptos básicos referentes a la albañilería, tales como; albañilería, albañilería armada, albañilería confinada, albañilería no-reforzada, albañilería reforzada, altura efectiva (h), arriostre, borde libre, columna, confinamiento, construcciones de albañilería, elemento de refuerzo, espesor efectivo (t), largo efectivo, mortero, concreto líquido, muro arriostrado, muro confinado, muro de arriostre, muro perimetral de cierre, muro portante, muro no-portante, parapetos, unidad de albañilería, tipos de albañilería (hueca, sólida, tubular).

C.- Componentes de la Albañilería.-

1.- Mortero.-

- Será una mezcla de aglomerantes (cemento Pórtland y cal hidratada) y agregados (arena natural), a la cual se añadirá agua (libre de sustancias deletéreas, ácidos, y materia orgánica) en una cantidad que permita obtener una mezcla trabajable, adhesiva y sin segregación de sus constituyentes.
- La arena tendrá: módulo de fineza (1.6 a 2.5); partículas quebradizas (menor de 1% por peso) y, una granulometría dentro de los parámetros indicados:

Malla	% que pasa
N° 4	100
N° 8	95 - 100
N° 100	25 máximo
N° 200	10 máximo

- Los morteros tendrán las siguientes proporciones en volumen; pudiendo utilizar otras composiciones siempre y cuando se realicen pruebas de laboratorio que garanticen resistencias de la albañilería análogas a las que se obtienen con las proporciones siguientes:

Aglomerantes	Tipo	Cemento	Cal	Arena
Cemento Pórtland tipo I y Cal hidratada	P1 - C	1	1	4
	P2 - C	1	1	5
	NP - C	1	1	6
Cemento Pórtland tipo I	P1	1	---	4
	P2	1	---	5
	NP	1	---	6

2.- Concreto líquido.-

Estará constituido por una mezcla en volumen de 1: 1½: 3 (cemento: cal: agregado fino), batido con agua hasta la consistencia de un líquido uniforme, sin segregación de los constituyentes.

El agregado fino es la arena esta será natural, libre de materia orgánica, con las características siguientes:

Granulometría

Malla	% que pasa
3/8"	100
Nº 4	95 – 100
Nº 8	80 – 100
Nº 16	50 – 85
Nº 30	25 – 60
Nº 50	10 – 30
Nº 100	2 – 10

Límite de sustancias deletéreas

Sustancias deletéreas	Porcentaje máximo del total, en peso
Partículas quebradizas y grumos de arcilla	3
Material más fino que la malla Nº 200	5
Carbón y lingito	1

3.- Unidad de albañilería.-

- No tendrá materias extrañas en sus superficies o en su interior.
- La unidad de albañilería no deberá presentar rajaduras, hendiduras o grietas u otros defectos similares que degraden su durabilidad y / o resistencia.
- La edad mínima antes de poder ser asentadas será de 28 días.
- La unidad de albañilería de concreto será considerada normalizada cuando cumpla las siguientes características:

Tipo	Variación de la dimensión			Alabeo máximo (mm)	Resistencia a la compresión (kg / cm ²)	Densidad (gr / cm ³)
	Hasta 10 cm	Hasta 15 cm	Más de 15 cm			
Bloque I	± 4	± 3	± 2	4	140	1.70
Bloque II	± 7	± 6	± 4	8	60	1.60

4.- Mano de obra.-

La mano de obra empleada será calificada, debiendo supervisarse el cumplimiento de las siguientes etapas básicas:

- No levantar más de 1.20 m de altura de muro en una jornada de trabajo, con una constante verificación del aplomo de muros.
- Juntas completamente llenas de mortero, espesor mínimo de juntas igual a 10 mm y no más de dos veces la tolerancia dimensional en la altura de la unidad de albañilería más 4 mm.
- El asentado de unidades de albañilería limpias, sin previo tratamiento y mantenimiento del temple del mortero, sin exceder la fragua inicial.

- El acero de refuerzo colocado en los alvéolos deberá ir totalmente relleno de concreto líquido.

D.- Muros No-Portantes.-

Podrán ser de unidades huecas, sólidas o tubulares; no admitiendo tracciones mayores de 8 kg / cm², sus cimentaciones serán diseñadas por métodos racionales de cálculos. El espesor mínimo se calculará mediante una expresión:

$$t = U s m a^2$$

- t = espesor efectivo (m)
- U = coeficiente de uso del reglamento sísmico
- s = coeficiente dependiendo de la clase de mortero
- m = Coeficiente dependiendo del tipo de arriostre
- a = dimensión crítica (m)
- b = la otra dimensión del muro

Coeficiente "U"			
Muro	Zona Sísmica		
	1	2	3
Tabiques	0.28	0.20	0.09
Cercos	0.20	0.14	0.06
Parapetos	0.81	0.57	0.24

- En caso de mortero sin cal se multiplicará por 1.33

Valores de "m"									
Caso 1. Muro con cuatro bordes arriostrados									
a = Menor dimensión									
b / a	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	3.00	∞	
m	0.0479	0.0627	0.0755	0.0862	0.0948	0.1017	0.1180	0.125	
Caso 2. Muros con tres bordes arriostrados									
a = longitud del borde libre									
b / a	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.5	2.0	∞
m	0.060	0.074	0.087	0.097	0.106	0.112	0.128	0.132	0.133
Caso 3. Muro arriostrado sólo en sus bordes horizontales									
a = Altura del muro									
m = 0.125									
Caso 4. Muro en voladizo									
a = Altura del muro									
m = 0.5									

Se considerará un muro arriostrado, cuando exista suficiente adherencia, amarre y / o anclaje entre los muros y sus arriostres, garantizando la adecuada transferencia de esfuerzos. Los arriostres se diseñarán como apoyos del muro arriostrado, considerando éste como losa y sujeto a fuerzas horizontales perpendiculares a él.

E.- Construcciones de albañilería.-

El conjunto estructural de las unidades de albañilería estará compuesto de: cimentación, muros portantes, elementos de refuerzo (cuando sea necesario) y techos.

La cimentación debe transmitir la carga de los muros al terreno, de acuerdo al esfuerzo permisible de este, deberá ser de concreto; el espesor mínimo de muros portantes será: $t = h / 26$ (albañilería reforzada) y $t = h / 20$ (albañilería no-reforzada); t y h son dimensiones efectivas.

Los muros portantes serán analizados para las siguientes acciones: carga vertical axial, carga vertical axial juntamente con fuerzas transversales al plano del muro y momentos originados por las excentricidades de la carga vertical; y carga vertical axial juntamente con momentos de volteo en el plano del muro; asimismo, contempla condiciones para la flexo-compresión.

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{f_m}{F_m} \leq 1$$

F_a = esfuerzo admisible para carga axial.
 f_a = esfuerzo resultante de la carga vertical axial

f_m = esfuerzo resultante del momento.
 F_m = esfuerzo admisible para compresión por flexión

El esfuerzo actuante en el caso de fuerzas cortantes se obtendrá de la expresión:

$$v = \frac{V}{Lt}$$

Donde:
 V = Fuerza cortante en el muro

L = Largo del muro
 t = espesor efectivo del muro

- En lo que respecta a albañilería confinada, se dan requerimientos mínimos para el área del elemento de confinamiento, tanto del concreto como del acero, los cuales se basan en función de la fuerza cortante, características geométricas, esfuerzos de fluencia del acero y resistencia del concreto.

Espesor mínimo de elementos de refuerzo

$$Ac = \frac{0.9V}{f'_c} \geq 20t$$

Área de la armadura longitudinal de elementos de refuerzo horizontal.

Y no será menor que

$$A_s(H) = \frac{1.4V}{f_y}$$

$$A_s(H) = 0.1 \frac{f'_c}{f_y} Ac$$

Area de la armadura longitudinal de elementos de refuerzo vertical.

Y no será menor que:

$$A_s(V) = \frac{1.4V}{f_y} \left(\frac{H}{L}\right)$$

$$A_s(V) = 0.1 \frac{f_c'}{f_y} A_c$$

Los estribos de los elementos de refuerzo vertical irán espaciados por

$$\frac{A_v}{s} = \frac{1.5V}{df_y}$$

- Para albañilería armada, se basa en cuantía mínima de acuerdo al cortante, espaciamiento del refuerzo horizontal, del esfuerzo de fluencia del acero, y longitud del muro, dando también un refuerzo adicional a los bordes horizontales y extremos e intersecciones de los muros.

La armadura horizontal no será menor que el valor dado por:

$$A_v = \frac{2V.s}{f_y L}$$

V = Fuerza cortante en el muro (kg)

L = Largo del muro (cm)

A_v = área del refuerzo horizontal (cm²)

s = espaciamiento del refuerzo horizontal (cm)

f_y = esfuerzo de fluencia del acero, nomás de 4200 kg / cm²

La cuantía mínima será 0.0015; no menos de 2/3 de la misma será dispuesta horizontalmente.

Adicionalmente se reforzarán todos los bordes horizontales y los extremos e intersecciones de los muros armados, según tabla, colocándose 2 φ3/8" en todo borde de abertura cuya dimensión exceda de 60 cm en cualquier dirección.

Refuerzo adicional de los bordes horizontales y los extremos e intersecciones de los muros					
Piso	Edificaciones de				
	5 pisos	4 pisos	3 pisos	2 pisos	1 piso
5	2 φ 3/8	—	—	—	—
4	2 φ 3/8	2 φ 3/8	—	—	—
3	4 φ 3/8	2 φ 3/8	2 φ 3/8	—	—
2	4 φ 3/8	4 φ 3/8	4 φ 3/8	2 φ 3/8	—
1	6 φ 3/8	4 φ 3/8	4 φ 3/8	2 φ 3/8	2 φ 3/8

Para el caso de usar losa maciza de concreto armado, la armadura horizontal podrá considerarse como parte integral del techo; en el caso de no emplearse losas macizas será necesario colocar "vigas" collar como elementos de refuerzo horizontal.

- Cuando se trabaje con albañilería no-reforzada, en las zonas sísmicas 1 y 2, se limitará el uso a estructuras de un nivel. Las edificaciones de más de un nivel tendrán entrepisos que funcionen como diafragmas rígidos, asimismo, los muros portantes de un piso estarán directamente encima de los muros portantes inferiores, su refuerzo deberá ser continuación del refuerzo del piso inferior, debidamente empalmada. Si los muros portantes de un piso no coinciden con los del piso inferior, se les confinará en su propio nivel, transmitiendo sus cargas (horizontales y verticales) íntegramente al piso inferior, siendo necesario efectuar un análisis detallado de la compatibilidad de deformación del sistema estructural.
- Finalmente se dan esfuerzos admisibles para albañilería confinada y armada relacionada a la compresión axial, compresión por flexión, por corte, por tracción, compresión por apoyo, módulo de elasticidad y rigidez.

Esfuerzos Admisibles		Albañilería Confinada	Albañilería Armada	Albañilería No-Reforzada
Compresión Axial (F_a)		$0.20f_m^c \left[1 - \left(\frac{h}{35t} \right)^2 \right]$	$0.20f_m^c \left[1 - \left(\frac{h}{35t} \right)^2 \right]$	$0.20f_m^c \left[1 - \left(\frac{h}{35t} \right)^2 \right]$
Compresión por Flexión (F_m)		$0.40 f_m^c$	$0.40 f_m^c$	$0.40 f_m^c$
Corte (V_m) (kg / cm ²)	Mortero con cal	$1.8 + 0.18f_d < 3.3$	$1.8 + 0.18f_d < 3.3$	$0.9 + 0.09f_d < 1.6$
	Mortero sin cal	$1.2 + 0.18f_d < 2.7$	$1.2 + 0.18f_d < 2.7$	$0.6 + 0.09f_d < 1.3$
Tracción por Flexión (F_t) (kg / cm ²)	Mortero con cal	1.33		1.33
	Mortero sin cal	1.00		1.00
Acero (f_s) (kg / cm ²)			$0.5f_y < 2100$	
Compresión de apoyo (F_{ca})	Carga en toda el área	$0.25f_m^c$	$0.25f_m^c$	$0.25f_m^c$
	Carga en 1/3 del área	$0.375f_m^c$	$0.375f_m^c$	$0.375f_m^c$
Módulo de Elasticidad (E_m)		$500f_m^c$	$500f_m^c$	$500f_m^c$
Módulo de Rigidez (E_v)		$0.4E_m$	$0.4E_m$	$0.4E_m$

"En general la norma esta dada solo a edificaciones de albañilería, no incluyendo otros tipos de construcciones, como arcos, silos, piscinas, etc.; asimismo, la norma no menciona el diseño de columna y vigas de albañilería; adoleciendo de recomendaciones constructivas y detalles, como procedimientos alternativos de análisis y diseño; y tambien de métodos de verificación" [12].

III.- NORMAS EN EL AMBITO INTERNACIONAL.-

Actualmente en otros países se encuentra una tendencia al uso de la albañilería armada (uso de unidades huecas para colocación de refuerzo), este tipo de construcción ha evolucionado a medida que transcurre el tiempo, incrementándose las investigaciones de

los parámetros que la rigen; el primer método de diseño propuesto fue el de esfuerzos de trabajo (esfuerzos admisibles), hoy en día, se viene presentado un procedimiento basado en la resistencia última (Resistencia de Rotura), la cual se viene reflejando en los códigos de albañilería de los diferentes países.

A.- Nueva Zelanda [12] y [26].-

En Nueva Zelanda, la investigación de la albañilería tiene un mayor impulso que la de otros países, la cual data de unos 20 años de estudio, realizados en su mayoría por Priestley, dándose en el código de albañilería NZ S4203P; dicho código se basa en el diseño por resistencia última dúctil, la cual no permite alternativas de diseño elástico (para niveles especificados de esfuerzos); el diseñador está en la obligación de asegurar (mediante un análisis) que la ductilidad disponible sea mayor que la ductilidad requerida bajo el sismo de diseño.

En un inicio, se diseñaban bajo el método de esfuerzos de trabajo y el método de resistencia última estaba destinada para otros materiales, específicamente para el concreto; por el año de 1969 se crea un comité, cuya misión fue desarrollar un código, el cual permitiese el uso de cualquier método (esfuerzo de trabajo o resistencia última), con dicho objetivo, se impulsó la investigación en las universidades e institutos gubernamentales; conforme se avanzaba las investigaciones, se evidenciaba los problemas asociados con el método de los esfuerzos de trabajo, y crecía el entusiasmo por el diseño de resistencia última.

Para 1981, se presentó el borrador del código, para su discusión y comentario, con la finalidad de obtener un reglamento que permitiese el diseño por cualquiera de los métodos, antes mencionados; pero el método de resistencia última obtuvo gran aceptación, que se pretendió dejar de lado el método por esfuerzos admisibles y centrar el estudio para el método por rotura.

Hoy en día, la norma usada en Nueva Zelanda es NZS 4229:1999, esta norma reemplaza a NZS 4229:1986 (the Code of Practice for Masonry Buildings Not Requiring Specific Design), la norma se preparó por una sociedad entre "Firth Industries" y "the Cement and Concrete Association" con la finalidad de ayudar al "Standards New Zealand"

NZS 4229:1999 proporciona varias ventajas en lo que respecta al costo (muy por encima de la norma anterior); aunque, obedeciendo los requisitos pertinentes de "the New Zealand Building Code", simplifica el proceso de diseño para la mayoría de las estructuras de la albañilería, usada en los edificios residenciales, de forma tal que un arquitecto pueda preparar el diseño estructural.

NZS 4229:1999 representa una simplificación sustancial comparando con la norma anterior logrando un uso más barato de concreto en el diseño.

El código de diseño de Nueva Zelanda se fundamenta en:

- Elección de un adecuado sistema estructural, siendo fundamental que el sistema sea resistente a cargas laterales en la obtención de un satisfactorio comportamiento, bajo la acción sísmica, lo que implica en lo posible usar muros verticales

en voladizo conectados por losas; se recomienda evitar (en lo posible) los vanos (puertas y ventanas) pues ofrecen dificultad para el diseño.

- Uso de la teoría de resistencia a la rotura, para el diseño por flexión; siendo indispensable el conocimiento de: la curva “Esfuerzo-Deformación”, resistencia a la compresión (f'_m) y deformación última por compresión (ϵ_{cu}), con la finalidad de desarrollar ecuaciones de la resistencia a la flexión (similar a las ecuaciones desarrolladas por el ACI, para estructuras de concreto). Se llega a la conclusión que el f'_m esta fuertemente relacionada con el grado de supervisión más que con las propiedades de los materiales que constituyen la albañilería.

- Se recomienda que el refuerzo vertical sea distribuido a lo largo del muro, consiguiéndose de esa manera una eficiente transmisión de esfuerzos, evitándose la congestión de armadura y la consecuente dificultad de vaciado.

- Se contempla un factor de reducción de la resistencia a la flexión (0.65 – 0.85), según el nivel de carga axial.

- El código permite el chequeo de la capacidad de ductilidad a través de la evaluación de un factor “c” relacionado con la ductilidad de desplazamiento disponible.

- Uso de un procedimiento de diseño por capacidad para asegurar que no ocurra una falla frágil (falla por Corte), la cual debe de evitarse para que la estructura de albañilería muestre un comportamiento dúctil, para ello la resistencia por corte (V_d) debe ser mayor a la máxima resistencia a la flexión posible (V_f).

- Especial cuidado en los detalles (esbeltez de los muros, cuantía de acero, anclaje y muros no estructurales), de forma tal, que los elementos de albañilería se comporten como los pensó el diseñador.

- En Nueva Zelanda, las construcciones de albañilería se encuentran clasificadas en cuatro formas comunes de edificación (laminar, armada, albañilería de relleno en marcos de concreto o acero, encape).

Laminar, (reinforced cavity masonry).-

Consiste en dos paredes de albañilería muy pegada (por lo general, ladrillos de arcilla); con espacio suficiente para la incorporación del refuerzo distribuido (horizontal y vertical), la que posteriormente se llenará con concreto líquido.

Armada, (reinforced hollow masonry).-

De uso estructural común (unidad hueca de concreto), cuyas dimensiones son de 390 x 190 mm y cuyo espesor varía de 90 a 290 mm; alojándose el refuerzo en los alvéolos de los bloques, los cuales se rellenarán con el concreto líquido.

Albañilería de relleno, muros con marcos (concreto o acero), (masonry infill panel).-

No recomendable para resistir a las acciones sísmicas; a menos que se refuerce adecuadamente, diseñándose para una ductilidad muy limitada.

Encape, (masonry veneer wall).-

No posee función estructural, sino de aislamiento térmico y acabado, se usa en viviendas y edificaciones ligeras, adosándose a una base estructural de soporte.

En resumen, el código de albañilería de Nueva Zelanda se basa en consideraciones de diseño sísmico, pretendiendo presentar un sistema de diseño por resistencia última por flexión, evaluación de la capacidad de ductilidad, asegurando que no exista fallas por corte y aplicación del detalle constructivo, los cuales aseguran que los objetivos de diseño se logren en la práctica.

Se espera que a medida que los constructores se familiaricen con el método se logre incrementar el uso del mismo para grandes edificios.

Los cambios más significativos, respecto a la norma anterior son:

- La investigación ha demostrado que el “partially filled concrete” tiene una actuación sísmica más alta. Esto permite mayor libertad al constructor.
- Se toma una simplificación más efectiva para la carga de viento y los efectos la inclinación del tejado; Esto acelerará el proceso de diseño.
- La nueva investigación ha mostrado que los paneles pueden medir hasta 8 m, teniendo mayor libertad en el diseño.
- Propone suspender el uso de mayólicas o acabado de los pisos (no realizan trabajo estructural y aumentan la carga a soportar), para un mejor desarrollo del diafragma horizontal.

B.- Estados Unidos [12] y [27].-

En el espíritu de gran individualismo se luchó en el pasado para conseguir como resultado que los oficiales gubernamentales puedan adoptar juegos diferentes de códigos de un condado al próximo; normalmente escogen “BOCA”, “ICBO”, “SBCCI”, o the Council of American Building Officials, (CABO) para proteger la salud, seguridad y bienestar de los ocupantes de la edificación, pero la simplicidad acaba allí, lo que existe es una red compleja de códigos que promueven ineficacia, confusión, frustración, e incumplimiento en muchos lugares.

“The International Code Council”, (ICC) se estableció en 1994, organización no lucrativa, dedicada a desarrollar un solo juego de códigos de edificaciones para finales del año 2000.

Los fundadores del ICC son; “Building Officials and Code Administrators International”, (BOCA); “International Conference of Building Officials” (ICBO), y el “Southern Building Code Congress International” (SBCCI). Desde la primera mitad del último siglo, estas organizaciones (no lucrativas) desarrollaron tres juegos separados de códigos, usados a lo largo de los Estados Unidos.

Aunque el desarrollo del código regional ha sido eficaz y sensible a las necesidades del país, se requiere de un solo juego de códigos; en respuesta a ello, los tres grupos de la nación respondieron creando “the International Code Council”, (ICC), desarrollando códigos sin limitaciones regionales (códigos Internacionales).

El objetivo del ICC es obtener ventajas sustanciales, combinando los esfuerzos de las organizaciones de código existentes, para producir un solo juego de códigos. De manera que arquitectos, ingenieros, diseñadores y contratistas pueden trabajar ahora con un juego consistente de requisitos a lo largo de los Estados Unidos; dándose así la creación del código the 2000 IBC.

El código The 2000 IBC, se ha sujetado a la más extensa revisión para cada uno de los requisitos del código estructural en los Estados Unidos. Desde la publicación de “the IBC Working Draft”, han sido considerados más de 1,000 cambios del código estructurales y más de 400 los cambios han sido aceptados e incorporados en “the 2000 International Building Code”.

El código “The 2000 IBC” contempla ciertas partes básicas que debe existir en toda construcción:

Documentación: Los requisitos del proyecto estructural en el capítulo 16 del IBC incluyen las provisiones para la documentación de carga. Cierta criterio del código exige ser puesto en los documentos de la construcción las cargas vivas, cargas de nieve de tejado, cargas del viento, datos de plan de terremoto y cargas especiales. Esta información facilita la revisión del plan estructural de un proyecto.

Deflexión límite: La deflexión límite para los miembros estructurales está en los requisitos del plan generales de Capítulo 16. Se limitan las deflexiones según el código IBC ó del “structural design standards”, cualquiera que sea más restrictivo.

Combinación de Cargas: Las combinaciones de carga para el diseño de fuerza y para el diseño de tensión aceptable en el IBC están basadas en aquellos desarrollados para los 1998 ASCE 7 normal.

Las cargas vivas: Las cargas vivas en Capítulo 16 del Código del Edificio Internacional son una mezcla de aquellos en el ASCE 7 normal (qué está igual que en el código BOCA), “the Standard Building Code” y “the Uniform Building Code”. Las restricciones de reducción de carga viva, son de los 1998 ASCE 7 normal y las restricciones de reducción de carga viva alternados, son “the Uniform Building Code”.

La carga de nieve: Las restricciones para la carga de nieve, en el IBC son idénticas a aquellos dados en los 1998 ASCE 7 normal. La mayoría de los requisitos para las cargas de nieve simplemente está por la referencia al ASCE 7 normal.

Las cargas del viento: El mapa de carga de viento y los requisitos técnicos en el IBC reflejan el último criterio de carga de viento en los 1998 ASCE 7 normal. El texto del IBC incluye los nuevos requisitos del viento simplificados. Generalmente, las restricciones del viento simplificados pueden usarse para edificios que tienen una altura del tejado mala que no excede la dimensión horizontal del edificio o 60 pies, quienquiera que es menos,

junto con ciertas otras restricciones. El código incluye mesas de presiones del viento calculadas que aplican al método de plan de viento simplificado.

La carga de terremoto: Los requisitos del terremoto en el IBC son basados en "the 1997 NEHRP Provisions" y algunas modificaciones del "the Uniform Building Code". "The NEHRP Provisions" se desarrollan por "the Building Seismic Safety Council". La metodología del diseño se ha revisado extensivamente contra las ediciones anteriores de "The NEHRP Provisions". El efecto de carga de terremoto se ve influenciada grandemente por el tipo de suelo en el sitio de la edificación. Se han agregado requisitos específicos para las estructuras sísmicamente aisladas.

Las cargas de diluvio: se exigen diseñar Estructuras localizadas en las áreas de riesgo de diluvio y construir de acuerdo con ASCE 24, "1998 Flood Resistant Design and Construction Standard". Los requisitos del código representan el acercamiento innovador a la construcción diluvio-resistente.

La inspección especial: se han puesto al día Los requisitos de la inspección especiales para el hormigón y construcción de la albañilería y se han extendido en el IBC. El IBC requiere un nuevo plan de convicción de calidad para edificios clasificados en ciertas categorías de diseño sísmico. La observación estructural también se requiere con toda seguridad en edificios la velocidad de viento de ráfaga excede 110 mph. El propósito de observación estructural es inspeccionar que la construcción sea idéntica al especificado en el diseño estructural realizado. Se exigen informar las deficiencias observadas por escrito al dueño del edificio y el oficial del código.

Las tierras y fundaciones: La tierra y los requisitos de la fundación son una mezcla del volumen de los tres códigos del modelo. Por ejemplo, los límites de presión de fundación aceptables se han extendido para incluir la presión lateral-productiva aceptable además de la presión de tierra de fundación aceptable. Se han puesto al día los requisitos sísmicos para los malecones y montones para ser consistentes en "the 1997 NEHRP Provisions".

El hormigón: se han extendido los requisitos para que la información sea incluida en los planos de la construcción. El volumen del capítulo concreto refleja el volumen del ACI 318 muy estrechamente normal.

La albañilería: Detalló los requisitos para los métodos de la construcción para la albañilería en el frío y en lugares cálidos. Se han extendido los requisitos de convicción de calidad. El método del diseño de fuerza de albañilería es incluido tomado del código ICC. Los requisitos del diseño empírico para la albañilería son incluidos; así como, para la instalación de unidad de vidrio en la albañilería.

Acero: El capítulo de acero se refiere a las normas de acuerdo general de industria apropiadas para el acero estructural, acero frío-formado, vigas de acero y estructuras de cable de acero. Se han puesto al día los requisitos sísmicos para la construcción de acero estructural a la referencia las últimas normas de acuerdo general de industria, consistente con "the 1997 NEHRP Provisions".

Madera: se han extendido las luces de los marcos de madera. Los requisitos prescriptivos detallados han sido incluidos, limitándose a áreas donde la velocidad del viento no excede una velocidad de viento de ráfaga de 100 mph. Para las áreas del alto-viento, el IBC usa the AF&PA *Wood Frame Construction Manual* ó the SBCCI *Standard for Hurricane Resistant Residential Construction*.

El código "the 2000 IBC", viene a ser una actualización del código "UBC", (Uniform building Code), código norteamericano, cuyo objetivo fue la unificación de todas aquellas normas referidas a la construcción; siendo el U. B. C., el código que presenta los criterios bases de las normas estatales, pues cada estado posee sus dispositivos particulares.

El código posee varios capítulos referidos a la construcción, estando el capítulo 24 destinado a tratar la albañilería y de todos los aspectos que lo conciernen, dicho capítulo se divide en 12 secciones.

El código se aplica a diversos tipos de albañilería contemplando unidades tan diversas como la arcilla, cemento ó Sílico calcáreo, los cuales se usan en los Estados Unidos, así mismo, muestra algunos requerimientos empíricos, para cuando la albañilería este conformada por blocks de vidrio y piedra natural; también da alcances sobre el tipo de albañilería (reforzada, no-reforzada, sandwich compuesta), dando requerimientos específicos, para cuando es necesario.

En su primera parte, el código hace referencia a conceptos y notaciones del capítulo; posteriormente se enlista las normas de calidad (standard) que deben cumplir los materiales y componentes de la albañilería, para cuando de materiales se trata se hace hincapié a otros documentos (standard), pero, para los componentes (mortero y Grout) se dan comentarios referentes a la proporción de mezcla y aditivos.

También se dan recomendaciones para el manejo, almacenamiento y preparación de materiales, asimismo, se abarca el caso cuando la construcción de albañilería se realiza en climas fríos, el cual es un factor sumamente importante.

De igual forma se dan las pautas en cuanto a las características que debe cumplir el asentado de unidades, colocación del refuerzo y el vaciado del concreto fluido (Grout); en lo que se refiere al control de calidad, se especifica las condiciones del muestreo y ensayo en prismas de albañilería y mortero.

En la parte destinada al diseño de estructuras se definen parámetros de diseño tales como, f_m (resistencia de la albañilería), módulo de elasticidad, y esfuerzos admisibles, para diferentes aspectos de carga (flexión, corte y compresión), abarcando los diferentes componentes (albañilería y acero), dándose así, las bases de diseño.

El resto de las secciones se ocupan del diseño, abarcando la albañilería reforzada y no-reforzada, construcción compuesta, muros esbeltos, muros de corte por resistencia, presentándose un procedimiento de diseño basado en esfuerzos de trabajo, dándose definiciones (espesor, altura y área efectiva, así como, la distribución de muros).

Se presentan algunas recomendaciones y detalles respecto a la forma de anclaje, lo que asegura la continuidad estructural entre ellos, incluye también algunas

recomendaciones adicionales (detalles, limitaciones de material, refuerzo, dimensiones y cargas de sismo) para cuando estemos en zonas de riesgo sísmico; se dan definiciones ó expresiones para el cálculo de esfuerzos actuantes, complementándose con las expresiones de esfuerzos admisibles.

Para cuando se trate de albañilería reforzada, se parte de la suposición de que la albañilería no soporta cargas de tracción y que las barras de esfuerzos están completamente embebidas en el concreto o mortero, comportándose homogéneamente en el rango elástico; se tiene al alcance expresiones de cálculo de esfuerzos actuantes, para diferentes condiciones de carga ó compresión en muros y columnas, diseño por flexión, esfuerzos de corte, especificaciones de anclaje y refuerzo.

Para el caso de albañilería compuesta de materiales de diferentes características y / o resistencia, se puede aplicar la sección referida a construcción; para lo cual el análisis se basaría en la sección (elástica) transformada del área neta, y tendría presente que el esfuerzo máximo que se da en cualquier porción de la albañilería compuesta no excederá el permisible para el material en dicha porción; siendo indispensable incluir el efecto del cambio de material en el diseño, y de igual forma, las condiciones límites entre ellos.

En las dos últimas secciones del capítulo se dan las alternativas de “diseño a la Rotura” (muros esbeltos y de corte), pudiendo ser usado en lugar del método de esfuerzos de trabajo, incluyendo recomendaciones y requerimientos (refuerzos máximos y mínimos, factores de carga, expresiones para carga y momentos últimos, factores de reducción por flexión y corte); asumiendo que la deformación máxima en la fibra externa de la albañilería en compresión es 0.003 m.

C.- Australia [12].-

La entidad encargada de publicar y promover la adopción de normas australianas es la “Standard Association of Australia” (SAA), fundada en 1922; en un inicio se dio un código en el cual se daban normas por separado, referidas a albañilería de bloques de concreto y albañilería de ladrillos; para lo que a bloques de concreto se refiere, este estuvo totalmente basado por la experiencia norteamericana; asimismo, la albañilería de ladrillos, se basó en el código Británico y de la experiencia de Haller.

En el año de 1982, se realizó una revisión completa de la norma con el propósito de crear un documento unificado aplicable a todo tipo de construcción de albañilería (reforzado ó no-reforzado), con bloques o ladrillos (de arcilla, cemento o Sílico calcáreo).

Aún cuando los códigos existentes se expresaban en términos de esfuerzos admisibles de conformidad con las normas (internacional y / o Australiana) en lo que a materiales de construcción se refiere (particularmente Concreto y Acero), se procedió a expresarlas en términos de estados límites; convergiendo a un balance entre especificaciones de comportamiento y cláusulas de prescripción, expresando sus requerimientos en términos de resistencias última.

Dependiendo del diseño y grado de supervisión, clasifica a la albañilería en tres tipos:

1.- Albañilería Ordinaria.-

Abarca formas comunes de construcción, no requiere cálculo estructural ni ensayos, los edificios se restringen a dos pisos, de 6.5 m de altura máxima. Dentro de este tipo de albañilería, los requerimientos generales incluyen: muros tipo cavity, tipo veneer, contrafuertes, albañilería parcialmente reforzada y muros diafragma, las alturas y longitudes se encuentran especificadas dentro de tablas.

2.- Albañilería Calculada.-

Construcción en el cual la resistencia de los materiales que se usará para efectos de diseño se especifican en el código, no teniendo que ser confirmados mediante ensayos.

El valor característico de la resistencia a la compresión se elige de una tabla, la cual depende de la composición de mortero y de la resistencia a la compresión de la unidad de albañilería.

3.- Albañilería Especial.-

Aquella en donde la resistencia de la albañilería, adoptada para el diseño, debe ser confirmada a través de ensayos; además, la supervisión debe estar a cargo de personal calificado, con experiencia en construcción de albañilería que comprendan los requerimientos del diseño estructural. Para lo que se refiere a albañilería no-reforzada, la sección de diseño estructural da expresiones matemáticas detalladas para evaluar la capacidad resistente de la albañilería no-reforzada (en compresión, corte y flexión) definiéndose criterios detallados para el diseño de muros cavity, veneer, diafragma y de corte. Cuando se trata de albañilería reforzada, se dan requerimientos particulares para el diseño estructural (en compresión, flexión y corte), dándose requerimientos generales de detalles y protección de refuerzo. Otro requerimiento es el periodo máximo de resistencia al fuego, el cual, no fue contemplado en códigos anteriores, si no, más bien, era abarcado en reglamentos estatales (variando de estado a estado).

D.- México [12].-

La construcción de albañilería, se encuentra por lo general destinada a viviendas de 3 – 5 pisos, abarcando una serie de materiales (barro, cemento, Silico calcáreo, etc.), recomendándose reforzar la albañilería (manteniendo la liga entre el muro y sus componentes) para cuando se encuentre en zona sísmica, de igual forma el muro posee debilidad en tracción.

Se desarrolla dos sistemas de construcción; albañilería confinada y albañilería reforzada.

1.- Albañilería Confinada.-

Consiste en muro rodeado de concreto reforzado, el cual encierra al muro en un marco perimetral, cumpliendo la función de ligar los muros entre sí.

2.- Albañilería Reforzada.-

El refuerzo (vertical, horizontal) se distribuye a través del muro (dentro de los alvéolos y / o juntas de mortero), buscando mantener un comportamiento semejante al del concreto armado (el acero absorbe la tensión por flexión y corte).

Los principales componentes de la albañilería son el mortero y la unidad (artesanal ó industrial), existiendo una variación grande en sus propiedades, teniendo que para las unidades industrializadas el control de calidad se basa en las propiedades geométricas, color y textura.

Para una mejor determinación de las propiedades de la albañilería se requiere del ensayo de elementos que representen el conjunto de la albañilería (pieza-mortero); para lo cual se ensayan pilas de piezas (superpuestas hasta lograr una relación de cuatro, entre la altura y el lado menor en planta), determinándose la resistencia a la compresión y el módulo de elasticidad del conjunto. Para obtener el módulo de rigidez al cortante y la tensión diagonal se realizará el ensayo de compresión diagonal.

De los diferentes ensayos realizados, se concluye en:

- La resistencia a la compresión en pilas es un porcentaje de la resistencia de la pieza (50% para bloques y 35% para ladrillos).
- El comportamiento de la gráfica "Esfuerzo vs. Deformación" es aproximadamente lineal hasta el punto de falla (siendo altamente frágil).
- El módulo de elasticidad esta definido como la secante entre 0 – 80% de la resistencia; siendo una relación lineal con la resistencia a la compresión y con un factor de proporcionalidad de 600 (concreto) y 400 (pieza de barro).
- Del ensayo de compresión diagonal se observó que el módulo de rigidez al cortante está entre 30 – 40% del módulo de elasticidad (Tabla 6.02).

Comportamiento Estructural; en el análisis del comportamiento estructural, se determinan 3 tipos de ensayo:

- En voladizo; siendo lo más representativo para comportamiento de muros de carga
- Compresión diagonal; el cual reproduce mas de cerca el comportamiento de los muros diafragma.
- De corte; representa la situación de porciones de muros entre vanos.
- La flexo-compresión se puede predecir según la hipótesis de concreto armado y la resistencia al cortante se rige por el agrietamiento diagonal.

El requisito de diseño sísmico para obtener un buen comportamiento desde el punto de vista de la ductilidad y de la capacidad de disipación de energía, será tener una falla gobernada por la flexo-compresión y con un nivel de carga axial moderado.

Se obtendrá una buena aproximación de la capacidad a flexo-compresión siguiendo la norma del reglamento D° F° (Distrito Federal), la cual, da como la fuerza resistente al cortante:

Para muros de carga:

$$VR = FR \times (0.5 \times V^s \times A_t + 0.3 \times P) \leq 1.5 \times V^s \times A_t$$

Donde:

A_t = Area transversal.

P = Carga vertical sobre el muro

FR = Factor de seguridad (0.6, albañilería reforzada y 0.3, albañilería no reforzada).

V^s = Índice de resistencia a compresión diagonal.

Para muro Diafragma:

$$VR = FR \times (0.85 \times V^s \times A_t)$$

La contribución del refuerzo vertical es muy poca para la resistencia al corte, por lo que es importante la colocación del refuerzo horizontal, para que ayude a resistir al cortante; el cálculo es de la misma forma que para muros de refuerzo armado.

$$V_s = \frac{A_m \times f_y \times d}{S}$$

Donde:

d = Peralte de la sección, 0.8 veces la longitud del muro.

A_m = Area del refuerzo horizontal

S = separación del refuerzo horizontal.

El comportamiento sísmico de un sistema estructural, tiene la principal característica de disipar energía (proveniente de deformaciones inelásticas), para lo cual se dan factores de reducción de los coeficientes sísmicos para un comportamiento inelástico.

Según estudios realizados, se obtuvo una relación entre el factor de reducción y el factor de ductilidad (μ). (Tabla 6.03)

E.- Chile [12].-

En este país se ha incrementado, a través de los años, el uso de la albañilería armada (para edificios de hasta 4 pisos), debiéndose a una mejor economía y a factores constructivos.

Por el año de 1979 se forma un comité con el objetivo de crear especificaciones técnicas, tomándose como base el U.B.C (Uniform building Code), posteriormente, en el año de 1981, se da el informe con el nombre de "Especificación Técnica 20/81"; publicada por el instituto Nacional de Normalización (INN).

En dicho informe se dan las consideraciones para que la albañilería se considere armada:

- La armadura debe ser en dos direcciones (horizontal y vertical), con cuantías mínimas y espaciamientos básicos.
- Las unidades deben cumplir las exigencias de calidad (propiedades físicas y mecánicas).

Las tensiones admisibles en compresión se basan en f'_m , existiendo una buena correlación para determinar los esfuerzos admisibles por corte.

La norma chilena reconoce diferentes capacidades de absorción y disipadores de energía, según su configuración resistente, sin hacer diferencias según el material del que esta hecho el edificio, pues se considera a la albañilería armada de uso relativamente resistente; no existiendo antecedentes de su comportamiento durante un sismo severo.

Para las unidades existen requisitos en la norma chilena NCH 181 (compatible con el U.B.C), el mortero de juntas se determina con la norma NCH 158.

El parámetro más significativo para obtener la calidad de la albañilería es el f'_m , del cual el módulo de elasticidad y de corte, no considerándose muy compatible el de corte.

F.- Colombia [11].-

Por la década del 70 se inicia el uso de albañilería estructural de bloques con perforación vertical (edificios hasta 6 pisos) similar al ACI 531; en los 80's, se comienza a extender a todo el país y ya en el año de 1982 existía un amplio estudio al respecto; para 1983 se propone adicionar a las normas AIS 100-81, con el cual se regularía el uso de la albañilería estructural, dicha propuesta se reforzó y aprobó en 1984, a raíz del terremoto de 1983 (Decreto 1400 (7/6/84)).

Los materiales usados en unidades de albañilería se rigen de acuerdo a las normas ASTM C90 ó ICONTEC 247; asimismo, los morteros a usar son compatibles con la norma ASTM C270.

Posterior al temblor de Popayán (31/5/93) se elaboró un código basándose en tres documentos:

- a) "Requisitos sísmicos para edificaciones", Norma AIS 100-83; Asociación de Ingeniería Sísmica.
- b) "Código colombiano de construcciones de hormigón", según la norma INCOTEC 2000 (adaptación del ACI 318-77); Instituto Colombiano de Normas Técnicas.
- c) "Código de construcciones metálicas", basado en AISC.

De los cuales resulta el "Código Colombiano de Construcciones Sismorresistentes"; el cual posee ciertas consideraciones como [12]:

- 5 tipos de albañilería (no-reforzada, parcialmente reforzada, reforzada, muros confinados, muros diafragma), con límites para la altura de las edificaciones, de acuerdo a las tres zonas de riesgo sísmico.

- En lo que se refiere a la rigidez, no debe existir una diferencia mayor del 25% entre ejes ortogonales, y las fuerzas de diseño son calculadas de acuerdo a un espectro elástico, el mismo que se da por:

$$S_a = (1.2 \times A_v \times S \times I) / (T^{2/3}) \leq 2.5 \times A_a \times I$$

Donde:

S_a = máxima aceleración horizontal (%g).

S = Coeficiente de Sitio.

T = Periodo de vibración fundamental.

I = Coeficiente de importancia.

A_v = Coeficiente de velocidad de piso efectiva.

A_a = Coeficiente de aceleración de piso efectiva

El coeficiente sísmico $C_s = S_a / R$ y el cortante basal $V = C_d \times W$; donde R (Coeficiente de modificación de respuesta), W (Peso vertical total), C_d (coeficiente de amplificación de desplazamiento). (Tabla 6.04)

En lo que se refiere a esfuerzos admisibles, el reglamento colombiano da sugerencias, de acuerdo al tipo de refuerzo:

- Albañilería reforzada; la cuantía en ambos sentidos no será menor de 0.0007, la suma de ambas cuantías no será menor de 0.0020. La cuantía de refuerzo vertical no puede ser menos de la mitad de la cuantía de refuerzo horizontal.

- Dentro de la cavidad la separación del refuerzo utilizado no puede ser mayor de 120 mm, ni menor de 50 mm.

- Para muros confinados; existen dos categorías, la primera es para muros sin refuerzo interior, se debe de colocar vigas de amarre en los entrepisos, con cuantía mínima de 0.0075 del área de la sección de la viga, las columnas de amarre tendrán una sección mínima de 200 cm² y una cuantía mínima de 0.007, las columnas se colocarán cada 4 m o 1.5 veces la altura del muro; la segunda es para muros con refuerzo intermedio, la cual posee igual características que la anterior, además, de cuantías mínimas según la albañilería parcialmente reforzada. La albañilería de muro diafragma se diseñará por el método de resistencia (Tabla 6.05)

En la actualidad, se rigen de la NSR-98 (Norma Sísmico resistente); la cual en su capítulo D-1 “Albañilería Estructural”, establece los requisitos mínimos de diseño y construcción para las estructuras de albañilería y sus elementos incluyendo lo respecto a planos y memorias y la supervisión técnica. Existiendo ciertos requisitos para albañilería:

- Todo refuerzo que se emplee debe de estar embebido en concreto, mortero de relleno o mortero de pega, debiendo 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 albañilería y a otros refuerzos.

- El refuerzo en la albañilería estructural irá colocándose una barra por cada celda; si el lado menor de la celda es mayor de 140 mm, permite colocar 2 barras, pudiendo ser colocadas en paquete y en contacto para actuar como una unidad. El recubrimiento de las barras colocadas en celdas será, incluyendo el mortero de relleno y la pared de la unidad de albañilería, no menor de 51 mm para barras mayores a 5/8" y 38 mm para barras menores a 5/8", cuando la albañilería quede expuesta al contacto con la tierra o intemperie; caso contrario será de 38 mm.

- Para el refuerzo horizontal de las juntas, estas deberán tener un recubrimiento de 12 mm, cuando la albañilería quede expuesta al contacto con la tierra o intemperie, o 6 mm cuando no se quede expuesta al contacto con la tierra o intemperie. El diámetro de refuerzo horizontal en las juntas horizontales de pega no puede ser menor de 4 mm y no puede espaciarse verticalmente a más de 600 mm; el refuerzo horizontal colocado dentro de elementos embebidos dentro de unidades de albañilería especial, no puede espaciarse verticalmente a más de 1.20 m; se debe colocar un refuerzo horizontal mínimo de dos barras de 3/8" en el remate y arranque de los muros, y al nivel de las losas de entrepiso.

- Se debe colocar, además, un refuerzo horizontal mínimo de dos barras de 3/8" en la parte superior y en la parte inferior de aberturas interiores con dimensiones mayores de 600 mm. Este refuerzo debe extenderse dentro del muro al menos 600 mm.

- La longitud de desarrollo (l_d) para barras corrugadas embebidas con mortero de relleno en tracción o en compresión, será calculada con la ecuación:

$$l_d = \frac{l_{dt}}{\phi} \geq 300mm$$

$$l_{dt} = \frac{1.8d_b^2 f_y}{k\sqrt{f'_m}} \leq 52d_b$$

K es el recubrimiento del refuerzo, y no debe exceder $3d_b$ y $\phi = 0.8$, para desarrollo del refuerzo.

Para barras lisas, la longitud de desarrollo se debe de tomar como el doble de la obtenida para barras corrugadas. Para el caso de traslape entre barras este será el mismo de la longitud de desarrollo.

- El reglamento colombiano, se basa en la metodología de diseño por estados límites de resistencias, no obstante, se permite el diseño de estructuras de albañilería por el método de esfuerzos de trabajo, de cualquier forma la ecuación general para la reducción de resistencia es:

$$\text{Resistencia de Diseño} = \phi \times \text{Resistencia nominal} \geq \text{Resistencia Requerida} = U$$

- El módulo de elasticidad y de cortante para albañilería en concreto tiene los siguientes valores:

$$E_M = 750 f'_m \leq 14000 \text{ MPa}$$

$$G_m = 0.4E$$

- La máxima resistencia axial teórica del muro sometido a carga axial sin excentricidad P_o :

$$P_o = 0.85 f'_m (A_e - A_{st}) + A_{st} f_y \leq f'_m A_e$$

- Reducción de resistencia axial por esbeltez:

$$R_e = 1 - \left[\frac{h'}{40t} \right]^3$$

- Resistencia nominal para carga axial:

$$P_n = 0.80 P_o R_e$$

- Máxima resistencia de diseño para carga axial:

$$P_u \leq \phi P_n = \phi 0.80 P_o R_e$$

- Resistencia a Cortante en la dirección Perpendicular al Plano del Muro:

$$V_u \leq \phi V_n$$

Donde:

$$V_n = \frac{1}{6} A_{mv} \sqrt{f'_m}$$

A_{mv} = área efectiva para cortante (dirección perpendicular al plano del muro).

- Los muros de albañilería no reforzada deben diseñarse por el método de los esfuerzos admisibles de trabajo, los muros de este tipo deben tener un espesor mínimo nominal de 120 mm, exceptuando los espesores mínimos establecidos para viviendas de uno y dos pisos.

- Para albañilería de muros confinados, existe todo un capítulo de consideraciones, sobre refuerzo mínimo (horizontal y vertical), vigas de confinamiento, vigas de amarre sobre la cimentación, requisitos de análisis y diseño

G.- Venezuela [12].-

En la actualidad, el uso de albañilería es requerido para edificaciones de uno ó dos niveles y en especial se aplica en el ámbito informal. Para la construcción formal (edificaciones mayores) se construye de concreto armado.

Los ladrillos más usados son; piezas huecas de arcilla de 30 x 20 x 15 cm, y bloques de concreto de 40 x 20 x 15 cm (muros portantes). No se considera el uso de piezas Sílico-calcareas y asfálticas. El espesor de las juntas horizontales debe ser entre 1 – 3 cm, no se considera junta vertical entre los ladrillos. El mortero en la vivienda informal es de 1: 3.5 (cemento: arena), en volumen. La resistencia a la compresión de las muestras cúbicas de 5 cm de lado es de 7 kg / cm², según especificación ASTM C109 –70. La resistencia al corte se realiza sobre la base de tres piezas sin presión de confinamiento, dando valores de 1 – 4 kg / cm².

H.- Argentina [28].-

Para albañilería portante con bloques de concreto, se debe de cumplir algunos requisitos según lo establecido por la norma IRAM 11.561 y sus complementarias; tales como, la norma IRAM 11556; asimismo, se recomienda enfáticamente seguir las recomendaciones de las normas que se citan a lo largo del presente pliego, ya que estas complementan en detalle los puntos tratados. Dichas normas son:

Norma	Título
IRAM 11561	Bloques de Concreto
IRAM 11556	Albañilería de Bloques de Concreto
IRAM 11583	Albañilería de Bloques de Concreto. Recomendaciones para su ejecución
IRAM 1731	Hormigones y Morteros de Relleno para Albañilería”, Requisitos
IRAM 1712	Hormigones y Morteros de Relleno para Albañilería, Muestreo. Métodos de Ensayo
IRAM 11601	Acondicionamiento térmico de edificios. Métodos de Cálculo
IRAM 11603	Clasificación bio-ambiental de la República Argentina
IRAM 11604	Coefficientes volumétricos G de pérdidas de calor
IRAM 11605	Valores Máximos de Transmitancia Térmica en Cerramientos Opacos
IRAM 11625	Verificación del Riesgo de Condensación de Vapor de Agua...

1.- Resistencia a la Compresión.-

Establecido en la norma IRAM 11561-4.

Tabla 1. Espesores mínimos de los tabiques exteriores de los bloques

Ancho nominal del bloque (mm)	Tabiques longitudinales * (mm)	Tabiques transversales * (mm)
150	20	25
200	25	25
300	32	28

* Medidas promedio de 3 unidades tomadas en el punto de menor espesor según la norma IRAM 11561-4.

Tabla 2. Requisitos de resistencia a la compresión de la sección bruta de los bloques

Espécimen	resistencia a la compresión (MPa)*
Promedio de 3 unidades	6.0
Unidad individual	5.0

• 1 MPa = 10,2 kgf/cm 2

2.- Absorción de agua.-

La absorción de agua determinada según el ensayo establecido en la norma IRAM 11561-4.

Tipo	Densidad (kg / m ³)	Absorción (kg /m ³)
Liviano	d* <1700	90
Medio	3 < d < 2000	240
Normal	d > 2000	210

* d = densidad del concreto del bloque

3.- Bloques huecos.-

El espesor de los tabiques longitudinales y transversales deben ajustarse a lo requerido; las medidas totales del ancho, alto y largo de las unidades deben diferir en no más de ± 3,0 mm de las medidas especificadas; deben estar enteras y libres de fisuras u otros defectos que pudieran interferir con una correcta colocación, o perjudicar significativamente la resistencia de la construcción. El color y la textura debe ser especificada por el comprador.

4.- Muestreo.-

De cada lote se extraerán, según la norma IRAM 18, las unidades necesarias para la inspección. Las unidades necesarias para la inspección se determinarán según la norma IRAM 11561-5.

5.- Contenido de humedad.-

En el momento de entrega de los bloques en obra, su contenido de humedad, no excederá de un 40% del valor fijado como absorción máxima; debiéndose protegerse convenientemente de las inclemencias del tiempo.

6.- Contracción por secado.-

Se establece que los bloques verificados según el ensayo descrito en las normas IRAM:

Tipo	Densidad (kg / m ³)	Contracción máxima (%)
Muro	≥ 1500	0.06
	< 1500	0.08
Tabiques	≥ 1500	0.07
	≤ 1500	0.08
	< 625	0.09

7.- Requisitos a cumplir por la albañilería.-

- Mortero de junta. En todos los casos el mortero de asiento deberá cumplir con las exigencias de la norma IRAM 1676.
- Recubrimiento de la armadura de junta horizontal. Debido a que las armaduras utilizadas en Argentina, para el refuerzo de juntas no son galvanizadas, es muy importante respetar los espesores de recubrimiento recomendados.
- Micro-concreto (Grout). Deberán cumplir las exigencias contenidas en la norma IRAM 1731/95, y en la norma IRAM 1712 / 95.

8.- Control de aptitud de los materiales intervinientes en la albañilería.-

- Ensayo del concreto (no Grout); norma IRAM 1524 y IRAM 1546.
- Ensayo de unidades según, norma IRAM 11561-4.
- Ensayos de pilas de albañilería: ensayos en prismas realizados antes del cálculo, utilizando materiales y mano de obra similares a aquellos que se emplearán posteriormente.
- Ensayo del mortero de junta: según, norma Uniform Building Code (UBC) N° 24-22 y las normas IRAM 11556, y 1676.
- Ensayo del micro-concreto (Grout): según UBC N° 24-22 y IRAM 1712.
- Mano de obra recomendada, norma IRAM 11583/95.
- Armaduras de refuerzo, norma IRAM 11556.
- Apoyo de losas y vigas. Deberán estar vinculados con elementos estructurales que transmitan las cargas laterales a los elementos horizontales.

En caso de elementos sometidos a la flexión que apoyen sobre albañilería de bloques de concreto, se deberán llenar los huecos de la última hilada. El ancho de apoyo será no menor que 10 cm en muros simples que no tienen continuidad de refuerzo vertical.

- Aislamiento hidráulico según, norma IRAM 11556

- Juntas de Control, norma IRAM 11556, 11561
- Colado del micro-concreto. En este caso se recomienda realizar el colado de los huecos con micro-concreto, una vez levantada la pared de altura igual al piso terminado, y luego de colocar la armadura.
- Conductividad y transmisión térmica según, norma IRAM 11.561, 11.601 11.605 / 96, 11.603.

9.- Reglamento Sísmico Resistente INPRES - CIRSOC 103 [29].-
(Construcciones de mampostería), editado en agosto 1991, aprobado por resolución S.S.O Y S.P N° 18/91. Las acciones a considerar, serán:

a).- Acciones sísmicas de diseño.-

Se tendrán las siguientes consideraciones: Direcciones de análisis; Consideración de las cargas gravitatorias; Superposición de efectos de traslación y torsión; Fuerzas sísmicas horizontales; Resultante de las fuerzas horizontales equivalentes o esfuerzo de corte en la base de la construcción; Coeficiente sísmico de diseño; Distribución de la resultante de las fuerzas horizontales equivalentes, en función de la altura de la construcción; Esfuerzo de corte en el nivel k; Efectos de torsión; Limitación de los efectos de torsión; Fuerzas sísmicas verticales; Estados de carga

b).- Criterios generales para análisis y diseño.-

Se tendrán las siguientes consideraciones: Distribución de solicitaciones; Criterios de distribución de solicitaciones; Losas macizas de hormigón armado colocado in situ; Losas de conformación diferente a las losas macizas de hormigón armado colocado in situ; Determinación de la rigidez de muros; Limitación de efectos torsión; Capacidad de redistribución. Elementos críticos.

II.- COMPARACION DE NORMAS [12].-

Para realizar comparaciones entre las diferentes normas en el ámbito internacional deberá tenerse presente las unidades adoptadas por cada país, así como, los diferentes símbolos adoptados por los mismos; por ejemplo la norma mejicana usa el símbolo f_m^* para el esfuerzo admisible de compresión de la albañilería, siendo la norma basada en el estado "de rotura", por lo que si quisiéramos compararla con la norma peruana se tomará en cuenta dicha referencia (Tablas 6.06 y 6.07). También se considerará las siguientes equivalencias:

$$\text{Psi} * 0.07 = \text{kg} / \text{cm}^2$$

$$\text{Mpa} * 0.10 = \text{kg} / \text{cm}^2$$

TABLAS Y CUADROS

NORMAS TECNICAS PARA ALBAÑILERIA DE CONCRETO [1]

NORMA	CLAVE	TITULO	AÑO
ININVI	E-070	Norma Técnica de Edificación	1982
ITINTEC	339.005	Elementos de Concreto Ladrillos y Bloques usados en Albañilería Requisitos	1984
	339.006	Elementos de Concreto Ladrillos y Bloques usados en Albañilería Muestreo y Recepción	1983
	339.007	Elementos de Concreto: Ladrillos y Bloques usados en Albañilería Método de Ensayo	1983
	339.008	Bloques huecos de Concreto para techos Aligerados Definiciones y Requisitos	1982
	339.112	Elementos de Concreto	1982
	339.115	Elementos de Concreto	1983

Tabla 6.01

RELACION ENTRE EL MODULO DE RIGIDEZ AL CORTANTE Y EL MODULO DE ELASTICIDAD (MEXICO) [12]

Pieza	Mortero	f_m^*	v^*	Para Corta Duración	
				E	G
Tabique recocido	I	15	3.5	4500	1350
	II	15	3.0	4500	1350
	III	15	3.0	4500	1350
Tabique extruido	I	40	3.0	12000	3600
	II	40	2.0	12000	3600
	III	30	2.0	9000	2700
Bloque de concreto	I	20	3.5	10000	3000
	II	15	2.5	7500	2250
	III	15	2.5	7500	2250

Tabla 6.02

**VALORES DE "R" Y SUS CONDICIONES DE USO
(MEXICO) [12]**

R	CONDICIONES
1.0	Albañilería que no cumple con los requisitos de ser reforzada o confinada
1.5	Albañilería de piezas huecas reforzadas o confinadas
2.0	Albañilerías de piezas sólidas reforzadas o confinadas
2.5	Albañilería reforzada con todos los huecos rellenos de concreto, o que el % de huecos no rellenos sea menor del 20%

Tabla 6.03

VALORES DE "R" Y "C_d" (COLOMBIA) [12]

TIPO DE ALBAÑILERIA	R	C _d
No-reforzada	1.0	1.0
Parcialmente reforzado	2.0	2.0
Reforzada	3.5	3.0
Confinada	--	--
Con refuerzo interno	2.5	2.5
Sin refuerzo exterior	1.5	1.5
Muros diafragma	--	--
Zona de riesgo sísmico bajo	2.0	2.0
Zona de riesgo sísmico alto	3.5	3.0

Tabla 6.04

**RESULTADOS DE ENSAYOS REALIZADOS
(COLOMBIA) [12]**

Tipo de pieza	Abs. %	f _p kg / cm ²	Ft kg / cm ²	f _m kg / cm ²	E kg / cm ²	f _v kg / cm ²
Bloque hueco	16	50	21	26	15144	4.5
Tolete	15	190	38	130	74773	9

Tabla 6.05

f_p = resistencia a compresión, área bruta
 E = modulo de elasticidad
 ft = resistencia a la flexión de la unidad

f_m = resistencia a la compresión de la albañilería
 f_v = resistencia al corte

COMPARACION DE ESFUERZOS ADMISIBLES (NORMAS SOBRE ALBAÑILERIA NO REFORZADA / LIBRE) [12]

Tipo De Esfuerzo	Tipo de refuerzo	Perú kg / cm ²	Canadá Psi	USA (Psi)		México kg / cm ²	Chile
				Sin inspección	Con inspección		
Compresión por carga axial	Muros	$F_a = 0.2 f'_m$	$f'_m = 0.25 f'_m$ $^{10}f'_m = 0.20 f'_m$	$^1f_m = 0.13 f'_{mb}$	$^1f_m = 0.2 f'_{mb}$	$f_m = 0.6 f'_m$	
	Columnas	NP	$f'_m = 0.20 f'_m$ $^{10}f'_m = 0.18 f'_m$	$^1f_m = 0.1 f'_{mb}$	$^1f_m = 0.16 f'_{mb}$	$f_m = 0.6 f'_m$	
Compresión por flexión	Muros	$F_m = 0.4 f'_m$	$f'_m = 0.32 f'_m$ $^{10}f'_m = 0.3 f'_m$	$^1f_m = 0.21 f'_{mb}$	$^1f_m = 0.32 f'_{mb}$	$f_m = 0.1 f'_m$	
	Columnas	NP	$f'_m = 0.26 f'_m$ $^{10}f'_m = 0.2 f'_m$	$^1f_m = 0.17 f'_{mb}$	$^1f_m = 0.26 f'_{mb}$	$f_m = 1.0 f'_m$	
Tracción por flexión	Normal a las juntas horizontales Mortero M o S	$^2F_t = 1.33$	$f_t = 36$	$f_t = 18$	$f_t = 36$		$f_t = 0$
	Mortero N	$^3f_t = 1.00$	$f_t = 28$	$f_t = 14$	$f_t = 28$		$f_t = 0$
	Paralelas a las juntas horizontales Mortero M o S	NP	$f_t = 72$	$f_t = 36$	$f_t = 72$		$f_t = 0$
	Mortero N	NP	$f_t = 56$	$f_t = 28$	$f_t = 56$		$f_t = 0$
Corte	Mortero M o S	$^{2,4}v_m = 0.9 + 0.009f_d < 1.6$	$V_m = \sqrt{f'_m} < 50$ $^{10}v_m = 34$	$^1v_m = 0.35 \sqrt{f'_{mb}} < 35$	$^1v_m = 0.3 \sqrt{f'_{mb}} < 75$	$^{8,9}v_m = 0.15 v' + 0.9 f_d < 0.45 v'$	
	Mortero N	$^{3,4}v_m = 0.6 + 0.09 f_d < 1.3$	$V_m = \sqrt{f'_m} < 35$ $^{10}v_m = 23$	$^1v_m = 0.3 \sqrt{f'_{mb}} < 28$	$^1v_m = 0.3 \sqrt{f'_{mb}} < 50$	$^{8,9}v_m = 0.15 v' + 0.9 f_d < 0.45$	
Aplastamiento en la albañilería	En toda el área	$F_{ca} = 0.25 f'_m$	$f_b = 0.25 f'_m$	$^2f_m = 0.17 f'_{mb}$	$^1f_m = 0.25 f'_{mb}$	$f_a = 0.6 f'_m$	
Aplastamiento en la albañilería	En un tercio del área	$F_{ca} = 0.38 f'_m$	$f_b = 0.375 f'_m$	$^1f_m = 0.21 f'_m$	$^1f_m = 0.375 f'_{mb}$	$f_a = 0.6 f'_m$	
Módulos	Módulo de elasticidad	$E_m = 500 f'_m$	$E_m = 1000 f'_m < 3000000$	$E_m = 500 f'_{mb} < 1500000$	$E_m = 600 f'_{mb} < 3000000$	$^5E = 600 f'_m$ $^6E = 400 f'_m$ $^7E = 250 f'_m$	
	Módulo de rigidez	$E_v = 0.4E$	$E_v = 400 f'_m < 1200000$	$E_v = 200 f'_{mb} < 600000$	$E_v = 240 f'_{mb} < 1200000$	$G = 0.3E$	

Tabla 6.06

¹ $f_{mb} = 0.375 f'_m$

² morteros con cal

³ morteros sin cal

⁴ f_d = esfuerzo normal por cargas estáticas

⁵ caso dinámico albañilería con bloques de concreto

⁶ caso dinámico albañilería de barro, excepto cemento

⁷ caso estático todo tipo

⁸ v' correspondiente a v^* de la norma mexicana; v' es el esfuerzo cortante admisible de la albañilería el cual se toma de una tabla $v' < 0.18 \sqrt{f'_m}$

⁹ f_d = esfuerzo normal por cargas estáticas sin factores de carga

¹⁰ para albañilería de bloques de concreto.

NP= no presenta valores.

NORMAS SOBRE ALBAÑILERÍA CONFINADA (comparación) [12]

Tipo de ensayo	Tipo de refuerzo	Perú kg / cm ²	Chile MPa		México kg / cm ²
			Sin inspección	Con inspección	
Compresión por carga axial	Muros	$F_a = 0.20f_m$			$f_m = 0.6(f_m + 4)$
	Columnas	NP			$f_m = 0.6(f_m + 4)$
Compresión por flexión	Muros	$F_m = 0.4f_m$			$f_m = 1.0(f_m + 4)$
	Columnas	NP			$f_m = 1.0(f_m + 4)$
Tracción por flexión	Normal a las juntas horizontales Mortero M o S Mortero N	${}^1F_t = 1.33$ ${}^2f_t = 1.00$			$f_t = 0.0$ $f_t = 0.0$
	Paralelas a las juntas horizontales Mortero M o S Mortero N	NP NP			$f_t = 0.0$ $f_t = 0.0$
Corte	Mortero M o S	${}^{1,3}V_m = 1.8 + 0.18f_d < 3.3$			${}^{4,5}V_m = 0.30v' + 0.18f < 0.9v'$
	Mortero N	${}^{2,3}V_m = 1.2 + 0.18f_d < 2.7$			
Aplastamiento en la albañilería	En toda el área	$F_{ca} = 0.25f_m$			$f_a = 0.6f_m$
	1/3 del área	$F_{ca} = 0.375f_m$			$f_a = 0.6f_m$
Módulos	Módulo de elasticidad	$E_m = 500f_m$	${}^6E = 1000f_m$	${}^6E = 1000f_m$	${}^9E = 600f_m$
			${}^7E = 700f_m$	${}^7E = 700f_m$	${}^{10}E = 400f_m$
			${}^8E = 800f_m$	${}^8E = 800f_m$	${}^{11}E = 250f_m$
Modulo de rigidez	$E_v = 0.4E$	$G = 0.3E$	$G = 0.3E$	$G = 0.3E$	

Tabla 6.07

¹ morteros con cal

² morteros sin cal

³ f_d = esfuerzo normal por cargas estáticas

⁴ v' correspondiente a v^* de la norma mejicana; v' es el esfuerzo cortante admisible de la albañilería el cual se toma de una tabla $v' < 0.18 \sqrt{f_m}$

⁵ f_d = esfuerzo normal por cargas estáticas sin factores de carga

⁶ para efectos de calcular propiedades dinámicas

⁷ para efectos de diseño elástico de ladrillos cerámicos y hormigón sin relleno

⁸ para efectos de diseño elástico de bloques de concreto con relleno

⁹ caso dinámico albañilería con bloques de concreto

¹⁰ caso dinámico albañilería de barro, excepto cemento

¹¹ caso estático todo tipo

NP = no presenta valores.

CAPITULO SEPTIMO

PROCESO CONSTRUCTIVO EN EDIFICACIONES

I.- CIMENTACION.-

La cimentación es la parte de la edificación, destinada a transmitir todas las cargas, que se dan en los elementos estructurales de la obra (cargas vivas, muertas, de viento, etc.), al terreno. Con el objetivo de realizar una buena cimentación se deberá de conseguir información acerca del terreno sobre el cual se va a construir, estableciendo todos aquellos parámetros que determinan la influencia mutua existente, entre el suelo y la edificación.

Es de suma importancia analizar detenidamente el tipo de cimentación a emplear, de ello depende obtener un muro con la mínima tendencia al agrietamiento, cualquier negligencia o falla en el proyecto y / o construcción de los mismos pueden ser las causales que originen rajaduras en los muros de bloques; se observará o contemplará posibles asentamientos del terreno teniendo que evaluar su capacidad de carga y la acción de los cambios volumétricos de suelos expansivos. De la cimentación depende que la estructura de albañilería funcione como un todo ante acciones sísmicas, debiendo proveer la suficiente rigidez. Con la información obtenida acerca del terreno, se podrá definir el tipo y profundidad de la cimentación.

Por lo general, en edificaciones de albañilería con bloques de concreto se usa cimentación corrida (si las condiciones permiten un cimiento de poca profundidad) la cual está formado de concreto ciclópeo simple, sin refuerzo, dichos cimientos deben de ser continuos pasando por las discontinuidades del muro. Los muros no se deben de apoyar directamente en los cimientos, para ello, existen los sobre-cimientos, los cuales se

construyen entre el muro y el cimiento, la altura del sobre-cimiento no debe de ser menor a 30 cm, sobre el nivel del terreno.

El **Sobre-cimiento**, puede estar formado por dos hiladas de bloques los mismos que serán rellenos con más concreto, permitiendo de esta forma al bloque, actuar como encofrado permanente, dando economía al proyecto.

A.- Tipos de cimentación.-

1.- Cimiento corrido.-

En el cual los muros se construyen apoyados sobre bases “longitudinales” de concreto ciclópeo, diseñados basándose en la carga admisible del terreno de fundación (Fig. 7.01), requiriendo una profundidad mínima entre 0.60 y 0.80 m (muros secundarios y de carga interior) y como mínimo de 0.80 m (muros principales, portantes); en cualquier caso se debe excavar hasta terreno firme (atravesando la zona rellena o de terreno suelto). Por lo general, se construye el cimiento en una zanja de 35 – 40 cm de ancho, si el terreno es de baja capacidad, aumenta a 60 cm de ancho (estos son conceptos generales, en todo caso se debe realizar un estudio estructural para cada caso que se nos presente).

El sobre-cimiento es también de uso convencional, pudiendo emplearse ventajosamente la primera hilada de bloques (rellenos de concreto), como sobre-cimiento; antes de realizar el vaciado de concreto del cimiento se colocará el refuerzo vertical de los muros (varillas de 3/8” o de mayor diámetro), el cual va anclado como mínimo 50 cm en el cimiento.

2.- Platea (losa) de cimentación.-

Es la **infraestructura que transmite las cargas de la edificación al terreno vía una losa continua de concreto armado** (Fig. 7.02); la cual abarca la superficie total del terreno ocupado por la estructura de albañilería; su consideración es el resultado de un caso en el que la carga del terreno es tan baja que obliga a disponer unas zapatas individuales tan grandes que lógicamente se unen unas con otras.

Las losas se construyen directamente apoyadas sobre el terreno (previamente preparado), recomendándose colocar entre la platea y el terreno una capa de relleno (20 cm de espesor) de arena ó material granular (gravilla), previamente saturado con agua y debidamente compactado.

El refuerzo de la platea lo conforman 2 mallas de armadura, colocadas con recubrimiento de 2.5 cm en la cara superior y 4.5 cm en la cara inferior de la platea (en contacto con el terreno); el espesor de losa y el tipo de refuerzo varía según el tipo de edificación proyectada y las cargas que deba soportar; además, estarán formadas por un concreto de cemento-hormigón (proporción en volumen 1:8) más un 25% de piedra grande (tamaño máximo 3”).

B.- Ventajas de la “Losa de Cimentación” frente a los “Cimientos Corridos” [3].-

La losa de cimentación posee ciertas ventajas respecto a los cimientos corridos, los cuales son:

- Provee suficiente rigidez, asegurando que la estructura funcione monolíticamente, ante cualquier sollicitación sísmica.
- Elimina la excavación de zanjas, el transporte del suelo proveniente de las mismas y el posterior relleno de la excavación.
- Elimina sobre-cimientos al nivel del terreno natural y contrapisos.
- Permite sustituir los pisos mosaicos por un recubrimiento de concreto de gravilla mármol (1 ½ cm de espesor), construyéndose junto con la losa, facilitando su adherencia.

C.- Recomendaciones para la construcción de los cimientos.-

Toda construcción deberá contar con personal calificado, los cuales deberán seguir ciertos pasos básicos en la construcción de la cimentación y, respetando lo especificado en los detalles ubicados en los planos (Fig. 7.03).

- La losa de cimentación o cimiento corrido se construirá dejando las varillas de anclaje (dowels) para la armadura vertical (sobresaliendo 60 veces el Ø de la varilla, según el plano de estructuras) coincidentes con la modulación de los alvéolos del bloque; para el caso de “losa de cimentación” el anclaje de la armadura vertical irá amarrado al refuerzo de la losa; en cimientos corridos, el acero se ubicará usando como matriz una hilera de bloques en el fondo de la excavación (dando exactamente la separación entre armaduras) (Fig. 7.04).
- Trazado de acuerdo al proyecto, planeándose de antemano la disposición de los bloques, posición de refuerzo, así como, ubicación y medidas de puertas (o cualquier vano), de igual forma las medidas de los bloques estándar.
- Verificar la correcta ubicación de las barras de anclaje en el cimiento (*en el caso de existir desplazamientos de estas barras en relación con su ubicación en planos, podrá doblárseles con una inclinación máxima de 1: 6*), recordando en lo posible evitar este tratamiento, por alterar el buen comportamiento del muro [18].
- Revisar la cimentación, verificando su alineamiento vertical y horizontal (Tabla 7.01), corrigiendo cualquier anomalía que se presente (pudiendo ocasionar que las juntas sean menos 6 mm o más de 16 mm), debiéndose realizar la inspección antes de iniciar la albañilería, sin proceder al asentado del muro, si la cimentación no cumple con las tolerancias.

II.- MUROS.-

A.- Recomendaciones para la construcción de muros.-

Al igual que en todo proceso de la construcción de albañilería se deberá contar con mano de obra calificada, con el fin de obtener un producto de calidad, a continuación se recomienda algunos pasos básicos en la construcción y elevación de muros.

1.- Emplantillado.-

- Antes del emplantillado de los muros deberá limpiarse la zona de la cimentación donde se aplicará la cama de mortero para la primera hilada, eliminando todo material (lechada de cemento, agregado suelto, etc.) que impida la adherencia del mortero a la cimentación.

- Se recomienda hacer un replanteo y comprobación de cotas antes de asentar cualquier bloque, procediendo a colocar una hilera en seco (sobre la cimentación), lo cual, permite ver si será necesario cortar algún bloque y si se dejó suficiente espacio para las juntas.

- Verificado el replanteo con los mismos bloques, se procederá a colocar la 1° hilada del muro; debiéndose empezar por las esquinas del muro, en el caso de la 1° hilada se colocará una cama completa de mortero sobre la cimentación (a todo lo ancho del muro) (Fig. 7.05), excepto en las partes donde van los alvéolos con refuerzo (debe quedar libre la porción hueca para que el concreto quede en libre contacto con la cimentación, cuando se realice el colado), repitiéndose entre la losa de cada nivel y la 1° hilada de los mismos; en las juntas horizontales sucesivas, el mortero irá solo cubriendo todo el espesor de los pretilos y bordes transversales (para los bloques que lleven refuerzo vertical), *“se requiere una menor cantidad de mortero y tiende a que el muro sea menos permeable”* [19].

2.- Juntas de mortero.-

- Todas las juntas de mortero tendrán un espesor de 10 mm (Fig. 7.06).

- En las juntas, el mortero se aplica sólo en los bordes del bloque *“si se prepara una serie de 3 – 4 bloques con el correspondiente mortero, el trabajo avanza con mayor rapidez”* [20] (Fig. 7.07).

- Las unidades se asentarán secas, con las superficies libres; se coloca cada bloque en su posición definitiva, presionando contra el mortero (movimiento hacia delante y hacia abajo) de modo que las juntas verticales queden bien llenas; después de colocar 3 o 4 bloques se debe usar el nivel con la finalidad de verificar la alineación, la horizontalidad y el aplomado (Fig. 7.08).

- Cada unidad se ajustará a su posición final, mientras el mortero permanezca blando y plástico, para lograr la adherencia y asentamiento apropiado.

- La trabajabilidad del mortero debe ser tal que permita su manipuleo con el badilejo, debiendo estar disponible permanentemente, en el andamio, el agua para

retemplar el mortero; no se debe permitir que el mortero permanezca más de 1 hr. sin mezclar, desechando aquel mortero que tenga más de 1 ½ hr. desde su mezclado inicial.

- El exceso de mortero expulsado por presión del bloque se retira con el badilejo, pudiendo recuperarlo para transformarlo en mortero fresco. No debe de aplastarse con el badilejo, el exceso de mortero, que sobresalga de las juntas (como es norma en la construcción de albañilería de ladrillos), por el contrario se debe sacar con el badilejo; nunca se deberá emplear el mortero recogido de andamios y suelo.

- Después de colocar una sección del muro, y que el mortero haya endurecido lo suficiente para resistir la presión del dedo pulgar se debe de repasar y remarcar las juntas. Los marcadores de juntas para efectuar el repasado están redondeados y forman juntas de mortero cóncavas, pudiendo ser juntas agudas en forma de “V”, debiéndose sostener para que formen un ángulo agudo pequeño con el muro, de modo de compactar el mortero y no escarbarlo fuera de la junta (Fig. 7.09). La herramienta encargada para el remarcado de la junta debe de tener una longitud de 55 cm; siendo preferible las de mayor longitud y con un extremo curvado hacia arriba, a modo de facilitar el trabajo la herramienta lleva en el centro una asa (Fig. 7.10).

- Primero se repasan las juntas horizontales y después las verticales; el mortero que quede semi-suelto se retira con el badilejo.

3.- Muros.-

- Las aberturas de limpieza (en bloques de la 1º hilada, en cada nivel y en los recortes, que sirvan para alojar cajas de luz o instalaciones sanitarias) deberán efectuarse antes del asentado (Fig. 7.11).

- Se asentarán sólo unidades sanas (libres de rajaduras, despostillados y cualquier defecto que altere su resistencia o el acabado final del muro), el primer bloque a colocar es el de esquina, siendo de importancia, pues sirve de referencia para la construcción de toda la esquina (Fig. 7.12).

- Terminada la 1º hilada de bloques se procede a verificar el alineado y horizontalidad, rectificando la posición del bloque con pequeños golpes, dados con la punta, el canto, o el mango del badilejo (Fig. 7.13).

- Una vez terminada la 1º hilada se construye las esquinas hasta una altura de 5 – 6 hiladas, poniendo cada hilada en secuencia de retroceso de la mitad de largo de cada unidad, formando escaleras con resaltos de medios bloques, los que servirán de guía al colocar las unidades restantes; a medida que cada hilada se coloque en las esquinas se verifica con un nivel que, la horizontalidad, el alineado y la verticalidad sean correctos (Fig. 7.14).

- El control de alineado se debe realizar preferentemente con una regla de Aluminio de sección rectangular de ½” x 2” y de 1.50 m de largo (Fig. 7.15); apoyándose en la hilada y utilizando un nivel de mano para verificar el aplomo; análogamente se comprueba con la regla que las caras frontales estén en un mismo plano (de modo que el muro resulte bien aplomado y plano), “*Los muros serán construidos a plomo y en línea. No se*

aceptarán desviaciones mayores absolutas de medio (0.5) cm. ni que excedan 1/500 del alto del muro, para alturas de hasta 3 m [25]" .

- Se procede a rellenar el muro en secuencia de retroceso, se tiende un cordel bien templado, de esquina a esquina, en cada hilada (como guía), de modo que el albañil coloque el borde superior externo de cada bloque de las hiladas en la línea y nivel correctos (los bordes superiores de los bloques de una misma hiladas deben coincidir con el cordel).

- La forma de manipular los bloques tienen gran importancia y sólo la práctica dicta a cada uno la forma más conveniente de hacerlo, toda rectificación final debe hacerse mientras el mortero este fresco y plástico; cualquier modificación después que el mortero se haya endurecido romperá la adherencia del mortero, pudiendo ser la causa de posibles filtraciones y reducción de la resistencia del muro.

- El refuerzo horizontal debe colocarse sobre la hilada de albañilería desnuda y centrarse aproximadamente sobre cada pared externa del bloque, posteriormente se aplica el mortero cubriendo las paredes externas y el refuerzo. El refuerzo irá a lo largo del muro y, el traslape será de 150 mm de longitud (acero corrugado) y 300 mm (acero liso).

- El asentado del bloque de cierre será de gran cuidado, se presentará en el espacio correspondiente, sin poner mortero, comprobando si queda suficiente espacio para las juntas de mortero; si tuviera que cortar el bloque, debe de realizarlo con total exactitud, pues las juntas demasiadas gruesas son tan inconvenientes como las demasiadas finas. Los cuatro bordes de cierre, así como, los bordes longitudinales, deben cubrirse con mortero, para proceder a su colocación en su posición definitiva, si se cae el mortero y deja una junta abierta, se quita el bloque de cierre y se volverá a aplicar mortero y repetir la operación.

- Los conductos verticales (celdas) que deben llenarse de concreto líquido se alinearán dejando una abertura sin obstrucciones.

- No se asentará más de 6 hiladas (1.20 m de altura) en una jornada de trabajo, dejando que el mortero de las juntas horizontales haya fraguado (Fig. 7.16).

- Terminado el trabajo de las juntas y luego que el mortero haya adquirido firmeza, se procede a limpiar el muro de todo exceso de mezcla (empleándose escobilla u otros medios apropiados).

- La limpieza de los conductos verticales que llevan refuerzo se realiza al término de cada jornada de asentado.

- Terminado el asentado del muro, se colocará, en toda su altura, el refuerzo vertical, en los alvéolos que llevan el anclaje, debiéndose asegurar en todo momento el aplomado y centrado respecto al conducto vertical, con un recubrimiento mínimo de 16 mm con la cara interior del alvéolo.

- El refuerzo vertical se coloca después de terminada la operación de limpieza de los conductos verticales del muro y antes de la colocación del concreto líquido (Fig. 7.17)

- La limpieza final, previa al sellado de las aberturas y al relleno con el concreto líquido se deberá de realizar en seco, con aire comprimido u otro dispositivo que no dañen el muro. Las aberturas se cerrarán antes de llenar con concreto líquido, empleando plaquetas cortadas de las unidades de albañilería, fijadas con mortero y apuntaladas para evitar su rotura por la presión lateral del concreto.

- Se limpiará el muro de manchas (de mortero, concreto líquido u otros), con escobilla seca al final de cada día; cualquier escurrimiento de mortero sobre la superficie del muro debe dejarse sacar antes de quitarlo.

- En ningún caso se picará o romperá el muro para la colocación de tubos, cajas u otros accesorios, correspondientes a las instalaciones sanitarias o de cualquier otro origen; su colocación se efectuará de acuerdo a lo indicado en los planos de estructuras (los tubos, hasta un diámetro permitido, 1/5 del espesor de muros; siguiendo siempre rutas verticales y las cajas colocadas en los recesos, recortados de antemano en la unidad de albañilería).

- Los marcos de puertas y ventanas se fijarán directamente al muro, para tal efecto, se perforarán con taladro rotativo, colocándose tarugos de madera ó plástico, para mediante tornillos fijar el marco.

- Para el llenado de la losa de entrepiso, los alvéolos sin refuerzo vertical se taponan con papeles a medio bloque en la última hilada, con el propósito de proporcionar una buena endentado ó engrape de la losa con la última hilada del muro de los bloques (Fig. 7.18).

4.- Concreto líquido. -

- A través de los registros de limpieza se limpiarán las rebabas de mortero de los alvéolos y luego se sellarán, empleando para ello retazos de bloques fijados con mortero y apuntalados, para evitar su rotura por la presión lateral del concreto.

- El concreto líquido (grout) podrá colocarse con baldes o latas (construcciones pequeñas), y mediante bombeo (edificios y construcciones masivas).

- Se colocará el concreto líquido en dos operaciones de llenado consecutivo con un intervalo (30 – 45 minutos), en el primer vaciado se llenará los conductos, hasta 1.20 m de altura y se vibrará haciendo penetrar el vibrador, en el primer llenado, entre 30 – 45 cm. (Fig. 7.19); luego del intervalo de espera (antes de iniciada su fragua), se llenará los conductos verticales dejando 2 ½” por debajo del nivel superior del muro (Fig. 7.20), con la finalidad de formar una “junta llave ó engrampe” con el llenado de la losa de techo; se vibrarán los conductos en forma alternada. *“En construcciones pequeñas el llenado se efectúa después de colocar los refuerzos verticales; empezándose desde el primer conducto vertical, en un extremo ó esquina del muro y llenando totalmente conducto por conducto, avanzando hacia el otro extremo del*

muro, siguiendo sucesivamente, en un solo sentido, De este modo se asegura la cantidad en el entramado del concreto que se forma interiormente [21]”.

- En caso de no tener vibrador se deberá chucear el concreto líquido con una varilla lisa de ½” de diámetro.
- Todos los alvéolos indicados en los planos deben quedar íntegramente llenos con concreto líquido. La operación de llenado deberá hacerse al día siguiente de terminado el asentado de la última hilada (Fig. 7.21).
- En muros parcialmente llenos se colocará el concreto líquido en las hiladas horizontales que llevan refuerzo, excepto en los alvéolos por donde pasarán las barras verticales, durante el proceso de asentado del muro. Los alvéolos que llevan refuerzo vertical serán llenados tal como se indicó anteriormente.

III.- COLUMNAS, VIGAS, SOLERAS Y DINTELES.-

- Columnas; pueden ser aisladas o integradas con los muros (Fig. 7.22).
- Soleras y dinteles; las soleras sirven para integrar los muros con las losas y los dinteles para cubrir los vanos de puertas y ventanas. Las soleras y los dinteles tienen los refuerzos continuos (Fig. 7.23)
- Vigas; se pueden construir de varias hiladas de peralte y soportan cargas elevadas (Fig. 7.24).

IV.- ARMADURA DE REFUERZO.-

La construcción de albañilería de bloques huecos de concreto es un sistema convencional racionalizado, conocido como albañilería armada, constando de refuerzo vertical y horizontal, difundido a todo lo largo y alto de los muros según el diseño estructural realizado. En la albañilería armada el refuerzo interior actúa en forma conjunta con los bloques, resistiendo los esfuerzos de flexión y corte, esta albañilería lleva la armadura horizontal embebida en el mortero de asentado y el refuerzo vertical se encuentra alojado en los alvéolos del bloque. Los muros llevarán los refuerzos indicados en los planos. Los anclajes y detalles de los refuerzos se ejecutarán de acuerdo a las indicaciones contenidas en los planos.

A.- Refuerzo Vertical.-

- Consistirá en aceros de Ø 3/8” ó de mayor diámetro, según el diseño realizado, espaciado conforme lo requiera la estructura y colocándose centrados en los alvéolos y de una sola pieza en cada piso, una vez terminado el asentado del muro.

- Las barras tendrán una longitud tal que permita un traslape con las barras inferiores y superiores de 60 veces el diámetro de la barra de menor diámetro.

- Los alvéolos que alojen al acero de refuerzo se rellenarán con concreto líquido (Grout), sirviendo los propios bloques como encofrado permanente de los elementos estructurales de concreto armado (Fig. 7.25); en general, los refuerzos van anclados en los cimientos, sin gancho o doblez en el extremo, en su extremo superior van anclados en las vigas soleras o en la losa de techo, según sea el caso, con una doblez en ángulo recto de longitud igual a 30 cm.

- Según el tipo de refuerzo vertical, la albañilería se denominará Armada (distribuye el refuerzo vertical a lo largo de todo el muro, de tal forma que tanto la albañilería como el acero trabajen en conjunto con la finalidad de resistir los esfuerzos), ó Confinada (concentra el refuerzo vertical en las columnas de arriostre, las mismas que en compañía de las vigas y cimentación, enmarcan al muro por sus cuatro lados, logrando una mayor rigidez que permita resistir las cargas).

En ambos casos, el tipo de albañilería deberá de indicarse en los planos (en forma clara y sencilla de entender) la ubicación del refuerzo vertical; en lo que se refiere a la ubicación de los aceros en las esquinas y en los cruces de muros, se respetará lo estipulado en las disposiciones del reglamento.

- Se recomienda colocar en las esquinas 3 \varnothing 3/8" (\varnothing diámetro mínimo, norma E-070) de tal forma que rellenos los tres huecos con concreto líquido se forma un pilar que sirva de amarre entre los 2 muros.

- En los extremos o terminales de muro, se coloca en cada uno de los dos últimos huecos, 1 \varnothing 3/8", formando así, un amarre entre los dos últimos bloques con que termina el muro, y que sirven de base para empotrar los marcos de puertas y ventanas.

- En el cruce de muros se coloca 4 \varnothing 3/8" de forma tal, que una vez se rellenen de concreto líquido se forme un pilar que amarre y otorgue suficiente rigidez.

B.- Refuerzo Horizontal.-

Por lo general, consisten en dos barras de alambre de acero de alta resistencia (4 – 6 mm de diámetro) a lo largo de las juntas de asiento, irá colocado en la parte central del espesor del muro, quedando totalmente embebido por el mortero de asentado; tiene la tarea de asegurar la estabilidad de la estructura, absorbiendo los esfuerzos de tracción (debidos a cargas exteriores ó deformaciones diferenciales); se colocará aproximadamente cada 2 hiladas (Fig.7.26); si se colocasen cada hilada reducen al mínimo las grietas por contracción, comunicando al muro una gran resistencia a los esfuerzos de corte.

Este refuerzo se hace a lo largo de todo el perímetro de las edificaciones interrumpiéndose en los vanos de puertas (sin gancho de anclaje) y traslapándose 30 cm al termino de su longitud. En el caso de la intersección de muros el refuerzo horizontal se coloca intercalado.

La función del refuerzo horizontal es evitar la formación de grietas demasiado grandes, inaceptables en muros de albañilería; para ser efectivos, los alambres longitudinales deben ser continuos, con los extremos empalmados en la forma correcta, de modo que, la tensión causada por el agrietamiento se transmita de un alambre a otro, a través del empalme; lo esencial es que el refuerzo esté completamente embebido en el mortero, a fin de que tenga adherencia de anclaje.

Asimismo, las armaduras de refuerzo horizontal, están conformadas por las armaduras de todos los elementos forjados (vigas y losas), los mismos que transmiten las cargas laterales (acciones de viento y / o sísmicas) a los elementos verticales.

“Para el caso de vigas, el refuerzo horizontal se colocará alojando las varillas en la canaleta formada por el rebajo de los bloques, dichos bloques conformados por piezas especiales denominadas “bloque viga” ó “bloque en U”, las mismas que posteriormente se rellenarán con micro-concreto” [1].

El refuerzo horizontal también irá colocado en los siguientes casos:

- Como Dintel, sobre las aberturas (puertas y ventanas).
- En la hilada inmediata inferior (vigas de cimentación).
- En coronamiento de muros, para distribuir cargas verticales (vigas soleras); como elemento de rigidez horizontal en muros, transfiriendo esfuerzos (flexión y compresión) a las columnas o pilares.

V.- INSTALACIONES.-

A.- Instalaciones Eléctricas.-

Son del tipo empotrado, la tubería es fácilmente empotrada en los orificios verticales continuos de los bloques de concreto, aprovechando las características del mismo para facilitar la instalación de cajas de conexión apropiadas en cada derivación o salidas (de corriente, tomacorriente, interruptor, etc.); los recorridos horizontales pueden ir libremente dentro de las losas de entrepiso o techo (Fig. 7.27).

Los recortes en los bloques que sirvan para alojar cajas de tomacorrientes, interruptores o accesorios sanitarios, etc. se deberán hacer con una “moladora” previo a su asentado (Fig. 7.28).

En ningún caso se picarán los muros para la colocación de tubos. Los tubos, hasta el diámetro permitido deberán colocarse en los alvéolos durante el proceso de asentado del muro.

B.- Instalaciones Sanitarias.-

Debido a sus diámetros (relativamente grandes), y también debido a que este tipo de instalación tiene que ser registrable, no pueden ser alojados dentro del muro ni dentro de los entrepisos. Las instalaciones verticales pueden ser visibles o dispuestas en

dúctos o galerías con registro, a modo de evitar los conflictos constructivos, que suelen darse entre los muros y las instalaciones; debiéndose evitar: los estrangulamientos (producidos por las ranuras de los muros); las interferencias entre albañiles é instaladores, con lo cual, se consigue una instalación económica, racional, fácil de mantener y modificar; las instalaciones horizontales deberán ir encima o debajo del diafragma horizontal (encima, alojados dentro de un contrapiso falso o formando un cambio de nivel en la misma losa; debajo de ella, ó ocultas por un falso cielo) (Fig. 7.29).

VI.- JUNTAS DE CONTROL.-

- Los muros deben tener juntas de control de 1 cm. (entre paños). Estas juntas podrán ser selladas con mortero de cal o con un sellador de poliuretano.
- Los paños deben estar conectados, al nivel de cada vigueta de amarre, con una varilla lisa de 1 / 2" de diámetro la cual debe estar engrasada en uno de sus extremos. (Fig. 7.30)

VII.- ACABADOS.-

Se tendrá presente que los enlucidos y contrapisos añaden peso sin sumar resistencia, y al ser evitados permiten ahorros importantes de dinero y tiempo; si se usa losas macizas (como diafragma horizontal) es posible ahorrar los acabados (superior é inferior) (Fig. 7.31); la albañilería de concreto no requiere de revestimiento, pues el mismo bloque puede permanecer sin revestimiento, debido a su acabado y textura; en el caso del piso puede usarse cualquier material que requiera o no mortero, para su colocación (madera, tejidos, laminados sintéticos, etc.). Para el caso que se considere indispensable el revestimiento es preferible acudir a piezas grandes (atornilladas o pegadas), antes de preferir el uso de elementos de dimensiones reducidos (colocadas con mortero sobre el bloque de concreto).

En la albañilería de concreto se pueden obtener distintos tipos de acabados.

- Caravista; para este tipo de acabado se usan los bloques de color o los bloques de cara rústica de color. Se puede hacer combinaciones de colores y texturas en los muros con lo que se consigue construcciones de gran apariencia arquitectónica.
- Pintado; cuando el muro va a ser pintado se usa el bloque natural, de color gris claro, al cual se aplica directamente la pintura.
- Solaqueado; el solaqueado, en muros de bloques, permite obtener un acabado de apariencia similar al tarrajado.
- Tarrajado; el muro de bloques es bastante parejo y si se desea tarrajear, el espesor promedio de tarrajeo es de 8 mm y en cualquier caso debe ser menor de 1 cm

- Mayólicas; las mayólicas se pegan directamente al muro de bloques. No es necesario hacer un tarrajeo primario.

A.- Acabados de “Juntas”.-

1.- Juntas normales.-

Si no se da tratamiento adicional alguno al muro, el mortero debe compactarse dentro de la superficie de la junta de manera que vierta el agua (Fig. 7.09); se podrá usar una varilla metálica redondeada o de material plástico formando una junta acanalada [19].

2.- Juntas remetidas.-

Si se va aplicar alguna capa de cemento al muro, las juntas deben rebajarse hasta alcanzar una profundidad de 1.2 cm (aproximadamente), con la finalidad de proporcionar una solución al desarrollo de dicha operación (Fig. 7.09).

3.- Juntas Solaqueadas.-

Si el muro se va a impermeabilizar o pintar (con el objetivo de protegerlo), las juntas deben igualarse con el nivel de la superficie del muro (Fig. 7.09).

B.- Impermeabilización del muro.-

Cuando en la construcción de muros se emplean bloques que cumplen con las exigencias de las normas y los trabajos se ejecutan correctamente para sus finalidades, estas reúnen las condiciones de impermeabilidad y durabilidad; pero es conveniente asegurar dichas condiciones mediante un acabado superficial que elimine todo tipo de revoque. La impermeabilización se aumenta con pinturas formadas de cemento Pórtland, la misma que al aplicarse y curarse correctamente, forman un solo cuerpo con el bloque y la junta; sellando porosidades y pequeñas fisuras que pueden haberse formado por contracción del material; teniendo en cuenta que el material básico de este tipo de pintura es el cemento, debe presentarse especial cuidado al curado de la misma, mediante riegos sucesivos. Cuando se trata de superficies de textura abierta, se aconseja aplicar pintura de consistencia cremosa y mediante un cepillo de cerdas duras.

Entre las precauciones a tener sobresalen:

- Las superficies deben estar limpias, previamente humedecidas, de modo que el muro no absorba el agua de la pintura (siendo suficiente mojar la superficie una sola vez), y como máximo una hora antes de la aplicación de la pintura (Fig. 7.32).
- Se debe proteger la superficie de la acción del Sol durante las primeras horas de aplicada la pintura y posteriormente debe humedecerse, para evitar fisuras o desprendimientos de la misma
- Cuando se aplique una segunda mano, se deberá proceder al cepillado y humedecido de la superficie, debiendo transcurrir, como mínimo 24 hr., desde la aplicación anterior; una vez aplicada la segunda mano, se procederá al curado durante 24 hr., como mínimo.

TABLAS Y CUADROS

TOLERANCIAS DE ALINEAMIENTO

ALINEAMIENTO	TOLERANCIA
Horizontal	± 6 mm en 3 m
Vertical	± 6 mm en 3 m

Tabla 7.01

FIGURAS

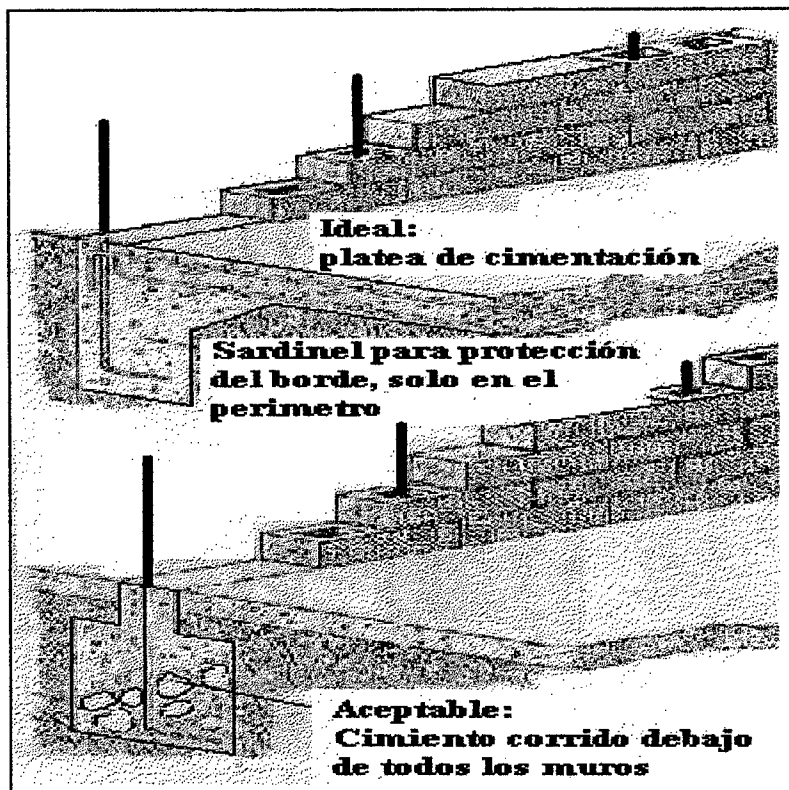


Fig. 7.01. Cimiento Corrido.

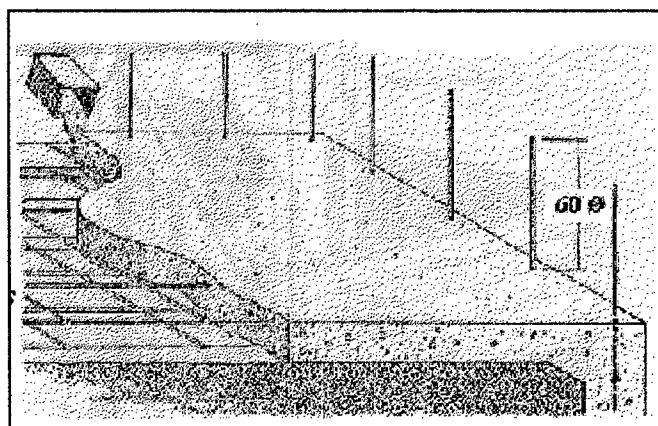


Fig. 7.02. Platea ó losa de Cimentación

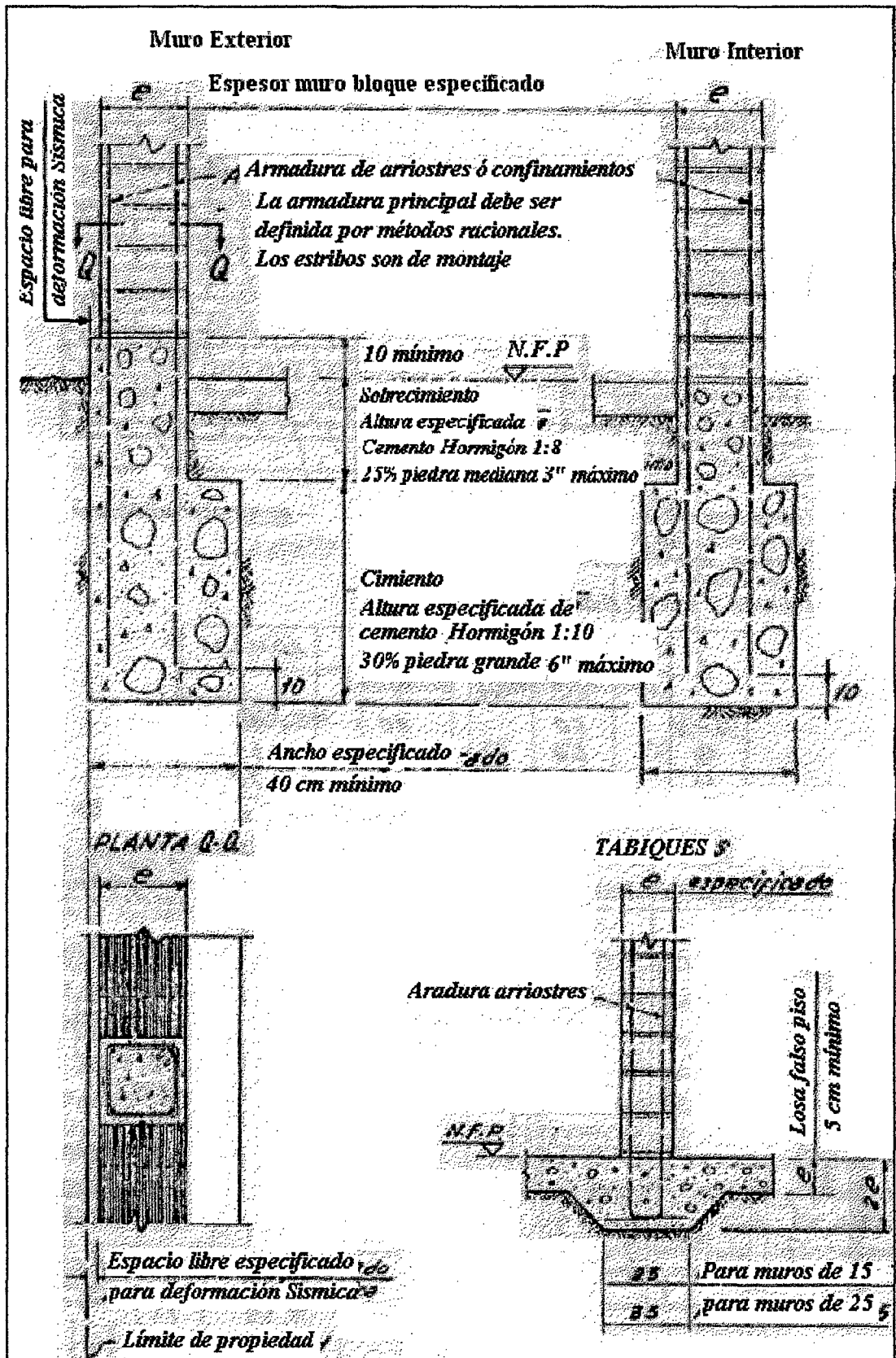
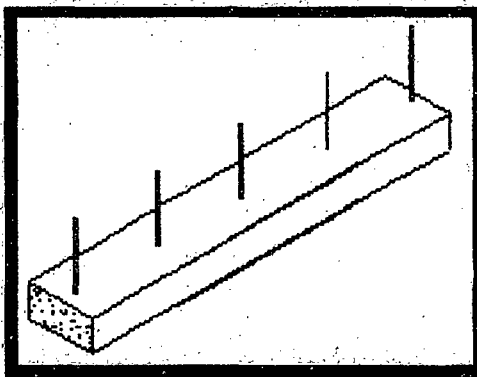


Fig. 7.03. Modelo de detalle del Cimiento; el cual se cumplirá en su totalidad [26].



7.04.- Dowels en cimentación.

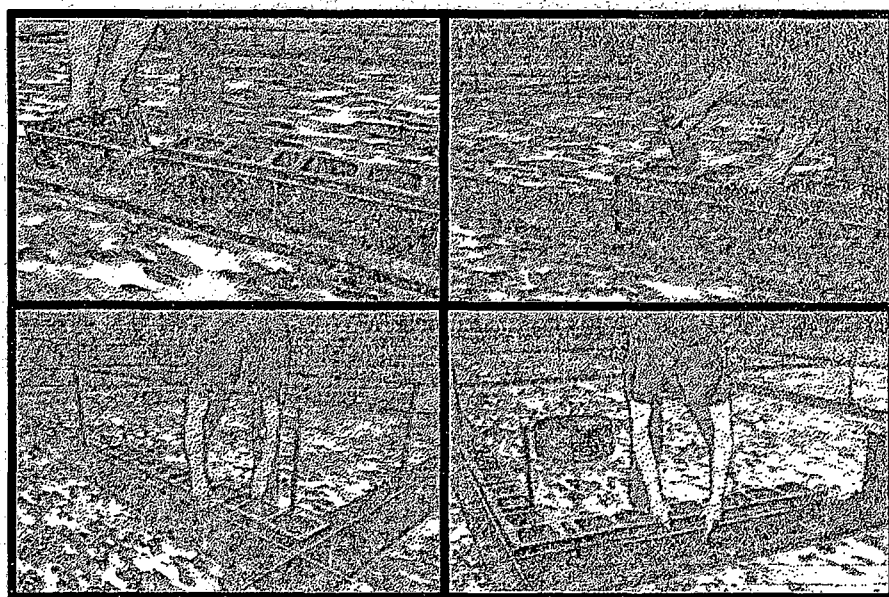


Fig. 7.05. Pasos básicos en la construcción de muros (emplantillado y asentado de la primera hilada).

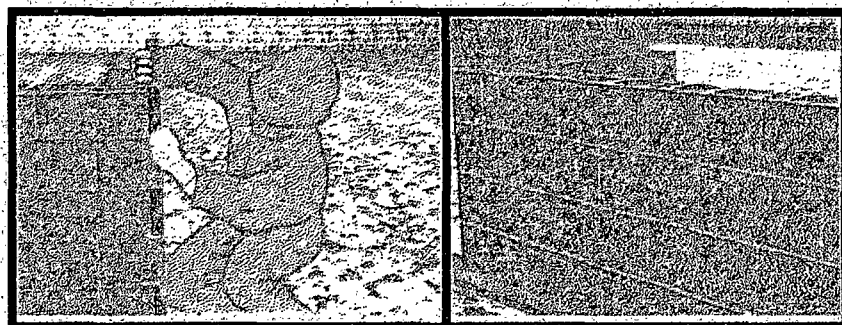


Fig. 7.06. Las juntas tendrán un espesor de 10 mm; se controlará con el uso del Escantillón.

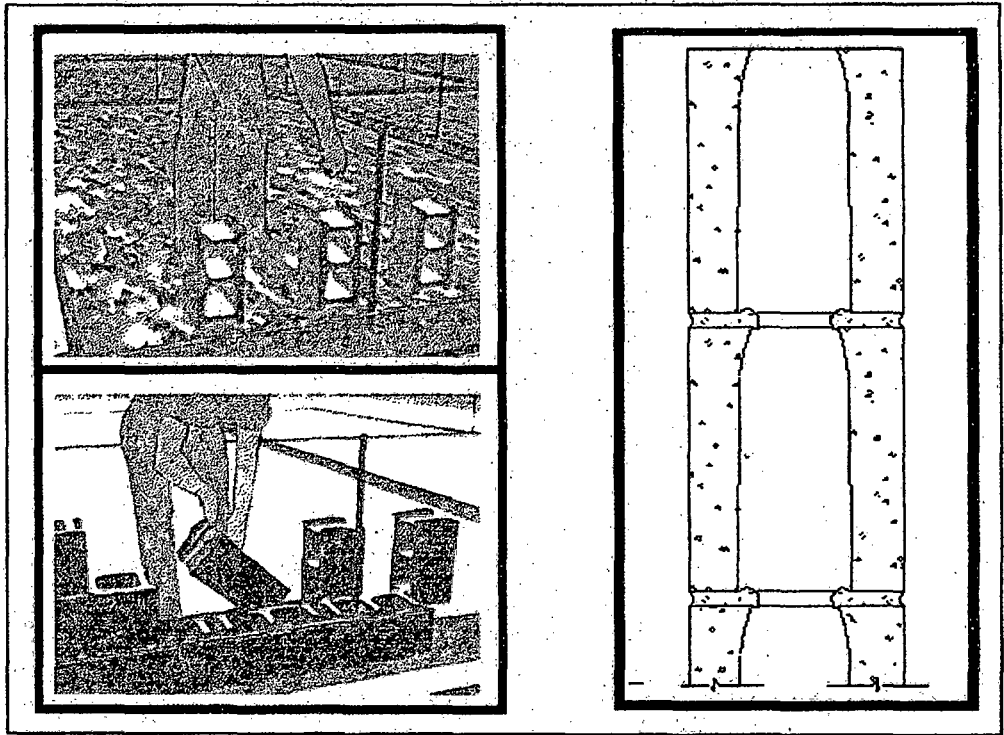


Fig. 7.07. Se procederá a aplicar el mortero solo en los bordes del bloque.

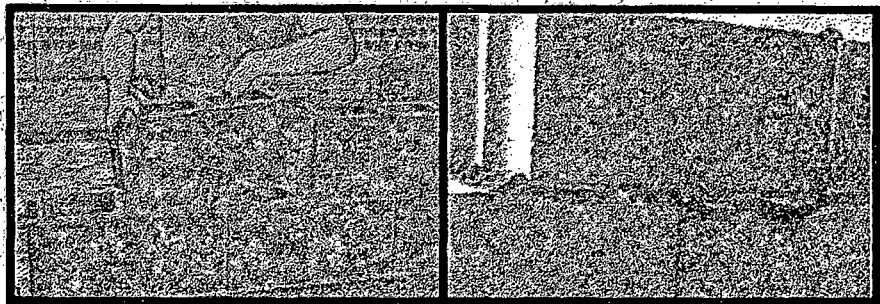


Fig. 7.08. Asentado de bloques.

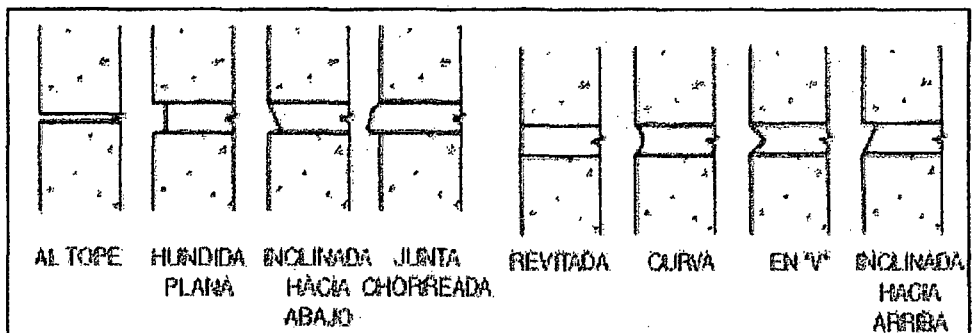


Fig. 7.09. Tipo de juntas (bruñado)

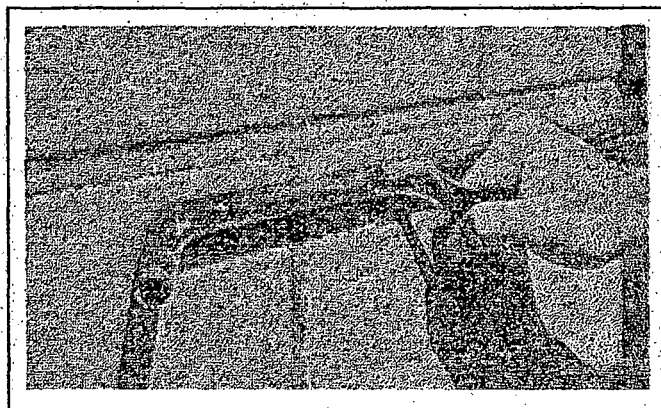


Fig. 7.10. Herramienta para el bruñado de juntas.

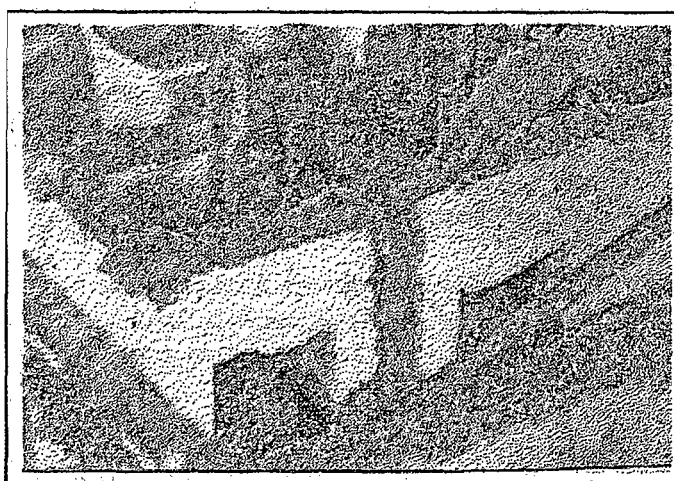


Fig. 7.11. Aberturas de limpieza.

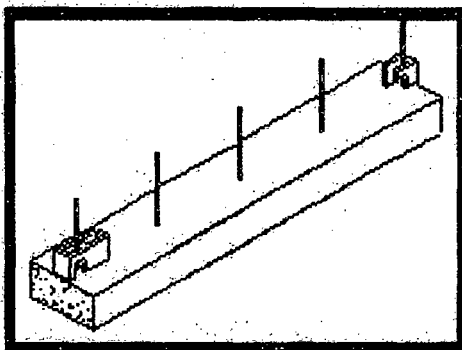


Fig. 7.12.- Colocación de bloques guías

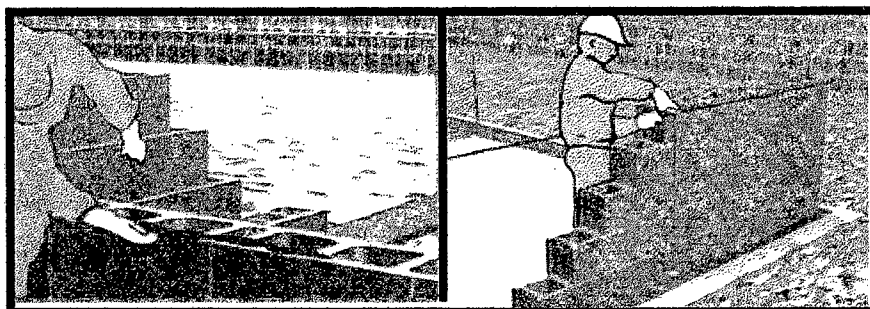


Fig. 7.13. Comprobación del Alineado y horizontalidad de los muros.

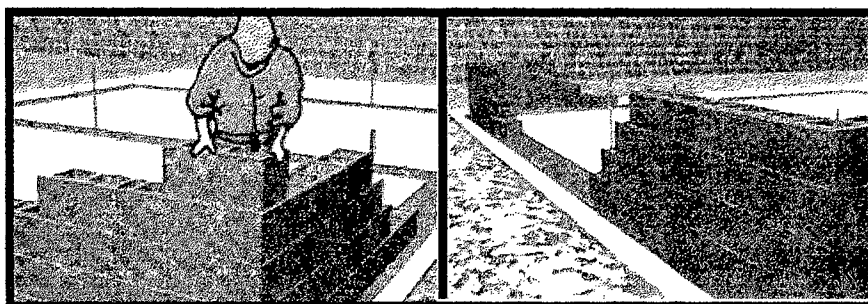


Fig. 7.14. Asentado de bloques (construcción de las maestras).



Fig. 7.15. Regla de Aluminio, usada para le verificación de la verticalidad al igual que el uso de la Plomada.

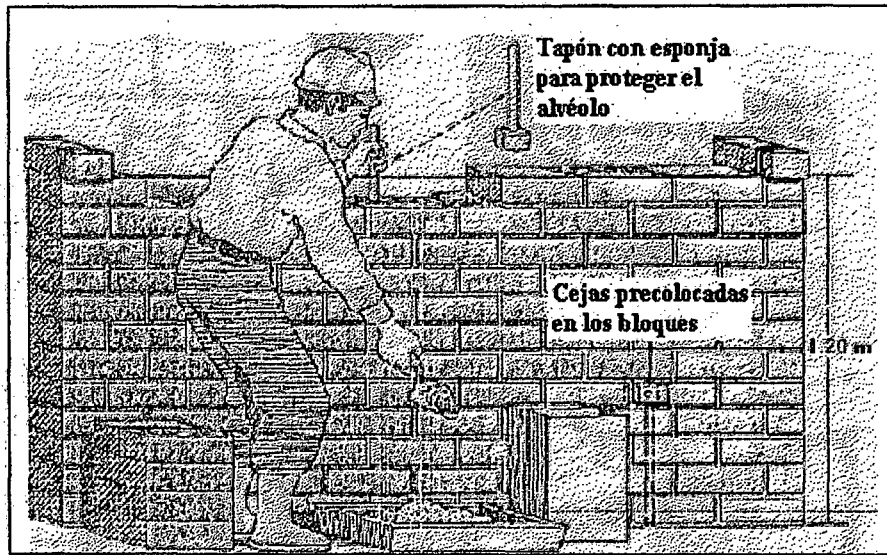


Fig. 7.16. El asentado de muros no será mayor de 1.20 m, por jornada de trabajo.

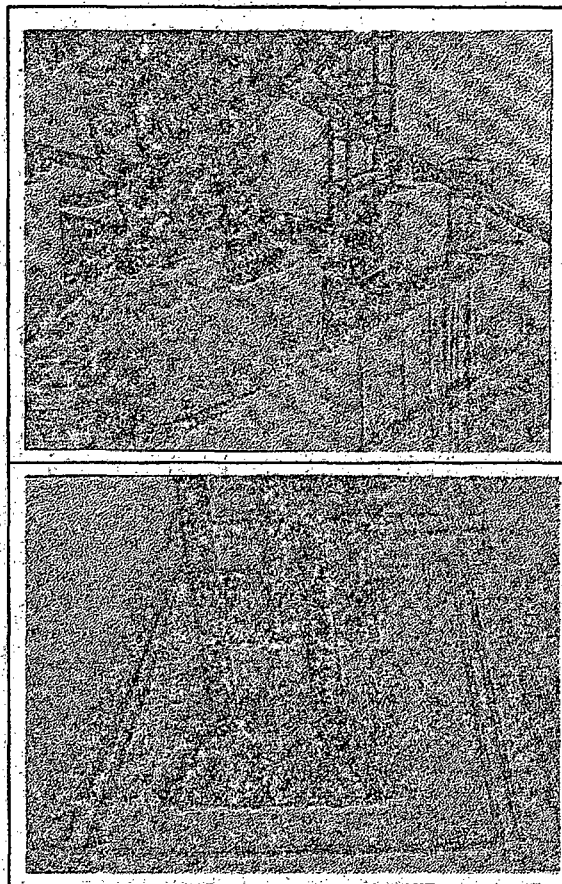


Fig. 7.17. Distribución del Refuerzo.

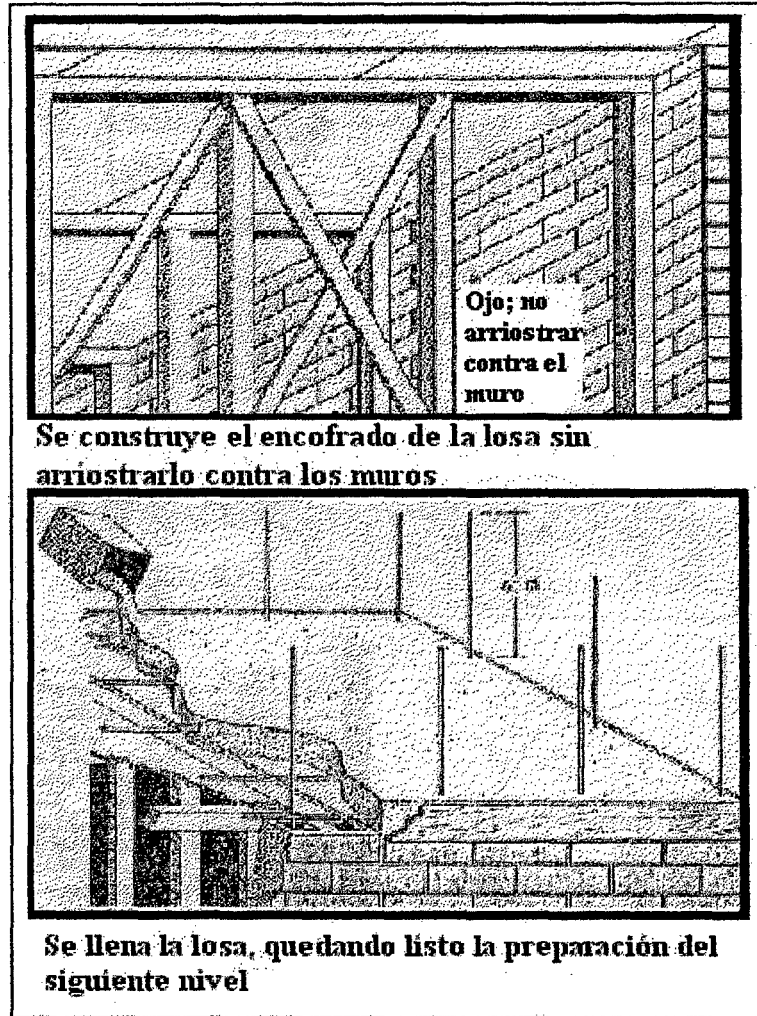


Fig. 7.18. Llenado de la losa de entrepiso.

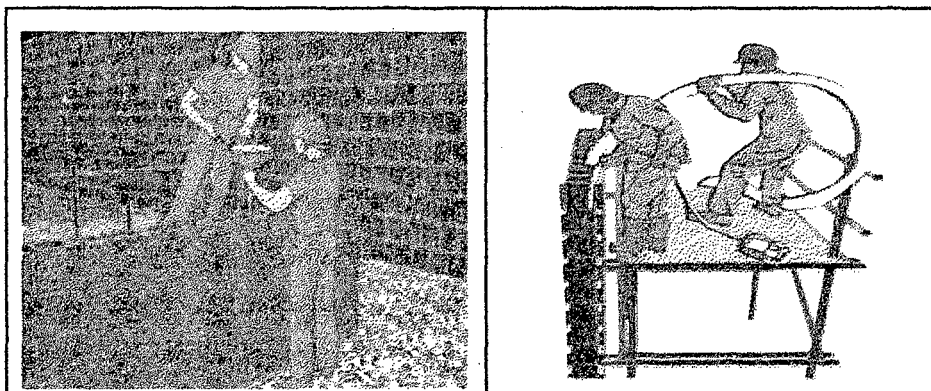


Fig. 7.19. Vaciado del Concreto líquido (a mano ó mediante bombeo), se procede junto con el vibrado del mismo.

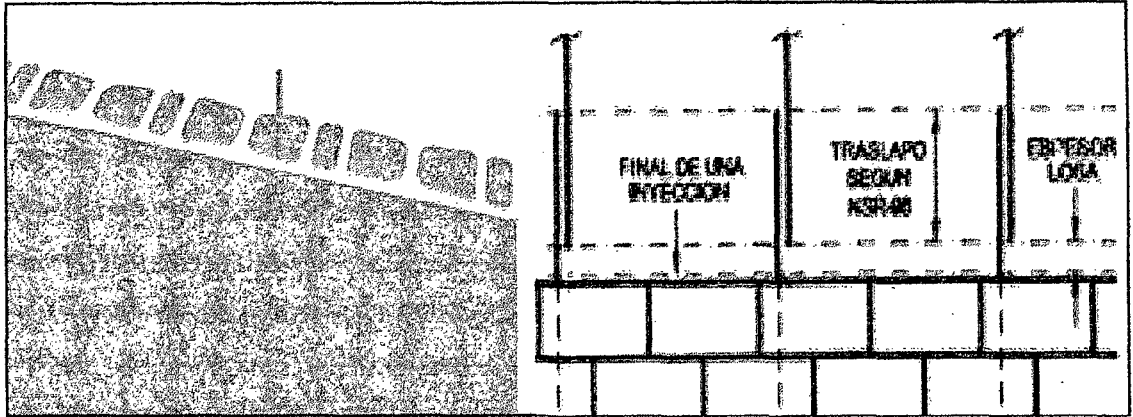


Fig. 7.20. Se rellenará el muro dejando 2 ½" por debajo del nivel superior del muro.

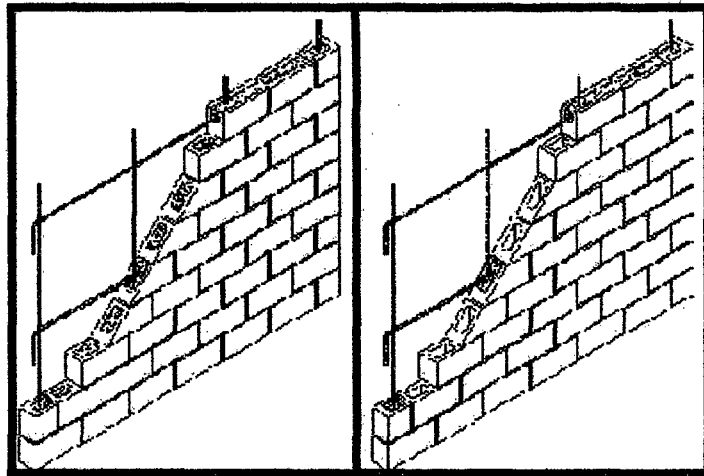


Fig. 7.21.- Muro totalmente relleno y muro parcialmente relleno

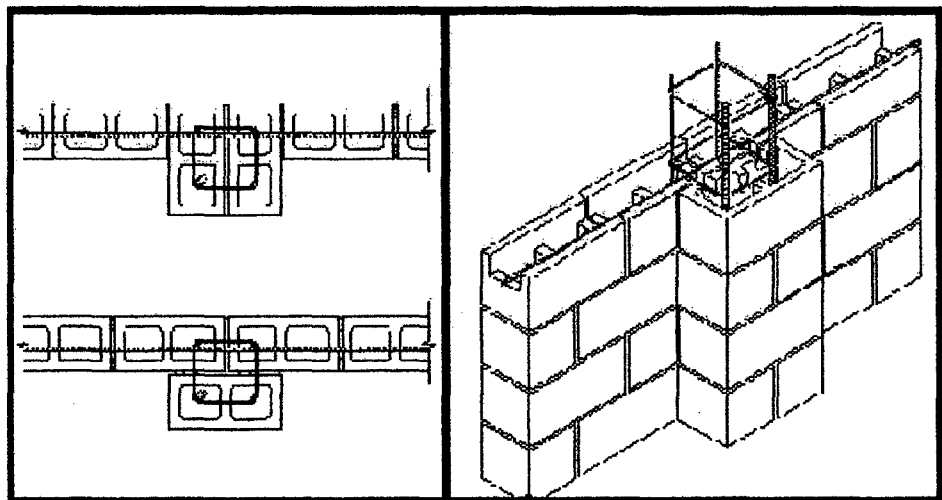


Fig. 7.22.- Columna integrada a un muro.

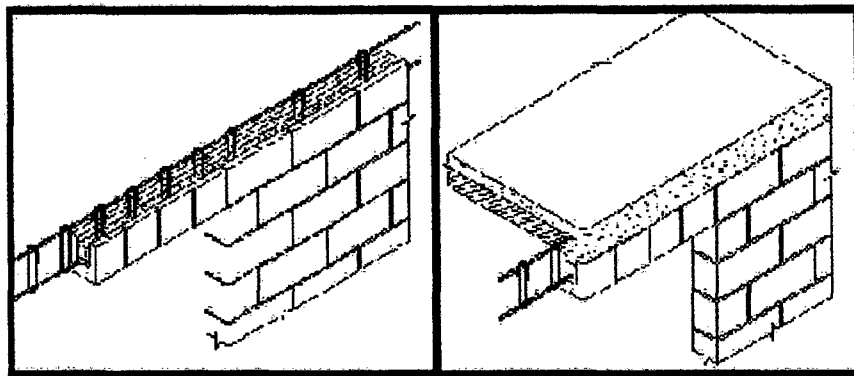


Fig. 7.23.- Solera y Dintel antes del techado; Solera y Dintel después del techado

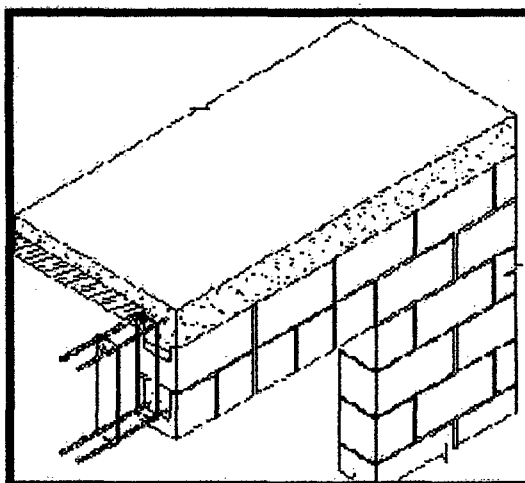


Fig. 7.24.- Viga en albañilería de concreto

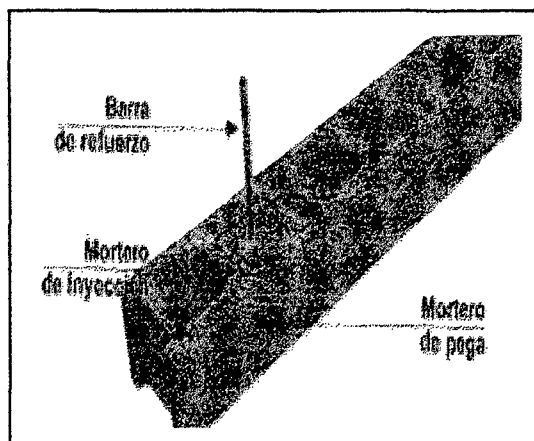


Fig. 7.25. Refuerzo Vertical.

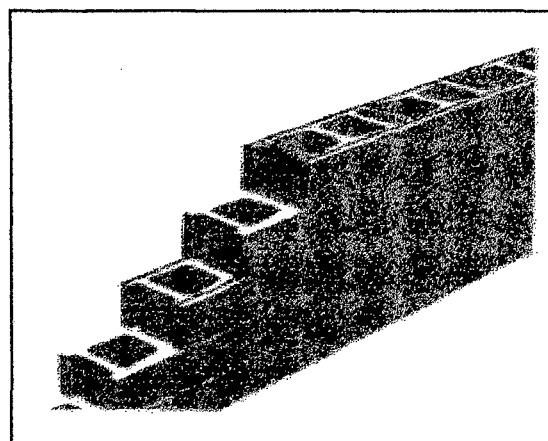


Fig. 7.26. Refuerzo Horizontal.

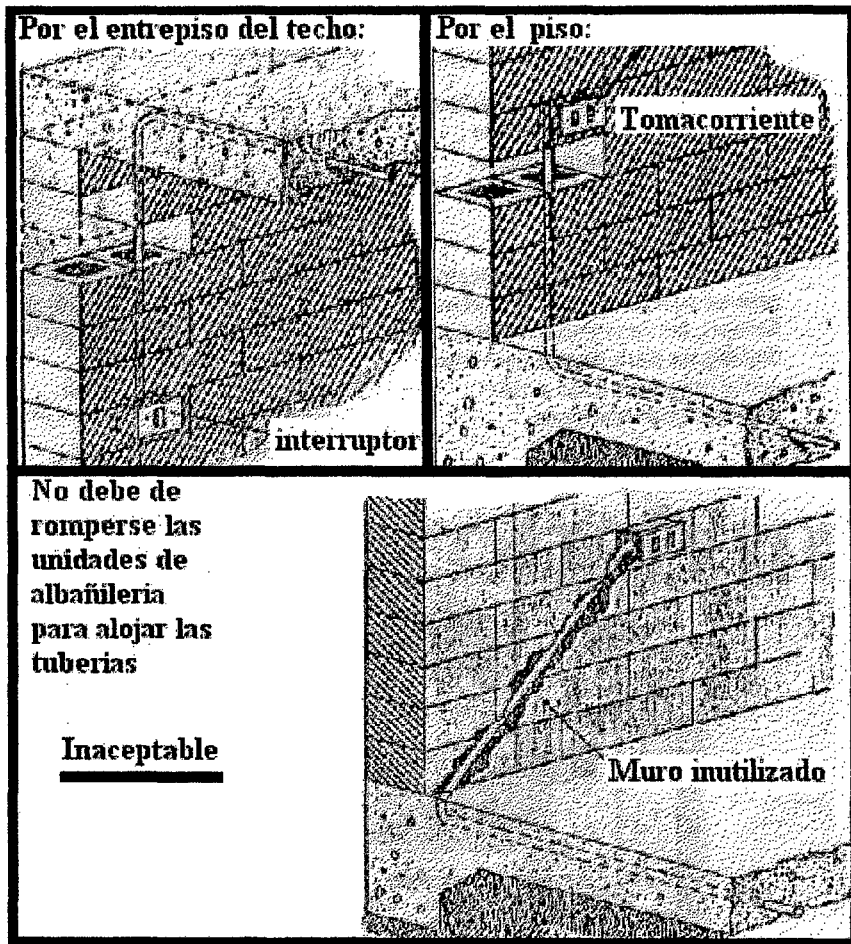


Fig. 7.27. Instalaciones Eléctricas.

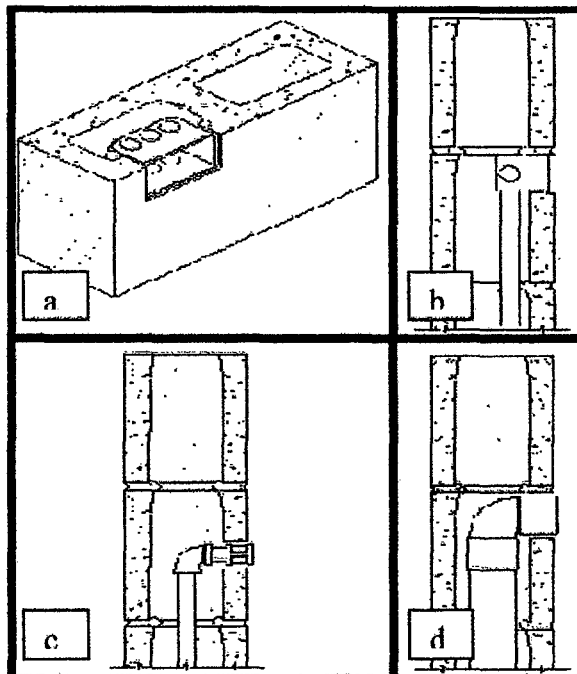


Fig. 7.28.- (a).- Corte para caja de luz; (b).-Salida de punto de luz; (c).- Salida de tubo de agua; (d).-Salida de desagüe 2"

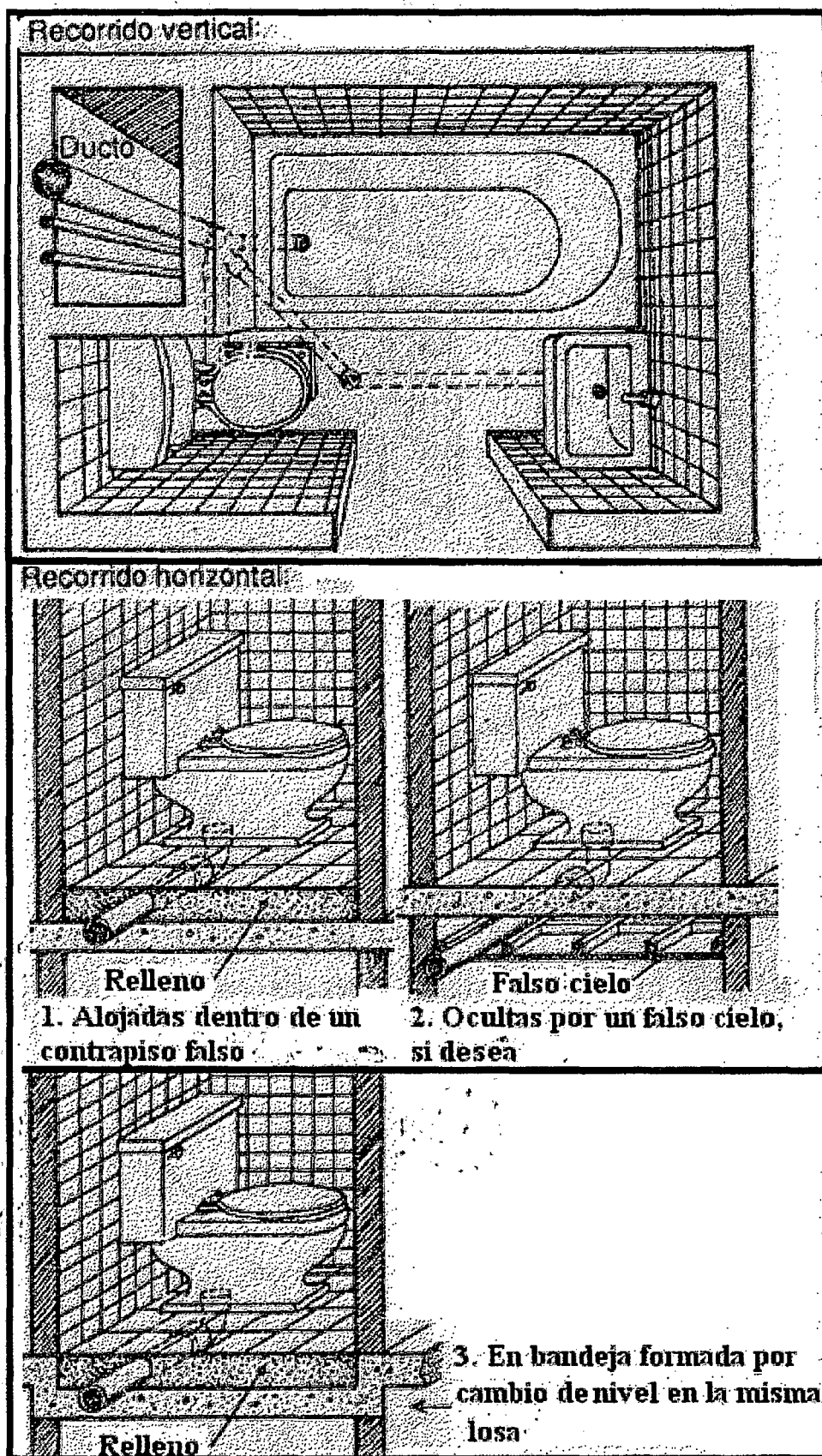


Fig. 7.29. Instalaciones Sanitarias.

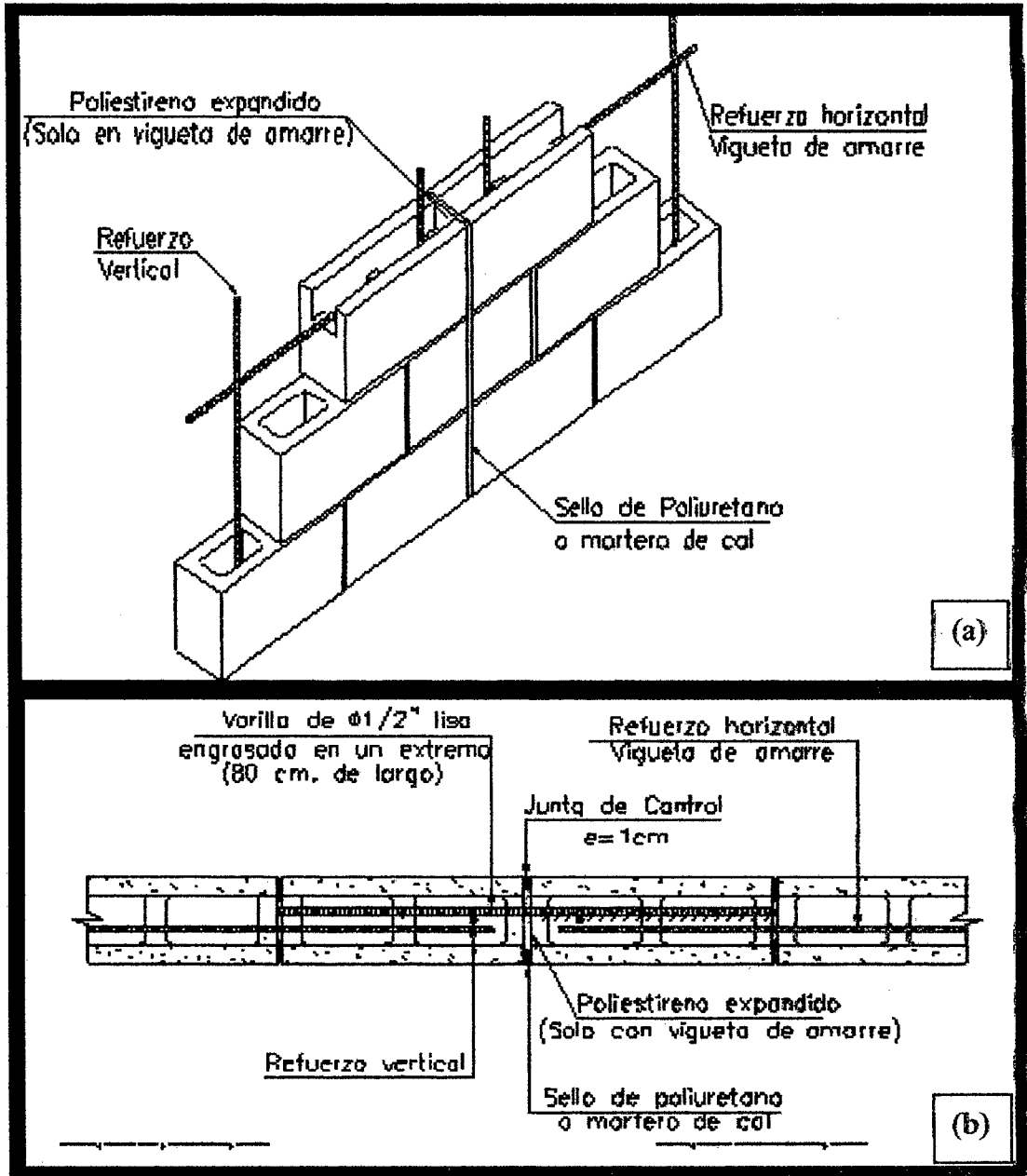


Fig. 7.30.- (a).-Junta de control; (b).-Detalle de junta de control

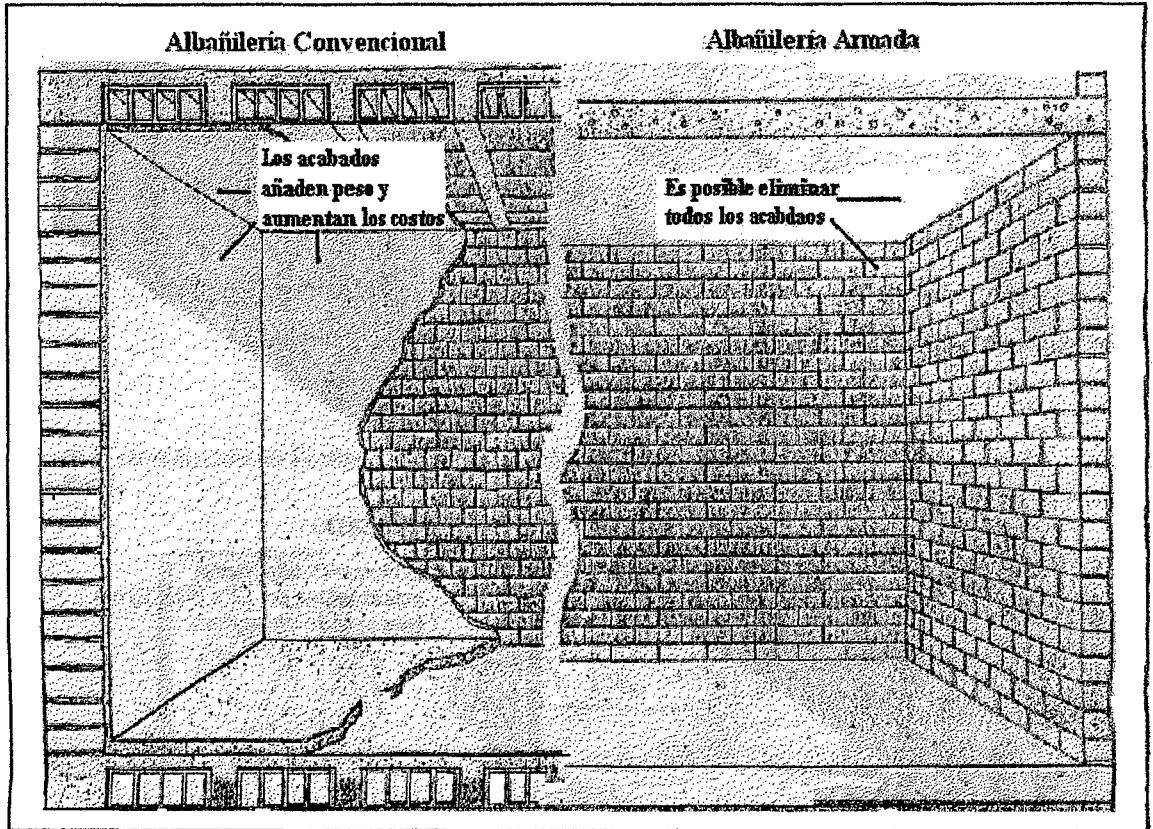


Fig. 7.31. No requiere de enlucidos y contrapisos, evitándose peso innecesario.

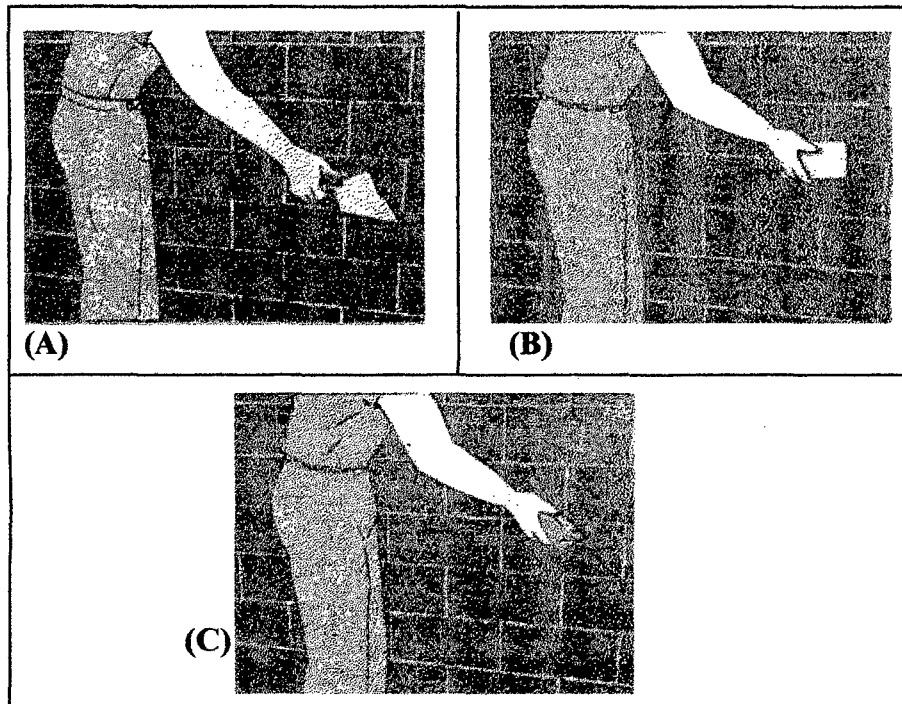


Fig. 7.32. Preparación del muro antes de impermeabilizarlo: (A), (B). Limpiar todo material adherido, (C). Humedecerlo previamente.

CAPITULO OCTAVO

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA CONSTRUCCIONES CON ALBAÑILERÍA DE BLOQUES DE CONCRETO

I.- MATERIALES.

A.- Unidad de albañilería [2].-

Los bloques de concreto, como toda unidad de albañilería, deberá de cumplir con las especificaciones dadas en las normas ITINTEC y ASTM, entre las cuales recomienda lo siguiente:

- La dosificación se debe realizar por peso (Fig. 8.01-a), es decir, pesando las cantidades que se necesitan de cada material, con el fin de que la mezcla sea más exacta; la dosificación por volumen sólo se debe hacer para pequeñas obras o donde no se disponga de balanzas, tomándose un recipiente en buen estado y se miden con el todas las cantidades de los diferentes materiales, comúnmente son tarros o latas de aceite, recomendándose utilizar un cajo medidor de madera, cuyas medidas sean de 40 x 40 x 23 cm; equivalente al contenido de 50 kg cemento (Fig. 8.01-c).

- La mezcla utilizada para la fabricación de los bloques de concreto debe ser lo más seca posible, para evitar que se escurra fácilmente del molde evitando obtener bloques con bordes irregulares y, para que se puedan desmoldar rápida y fácilmente (Fig. 8.01-b).

- Una vez fabricados los bloques, deben permanecer quietos, en un lugar que les garantice protección del sol y de los vientos con la finalidad de que se puedan fraguar sin secarse (Fig. 8.02-a). Si los bloques se dejarán expuestos al sol o a vientos fuertes se ocasionaría una pérdida rápida del agua de la mezcla, o sea, un secado prematuro, que reduciría la resistencia final de los bloques (Fig. 8.02-b). El período de fraguado debe ser de 4 – 8 hrs. ; se recomienda dejarlos quietos y realizarlo de un día para otro (Fig. 8.02-c). Luego los bloques pueden ser retirados de las bandejas y ser colocados en arrumes para su curado (Fig. 8.02-d).

- Se debe de curar el bloque, por lo menos 7 días (la unidad debe ser curada y secada antes de su uso); los bloques se deben colocar en arrumas de máximo cuatro unidades y dejando una separación entre ellos, como mínimo, dos centímetros, para que se puedan humedecer perfectamente por todos los lados y se permita la circulación del aire (Fig. 8.03-a); se humedecen los bloques al menos tres veces al día o lo necesario para que no se comiencen a secar en los bordes, se recomienda cubrirlos con plásticos, papeles o costales húmedos para evitar que se evapore fácilmente el agua (Fig. 8.03-b).

El proceso de curado se puede realizar también sumergiendo los bloques en un pozo o piscina llena de agua, durante un período de tres días (Fig. 8.03-c); lo más recomendable para el proceso de curado y también para el almacenamiento es hacer un entarimado de madera, que permita utilizar mejor el espacio y al mismo tiempo evitar daños en los bloques (Fig. 8.03-d).

- Por ningún motivo se usará el bloque antes de los 28 días de fabricado.
- La zona de almacenamiento debe ser totalmente cubierta para evitar que los bloques se humedezcan con la lluvia (o en su defecto con plásticos); a diferencia de los ladrillos, los bloques no se deben mojar antes de utilizarlos, por lo contrario deben de estar lo más secos posible (Fig. 8.04-a).

- Se recomienda apilar los bloques, formando arrumes de máximo nueve bloques debidamente aislados de la humedad (Fig. 8.04-b); la distribución de los bloques durante el almacenamiento debe permitir el fácil acceso a cada uno de los diferentes lotes o arrumes (Fig. 8.04-c).

- Se debe de identificar cada lote con el fin de tener un control del día de fabricación, del tipo de la mezcla, fecha de entrega, etc. (Fig. 8.04-d); El proceso total de fabricación de los bloques se lleva de 8 – 10 días, la entrega en obra se hace a los 21 días aproximadamente (3 semanas), y la colocación se debe realizar a los 28 días (4 semanas) después de fabricados.

- Absorción máxima igual al 12% de su peso seco.
- Todo bloque a usar deberá de tener dimensiones y resistencias uniformes, sus caras paralelas y escuadría perfecta, para que se puedan utilizar como buen elemento para la construcción de muros (es recomendable el uso de máquinas bloqueteras) (Fig. 8.05)

- Los bloques no se deben tirar, sino que deben ser colocados de una manera organizada, sin afectar su forma final (Fig. 8.06-a), no debiendo de presentar grietas, rajaduras ni estar muy despuntadas (debiendo pasar por inspección ocular).
- El manejo del bloque de concreto se puede realizar de manera individual o agrupados. El peso de cada bloque oscila entre 10 y 18 kg dependiendo del ancho (Fig. 8.06-b); si se utilizan bandejas se mejora los resultados del transporte, pudiendo llevar un mayor número de bloques o también se pueden utilizar carretillas (Fig. 8.06-c).
- Se recomienda transportar los bloques utilizando equipos que tengan una superficie plana como las carretas, camiones, para poderlos organizar bien (Fig. 8.06-d).

B.- Materiales.-

Los materiales a usar en la edificación, al igual que las unidades de albañilería deberán de estar conforme con ciertas especificaciones.

1.- Cemento y Cal.-

El cemento debe de ser Pórtland tipo I, salvo cuando los planos indiquen otro tipo; con respecto a la cal, debe de ser hidratada, normalizada (normas ITINTEC)

Tanto; a la cal como al cemento, se deben proteger de la humedad, manteniéndolos bajo techo o cubiertos con plásticos, siempre colocados sobre tarimas; no deben de presentar terrones duros, debiéndose verificar constantemente que cumplan apropiadamente con las especificaciones, se recomienda utilizar primero el que lleve más tiempo almacenado, para evitar que se envejezca, nunca utilizar cemento de más de 60 días almacenado y preferiblemente de no más de 45 días (Fig. 8.07-a).

2.- Agregados.-

Los agregados deben ser de buena calidad con los granos de todos los tamaños; debiendo estar limpios, sin basura ni materia orgánica. La buena calidad influye mucho en la calidad y propiedades finales de los bloques. Los agregados se almacenan separados, evitando que se mezclen entre sí, o con el suelo mismo, para que permanezcan limpios (Fig. 8.07-b). Se puede utilizar arena de mar, teniendo en cuenta que se reduce un poco la resistencia y que pueden aparecer manchas blancas en la superficie de los bloques, siendo conveniente agregar un poco más de cemento; es preferible usar “agua dulce” en la mezcla, para evitar una alta concentración de sal que sería perjudicial para el refuerzo (Fig. 8.07-c).

Para el proceso de mezclado, este deberá realizarse sobre una superficie lisa (suficientemente consistente), de manera de evitar posibles segregaciones y contaminación con materia extraña (durante el proceso de paleo). Las arenas deben de tener un módulo de finza de 1.6 a 2.5 con una granulometría semejante o parecida a la especificada por la norma (Tabla 8.01).

3.- Agua.-

Tanto para el mortero y el concreto líquido, como para la fabricación del bloque, el agua a utilizar deberá ser limpia y fresca, apto para consumo (libre de aceites, sales, materia orgánica, etc.) (Fig. 8.07-d)

4.- Mortero.-

Se aplicará en el asentado de las unidades y en el relleno de las juntas verticales, la mezcla irá especificada en los planos, debiendo cumplir con las especificaciones de la norma (trabajable con el badilejo, adhesiva y sin segregación de los componentes), debiéndose preparar el mortero y mezclar uniformemente en partes; por ningún motivo se deberá de usar el mortero que se haya secado o que halla iniciado su proceso de fragua.

El mortero no deberá usarse como concreto líquido, y sus proporciones serán las especificadas en la norma (E-070, Norma de Albañilería).

5.- Concreto líquido.-

Es de uso exclusivo en el relleno de los alvéolos (que llevan acero de refuerzo vertical), de consistencia líquida; su mezcla podrá ser de dos formas; la primera, 1 de cemento, 2 de arena, 2 de piedra partida (espacio de relleno mayor que 4", o la menor dimensión del alvéolo es mayor a 50 mm); la segunda, 1 de cemento, 3-4 de arena (tamaño máximo 4"); la cantidad de agua para ambos concretos, será tal, para alcanzar un Slump de 11" (ensayo del "cono de Abrahms") (Fig. 8.08).

En lo que se refiere a la piedra para el concreto líquido, será natural (triturada o partida), de grano compacto, duro, limpio, libre de polvo, materia orgánica y otras sustancias perjudiciales, no debiendo contener piedra desintegrada, mica o cal libre, que puedan ser desfavorables para sus propiedades (Tabla 8.02 y 8.03).

El mezclado debe efectuarse preferentemente a máquina (tiempo mínimo, 5 minutos), o en todo caso suficiente para lograr homogeneidad; para luego transportarlo y colocarlo por medio de bombeo ó en latas hasta ser vertido en los alvéolos de las unidades.

6.- Acero de refuerzo.-

Será corrugado (excepto el de $\varnothing 1 / 4''$), no debe presentar grietas ó defectos superficiales (que reduzcan en forma notable su sección), se recomienda almacenar las barras clasificándolas por su diámetro y longitud.

II.- PROCESO CONSTRUCTIVO.-

A.- Mano de Obra.-

Un albañil debe llevar consigo todas las herramientas necesarias para el trabajo en un maletín. Utilizar la herramienta correcta para el trabajo le ahorra tiempo al albañil y dinero al contratista. La compra de las herramientas, por primera vez, puede resultar un poco costosa, por lo que se debe conocer el uso indicado y el cuidado adecuado de cada una de ellas.

Las herramientas de mano del albañil son (Fig. 8.09):

- Badilejo de albañil.
- Bandeja para mortero.
- Topes de madera.
- Cordel de nylon de 8 mm.

CAP. VIII ESPECIFICACIONES TECNICAS PARA CONSTRUCCIONES CON ALBAÑILERIA DE BLOQUES DE CONCRETO

- Botella de plástico.
- Nivel de 1.20 m
- Wincha de acero de 5 m
- Picota de Albañil.
- Tensor de línea.
- Bruñador.
- Cepillo.

Las herramientas mecánicas son:

- Cortadora de bloques
- Vibrador

El equipo mecánico es:

- Mezcladora

La mano de obra a usar deberá ser calificada, con la constante supervisión del ingeniero ó en su defecto, del maestro de obra, asegurando de esta forma el cumplimiento de las especificaciones dadas por la norma, para cada uno de sus procesos.

- Los muros se construirán con aplomo y en línea, no se aceptarán desviaciones mayores de ± 2 cm, ni que excedan $1 / 250$ del alto a lo largo del muro, el asentado del muro se empezará por las esquinas (Fig. 8.10).

- Las juntas (vertical y horizontal), quedarán completamente cubiertas de mortero, teniendo como espesor 10 mm.

- Los bloques se asentarán en superficies limpias y sin ningún tratamiento previo.

- La trabajabilidad del mortero se debe mantener constante, adicionando el agua que se halla evaporado, no usando el mortero que lleve mas de 1 hr. de preparado.

- No se asentarán más de 6 hiladas de bloques (1.20 m de altura), por jornada de trabajo (Fig. 7.16)

- Todo alvéolo que aloje acero de refuerzo debe ser íntegramente relleno de concreto líquido (Fig. 7.20); la cual, se realizará después de asentado la última hilada de cada piso (en forma continua sin interrupciones, una vez puesto el acero de refuerzo), se chuceará empleando una varilla de $\text{Ø } \frac{1}{2}$ " (acero liso), compactando al concreto líquido en los último 60 cm de altura.

- Los bloques que albergaran elementos (conductos de gasfitería, instalaciones eléctricas, etc.) serán cortados con precisión (antes de su asentado), para luego rellenarlos completamente.

B.- Cimentaciones.-

Las cimentaciones deberán construirse de acuerdo a lo especificado en los planos de estructuras; los anclajes de refuerzo vertical irán sobresaliendo (60 veces el \emptyset menor del acero de refuerzo), siendo ubicados coincidentemente con los alvéolos verticales de los bloques (Fig. 7.01 y 7.02).

C.- Albañilería.-

- Los bloques se colocan, sin mojarlos (en zonas cálidas y de poca humedad, se le podrá aplicar con brocha húmeda, por las superficies que llevan mortero).
- Se debe de evitar el corte de bloques, pero si se debiera realizar, estos serán regulares, recomendándose el uso de un cincel de extremo ancho (Fig. 8.11).
- En las esquinas y los cruces, la albañilería se traba alternadamente (Anexo 8.01), en este tipo de amarre debe ir un bloque sí y otro no, tanto horizontal, como vertical, con las hiladas alternadas y escalonadas (Fig. 8.12).
- Los muros portantes deberán ser contruidos con bloques de 20, 15 cm de ancho, ubicándose de acuerdo a los planos y llevando armadura como se indique.
- Los muros no-portantes serán de bloques de 10 cm de ancho.
- Los muros no-portantes se unirán a los muros portantes con mallas de metal de 8 cm de ancho que se irán colocando cada 2 hiladas a medida que se levante el muro (Fig. 8.13).
- Las juntas de mortero deben ser rectas, claras y uniformes en grosor y serán hechas de acuerdo a los planos.
- Los muros cara-vista deben tener juntas trabadas (uso de varilla redondeada en forma de "V"), para producir una superficie densa, ligeramente cóncava, realizándose dicho procedimiento cuando la mezcla este puesta y aún con suficiente plasticidad.
- Si fuese necesario mover un bloque para abrir una junta, el bloque será removido, limpiado y puesto con mezcla fresca.
- En zonas de clima cálido, se deberá mojar las juntas, por medio de brochas, ayudando a su proceso de fraguado
- Una vez construido el muro, este no deberá de ser saturado con agua, para su curado u otro motivo.
- Antes de pintar un muro debe de pasarse 1 o 2 veces lechada de cemento, de modo de impermeabilizar totalmente al muro y no absorba la pintura.

- Todo compartimiento vertical a ser llenado con concreto líquido, será limpiado cuando la altura del muro exceda 1.20 m de altura, quitando todo desecho y mortero, antes de verter el concreto líquido, con la finalidad de mantener un núcleo continuo (sección mínima 2" x 3"), sin obstrucciones.

- Se llenará los compartimientos verticales, dejando libre 1 ½" por debajo de la parte superior de la última hilada (par formar una llave con la junta de mortero) (Fig. 7.20).

D.- Refuerzo.-

Los muros llevan el refuerzo especificado en los planos, siendo continuos en toda su longitud y altura de los muros, con empalmes de longitud no menor de 60 veces el menor Ø (diámetro) de refuerzo. Los detalles y anclajes se ejecutarán de acuerdo a lo especificado en los planos; tratándose de colocar de una sola pieza. Cuando el dowel no se encuentre alineado con el núcleo vertical, no se doblará, si no que se usara como núcleo de alineamiento, a pesar de que dé un comportamiento adyacente al refuerzo vertical del muro [22].

E.- Instalaciones.-

- Las instalaciones eléctricas (Fig. 7.27) de pequeño diámetro, pueden albergarse en los muros para su recorrido vertical; debiéndose preinstalarse en los alvéolos, y los recorridos horizontales pueden hacerse libremente dentro de las losas que constituyen los entrepisos.

- Las instalaciones sanitarias (Fig. 7.29) no se deberán de alojar dentro de los muros, ni de los entrepisos, se usará conductos verticales y los recorridos horizontales se realizarán por encima o por debajo de los entrepisos.

- No se procederá a picar o romper muros para la colocación de tubos, cajas u otros accesorios, correspondientes a instalaciones sanitarias, eléctricas o de cualquier origen, se deberá respetar lo indicado en los planos.

- Los tubos (de diámetro permitido), podrán ser empotrados durante la construcción de muros siguiendo siempre rutas verticales, y las cajas colocadas en recesos recortados de antemano en la unidad de albañilería.

III.- SUPERVISION DE OBRA.-

La supervisión es requisito indispensable en toda construcción, tiene la finalidad de controlar los materiales a usar; así como, verificar el debido proceso constructivo de forma que se reduzca la variabilidad en la calidad del producto terminado, dicha supervisión deberá ser más minuciosa y estricta para cuando se trate de construcciones no mecanizadas (pues el alto contenido de la mano de obra es la causa de que exista una gran variación en la calidad) (Anexo 8.02).

A diferencia de las construcciones de concreto armado, en el que las operaciones de construcción definitiva están concentradas en el tiempo y espacio, se tiene la construcción de albañilería, la cual es un proceso continuo y disperso.

Por ejemplo, el llenado de un techo (operación que ocurre en un día y en un lugar determinado), atrae la atención de todos en la obra (operarios, ingenieros, maestros); y la construcción de muros de albañilería (ocurre simultáneamente en muchos puntos de la obra), implicando una repetición continuada de una serie de operaciones, que son definitivas y en los cuales es difícil concentrar una atención permanente.

Es por esta razón que la albañilería (con características de ser un proceso continuo y disperso) requiere de una supervisión diferente, pues a la vez de exigente y minuciosa en el control de materiales y proceso constructivo, tiene una función educadora, tanto de los obreros y maestros, como de los ingenieros involucrados en la obra. Los supervisores deben ser personas con conocimientos actuales de cómo se construye con albañilería y, que hayan recibido adiestramiento especial en el arte de la supervisión; el cual contiene algunos puntos básicos:

- Se recomienda que el supervisor sea aceptado por el diseñador; el Arquitecto ó ingeniero debe de informar sobre posibles requerimientos especiales de cada proyecto.
- La supervisión no releva de forma alguna al contratista, de su obligación de seguir lo especificado en los planos del proyecto. El supervisor debe estar presente con la frecuencia que considere necesario, para explicar o interpretar los requisitos, juzgar la calidad del trabajo (apegándose a los documentos de contrato), aconsejar de manera de conseguir buenos resultados.
- La función principal del supervisor es garantizar el cumplimiento de los planos y especificaciones de diseño. Verificar que todos los componentes de construcción se instalen en forma correcta y que sean de calidad, verificando que las pruebas de calidad se lleven a cabo de la manera especificada.

IV.- NORMAS.

A.- Unidades de albañilería.-

Unidades de Arcilla
ASTM C – 34
ASTM C – 62
ASTM C – 216
ASTM C – 652

Unidades de Concreto
ASTM C – 55
ASTM C – 90
ASTM C – 145

Unidades de Sílice - Cal
ASTM C – 73

Muestreo y ensayo de unidades de arcilla
ASTM C - 67

Muestreo y ensayo de unidades de concreto
ASTM C - 140

Ensayos de tracción indirecta
ASTM C - 1006

Relativas a unidades apilables
ASTM C - 887
ASTM C - 946

Muestreo y ensayo de unidades de Sílico calcáreas
ITINTEC 331.033
ITINTEC 331.034

B.- Mortero.-

Mortero
ASTM C - 270

Cementos adicionados
ASTM C - 595

Cemento Pórtland
ASTM C - 150

Cemento de Albañilería
ASTM C - 91

Cal
ASTM C - 207

Consistencia (método del aparato de flujo)
ASTM C - 270

Arena
ASTM C - 144

Consistencia (método del Cono)
ASTM C - 780

Retentividad
ASTM C - 91

Adhesión por tracción directa
ASTM C - 952

Adhesión en tracción por flexión
ASTM C - 1072
ASTM E - 518

Resistencia a la compresión en moldes no absorbentes
ASTM C - 109

Resistencia a la compresión teniendo en cuenta la Succión.
UBC - 24 - 22

Resistencia a la compresión en moldes absorbentes (adaptar procedimiento señalado en)
ASTM C - 1019

C.- Concreto líquido.-

Concreto líquido
ASTM C - 476

Cal
ASTM C - 207

Cemento Pórtland
ASTM C - 150

Agregados
ASTM C - 404

Aditivos fluidificantes
ASTM C – 937

Muestreo y Ensayo
ASTM C – 1019

Ensayos de consistencia con el cono de Abrahms
ASTM C – 143

D.- Acero.-

Acero de refuerzo
ASTM A – 615

Alambre de refuerzo
ASTM A – 80

Mallas prefabricadas para refuerzo de juntas de albañilería
UBC 24 – 15

E.- Albañilería Simple.-

Ensayo de prismas en compresión
ASTM E – 447

Ensayo de tracción diagonal (corte) en paneles
ASTM E – 519

Ensayo de módulo de ruptura
ASTM E – 518

Ensayo general de paneles
ASTM E – 76

TABLAS Y CUADROS

ARENA PARA MORTERO

MALLA	% QUE PASA
Nº 4	100
Nº 8	95 - 100
Nº 100	5 - 25
Nº 200	0 - 10

Tabla 8.01

ARENA PARA CONCRETO LIQUIDO

MALLA	% QUE PASA
3/8	100
Nº 4	95 - 100
Nº 8	80 - 100
Nº 16	50 - 85
Nº 30	25 - 60
Nº 50	10 - 30
Nº 100	2 - 10

Tabla 8.02

PIEDRA PARA CONCRETO LIQUIDO

MALLA	% QUE PASA
1 / 2	100
3 / 8	85 - 100
Nº 4	10 - 30
Nº 8	0 - 10
Nº 16	0 - 5

Tabla 8.03

FIGURAS

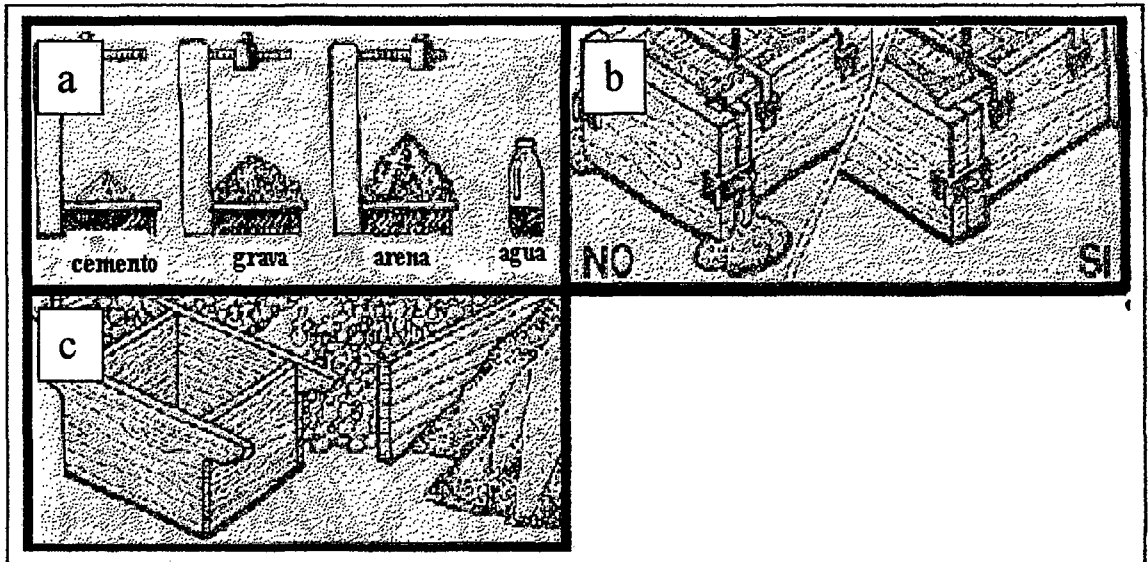


Fig. 8.01. Preparación de la mezcla.

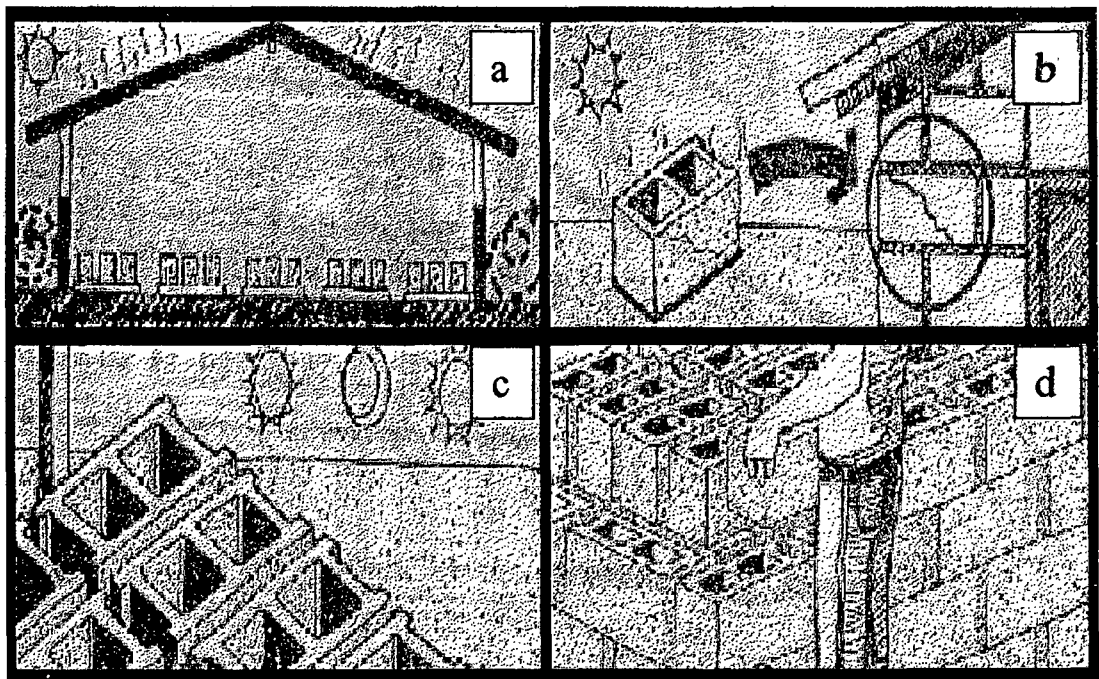


Fig. 8.02. Fraguado de los bloques.

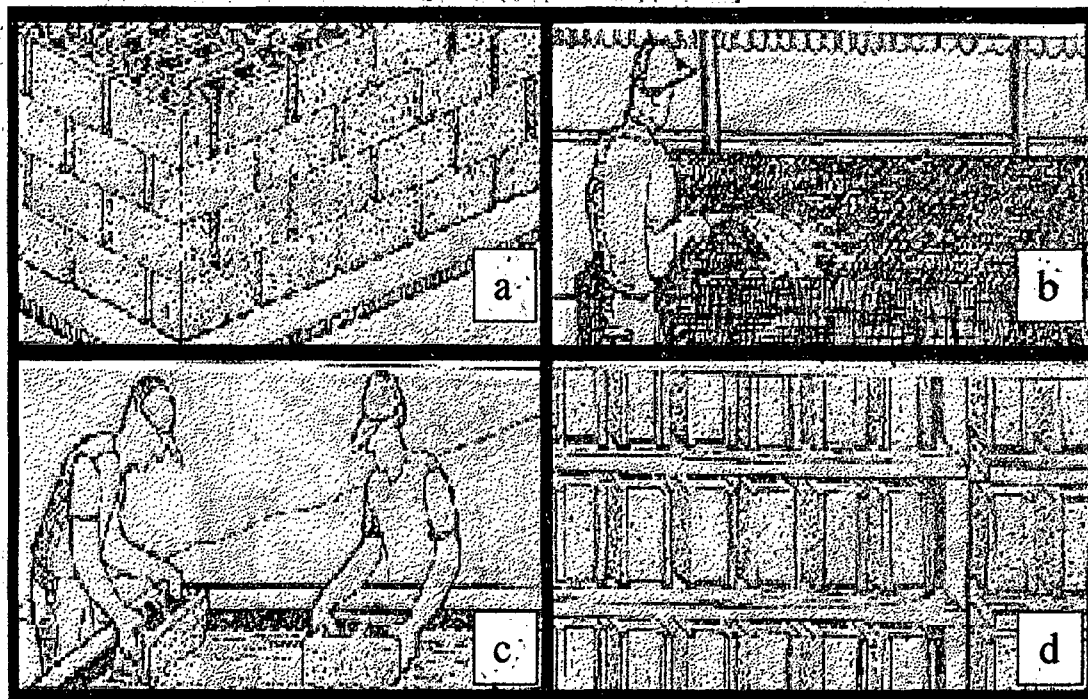


Fig. 8.03. Proceso de curado de los Bloques.

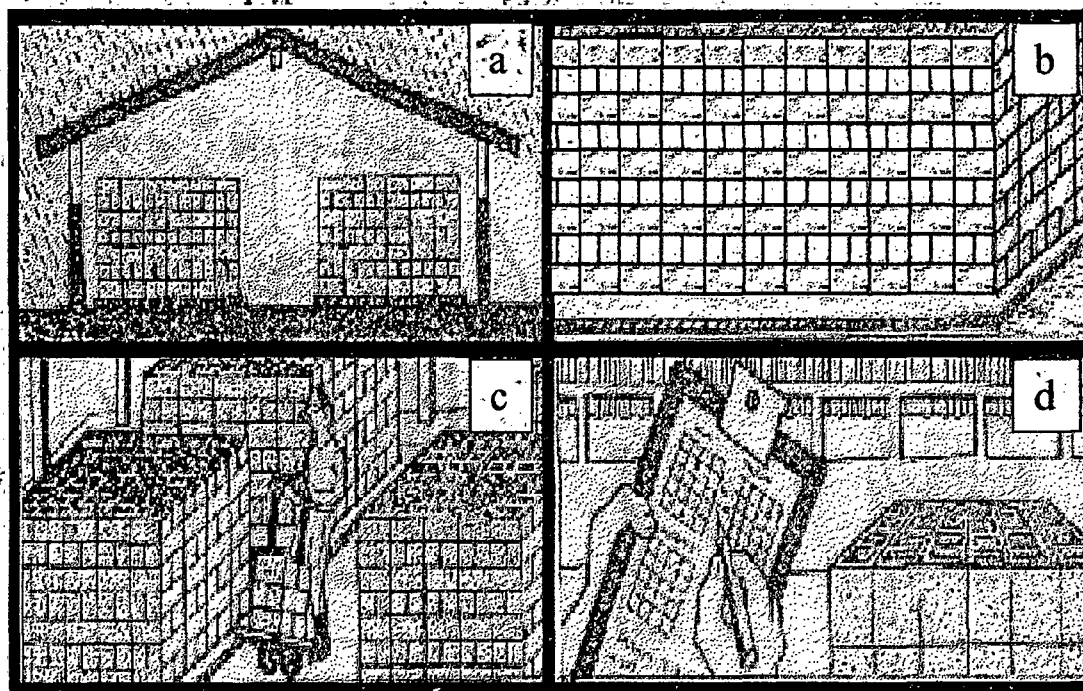


Fig. 8.04. Almacenamiento de los bloques.

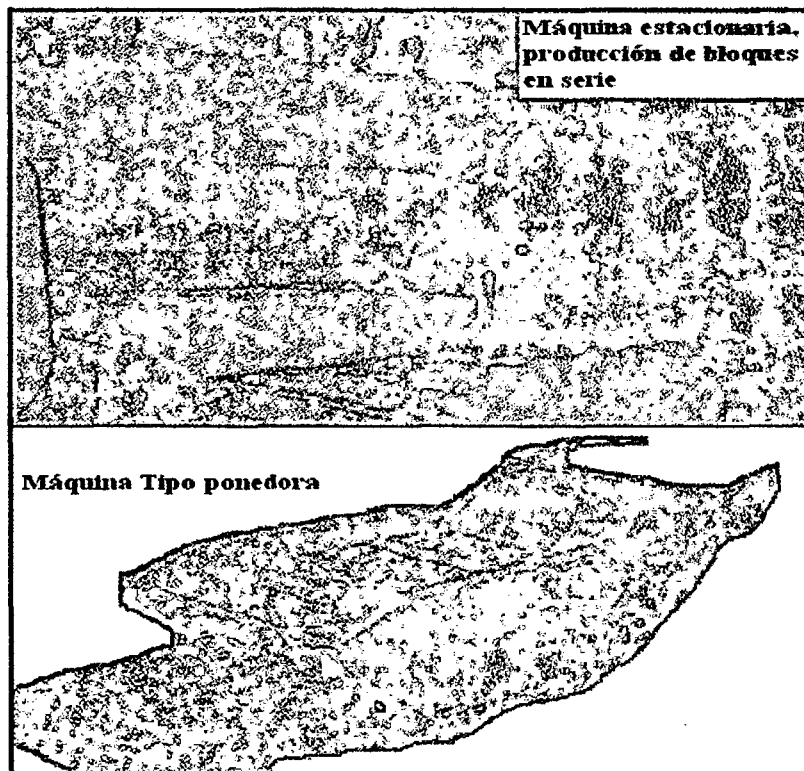


Fig. 8.05. La fabricación del Bloque será de forma manual ó mediante maquinaria.

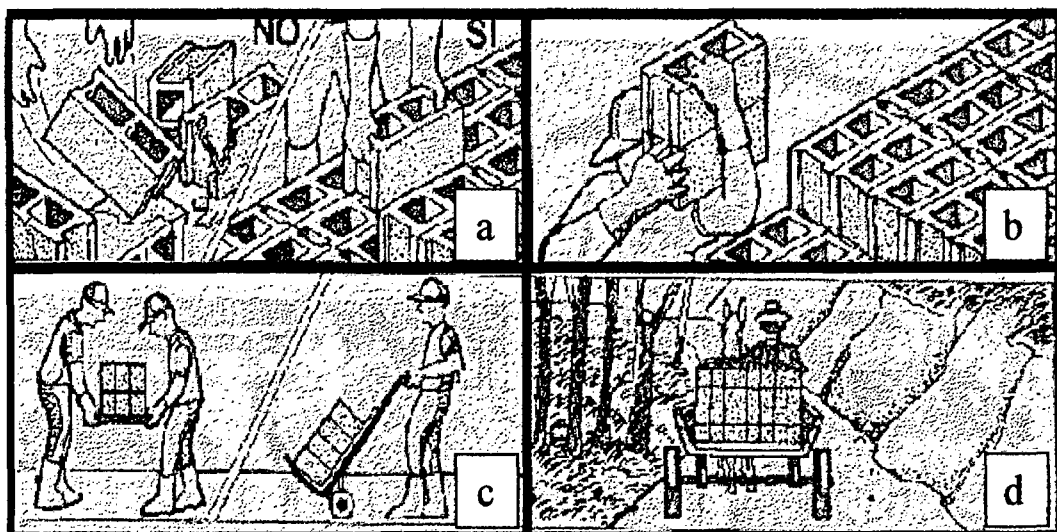


Fig. 8.06. Manejo y transporte de los bloques

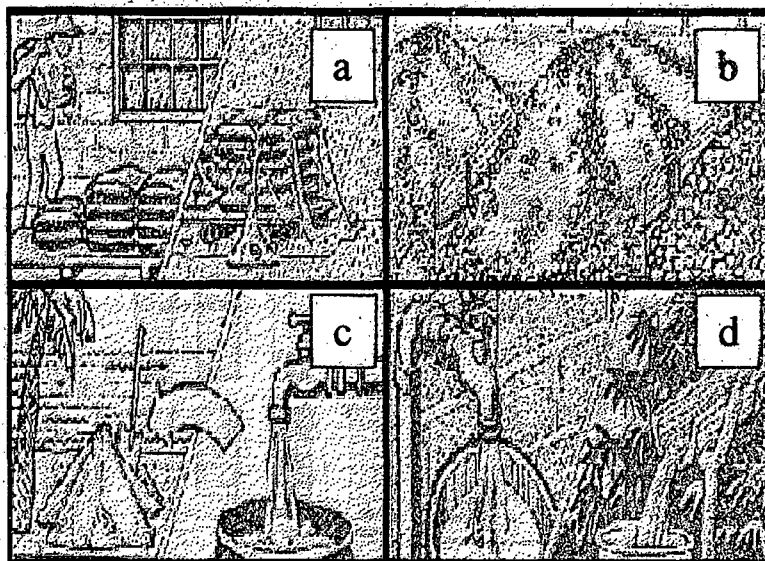


Fig. 8.07. Almacenamiento de materiales.

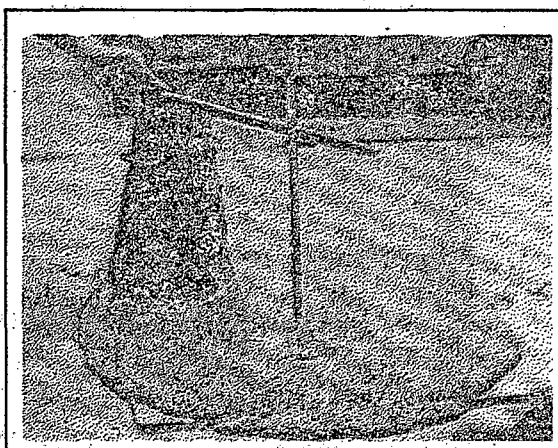


Fig. 8.08. Prueba del Cono de Abrahams.

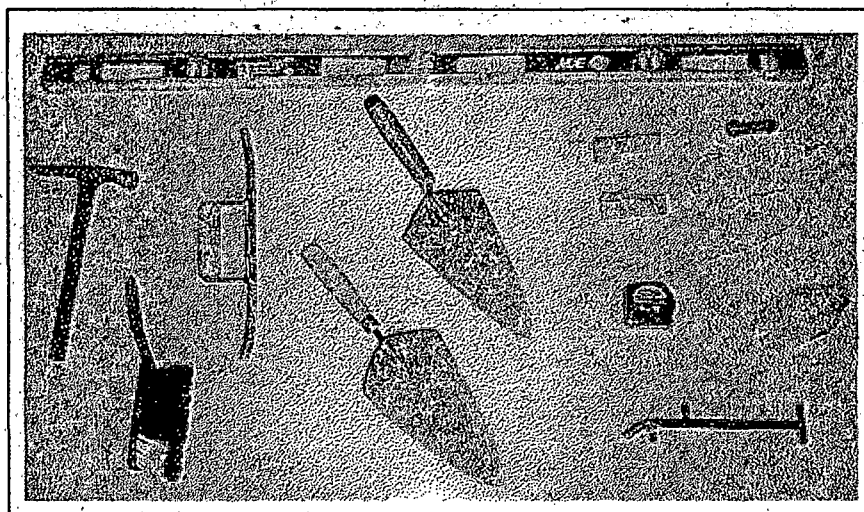


Fig. 8.09. Herramientas básicas para el asentado de los bloques.

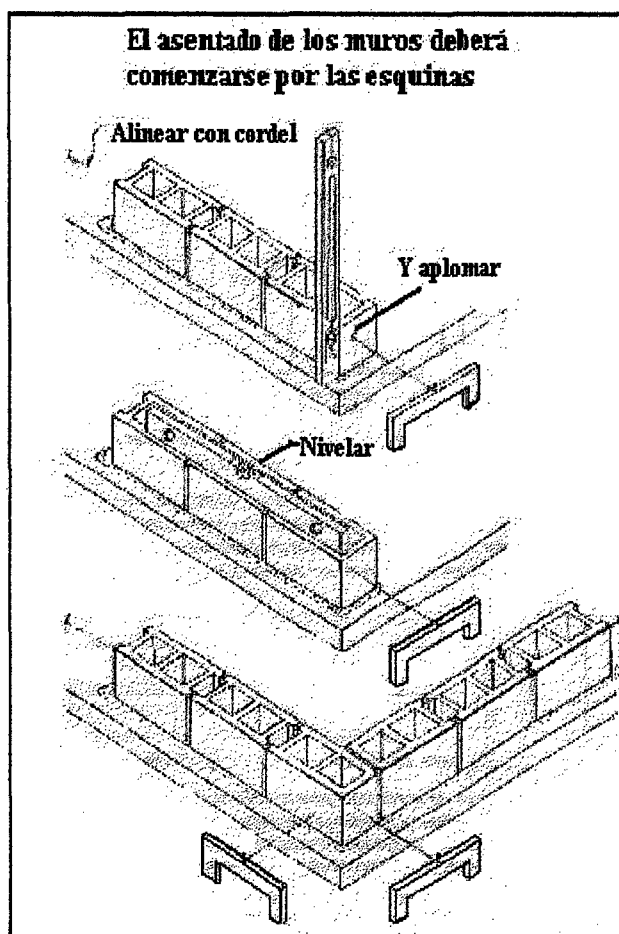


Fig. 8.10. Asentado de los bloques, verificando el alineamiento y aplomo.

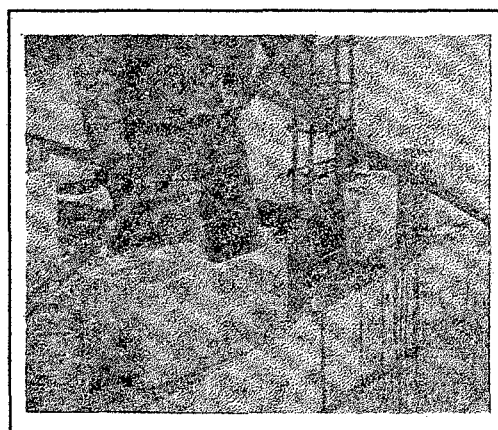


Fig. 8.11. Bloque recortado para la armadura.

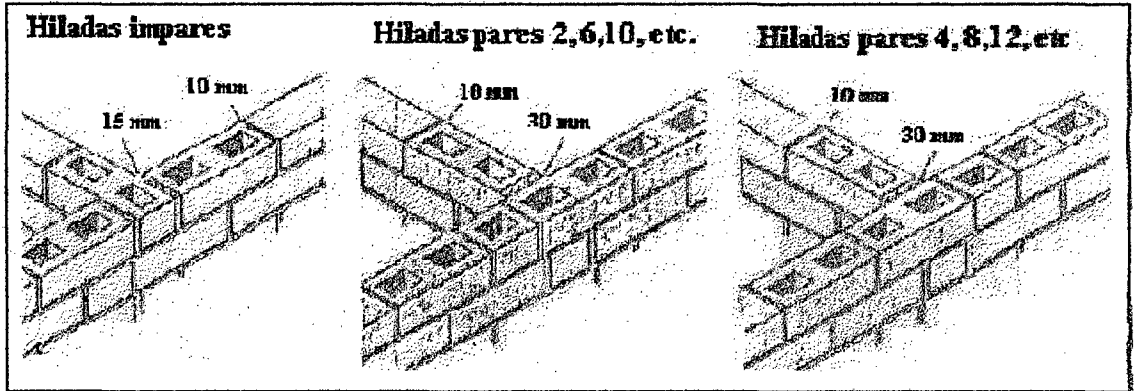


Fig. 8.12. Encuentro en "T" con amarre. (Estándar)

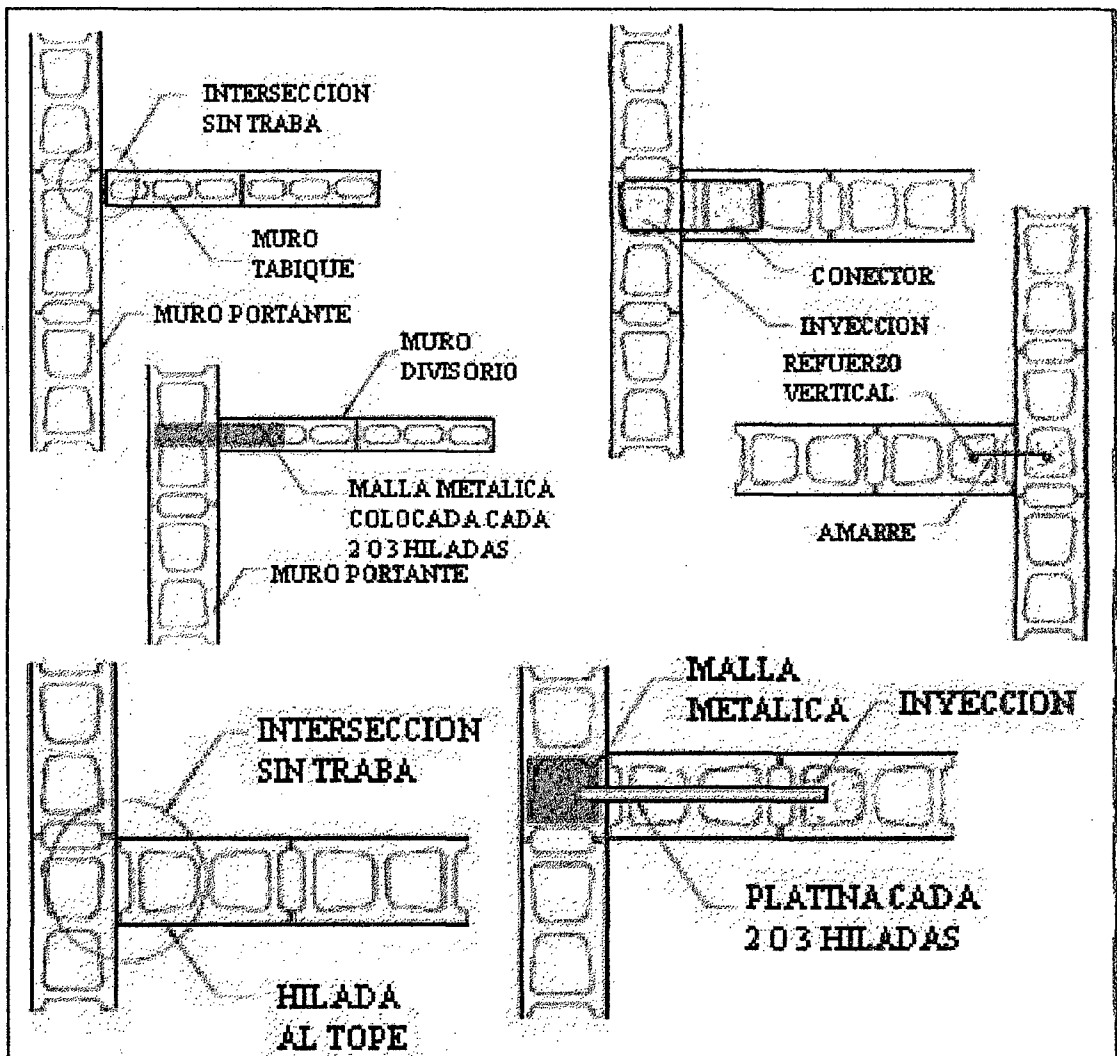


Fig. 8.13. Tipos de Amarre.

CAPITULO NOVENO

ANALISIS DE LA SITUACION ACTUAL EN EL PERU

En la actualidad una de las mayores preocupaciones en el Perú, es el problema de la vivienda, este problema viene ligado al problema económico, ambos nos conducen a la búsqueda de una vivienda segura, resistente, durable y sobretodo al menor costo posible.

En la historia de la construcción, nos encontramos con diversos materiales como son: piedra, adobe, ladrillo de arcilla, ladrillo sílico-calcáreo, bloque de concreto, entre otros; cada uno de estos materiales requiere de una particular técnica de construcción al igual de la mano de obra, los mismos que crean ventajas y desventajas entre ellos; estas ventajas y desventajas se ven relacionadas con las condiciones de la zona, los cuales influyen grandemente en la adquisición y disponibilidad del material, haciendo variar los costos de la obra.

El bloque de concreto puede ser considerado una solución, debido a la facilidad con que se puede adquirir los materiales para su elaboración; estos materiales son básicos en toda construcción (arena, piedra chancada, cemento y agua), haciendo posible su elaboración en la misma obra, evitándose problemas de transporte del material, que muchas veces tienen una fuerte incidencia en el costo de la obra; la idea de la autoconstrucción de los bloques viene a darse al ver que hay muchos sitios que carecen de material para producir ladrillos de arcilla, entonces el bloque puede solucionarlo; por ejemplo en Caraveli (Arequipa), en Tacna y, otros lugares alejados, no cuentan con suficiente capacidad para hacer sus ladrilleras (las ladrilleras deben hacerse bien, de nada valdría sacar hornos que no den una buena cocción); asimismo, existe una parte ecológica,

la de no malograr los campos de cultivo, cuando no se tiene cuidado con el uso de la tierra vegetal.

Debemos tener presente que el bloque será la mejor alternativa de solución siempre y cuando se cuente con una supervisión constante desde la fabricación del bloque hasta la culminación de la obra

Con el interés de conocer un poco más acerca de la realidad sobre la construcción con unidades de albañilería se constató que en el interior del país existe un considerable número de viviendas fabricadas con bloques de concreto; las cuales tienen como característica principal, ausencia de control o supervisión, la calidad que se obtiene es muy baja tanto para la unidad como para la albañilería, pues no existe un control del material a usar, lo que ocasiona una estructura no confiable; todo lo contrario sucede en la capital donde se realiza una supervisión; todas las construcciones son armadas, existiendo una cálculo y diseño previos.

La necesidad de conocer y dominar el sistema constructivo trae como consecuencia la elaboración de un "manual de construcción con albañilería", así como, un nuevo reglamento, la urgencia de esto se debe a que en nuestro medio, se trata a la albañilería, en general, como "material de construcción" y no como "material estructural"; además, el nivel de supervisión (no adecuado) y la influencia de la mano de obra hacen que el diseño y cálculo se realicen, tomando en cuenta coeficientes de seguridad altos, que si bien originan una edificación muchas veces segura pero, a la vez costosa.

Desde hace mas de un año se viene elaborando una nueva norma. Hasta el momento se ha conducido todo lo referente a: materiales, componentes de albañilería, los ensayos, procedimiento constructivo; faltando por revisar lo referente a: estructuración, análisis y diseño; se espera que a fines de Agosto del 2001 quede listo el nuevo reglamento de albañilería.

El nuevo reglamento está basado en la experiencia peruana, en las normas (americana y neo-zelandesa) y teniendo como referencia a la norma colombiana (1998) y a la norma mexicana. Lo nuevo de esta norma con respecto a la anterior, es que se libera el número de pisos de la edificación, poniendo restricciones para requisitos más severos cuando la edificación tenga mas de 5 pisos; asimismo, se hace una división de lo que es una albañilería confinada y una albañilería armada.

El sistema de construcción más usado en el medio es la albañilería confinada pero ésta tiene problemas, debido a que es un material compuesto (elementos de concreto armado con unidades de albañilería), tiene una interfase que debemos tratarla muy bien, lo ideal es que el concreto se mimetice como parte del muro y no que sean elementos muy rígidos.

Desde el punto de vista constructivo ambas tienen ventajas relativas; la confinada tiene la ventaja que es el mismo procedimiento usado tradicionalmente (usando cualquier tipo de unidad) pero va a requerir de un acabado, en cambio, la albañilería armada distribuida requiere de unidades industriales bien hechas, no sólo de buen acabado, lo cual es una consecuencia de la buena calidad de la fabricación; por lo tanto la unidad puede quedar expuesta sin pinturas ni revoques.

En relación con los ensayos que se vienen realizando, estos son muy pocos, debiéndose principalmente a la falta de recursos económicos; la gran mayoría de ellos se realizan con el apoyo de empresas privadas y / o cooperación extranjera; pero, la dificultad permanente es que debemos investigar de acuerdo a sus requerimientos, dando como resultado que existan estudios estructurales realizados por SENCICO, el CISMID, UNI, la Universidad Católica sin existir una comunicación total, de manera que se obtenga un objetivo principal, que nos lleve a tener un dominio más completo de la albañilería de bloques, como de otras tecnologías.

De los ensayos llevados a cabo no existen o son muy pocos los trabajos realizados a escala reducida; más bien, se trabaja con escalas reales de muros y pilas de bloques, donde los resultados son parecidos, dependiendo de las restricciones que se tomen en cuenta, razón por la cual, los cálculos teóricos difieren de los obtenidos en los ensayos, asimismo, se viene trabajando en el rango elástico-lineal, con factores de seguridad altos.

Ahora existe una tendencia a trabajar en el rango inelástico, de tal forma de lograr reducir espesores y cantidades de refuerzo, pues se estaría trabajando con valores más próximos, dando como resultado bajar los coeficientes de seguridad.

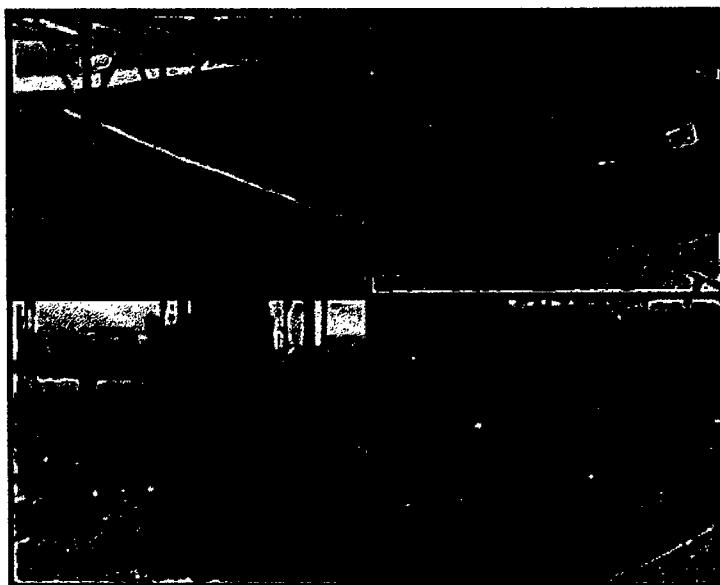
Lamentablemente en Lima, recién con la llegada de FIRTH, se implementó una industria de bloques, anteriormente existieron empresas que no llegaron a aprender bien la tecnología, debido a la gran demanda de la unidad de arcilla (albañilería armada confinada); por lo que se puede observar no existió una empresa que asumiera el problema de la construcción con bloques seriamente; consecuentemente no hubo un estudio sistemático del bloque en el Perú, sólo se realizaban ensayos en las mismas construcciones.

De las diversas experiencias constructivas usando como unidad de albañilería al bloque de concreto se tienen algunas obras:

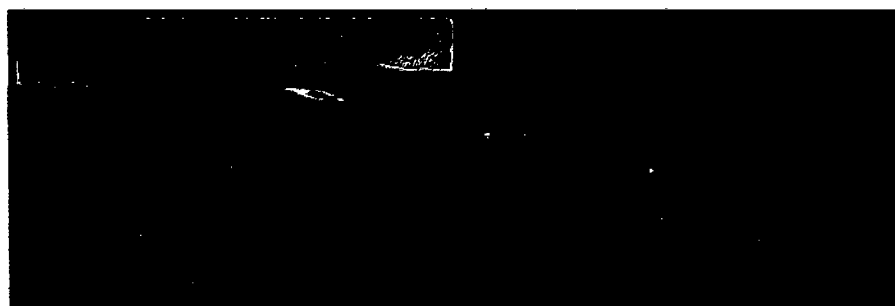
I.- CAMPAMENTO DE TINTAYA.-

Una buena experiencia fue realizada en lo que es el campamento de Tintaya (1984 – 1986; Gallegos-Casabonne-Arango-Ingenieros Civiles); para lo cual se importó una máquina bloquetera “Columbia” (posteriormente fue comprada por la ladrillera “LA CASA”, usándola para la fabricación de adoquines de concreto), similar a la que ahora posee FIRTH, dicha máquina se instaló en el campamento, donde se fabricaron los bloques, asimismo, se instaló una planta de curado a vapor, consiguiéndose obtener bloques de gran calidad.

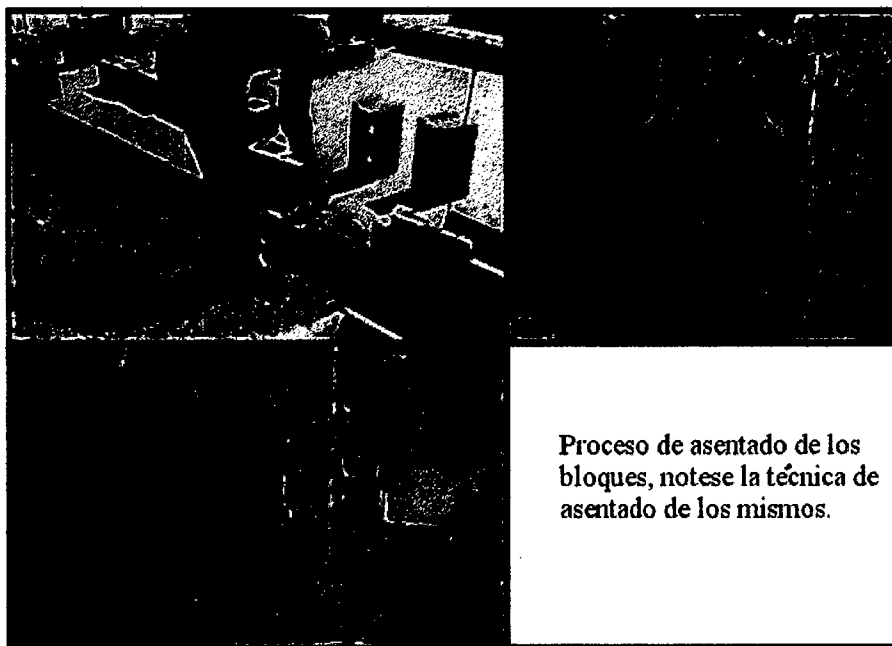
Las construcciones se caracterizaron por ser edificios de 3 – 4 pisos, usándose albañilería armada distribuida; fue una operación muy eficiente, de mucha calidad de los bloques, los cuales se evaluaron por: durabilidad, propiedades resistentes, propiedades térmicas (en el acabado interior se dispuso de paneles térmicos, con la finalidad de aislar el excesivo frío).



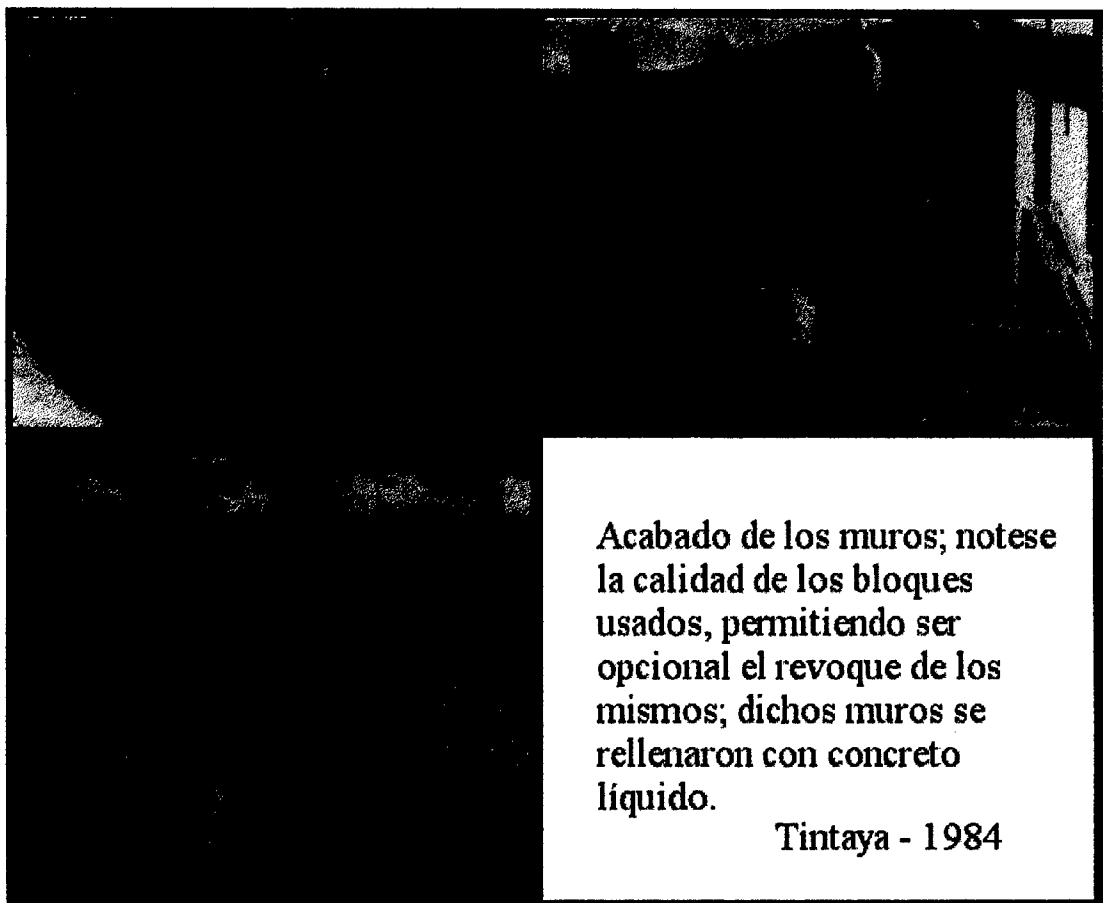
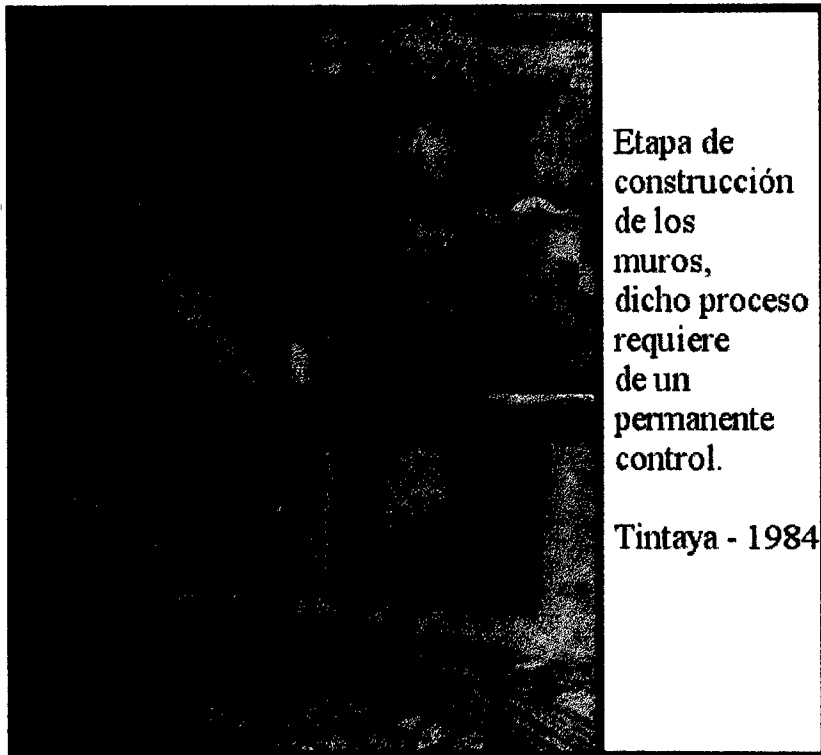
Proceso de fabricación del bloque



Preparación de la losa de cimentación Tintaya - 1984

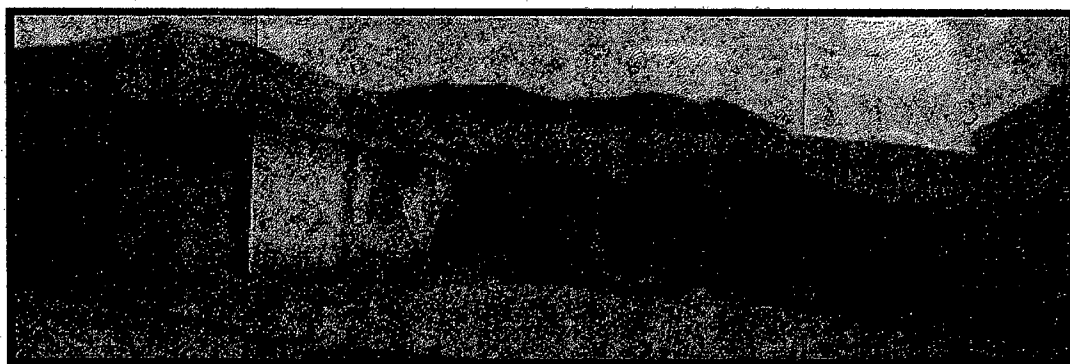


Proceso de asentado de los bloques, notese la técnica de asentado de los mismos.

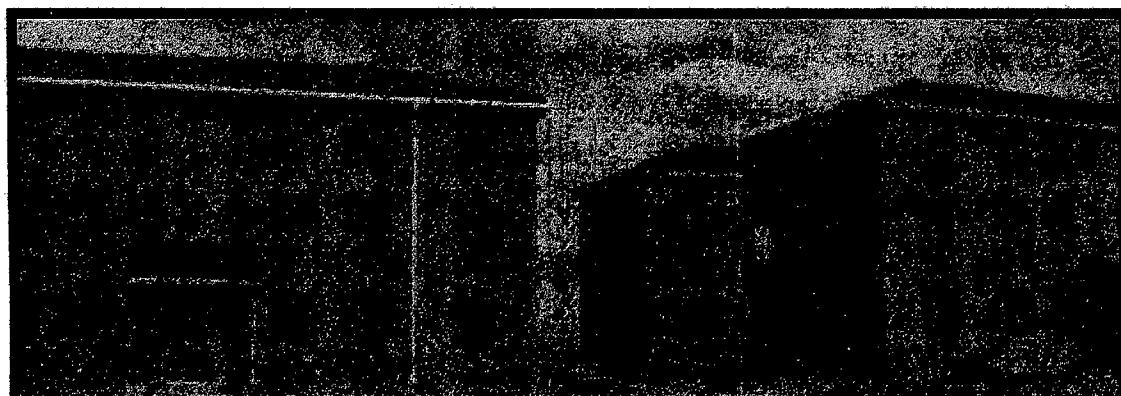




Construcción del hotel para obreros



Proceso de ampliación del hospital de Tintaya



Proceso de acabado de los muros (pinturas y remates)
Tintaya - 1984

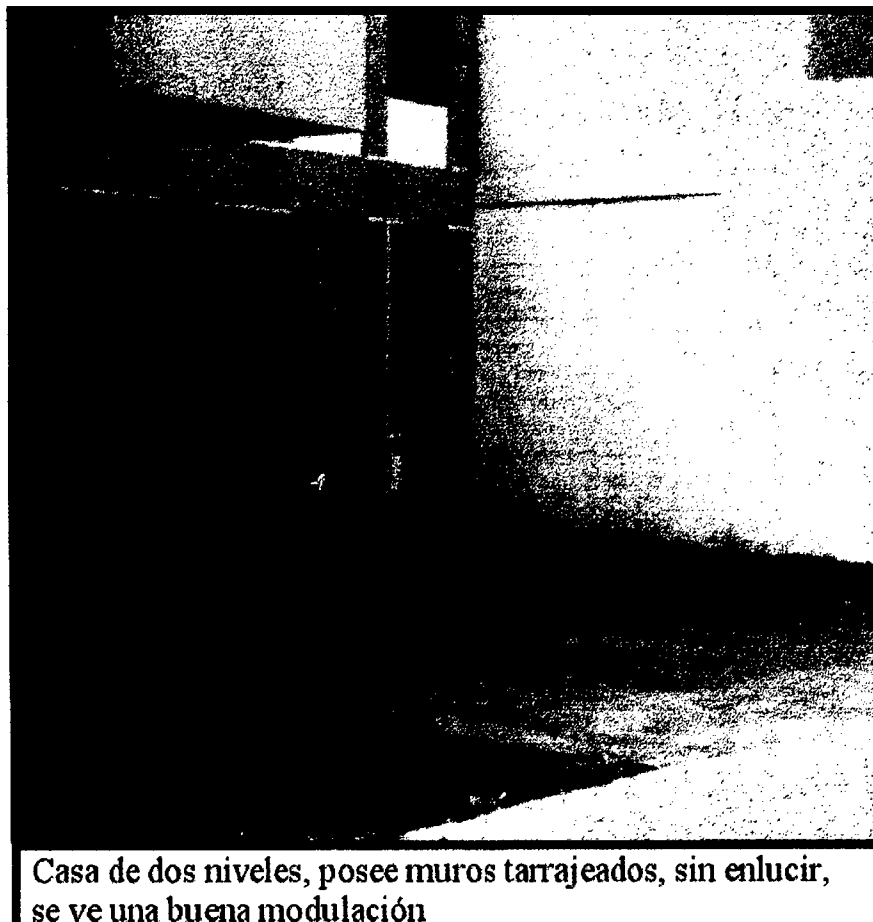
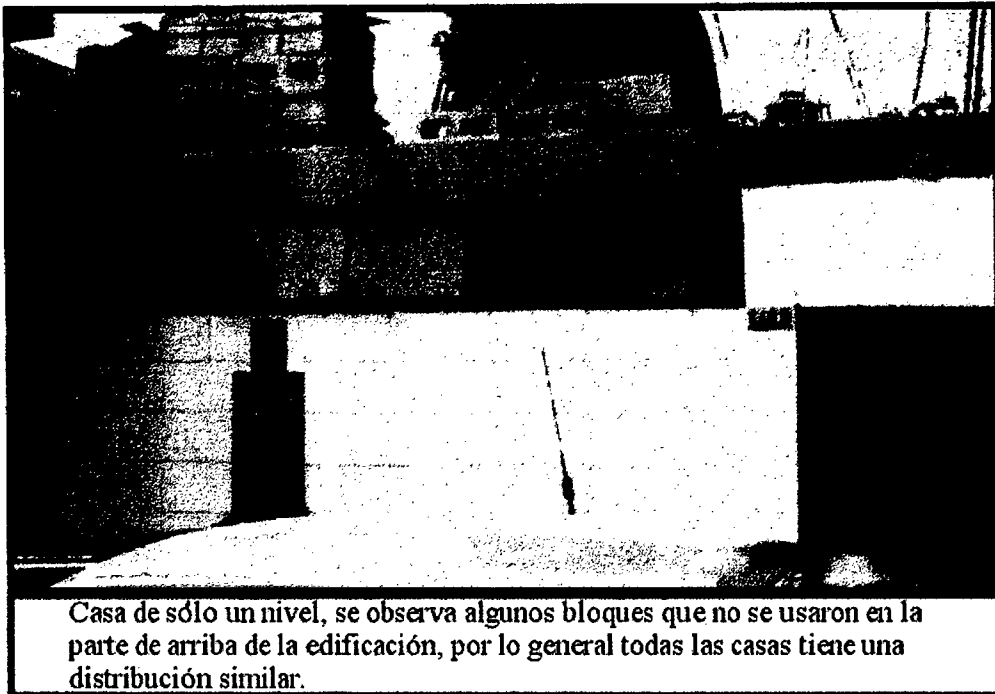


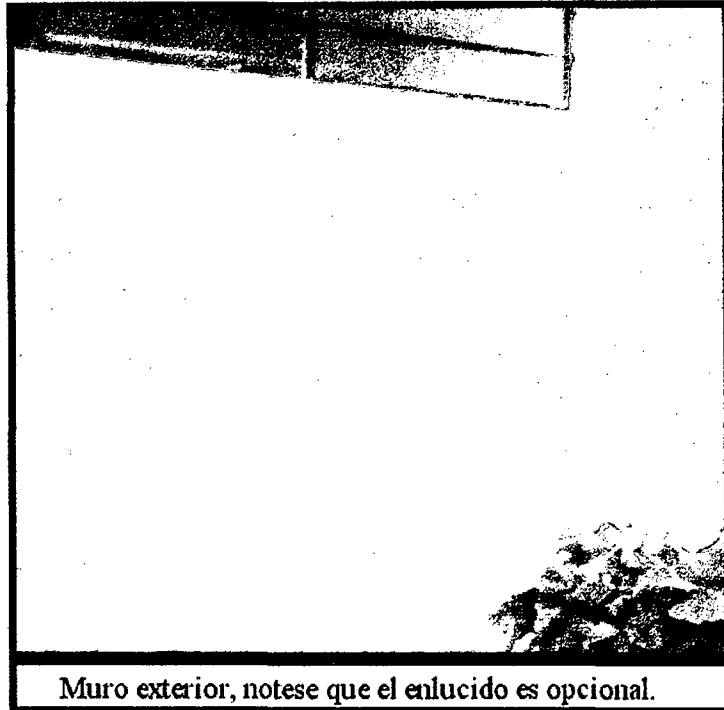
II.- Urbanización “Vista Alegre” – Chama.-

Por lo general este conjunto de casas se caracteriza por tener de 1 - 2 niveles, la urbanización se encuentra delimitada por las siguientes Avenidas: Av. Benavides, Av. Ayacucho, Av. Tomas Marzano y Av. Velasco Astete.



Típica casa de sólo un nivel, construida con bloques de concreto, se puede observar la falta de modulación respecto a los vanos; asimismo tiene un buen acabado

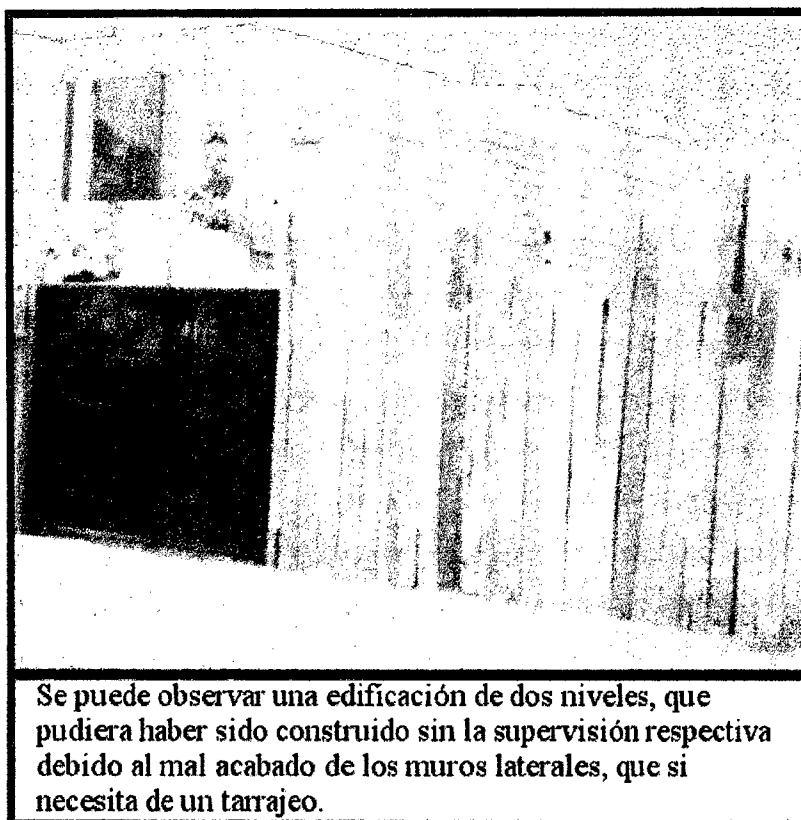




Muro exterior, notese que el enlucido es opcional.



Unión en las esquinas, buscando un buen engranpe mecánico entre las unidades.



III.- PROYECTO DE TECNIFICACION (SENCICO).-

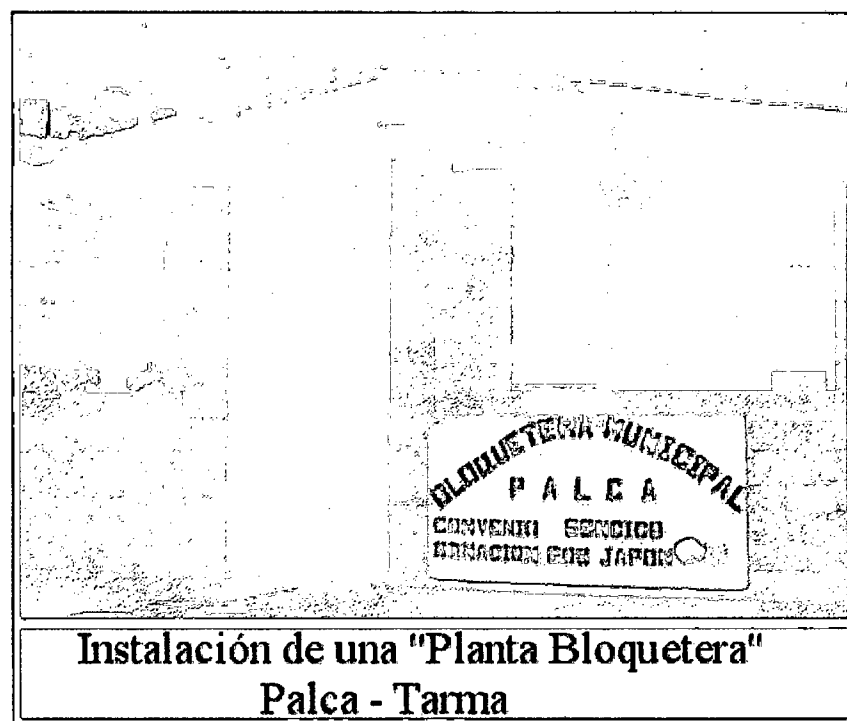
Con el objetivo de plantear y difundir soluciones apropiadas, en la contribución de elevar la calidad de vida de la población; el SERVICIO NACIONAL DE CAPACITACION PARA LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN – Dirección de Investigación y Normalización, comienza un plan de formación en la técnica de construcción con el bloque de concreto, empezando en el año de 1999, con el apoyo del gobierno de Japón.

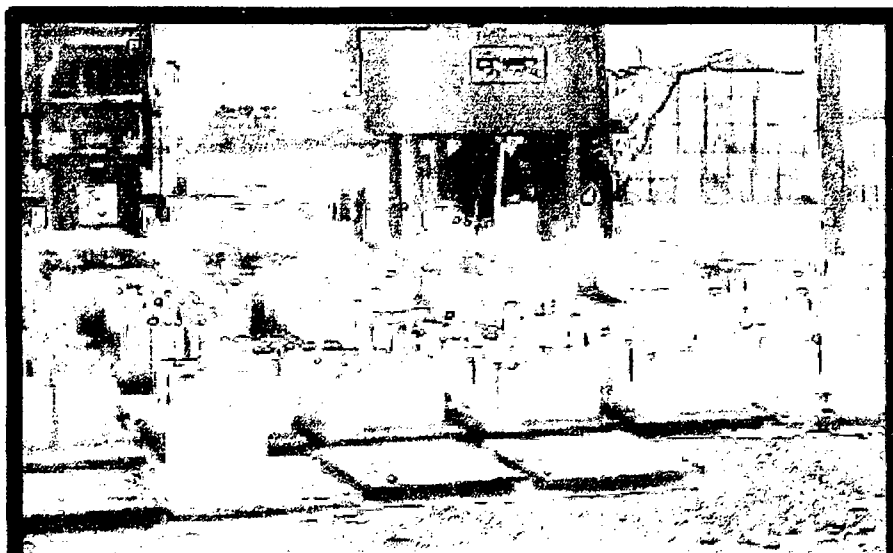
Se comenzó por la zona de Supe, Palca (Junín), Cañete; proponiendo la reducción de los costos de la vivienda popular e infraestructura básica, considerando para ello, la innovación de tecnologías y procedimientos constructivos, así como, el empleo racional de materiales, insumos y mano de obra locales.

En la realización del proyecto, se busca promover programas para capacitación en la producción de insumos y la aplicación de técnicas constructivas para un apropiado empleo de los recursos de la región, que pueden ser utilizados como componentes constructivos de la vivienda popular, especialmente en tecnologías constructivas con bloques de concreto; con tal propósito, se debe de identificar problemas críticos y frecuentes en las edificaciones locales, planteando soluciones preventivas y correctivas, debiéndose contar con los esfuerzos de la población organizada.

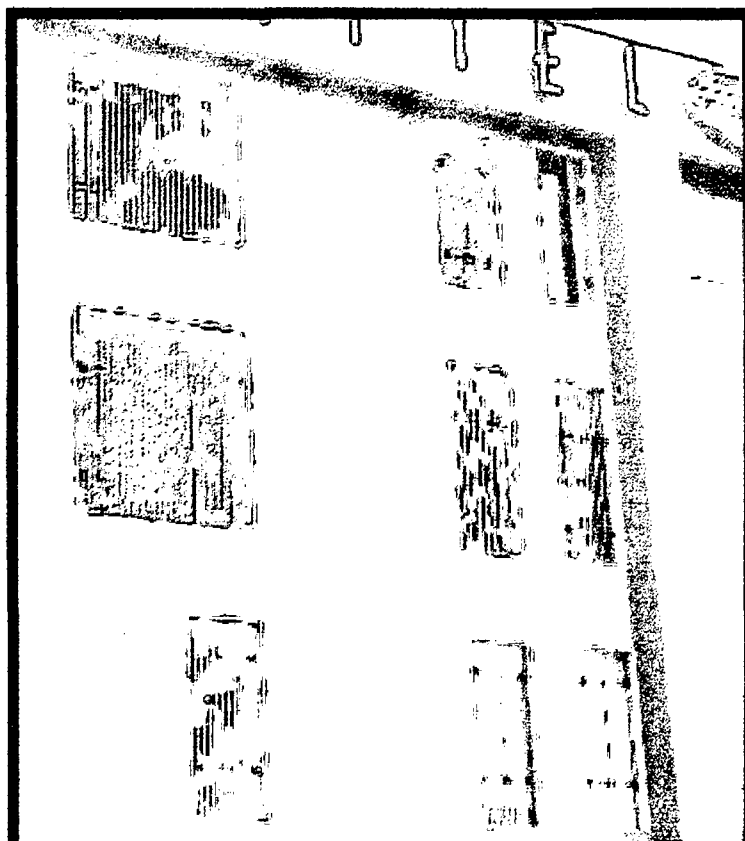
Entre las principales acciones a considerar dentro de los planes de trabajo tenemos: Implementación de un taller para la producción de bloques de concreto y la capacitación, adiestramiento, evaluación y certificación en la producción, construcción y

gestión empresarial, con tecnologías de producción y construcción empleando bloques de concreto; como parte del proyecto se estableció establecer los convenios respectivos con las municipalidades del lugar.





Instalación de "Planta Bloquetera"
Huancayo (distrito - Tambo)



OSIPTEL
San Borja - Lima



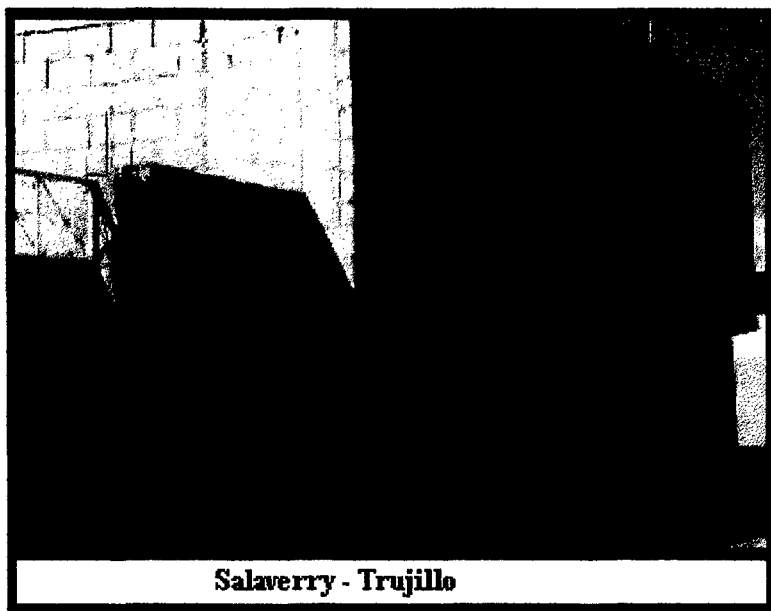
**Construcción de "Poso Subterraneo"
San Benito - Imperial - Cañete**



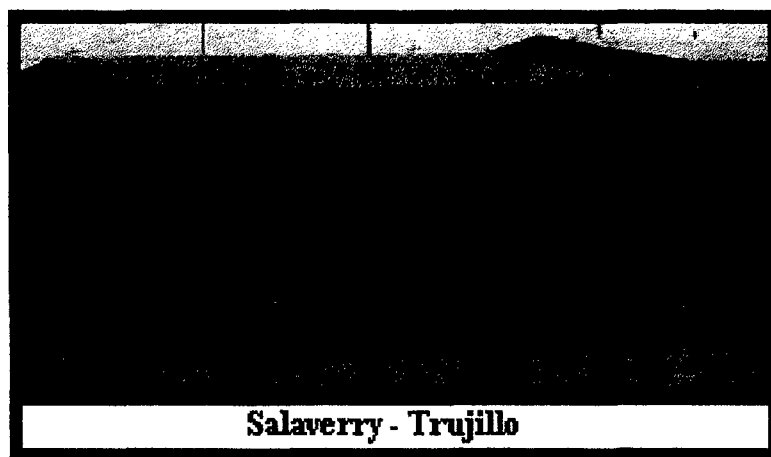
Cañete - Imperial



**Instalación de una "Planta Bloquetera"
Cañete - Imperial - Ica**



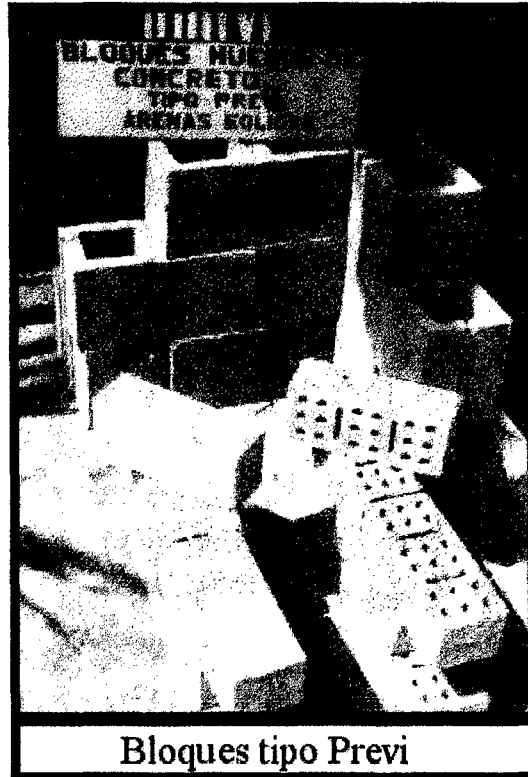
Salaverry - Trujillo



Salaverry - Trujillo



Taller de fabricación de bloques (SENCICO)
Puerto de Supe - 2000

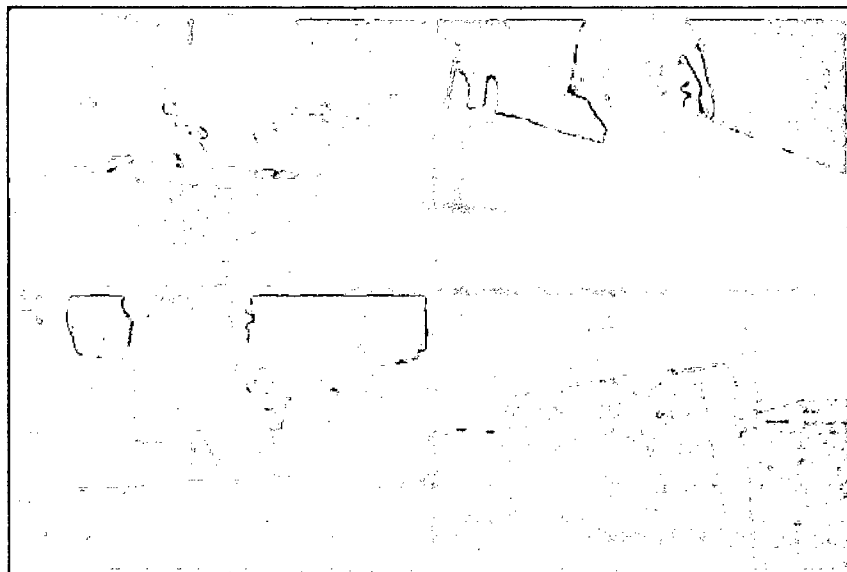


IV.- CONSTRUCCIONES FIRTH.-

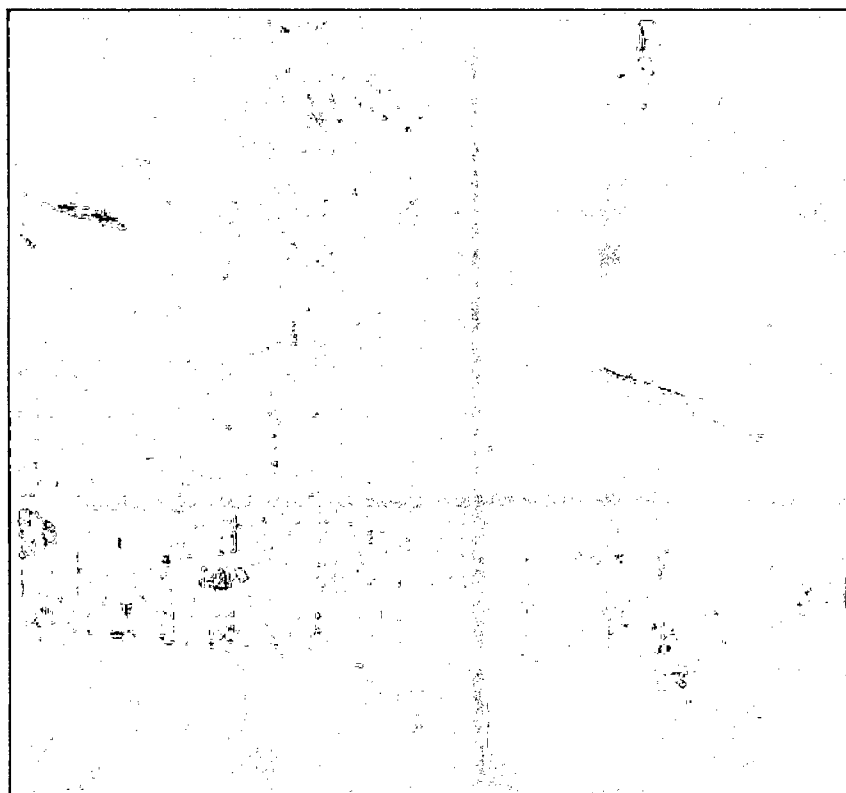
FIRTH, empresa perteneciente al grupo Neo Zelandés Fletcher Challenge Group, es una empresa a escala mundial, en el Perú son FIRTH INDUSTRIES PERU S.A.; está introduciendo al mercado local, tecnología utilizada internacionalmente en la fabricación de bloques de concreto, los cuales son elaborados bajo las normas de la ASTM, la National Concrete Masonry Association (NCMA) e ITINTEC.

FIRTH, presenta al Perú el bloque para albañilería de concreto; debiéndose a que en los últimos años reaparece la albañilería armada como una respuesta al

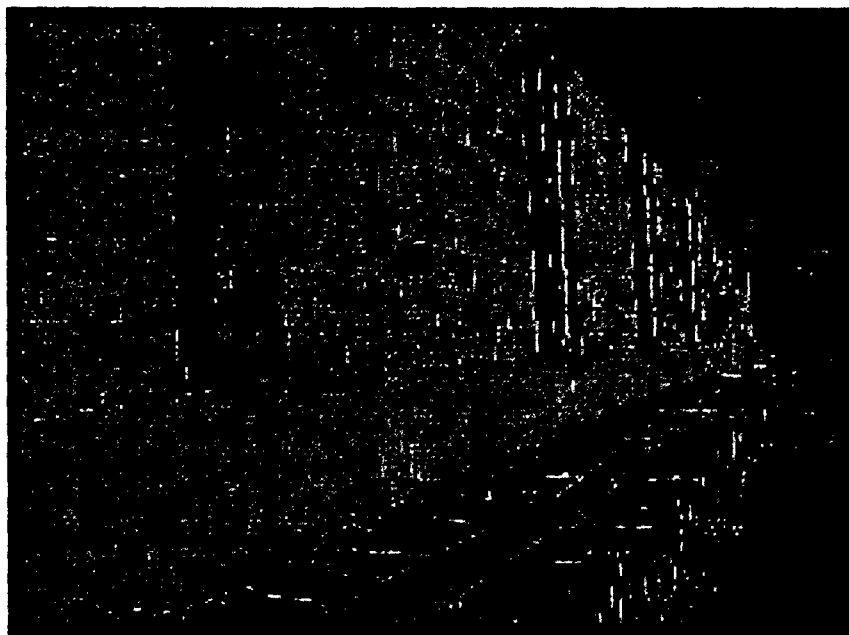
encarecimiento de los costos de mano de obra y de capital; asimismo, presenta una gama de productos relacionados con la construcción de albañilería de bloques.



Proceso constructivo: Asentado de los bloques

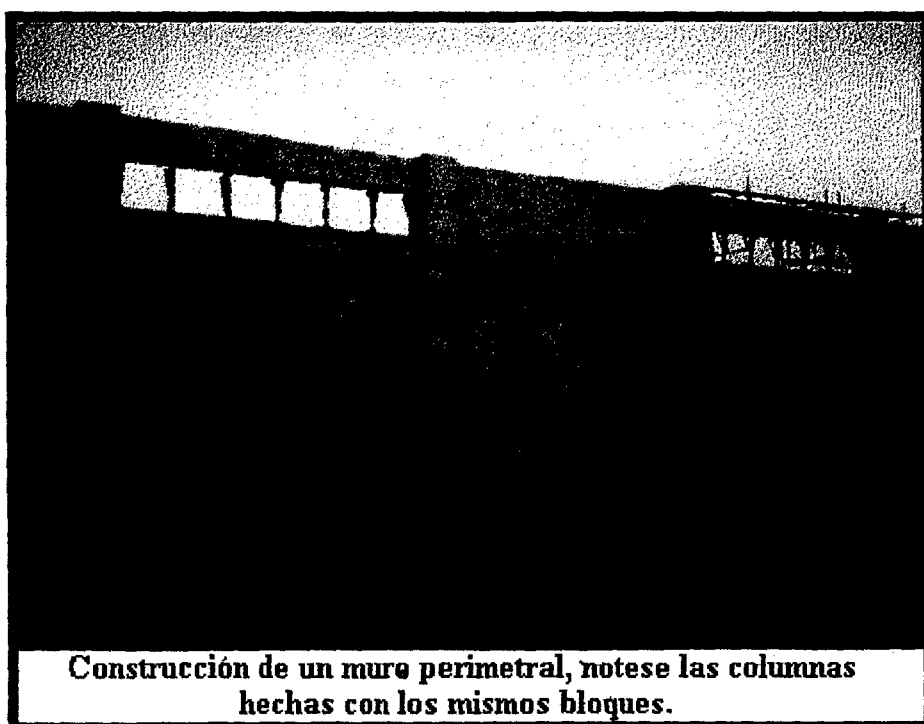


Proceso constructivo: Distribución del refuerzo; llenado con concreto líquido; colocación de accesorios.

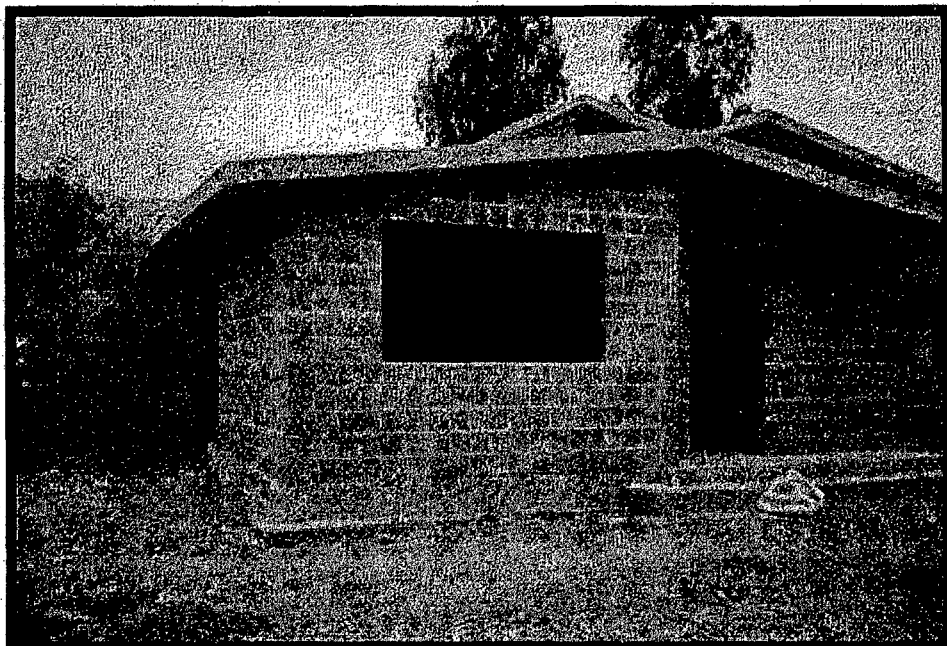


Proceso constructivo: Albañilería Confinada

Tenemos algunos ejemplos de construcciones realizadas con los bloques fabricados por FIRTH.



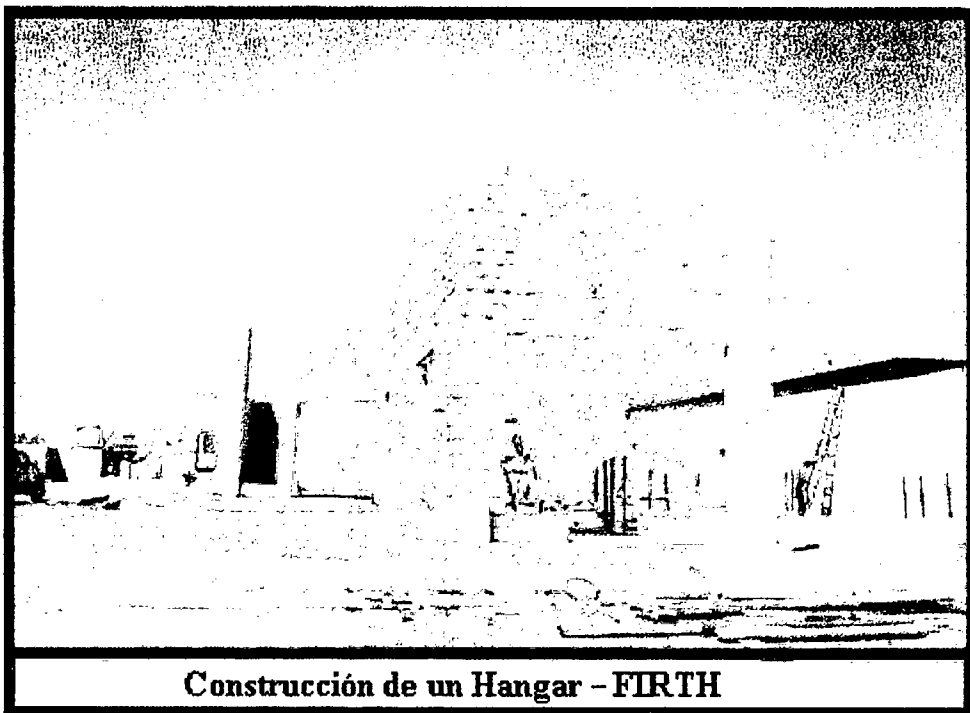




**Casa de un piso.
Meini - Cieneguilla**



**Casita modelo
FIRTH**



CAPITULO DÉCIMO

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

I.- CONCLUSIONES.-

A.- BLOQUE Y ALBAÑILERIA.-

a. El bloque presenta condiciones especialmente favorables para su auto-fabricación lo que permite una economía sustancial en la construcción, evitando el transporte de materiales.

b. La tecnología del bloque de concreto es de fácil adaptación.

c. La tecnología de construcción con el bloque de concreto tiene procesos semejantes a los procesos constructivos de la tecnología de construcción con la unidad sílico-calcárea, asimismo, los alvéolos del bloque de concreto son de dimensiones mayores que los alvéolos de la unidad sílico-calcárea.

d. El uso de una mesa vibradora en el proceso de compactación del concreto tiene algunas limitaciones, es decir, cuando el bloque a ser vibrado tiene zonas de paredes muy delgadas la compactación que se logra no es la ideal.

e. El bloque de concreto posee mejor adherencia y menor succión que la unidad sílico-calcárea, consiguiéndose mejor resistencia a tracción diagonal, en la albañilería.

f. Se ha encontrado que para una dosificación de 1: 7 se logra un $f'_b = 70$ kg / cm², y para una dosificación de 1: 8 se consigue un $f'_b = 65$ kg / cm²; siendo la dosificación óptima 1: 7, siempre que la arena y la piedra estén en una proporción de 60% y 40%, respectivamente (con un módulo de fineza de agregado global de 5.2)

g. La industria, en el Perú, fabrica bloques de mediana resistencia ($f'_b = 70$ kg / cm²) relacionada con la limitación sobre el número de niveles en una edificación (< 5 pisos, albañilería armada con refuerzo distribuido).

h. La fabricación industrial del bloque es mejor que la fabricación mecánica, y a su vez mejor que la fabricación manual.

B.- NORMAS.-

a. Hace falta un manual que guíe en el aprendizaje de la tecnología de construcción con el bloque, tanto en el proceso de diseño, cálculo y en obra, lo que produciría mayor economía y rapidez en la edificación.

b. La norma peruana de albañilería (E - 070) incorpora al bloque como una unidad más, sin considerar las peculiaridades que la construcción y resistencia de esta unidad presentan.

C.- EDIFICACIONES.-

a. A la fecha existe una falta total de conocimiento del proceso constructivo con el bloque de concreto, dando origen a edificaciones más costosas e inseguras en gran proporción.

b. Para albañilería armada existe una propuesta neo-zelandesa, en el cual el primer empalme del acero de refuerzo se debe realizar a partir del segundo nivel, lo cual mejoraría el comportamiento del primer nivel, cuando se demande la formación de la rótula plástica.

c. Cuando la demanda de bloques es baja resulta más económico realizar la autoconstrucción en forma mecánica. En construcciones masivas es recomendable el uso de máquinas bloqueteras, como por ejemplo "La rosa cometa" (vibra y compacta), la cual es muy cara, pero, si se trabaja en grandes volúmenes para servir a toda una población puede ser factible el uso de dicha máquina.

d. Con el uso del bloque hueco de concreto, la construcción se vuelve un proceso sin retorno, una vez que se termina el muro al nivel de fondo de techo, dicho muro cuenta con caja del interruptor, caja para tomacorriente, tubos de las instalaciones, etc. No se requiere regresar, picar el muro, colocar los accesorios.

e. La albañilería armada como se conoce a la que lleva refuerzo distribuido, requiere obligatoriamente de un proceso más controlado que el requerido para la albañilería confinada, obteniéndose una mejor calidad de obra; siendo indispensable

realizar un control desde el mismo trazo, es decir, es un proceso más tecnificado que a la larga redundará en economía, seguridad y mejor calidad.

f. Existe una alternativa constructiva que es la albañilería confinada considerando la posibilidad de usar el mismo bloque como columna (alvéolos rellenos de concreto líquido y armadura de refuerzo).

g. Rellenar los bloques eleva el costo de la edificación, por eso es recomendable usar bloques de menor ancho. Para edificios de más de 4 niveles es recomendable rellenar todos los bloques al menos en el primer piso, para evitar fallas de corte y de compresión diagonal.

h. La mano de obra en el Perú, es perfectamente adiestrable, el obrero peruano es muy competente y responde favorablemente cuando se comparte el porqué y objetivo del proceso.

i. Para hacer más eficiente el proceso constructivo se requiere de herramientas especiales, que sobretodo difieren en su dimensión, respecto de las herramientas tradicionales.

D.- INVESTIGACIÓN Y ENSAYOS.-

a. Son pocos los ensayos realizados con bloques de concreto. No existe un estudio completo del bloque como unidad y como albañilería propiamente dicho.

b. Las instituciones que realizan trabajos de investigación como: CISMID-UNI, la Universidad Católica, SENCICO, entre otras; las cuales trabajan en forma aislada.

c. Un gran obstáculo en el camino de la investigación, es no contar con recursos suficientes. La gran mayoría de las investigaciones se realizan con la inversión de empresas, las mismas que invierten con la finalidad de ofrecer sus productos y una vez que lo consiguen dejan de invertir.

II.- RECOMENDACIONES.-

A.- BLOQUE Y ALBAÑILERÍA.-

a. Se debe poner mayor énfasis en la estandarización de los tipos de bloques, con miras a formar todo un sistema de unidades (bloques de 2 huecos, bloques esquinas, bloques de terminal abierto, etc.).

b. Se debe de implementar talleres de fabricación, en forma conjunta a la capacitación de los trabajadores.

B.- NORMA.-

- a. Se debe contar con una norma más completa, que trate por separado las diferentes unidades de albañilería (arcilla, Silico-calcáreo, concreto).
- b. La norma de albañilería debe actualizarse de manera más frecuente e incorporar los resultados de las investigaciones a experiencias locales.
- c. Es recomendable contar con un manual de construcción de albañilería con bloque.

C.- EDIFICACIONES.-

- a. Debe existir una supervisión constante y apoyo técnico en la construcción, un conocimiento global del material, debiendo ser una preocupación del ingeniero a cargo, conocer el proceso constructivo antes de empezar a construir.
- b. Es conveniente que todo profesional de la construcción tenga los conocimientos básicos necesarios respecto a la albañilería; de tal forma, que un ingeniero debe estar en la capacidad de saber si funciona la configuración o debiera realizarse cambios, para lo cual no es imprescindible realizar cálculos, pues basta con tener un conocimiento conceptual, cualitativo y cuantitativo.

D.- INVESTIGACIÓN Y ENSAYOS.-

- a. Se requiere realizar mayor número de ensayos con respecto al bloque y al proceso constructivo:
 1. Unidades; dosificaciones, resistencias, propiedades.
 2. Pilas; propiedades de la albañilería.
 3. Muros; propiedades de diseño (acero, espesores de muro).
 4. Proceso constructivo; columnas, encuentros, acero de refuerzo, etc.
- b. Las entidades responsables de la normalización é investigación (SENCICO, Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción) deben formular un programa ordenado de investigación y desarrollo de la construcción con bloque, de manera que las instituciones que realizan investigación lo hagan como parte de un programa orgánico.
- c. Se debe estar organizado para aprovechar al máximo las inversiones realizadas por las diferentes empresas, consiguiendo avanzar ordenadamente

d. Como la construcción con el bloque es una alternativa económica y apropiada para las condiciones de la Costa Peruana se debe conseguir un mayor apoyo por parte del Estado, para destinarlo a la investigación.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Manual de Mampostería de Concreto, SENCICO, Perú-1995
- [2] Boletín Técnico Colombiano, Colombia.
- [3] Albañilería Estructural, Héctor Gallegos, Perú-1989
- [4] ITINTEC 400.006, Coordinación modular de la Construcción, Norma Técnica Peruana-1981.
- [5] ITINTEC 400.029, Coordinación modular de la Construcción, Norma Técnica Peruana-1980.
- [6] ITINTEC 400.032, Coordinación modular de la Construcción, Norma Técnica Peruana-1980.
- [7] Tesis de Grado: "Tecnología de la Albañilería de Bloques de Concreto", Moisés Ítalo Sandoval Pinedo.(1991). Universidad Nacional de Ingeniería. UNI-Perú.
- [8] ITINTEC 339.006, Coordinación modular de la Construcción, Norma Técnica Peruana-1983.
- [9] Diseño Cálculo y Construcción de Edificios de Albañilería, Héctor Gallegos. Perú-1989.
- [10] ITINTEC 400.009, Coordinación modular de la Construcción, Norma Técnica Peruana - 1975.
- [11] "Requisitos constructivos para mampostería estructural", NSR-98-CAP-D-4 (Norma Sísmico Resistente), Norma técnica Colombiana. Colombia - 1998
- [12] Tesis de Grado: "Muros de Albañilería Confinada sujetos a Carga Lateral", Patricia Gibu, César Sérida Morisaki (1993). Universidad Nacional de Ingeniería. UNI-Perú.
- [13] Disipadores de energía en muros de albañilería, Aerls Juan de la Rosa Toro Rojas.
- [14] Mayor detalle; volumen 9, número 1, de The Masonry Society Journal [3].
- [15] Mayor detalle; volumen 6, número 1 y 2 y en el volumen 7, número 1, de The Masonry Society Journal [3]
- [16] 9no Congreso Nacional de Ingeniería Civil. Ica – Perú.

- [17] Comportamiento Sísmico de Muros de Albañilería de Bloques de Concreto con junta vaciada, Ing. Alberto Zavala Toledo, Ing. Carlos Cuadra Liñan.
- [18] Tesis: “Albañilería Estructural de Bloques de Concreto”. Pontificia Universidad Católica del Perú [7]. Lima - Perú
- [19] Concrete Block Walls, Cement Association N°156
- [20] Construcción con Bloques de Hormigón, Dalzell B.S of A. Townsend
- [21] Boletín Técnico DCC N° 14, COSAPI
- [22] Especificaciones de la Albañilería Armada, National Concrete Masonry Association (NCMA)
- [23] ININVI (ahora SENCICO). Norma técnica de albañilería E-070.
- [24] , SENCICO. Lima-Perú. Vivienda desarrollada en albañilería armada con bloques de concreto (vivienda productiva de crecimiento progresivo), Proyecto de investigación.
- [25] Albañilería de concreto, Ing. César Romero Ortiz, Firth Industries Perú S.A. Lima-Perú
- [26] Firth_New Zealand\Firth Industries of New Zealand4.htm.Norma “NZ 4229.1986”.
- [27] Sites Web:
- 2000 International Building Code Compilation of Model Building codes to be adopted in 2000; AIA North Carolina News & Notes
 - By Copyright, 2000, BOCA International
 - <http://www.nwbuildnet.com/nwbn/index.html>
- [28] Site Web: Pliego de Especificaciones Técnicas Mampostería Portante con Bloques de Hormigón; <http://www.aabh.org.ar>
- [29] Site Web: <http://www.construir.com/Econsult/Cirsoc/document/103p2a.htm>
<http://www.construir.com/Econsult/Cirsoc/document/103p1a.htm>
- [30] Boletín Tecnológico, Ing. Héctor Kitroser, CONSULBLOCK, MEXICO-1999
- [31] Fabricación de bloques de concreto con una meza vibradora, Dr. Ing. Javier Arrieta Freyre-Bach. Ing. Enrique Peñañherra Deza, CISMID (1999 – 2000).
- [32] Estudio experimental de estructuras de bloques de concreto, Ing. Jorge L. Gallardo Tapia-Bach. Ing. Richard H. Cruz Godoy, CISMID (1999 – 2000).
- [33] Internet: <http://www.aabh.org.ar> - E-mail: info@aabh.org.ar

ANEXOS

Anexo 1.01.- Ventajas y rendimiento de los bloques de concreto [1] y [7].-

A.- Ventajas.-

- Menor costo unitario por metro cuadrado de pared, mayor resistencia y durabilidad, lo cual repercute en un mejor rendimiento en la construcción.
- Al reducir el número de unidades asentadas, se reduce la cantidad de juntas, lográndose una ejecución rápida y más sencilla y, menor cantidad de mortero de asiento.
- Los materiales usados en su fabricación no provienen de tierras agrícolas, como las arcillas, usadas en la fabricación de ladrillos, mas bien, son materiales áridos, totalmente inertes, provenientes de canteras, ubicadas en zonas eriazas.
- Poseen gran capacidad de aislamiento térmico.
- Los mismos bloques pueden realizar trabajos como encofrados permanentes, para cuando el muro va reforzado, en columnas, vigas y soleras ó, para cuando las dos primeras hiladas trabajan como el sobre-cimiento del muro.
- Los alvéolos, al coincidir unos con otros, dan al constructor, la alternativa de no picar la albañilería existente, para los recorridos de las instalaciones de agua y electricidad, logrando la no-dependencia entre dichos procesos.
- Eliminación de la necesidad de revocar los muros, debido a la uniformidad y dimensiones exactas.
- Reducción de las cantidades de concreto vaciado en obra, pues, el mismo bloque contiene parte de este concreto (para el caso de vigas y soleras, así como, columnas).
- La alta rigidez de los bloques, permiten disminuir el espesor de los muros, con un mejor aprovechamiento del espacio libre.
- El diseño modular del bloque, disminuye al máximo el fraccionamiento y corte de las unidades, permitiendo un aparejo racional, exacto y uniforme.
- Existe la alternativa de disponer de un gran número de piezas especiales, las mismas que resolverán todo tipo de encuentros, facilitando de este modo el montaje de la obra garantizando su calidad y, aumentando el rendimiento de la mano de obra.
- Por otro lado, los bloques de concreto, permiten la aplicación de una diversidad de formas y colores, así como, texturas de terminación; las cuales, en conjunto permiten un importante efecto estético y con amplias posibilidades expresivas.
- La solidez y durabilidad del bloque de concreto, le confieren al inmueble las mejores condiciones de reventa.
- La fabricación masiva de bloques de concreto permitirá que la productividad aumente y los costos disminuyan, lo cual permite asegurar el incremento de la demanda futura, constituyendo una importante fuente de generación de empleo.

B.- Rendimiento del bloque de concreto.-

- Reducción apreciable en lo concerniente a la mano de obra respecto a los sistemas tradicionales (12.5 bloques del tipo normal frente a 108 unidades de ladrillos comunes, por cada m²);

asimismo, una considerable simplificación de partidas debido al uso de piezas especiales, disminuyendo en gran forma el tiempo de ejecución de obra.

- Menor cantidad de mortero a usar en la construcción del muro (aproximadamente 10 lt / m² frente a 90 lt empleados cuando se usa ladrillos comunes de arcilla) basados en el hecho que, en la albañilería de ladrillos, el mortero cubrirá todo el espesor del muro o tabique; tanto que en los bloques, solo se cubrirá el espesor de los pretilos del bloque; representando una economía en mano de obra y materiales.

- Los costos de mano de obra disminuirán en 25% del costo de la mano de obra, requerida con ladrillos comunes.

- Obtención de paramentos lisos y regulares debidos a la uniformidad de los bloques; siendo suficiente un tratamiento superficial basado en pinturas de cemento Pórtland, obteniendo buen aspecto y asegurar la impermeabilidad del muro; Si aún de todo quisiéramos revocar la pared, la cantidad de mortero a usar será menor que la cantidad requerida para tal fin, cuando se emplea ladrillos de arcilla comunes, traduciéndose en economía de mano de obra y materiales.

Comparando 1m² de albañilería de ladrillos de arcilla comunes (0.30 m) de espesor y otro basado en bloques huecos de concreto (0.20 m) de espesor se tiene:

DESIGNACIÓN	BLOQUES HUECOS DE CONCRETO	LADRILLOS COMUNES DE ARCILLA
Cantidad de elementos por m ² de muro	12.5	108
Peso / m ² de muro	150 - 250 kg (*)	450 kg
Mezcla de colocación por m ² de muro	0.01 m ³	0.09 m ³
Mano de obra por m ² de muro; hora oficial	0.6	1.83
Hora Ayudante	0.45	2.13
Relación de movimientos de elementos (carga / descarga) para igual superficie de muros	1	5

*Según el agregado;

Fuente Instituto del Cemento Pórtland Argentino.

Tabla 01. Se demuestra que para la construcción de albañilería con ladrillos de arcilla comunes se requiere 9 veces la cantidad de mortero, empleado en los bloques; 3 veces mano de obra de oficial albañil y 4.75 la del ayudante.

1.- Rendimiento diario de mano de obra.-

Los rendimientos de mano de obra utilizando albañilería de bloques de concreto son competitivos con cualquier otro tipo de albañilería, según observaciones realizadas en diferentes obras; el rendimiento diario promedio de un obrero (construcción de albañilería de elevación) es de 12 m² equivalente a que un operario coloque 150 bloques y emplear 120 lt de mezcla (mortero) de asentado. A igual superficie se requiere de 1296 ladrillos, preparar y transportar 1080 lt de mortero de asentado; siendo para el caso de albañilería de ladrillos de arcilla cocida tipo King-Kong, de cabeza (muros portantes) un rendimiento aproximado de 7 m² / día, equivalente a asentar 400 ladrillos diarios [7].

2.- Aporte de materiales.-

Unidad De albañilería	Espesor del muro (m)	Vol de mortero (m ³)	Unidad por m ² (u)	Mortero 1 : 4		Mortero 1 : 5	
				Cemento	Arena	Cemento	Arena
Ladrillo corriente 6 x 12 x 25	0.25	0.0497	110	0.498	0.05	0.423	0.052
Ladrillo King-Kong 10 x 15 x 25	0.25	0.0350	61	0.351	0.035	0.298	0.037
Bloques de concreto 20 x 20 x 40	0.20	0.0074	13	0.074	0.007	0.063	0.008

Muros Portantes; espesor de junta 1 cm y 5% de desperdicios.

Fuente Documentación técnica; Coeficientes de aportes promedios utilizados en obras de edificación.

Unidad De albañilería	Espesor del muro (m)	Vol. de mortero (m ³)	Unidad por m ² (u)	Mortero 1 : 4		Mortero 1 : 5	
				Cemento	Arena	Cemento	Arena
Ladrillo corriente 6 x 12 x 25	0.12	0.0214	57	0.182	0.022	0.158	0.024
Ladrillo King-Kong 10 x 15 x 25	0.15	0.0160	37	0.136	0.017	0.118	0.018
Ladrillo Pandereta 10 x 12 x 24	0.12	0.0186	34	0.158	0.020	0.137	0.020
Bloques de concreto 10 x 20 x 40	0.10	0.0074	13	0.074	0.007	0.063	0.008

Tabiques; espesor de junta 1 cm y 5% de desperdicios.

Fuente: Documentación técnica; Coeficientes de aportes promedios utilizados en obras de edificación.

4.- Aporte de mano de obra.-

Unidad de albañilería	Espesor del muro (m)	Rendimiento / día		Personal		Rendimientos	
		Unidad	m ²	Peón	Albañil	Peón	Albañil
Ladrillo corriente 6 x 12 x 25	0.25	550	5.00	0.5	1	0.8	1.60
Ladrillo King-Kong 10 x 15 x 25	0.25	400	7.00	0.5	1	0.6	1.20
Bloques de concreto 20 x 20 x 40	0.20	150	12.00	0.5	1	0.34	0.67

Muros Portantes; espesor de junta 1 cm y 5% de desperdicios.

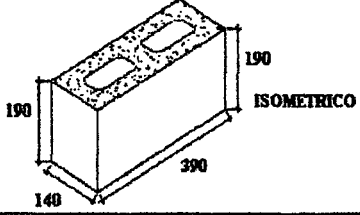
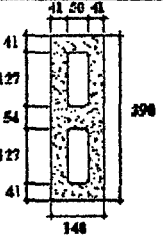
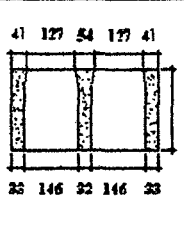
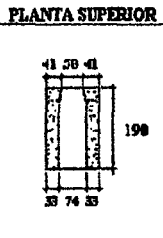
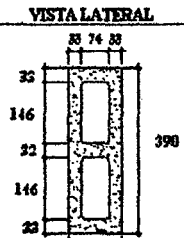
Fuente: Documentación técnica; Tecnología de Construcción No-Convencional.

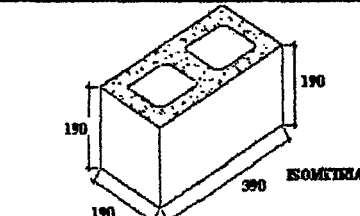
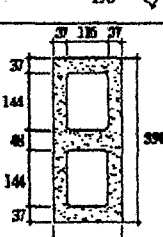
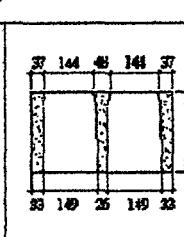
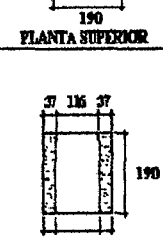
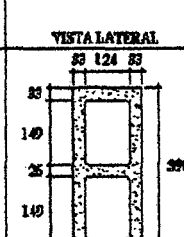
Unidad de albañilería	Espesor del muro (m)	Rendimiento / día		Personal		Rendimientos	
		Unidad	m ²	Peón	Albañil	Peón	Albañil
Ladrillo corriente 6 x 12 x 25	0.12	550	9.50	0.5	1	0.42	0.84
Ladrillo King-Kong 10 x 15 x 25	0.15	400	11.00	0.5	1	0.37	0.74
Bloques de concreto 10 x 20 x 40	0.1	150	12.00	0.5	1	0.34	0.67

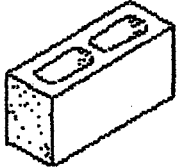
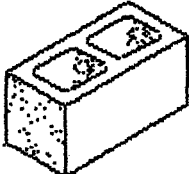
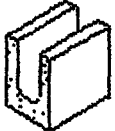
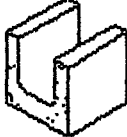
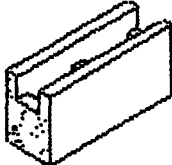
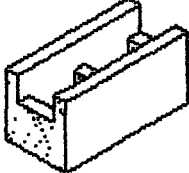
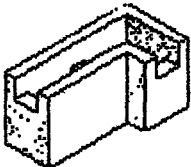
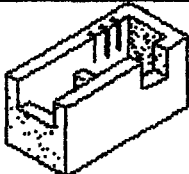
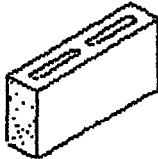
Tabiques; espesor de junta 1 cm y 5% de desperdicios.

Fuente: Documentación técnica; Tecnología de Construcción No-Convencional

Anexo 1.02.-Tipos de bloques (FIRTH) [25].-
Experiencia internacional.-

BLOQUE DE CONCRETO FIRTH SERIE 15		BLOQUE DE CONCRETO FIRTH SERIE 15 ESPECIFICACIONES TECNICAS	
 <p>ISOMETRICO</p>		<ul style="list-style-type: none"> • UNIDAD DE ALBAÑILERIA: Bloque de concreto • DIMENSIONES Ancho : 14 cm Largo : 39 cm Alto : 19cm • TIPO DE SECCION : Unidad hueca Area de vacios : 35% • VARIACION DIMENSIONAL : 3mm (máximo) • ALABEO : 2mm (máximo) • ABSORCION MAXIMA : 6% • RESISTENCIA A LA COMPRESION (medida sobre el área bruta) : Bloque tipo BI : 40 kg/cm² Bloque tipo BIII : 70 kg/cm² Bloque tipo BIV : 100 kg/cm² • DENSIDAD : 2150 kg/m³ • PESO POR UNIDAD : 14.5 kg • PESO DE MURO POR M² (sin concreto líquido) : 195 kg • UNIDADES POR M² : 12.5 • JUNTA DE MORTERO : 1 cm <p>Cumple con la Norma Técnica Peruana TINTEC 339.005 Elementos de concreto. Ladrillos y bloques usados en albañilería</p>	
 <p>PLANTA SUPERIOR</p>	 <p>VISTA LATERAL</p>		
 <p>VISTA FRONTAL</p>	 <p>PLANTA INFERIOR</p>		

BLOQUE DE CONCRETO FIRTH SERIE 20		BLOQUE DE CONCRETO FIRTH SERIE 20 ESPECIFICACIONES TECNICAS	
 <p>ISOMETRICO</p>		<ul style="list-style-type: none"> • UNIDAD DE ALBAÑILERIA : Bloque de concreto • DIMENSIONES Ancho : 19 cm Largo : 39 cm Alto : 19cm • TIPO DE SECCION : Unidad hueca Area de vacios : 47% • VARIACION DIMENSIONAL : 3mm (máximo) • ALABEO : 2mm (máximo) • ABSORCION MAXIMA : 6% • RESISTENCIA A LA COMPRESION (medida sobre el área bruta) : Bloque tipo BI : 40 kg/cm² Bloque tipo BIII : 70 kg/cm² Bloque tipo BIV : 100 kg/cm² • DENSIDAD : 2150 kg/m³ • PESO POR UNIDAD : 17.5 kg • PESO DE MURO POR M² (sin concreto líquido) : 235kg • UNIDADES POR M² : 12.5 • JUNTA DE MORTERO : 1 cm <p>Cumple con la Norma Técnica Peruana TINTEC 339.005 Elementos de concreto. Ladrillos y bloques usados en albañilería</p>	
 <p>PLANTA SUPERIOR</p>	 <p>VISTA LATERAL</p>		
 <p>VISTA FRONTAL</p>	 <p>PLANTA INFERIOR</p>		

TIPOS DE BLOQUES DE CONCRETO			
BLOQUE 15	USOS	BLOQUE 20	USOS
 Bloque estándar	En muros	 Bloque estándar	En muros
 Bloque Dintel y Medio Moque	En dinteles y en extremos laterales de muros	 Bloque Dintel y Medio Moque	En dinteles y en extremos laterales de muros
 Bloque vigueta de amarre	En muros para alojar refuerzos horizontales	 Bloque vigueta de amarre	En muros para alojar refuerzos horizontales
 Bloque Esquinero	En encuentros de muros en esquinero	 Bloque Esquinero Vigueta de Amarre	En encuentros de muros en esquinero
 Bloque estándar 10	En muros de Tabiquería		

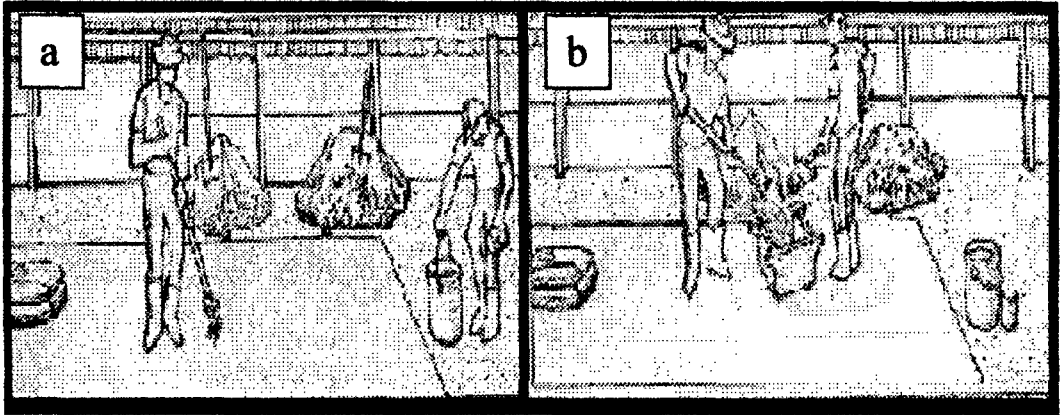
Anexo 1.03.- Proceso de Fabricación (Bloque de Concreto) [2].-

A.- Fabricación Manual.-

1.- Preparación manual de la mezcla.-

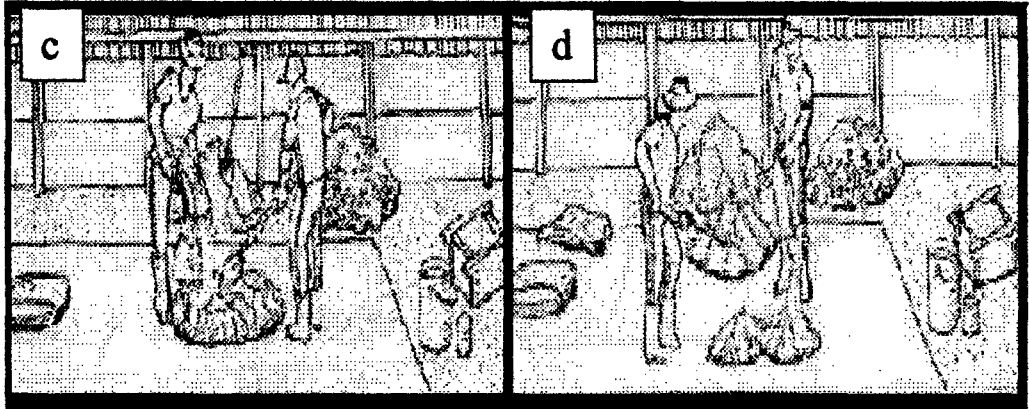
- La preparación de la mezcla se debe hacer sobre un piso limpio y que no absorba humedad. Se debe preparar una cantidad de mezcla tal que se pueda gastar en una media hora (Fig. a).

- Se comienza midiendo la cantidad de arena necesaria, si se utiliza el cajón medidor éste se llena de arena; o se completa hasta el nivel indicado en la dosificación, se retira la arena que haya caído al piso y se levanta el cajón, repitiendo la operación el número de veces que sea necesario (Fig. b)



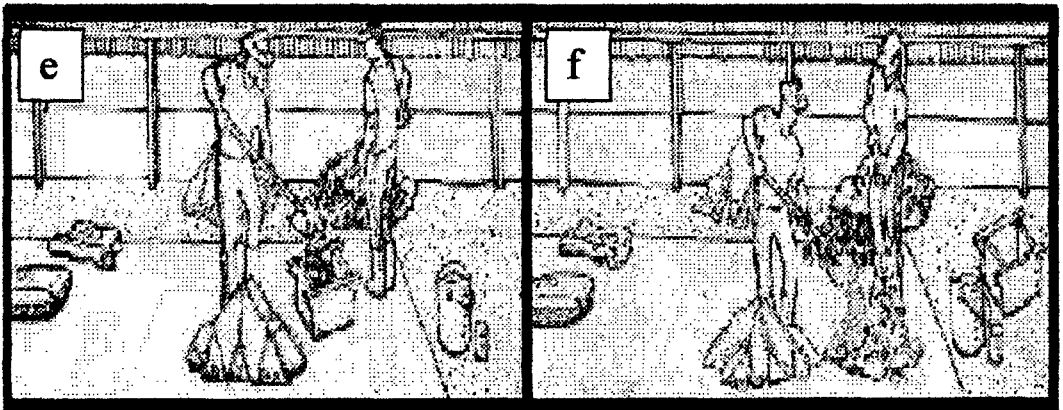
- Una vez medida y regada la arena se añade sobre ella las cantidades de cemento indicadas (Fig. c).

- Por medio de una pala se mezcla la arena y el cemento hasta que se obtenga un color uniforme (Fig. d).



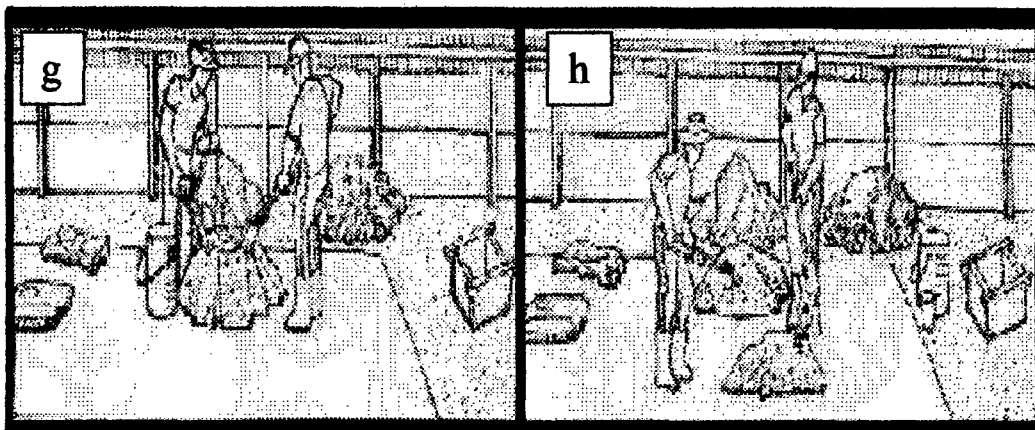
- Luego se mide el agregado grueso de la misma forma como se hizo con la arena (Fig. e).

- Se mezcla el agregado con la arena y el cemento hasta que el color sea uniforme o parejo, pasándola varias veces de un arrume a otro. Luego se hace un solo arrume, en forma de cono, con un hueco en el medio para echarle agua (Fig. f).



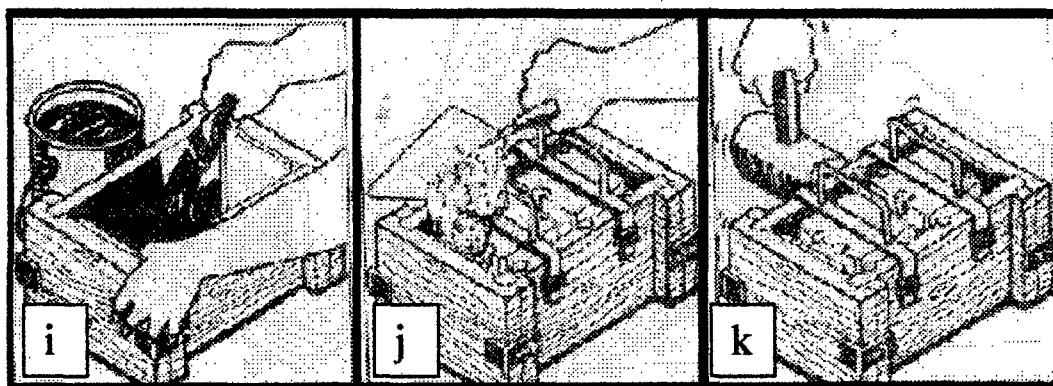
- Se agrega el agua necesaria por medio de tarros (nunca utilizar manguera, pues con ésta no se puede controlar la cantidad de agua) (Fig. g).

- Se mezcla de nuevo de tal forma que se distribuya bien toda la humedad y que quede de color completamente uniforme (Fig. h).

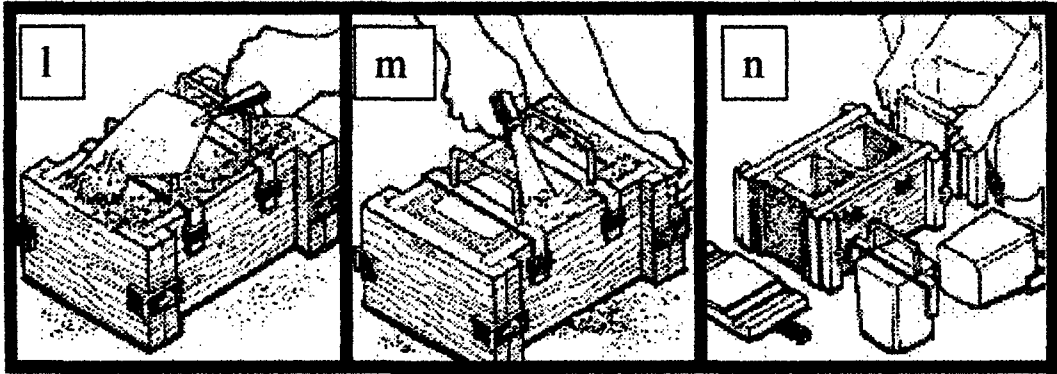


2.- Fabricación manual.-

- El molde debe estar limpio. Con una brocha se aplica una capa delgada de aceite quemado (parafina, cera) para que al final del proceso el bloque se pueda retirar fácilmente del molde (Fig. i).
- El molde se llena completamente con la mezcla de concreto, utilizando una pala o palustre (Fig. j).
- A continuación se compacta la mezcla aplicando vibración por medio de golpes o del movimiento del molde (Fig. k).



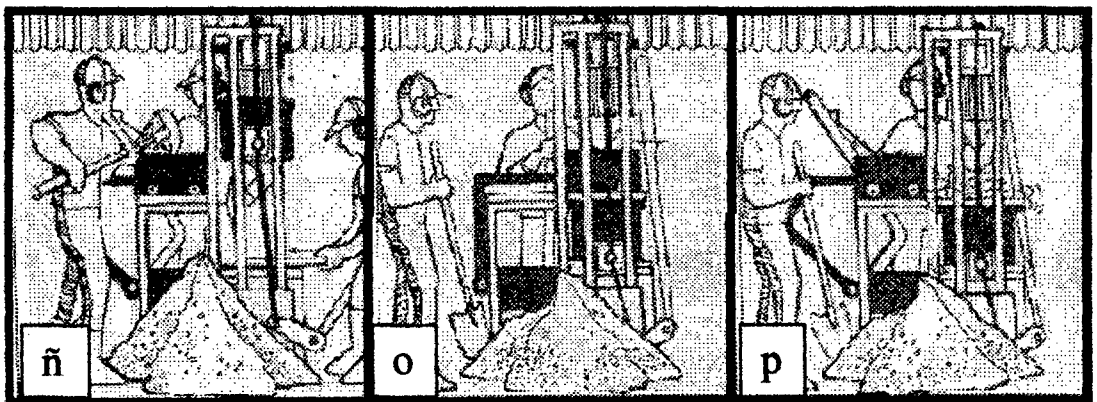
- Debido a la compactación, la mezcla se acomoda mucho mejor en el molde y ocupa un menor espacio pues se le saca el aire. Por esta razón, se debe echar nuevamente mezcla en el molde para volverlo a llenar y obtener bloques de buena calidad con dimensiones constantes (Fig. l).
- Se compacta nuevamente la mezcla golpeando con el pisón, el martillo o moviendo el molde. Se debe enrazar la superficie vaciada con un palustre para lograr un mejor acabado (Fig. m).
- Finalmente, se separa el molde del bloque, bien sea abriéndolo o desarmándolo, y queda el bloque liso con la forma definitiva. Para evitar que los moldes se dañen, se deben manejar con cuidado, almacenarlos ya limpios y de la manera correcta. (Fig. n).



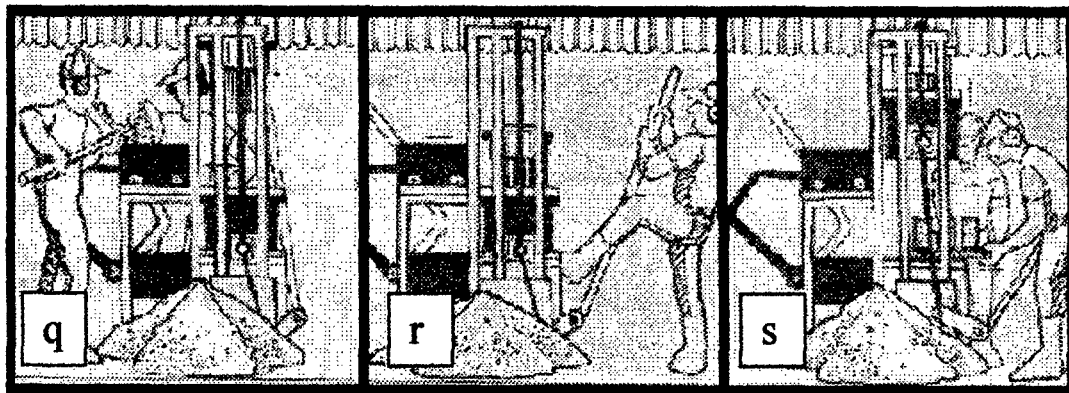
B.- Fabricación por medio de Máquinas.-

Cuando se fabrican bloques por medio de máquinas, se requiere 4 ó 5 personas con las siguientes funciones: Un operario general de la máquina, dos encargados del transporte de las bandejas y de los bloques, y uno o dos más elaborando la mezcla y alimentando la máquina. El proceso de fabricación por medio de máquinas es prácticamente el mismo que el proceso manual y los pasos son los siguientes:

- Revisar que el molde se encuentre en perfecto estado y limpio. La máquina tiene un cajón donde se coloca la mezcla llamado tolva alimentadora, la cual se procede a llenar con la mezcla (Fig. ñ).
- Se coloca la bandeja de madera verificando su correcto ajuste. Se baja el molde y posteriormente se hace mover la tolva alimentadora sobre él para que se llene de mezcla (Fig. o).
- Se retira la tolva alimentadora. Se aplica vibración al molde durante un corto tiempo para acomodar la mezcla. Si se deja mucho tiempo se separan los agregados de mayor tamaño y tienden a quedarse en la superficie, lo que se conoce como segregación y da una superficie dispereja (Fig. p).



- Se vuelve a llenar el molde hasta el nivel superior. Se debe colocar en el molde tanta mezcla como sea posible compactar durante un tiempo razonable, sin que se escurra por entre el molde y la bandeja ó, sea difícil compactarla por medio de los martillos (Fig. q).
- Se bajan los martillos compactadores y se aplica vibración hasta que lleguen al tope que tiene la máquina. Luego se procede a levantar el molde y los martillos (Fig. r).
- El bloque queda sobre la bandeja de madera con su forma definitiva. Tanto el molde como las bandejas se debe limpiar con un cepillo al final de cada jornada o cuando sea necesario, con el fin de evitar que se formen grumos de mezcla seca, que afectarían los resultados posteriores. Una vez limpio se debe de proteger el molde con aceite (Fig. s).



Anexo 1.04.- Fabricación de bloques de concreto con una mesa vibradora [31].-

A.- Introducción.-

El proyecto de fabricación de bloques de concreto está orientado a mejorar y proponer unidades constructivas con un conveniente comportamiento a través de, un ajuste de mezclas de concreto y la utilización de una mesa vibradora portátil. Para su fabricación se requiere de materiales usuales del concreto, es decir, piedra partida, arena, cemento y agua; siendo posible su elaboración a pie de obra, evitando así, las actividades de transporte de las unidades terminadas, lo cual significa aspectos favorables para la ejecución de edificaciones, sobre todo para aquellas realizadas por autoconstrucción.

En la actualidad, el ladrillo cerámico se presenta como el material más utilizado para la autoconstrucción debido, en algunos casos, a su disponibilidad y a que el poblador que labora en la construcción está familiarizado con las tareas de albañilería de muros portantes; sin embargo, en otros casos significa aspectos desfavorables, como por ejemplo cuando la obra se encuentra en sitios alejados de los centros de producción, el transporte del material encarece el costo de la construcción; en otras situaciones se presenta limitada disponibilidad de materiales y equipamientos (hornos) como para fabricar elementos de calidad; asimismo, puede considerarse con criterios de impacto ambiental la utilización ventajosa de recursos locales. En todas estas situaciones es que se plantea la utilización de bloques de concreto como alternativa de abaratamiento de una vivienda segura y de satisfactoria calidad.

Los bloques de concreto vienen siendo utilizados en diversas zonas del país de manera artesanal, frecuentemente sin el aporte técnico adecuado. Lo que propone este trabajo de investigación es realizar un estudio experimental que permita definir las dosificaciones óptimas para fabricar bloques de concreto que cumplan las especificaciones de las normas; asimismo, se realizará el estudio de implementación de un taller tipo, que permitirá desarrollar en el CISMID una sección de prefabricación de bloques de concreto mediante la adquisición de una mesa vibradora y moldes metálicos. Este programa con fines de investigación y académicas, incluye la determinación de costos de producción y la elaboración de cartillas de fabricación, con contenido técnico que se orientan a la autoconstrucción, para de esta manera proporcionar un conveniente soporte técnico a esta modalidad de construcción.

B.- Resumen.-

Actualmente en la fábrica de bloques se viene utilizando grandes máquinas vibradoras, sin embargo, la disponibilidad de este tipo de equipos en muchas zonas rurales es prácticamente nula, obligando a recurrir a la vibración manual; por tal motivo, la propuesta de utilizar mesas vibradoras pequeñas resulta una alternativa constructiva que hace viable la albañilería con bloques de concreto.

Para la producción de los bloques de concreto se implementa un taller de mediana escala que permita la fabricación de las unidades, con una producción de 300 bloques / día, con personal mínimo (1 operario y dos ayudantes); el equipo está conformado por una mesa vibradora (1.2 m x 0.6 m de 3HP),

moldes metálicos y un área de producción de 50 m²; ésta comprende una zona de materiales y agregado, una zona de mezclado y fabricación, una zona de desmolde y una zona de curado.

La calidad de los bloques depende de cada etapa del proceso de fabricación, fundamentalmente de la cuidadosa selección de los agregados, la correcta determinación de la dosificación, una perfecta elaboración en lo referente al mezclado, moldeo y compactación y, de un adecuado curado.

De los ensayos realizados en esta investigación con diferentes dosificaciones con agregados usuales y cemento Pórtland tipo I, se concluye que la mesa vibradora permite la fabricación de bloques vibrocompactados, cumpliendo con las resistencias establecidas por las normas NTP 339.005, NTP 339.006 y NTP 339.007; asimismo, se propone como mezcla de diseño óptimo la dosificación 1: 5: 2 (cemento: arena: piedra), en volumen; En forma similar a los bloques, también se puede fabricar en el mismo taller y variando solamente los moldes, bloques tipo piso grass y adoquines de concreto, entre otras unidades. Para la fabricación de los bloques piso grass se determinó la dosificación 1: 5: 2 (cemento: arena: piedra) con fibras de polipropileno y para la fabricación de los adoquines se recomienda la dosificación: 1: 3: 1 (cemento: arena: piedra).

C.- Historia.-

En el Perú la primera planta de bloques inició su producción en 1928 y sus productos se utilizaron en la construcción del primer barrio obrero del Callao. Posteriormente se instalaron en Lima dos fábricas más, una de ellas de ubicó en la antigua chancadora del Puente del Ejército y la otra, en el Jr. Tingo María, Breña.

Actualmente, existen diversas construcciones con bloques en Lima y en diversas localidades del país, como Marcona, la Oroya, Moquegua, Tacna, Junín, Cerro de Pasco, etc., pudiéndose mencionar también los proyectos de INFES, para la construcción de centros escolares en la sierra y selva, en los cuales, se plantea utilización intensiva de éstos elementos fabricados directamente en obra.

Los muros con bloques de concreto sujetos a cargas sísmicas en su plano muestran dos tipos de fallas: flexión y corte, debiendo entenderse que la falla principal es aquella donde se acumulan mayores grietas, originado una fuerte degradación tanto en resistencia como, en rigidez. El muro presenta una forma de falla dependiendo de cual de las resistencias sea la menor; sin embargo, la mayoría de las fallas registradas han sido por corte antes que por flexión.

Entre los sistemas afines al tratado en este estudio, se puede mencionar el sistema constructivo de albañilería confinada, formada por muros portantes, columnas y vigas que es utilizado intensamente; sin embargo, el sistema constructivo de albañilería armada con bloques de concreto no se difunde convenientemente, pudiendo ser utilizado ventajosamente en forma masiva para programas multifamiliares de vivienda, campamentos mineros, autoconstrucción, entre otros.

D.- Ventajas.-

La construcción con bloques de concreto presenta ventajas económicas en comparación con cualquier otro sistema constructivo tradicional, la que se pone de manifiesto durante la ejecución de los trabajos y al finalizar la obra. Estas ventajas se originan en la rapidez de fabricación, exactitud y uniformidad de las medidas de los bloques, resistencia y durabilidad, desperdicio casi nulo, y sobre todo por constituir un sistema modular. Esta circunstancia permite computar todos los materiales en la etapa de proyecto con gran certeza, y dichas cantidades se aproximan a los realmente utilizados en obra. Esto significa que es muy importante la programación y diagramación de todos los detalles, antes de la iniciación de los trabajos. Si se compara un muro de bloques de concreto con otro, de espesor equivalente, utilizando albañilería tradicional de ladrillo, se obtienen las siguientes conclusiones:

- Menor costo por metro cuadrado de muro (menor cantidad de ladrillos)
- Menor cantidad de mortero de asiento.
- Mayor rendimiento de la mano de obra debido a la menor cantidad de movimientos necesario para levantar un metro cuadrado.

- En la albañilería de concreto reforzada, sólo es necesario contar con un único rubro de mano de obra, es decir, el albañil, ya que las tareas de armado, colocación de los bloques y terminaciones, las puede realizar sin el auxilio de los oficiales carpinteros y armadores. Asimismo, el hecho de utilizar el bloque en su función estructural, agiliza los trabajos y posibilita una mayor rapidez constructiva, ya que no será necesario contar con los tiempos de encofrado y tiempos de espera para des-encofrado de columnas, vigas, etc., típicos de la construcción tradicional de las estructuras de concreto armado convencional.
- El armado de la albañilería reforzada es muy sencillo, ya que sólo es necesario utilizar barras rectas sin ataduras de ningún tipo, siendo muy sencillo el empalme de las mismas por simple traslape.
- Debido a la excelente terminación que presentan los bloques fabricados por vibro-compactación, es posible e inclusive recomendable, dejarlos a la vista, con el consiguiente ahorro en materiales y mano de obra correspondientes a las tareas de revoque y terminación.

E.- Teoría de la vibración.-

La vibración es el método de asentamiento práctico más eficaz conseguido hasta ahora, dando un concreto de características bien definidas como son: la resistencia mecánica, compacidad y un buen acabado. La vibración consiste en someter al concreto a una serie de sacudidas y con una frecuencia elevada. Bajo este efecto, la masa de concreto que se halla en un estado más o menos suelto, según su consistencia, entra a un proceso de acomodo y se va asentando uniforme y gradualmente, reduciendo notablemente el aire atrapado; la duración de la vibración influye determinantemente en la compacidad del elemento. Un inconveniente que se encuentra a menudo en el campo de la vibración, es el efecto de pared, fenómeno que tiene lugar en aquellas piezas de paredes altas y espesor reducido.

Aunque, se haya calculado un vibrador que responda a la masa total a vibrar, el asentamiento no será completo si tiene lugar tal fenómeno, debiéndose adoptar aparatos de mayor potencia para subsanar el efecto pared. Los concretos de consistencia seca son los que dan mayor resistencia pero, su aplicación en obras resulta muy difícil por su poca trabajabilidad, la vibración viene a solucionar este problema, permitiendo el empleo de mezclas con asentamientos de 0" a 1". La vibración puede ser de alta o baja frecuencia. Se considera de baja frecuencia valores usuales de 3000 vibraciones por minuto; cuando éstas son iguales o superiores a 6000 vibraciones / minuto se consideran en el rango de alta frecuencia. Con este último se logra una mejor compactación (vibración de baja frecuencia obliga el empleo de mezclas con una mayor relación a / c). Un factor de considerable importancia es el tiempo que dura el proceso de vibración. Este tiempo depende, entre los factores más importantes, de la frecuencia de vibración, de la calidad del agregado, de la riqueza en cemento de la mezcla; al aumentar la frecuencia disminuye el tiempo de vibrado, sin embargo, la vibración muy enérgica y prolongada puede producir efectos desfavorables, la vibración se da por completa cuando la lechada de cemento empieza a fluir a la superficie.

F.- Normas.-

Los bloques serán fabricados en conformidad con las normas peruanas NTP 339.005 y NTP 339.007: "Elementos de concreto, Ladrillos y bloques usados en albañilería", satisfaciendo las dimensiones modulares para muros y tabiques; así como, requisitos de resistencia y absorción. Se fabricarán los siguientes tipos:

Clasificación de los bloques según resistencias		
Tipo	Dimensión (cm)	Resistencia a la compresión (kg / cm ²)
BI	10 x 20 x 40	40
	30 x 20 x 40	40
BII	10 x 20 x 40	50
	30 x 20 x 40	50
BIII	10 x 20 x 40	70
	30 x 20 x 40	70
BIV	10 x 20 x 40	100
	30 x 20 x 40	100
BV	10 x 20 x 40	120
	30 x 20 x 40	120

G.- Resistencia de concreto en probetas vibradas.-

Concreto vibrado Manualmente				
Espécimen	Diámetro (cm)	Area (cm ²)	Fuerza (kg)	Resistencia (kg / cm ²)
N1	15	177	17560	99
N2	15	177	17000	96
N3	15	177	13700	77

Concreto vibrado en mesa vibradora				
Espécimen	Diámetro (cm)	Area (cm ²)	Fuerza (kg)	Resistencia (kg / cm ²)
V1	15	177	36400	206
V2	15	177	32800	185

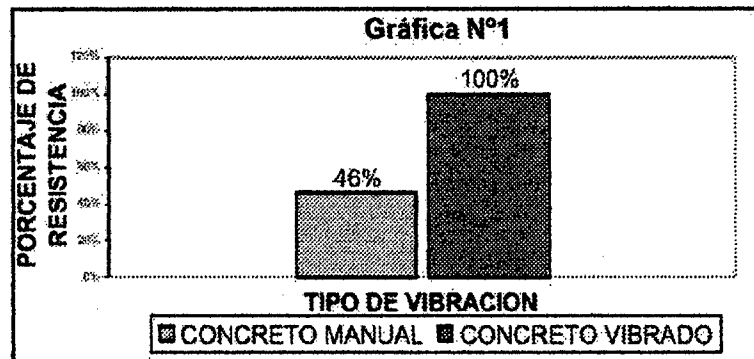


Gráfico N°1: Variación de resistencias entre un concreto vibrado manualmente y un concreto vibrado a máquina.

Nota.- El bloque vibrado con la mesa alcanza el doble de resistencia que un bloque vibrado manualmente (práctica muy común en las zonas alejadas del país.)

H.- Características.-

En la construcción de muros portantes, la experiencia de otras investigaciones indica (en relación con las resistencias) que; un muro de bloque de 20 cm de ancho, es equivalente a uno de ladrillo de 30 cm de ancho, como es nuestro medio el muro usual portante es de 25 cm de ancho, se deduce que un muro de bloque de concreto de 20 cm sería superior de capacidad portante.

Será necesario controlar durante la producción: la dosificación de la mezcla, la cual se recomienda sea en lo posible en peso, pero pudiéndose dosificar en volumen utilizando latas, cajones ó carretilla; además, se debe controlar el tiempo de mezclado; el Slump o asentamiento; el peso unitario del concreto fresco; el tiempo de vibrado y, los procesos de desmolde y curado de las unidades.

I.- Implementación de un taller de producción.-

Actualmente se fabrican bloques de alta resistencia a la compresión, (120 kg / cm², tipo V), con diferentes mezclas cemento-agregado, utilizando grandes máquinas vibradoras con rendimientos mayores a las 1000 unidades / día; sin embargo, la disponibilidad de este tipo de equipos en muchas zonas rurales es prácticamente nula, donde se fabrican ladrillos y bloques de concreto utilizando moldes que permiten una compactación manual de la mezcla con ayudas de tacos metálicos o de madera; las unidades resultantes son de resistencia media (50 kg / cm², tipo II) y de bajo rendimiento en la fabricación.

Entonces, para la viabilidad de nuestro proyecto, un factor importante es la implementación de un taller de mediana escala que permita la fabricación de unidades en la misma obra con los mayores rendimientos y estándares de calidad, garantizando la fabricación de elementos que alcancen la resistencia especificada con un menor costo de producción.

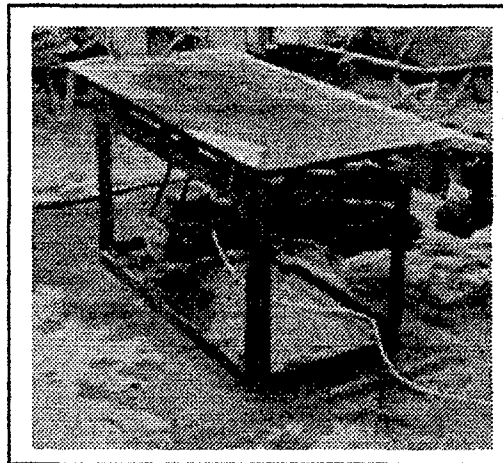
J.- Taller de mediana escala.-

El equipo adecuado para la fabricación de los bloques se da con una mesa vibradora, equipo que por el poco peso permite la facilidad del transporte y manipuleo pudiendo ser llevado a obra. Las mesas vibradoras constan esencialmente de una plataforma metálica, debajo de la cual se coloca el motor que transmite el efecto vibratorio, a través de, uno o varios accesorios (poleas, resortes, correas, etc.). El número y potencia de los motores y accesorios vibradores dependen del peso total a vibrar (peso del molde, de la mesa y de la masa del concreto) y se distribuye de una manera uniforme a lo largo de la mesa. En el caso que haya un solo motor, éste se coloca en el centro de la plataforma. El tamaño de las mesas es muy variable, según sean las dimensiones de los elementos a vibrar.

Una producción a mediana escala puede adaptarse a las condiciones de trabajo que se dan en una obra, considerando que los equipos y herramientas pueden movilizarse sin inconvenientes. Para la implementación de un taller de mediana escala en la misma obra, que permita la fabricación de 300 bloques por día con una cuadrilla conformada por 1 Operario + 2 ayudantes, se necesita el siguiente equipo:

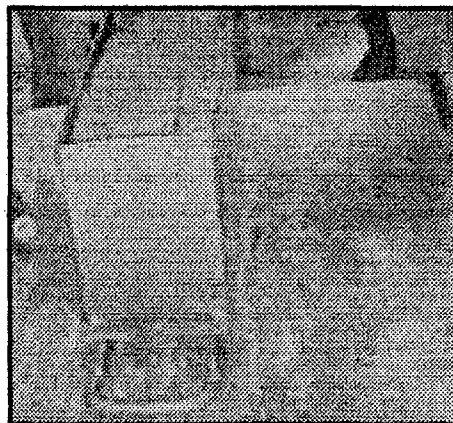
1.- Mesa vibradora. -

De 1.2 m x 0.6 m de 3HP y 1750 r.p.m., motor trifásico 220V y 60 hertz. pudiendo fabricarse un gran número de elementos constructivos tales como adoquines, block-grass, tubos, etc.



2.- Molde metálico. -

Permite fabricar bloques de 39 cm x 14 cm x 19 cm (largo, ancho, altura), los moldes metálicos tienen un mecanismo de expulsión constituido por una platina adosada a unas asas rotatorias. La caja del molde debe tener en la base, dimensiones ligeramente mayores que en la parte superior la cual facilita el desmoldaje; debiéndose limpiarse con petróleo después de cada jornada.



K.- Areas de producción.-

Una producción a mediana escala móvil o estacionaria, requiere contar con zonas apropiadas para las diferentes etapas de fabricación, éstas deberán ser niveladas con un terreno apisonado como mínimo

y de conveniente acceso para camiones; se debe prever el abastecimiento de agua y fluido eléctrico. Se debe ambientar una zona de 50 m² distribuida en:

- Zonas de materiales y agregado
- Zona de mezclado y fabricación
- Zona de desmolde
- Zona de curado y almacenado.

Nota: incremento de la producción; para una producción de 500 bloques por día, con la misma mesa vibradora, se deberá contar con 2 moldes e incrementar el personal a 2 Operarios, manteniendo los mismos 2 ayudantes:

Cuadrilla : 2 operarios + 2 peones

Producción diaria : 500 bloques / día

Máquina empleada : 1 Mesa vibradora.
2 Moldes metálicos.

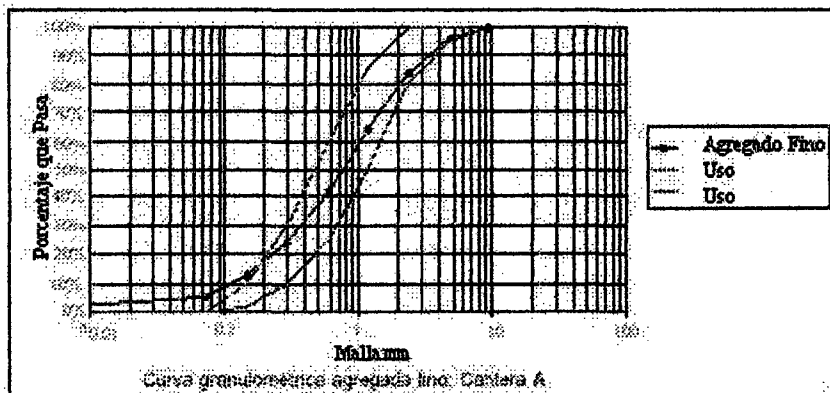
L.- Estudio preliminar.-

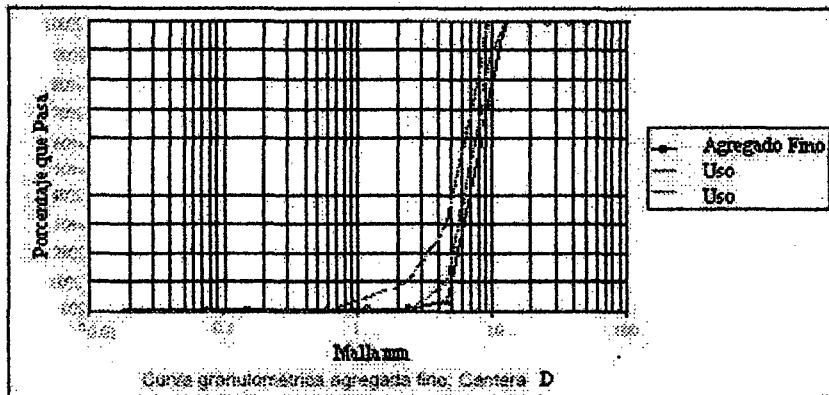
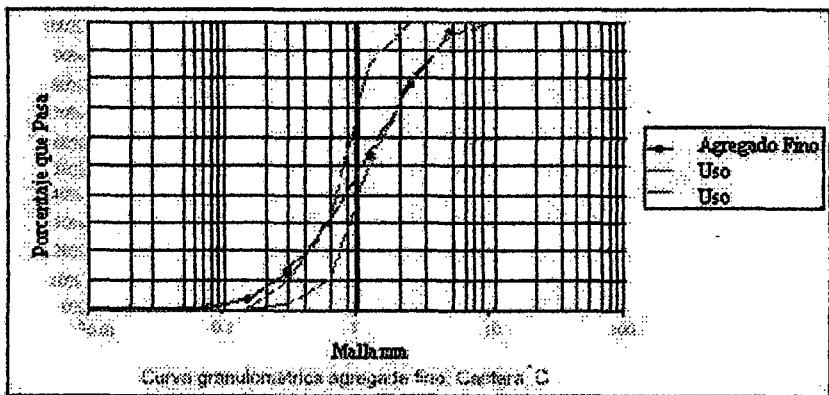
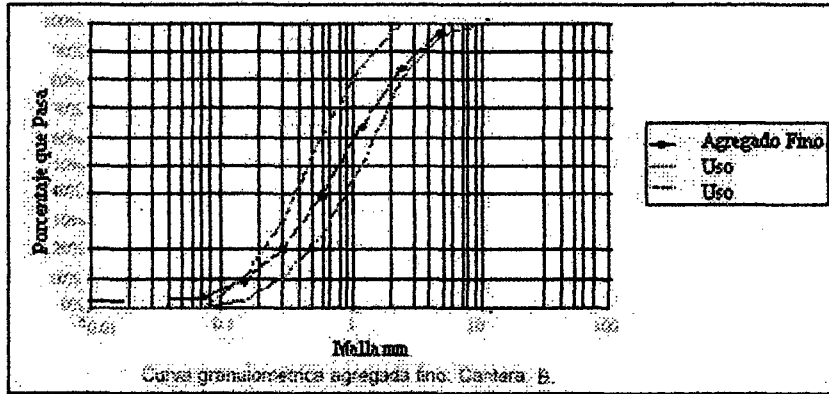
1.- Agregado -

Los agregados son elementos inertes del concreto, los cuales, ocupan alrededor de las 3 / 4 partes del volumen total por lo que su calidad influye grandemente en el producto final. En tal razón, conocer las propiedades físicas de los agregados constituye un elemento importante en el diseño de los bloques. Para el trabajo de investigación se ha utilizado tres canteras de agregados fino con características granulométrica diferentes cada una de ellas y una cantera de agregado grueso (confitillo de 3/8"). Los ensayos realizados para conocer las principales características de los agregados utilizados, fueron: Análisis granulométrico (NTP 400.012); Peso específico y absorción Agregado Fino (NTP 400.022); Peso específico y absorción Agregado Grueso (NTP 400.021); Peso unitario (NTP 400 017).

Agregado fino:
Cantera **A** procedencia Desconocido
Cantera **B** procedencia La Molina.
Cantera **C** procedencia La Morena

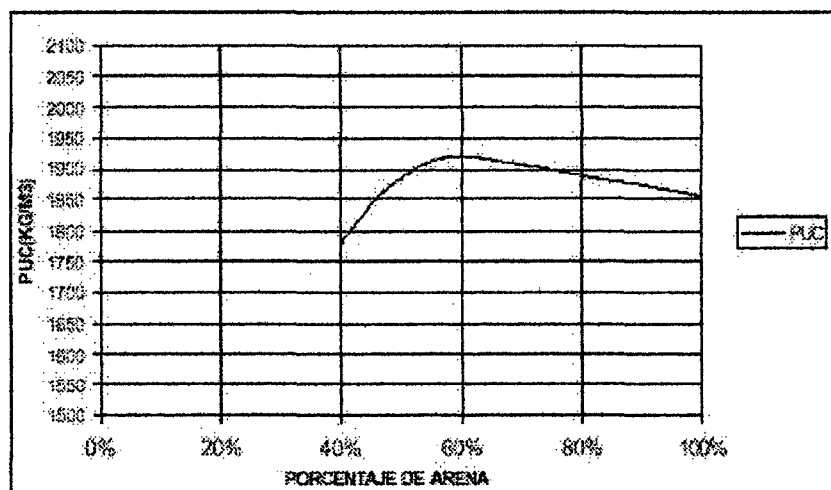
Confitillo:
Cantera **D** procedencia La Molina





2.- Agregado Global -

En trabajos importantes se considera conveniente hacer estudios especiales para determinar la óptima combinación de agregados, la cual se logra mediante la determinación de la combinación de materiales que produzca la máxima densidad compatible con una buena trabajabilidad del concreto y un mínimo contenido de cemento.



Del gráfico podemos observar que la combinación; agregado fino 60% y, agregado grueso 40% proporciona el mayor valor del peso unitario, garantizando la máxima densidad compatible con una buena trabajabilidad del concreto.

3.- Peso específico (NTP 400.022).-

El peso específico de los agregados, adquiere importancia en la construcción cuando se requiere que el concreto tenga un peso límite. Además, el peso específico es un indicador de la calidad, en cuanto los valores elevados corresponden a materiales de buen comportamiento, mientras que un peso bajo generalmente corresponde a agregados absorbentes y débiles, caso en que es recomendable efectuar otras pruebas adicionales. El peso específico de masa de la mayoría de los agregados comunes empleados está comprendido dentro de los límites de 2.6 a 3.00.

Agregado	Cantera	Peso específico de masa (kg / m ³)	Peso específico de masa superficialmente seco (kg / m ³)	Peso específico aparente (kg / m ³)
Fino	A	2.41	2.43	2.46
	B	2.44	2.45	2.47
	C	2.41	2.43	2.45
Grueso	D	2.60	2.67	2.80

4.- Peso unitario (NTP 400 017).-

Este valor es requerido cuando se trata de agregados ligeros o pesados y en le caso de dosificarse el concreto por volumen.

Agregado	Cantera	Peso unitario suelto (kg / m ³)	Peso unitario compactado (kg / m ³)
Fino	A	1567.00	1821.28
	B	1603.49	1850.89
	C	1642.71	1853.90
Grueso	D	1339.25	1516.32

5.- Absorción (NTP 400 022).-

Agregado	Cantera	Absorción (%)
Fino	A	0.89
	B	0.59
	C	0.59
Grueso	D	2.74

6.- Ensayos de resistencia.-

Luego de evaluar la calidad de los agregados a ser utilizado se inició el estudio para la dosificación de fabricación de los bloques. A partir de bibliografía y experiencias pasadas, se plantea el estudio de tres dosificaciones en volumen, con una relación 60% arena y 40% confitillo, como se estableció anteriormente:

- 1: 6; en la proporción de 4 de arena gruesa y 2 de confitillo (60% arena 40% confitillo)
 1: 7; en la proporción de 5 de arena gruesa y 2 de confitillo
 1: 8; en la proporción de 5 de arena gruesa y 3 de confitillo

Para la dosificación del agua se parte de una relación en volumen 1:1, para luego ir agregando más agua hasta obtener una superficie húmeda, debido a que cuando la mezcla está seca no permite una buena compactación y el bloque resulta muy quebradizo, haciendo muy difícil el proceso de desmoldar; no siempre con la misma cantidad de agua se obtiene la misma textura.

7.- Análisis de resultados.-

El siguiente cuadro muestra la relación entre la resistencia de los bloques en función de la dosificación y el tipo de cemento; claramente se puede observar que la dosificación 1/7 nos proporciona la resistencia de 70 kg / cm^2 para fabricar bloques tipo III con los que pueden utilizarse en la edificación de viviendas hasta de dos pisos. Para la dosificación del agua se partió de la relación en volumen 1:1; para luego ir agregando más agua hasta obtener una superficie humedad, debido a que cuando la mezcla está seca no permite una buena compactación; el bloque sale muy quebradizo, haciendo muy difícil el proceso de desmoldar y no siempre con la misma cantidad de agua se obtiene la misma textura.

Resultado de la resistencia kg / cm^2										
Cemento Pórtland Tipo I		Lima-Sol.			Andino			Pacasmayo		
Cantera		A	B	C	A	B	C	A	B	C
Dosificación	1/6	83	75	84	101	100	81	81	80	81
	1/7	71	71	75	76	72	75	70	76	71
	1/8	47	55	60	44	11	60	55	69	44

8.- Estudio de diseño óptimo.-

A partir de los resultados obtenidos, sólo utilizaremos para el estudio de verificación del diseño óptimo la dosificación 1:7 con Cemento Pórtland tipo I Sol, agregado fino de la Cantera de la Molina (cantera B), tanto para las propiedades físicas, como para las propiedades mecánicas en pilas.

9.-Ensayos en pilas.-

El ensayo de pilas y muretes permite conocer el comportamiento de la albañilería sujeta a la acción de elementos mecánicos simples y alguna combinación de ellos. A partir de los resultados obtenidos, sólo utilizaremos la dosificación 1:7 con Cemento Pórtland tipo I Sol, con el agregado fino de la Cantera de la Molina (cantera B), tanto para las propiedades físicas, como para las propiedades mecánicas en pilas.

10.- Variación dimensional.-

Muestra	Dimensión nominal	Dimensión real	Variación mm	% de variación
Largo	38 cm	38.60 cm	-3	-0.71
Altura	19 cm	19.16 cm	1.6	-0.84
Espesor	14 cm	14.14 cm	1.4	-1.00

11.-Ensayo de alabeo.-

MUESTRAS	CONVEXIDAD	CONCAVIDAD
1	0 mm	0 mm
2	0 mm	1 mm
3	0 mm	0 mm
4	2 mm	1 mm
5	3 mm	0 mm

12.- Resistencia a la compresión.-

a.- Ensayo de resistencia a 7, 28 y 42 días.-

Material: Concreto
 Tipo de probeta: Ladrillo de concreto
 Tipo de ensayo: Compresión axial en unidades

Resistencia a:

7 DÍAS

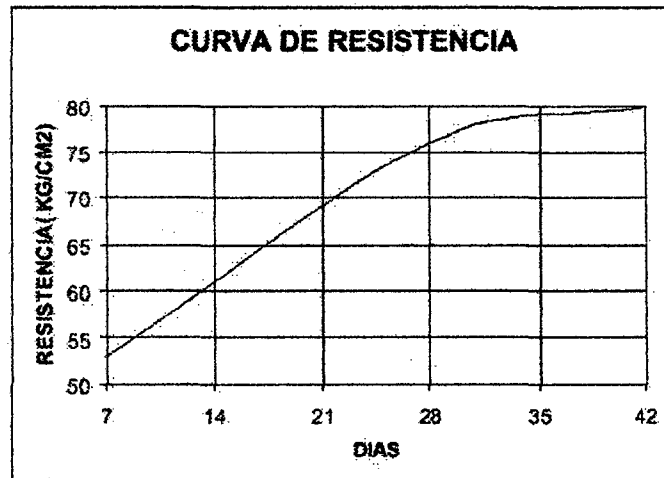
Identificación	Carga máxima kg	Sección cm ²	Resistencia kg / cm ²
I	17600	325.97	53.99
II	17320	323.43	53.55

Resistencia promedio: 53 kg / cm²**28 DIAS**

Identificación	Carga máxima kg	Sección cm ²	Resistencia kg / cm ²
I	23500	329.2	71.39
II	29000	330.1	87.85
III	23000	329.2	69.87

Resistencia promedio: 76 kg / cm²**42 DIAS**

Identificación	Carga máxima kg	Sección cm ²	Resistencia kg / cm ²
I	24300	331.20	73.37
II	29000	329.92	87.90

Resistencia promedio: 80 kg / cm²

Unidad	Absorción
I	4.97%
II	4.93%
III	3.27%
IV	4.56%
V	3.45%
Promedio	4.23%

Resultados del ensayo de absorción

13.- Compresión axial en pilas de bloques (f_m).

Esencialmente la albañilería está formada por dos materiales que tienen comportamiento diferente; al ser sometidos a cargas de compresión éstos se deforman en forma diferente, lo cual provoca esfuerzos adicionales en la zona de interacción entre ambos materiales.

Bajo el efecto de la carga vertical, la pieza y el mortero sufren deformaciones verticales acompañadas de un alargamiento transversal, si los dos materiales pudiesen deformarse libremente, tendrían deformación axial y alargamiento transversal diferentes, dependiendo de las características elásticas de ambos. La adherencia y fricción en las caras de contacto entre los materiales impiden el desplazamiento relativo así que el mortero y el bloque deberán tener la misma deformación, para adoptar esa posición, el

material más desfavorable (el mortero) sufrirá compresiones transversales en ambas direcciones y el material más rígido sufrirá tensiones transversales.

La falla podría producirse por aplastamiento de las piezas debido a la fuerza axial, pero también podrá presentarse por agrietamiento vertical producido por las deformaciones transversales que acompañan a la deformación longitudinal, y que en la pieza puede verse incrementada por el efecto junta; cuando el agrietamiento vertical se vuelve excesivo éste produce la inestabilidad del elemento de albañilería y su falla. El ensayo de resistencia a la compresión en pilas es el representativo para evaluar la resistencia a la compresión de la albañilería, denominado (f_m).

Expresión de resultados:

Se determina la resistencia a la compresión de cada pila aplicando la siguiente fórmula:

Pila	L (cm)	A (cm)	H (cm)	A neta (cm ²)	Esbeltez	F.C.	P (kg)	f_m kg / cm ² (Corregido por esbeltez)
P-1	39	14	40.16	325	2.87	0.84	24600	63.58
P-2	39	14	40.00	325	2.86	0.84	20200	52.21
P-3	39	14	41.06	325	2.93	0.85	22000	57.54
P-4	39	14	41.00	325	2.93	0.85	19500	51.00
P-5	39	14	40.26	325	2.88	0.85	22600	59.11

$$f_{mp} = \sum f_{mi} / n = 56.69; i=1,2,\dots,n$$

$$\text{Desviación estándar: } \xi = \sqrt{\sum (f_{bi} - f_{bp})^2 / (n-1)} = 5.46$$

PILA	ξ
P-1	11.88
P-2	5.01
P-3	0.18
P-4	8.09
P-5	1.46

$$\text{Coeficiente de variación: } v = \xi / f_{mp} = 0.09$$

Cuando "v" es menor que 0.1 el valor promedio no necesita ser corregido.

$$\text{Compresión axial en pilas: } f_m = a \times f_{mp} = 1.1 \times 56.69 = 62.36$$

M.- Conclusiones.-

- Los bloques vibro-compactados fabricados cumplen con todos los requisitos establecidos por la norma; además, se puede recomendar como patrón de diseño la dosificación 1:7.

- La dosificación 1: 7 significa proporción en volumen del agregado y es equivalente a utilizar 5: 2 (arena: confitillo) ó 4: 3 (arena: confitillo) ya que ambas cumplen la proporción establecida anteriormente de 60% arena y 40% confitillo; resultando más conveniente el uso de mayor cantidad de arena para darle a los bloques una mejor textura. Por lo tanto la óptima dosificación en volumen resulta ser la relación: 1: 5: 2 cemento: arena : confitillo. Con una dosificación inicial de agua 1: 1 (cemento: agua).

- De los resultados de los agregados podemos concluir que se trata de agregados de uso normal, con diferentes granulometrías, donde la Cantera A presenta exceso de finos; la Cantera B, una distribución granulométrica normal y, la Cantera C, un defecto en finos. Esto permitió estudiar el comportamiento de mezclas vibradas con diferentes granulometría, verificándose que en agregados con exceso de finos se necesita un adicional de agua en la mezcla, la misma que se hace menos trabajable conforme se iba secando, sin embargo, presentó mejor textura.

- En todos los casos, la mejor combinación de agregado fino con confitillo fue la relación 60% arena y 40% confitillo, permitiendo la mayor densidad de la mezcla.

- La vibración con la mesa permite duplicar la resistencia de las unidades en comparación con la compactación en forma manual. Al mismo tiempo la mesa vibradora permite fabricar unidades que cumplen con las tolerancias dimensionales. Las deformaciones que pudieran presentarse en los bloques serían, por consiguiente, atribuibles sólo a la mano de obra utilizada.
- La resistencia de los bloques a los 7 días representa el 70% de la resistencia a los 28 días; valor que nos permite realizar ensayos de calidad a corta edad y poder hacer los ajuste de mezcla correspondientes, si fuera el caso.
- El bloque de concreto por lo tanto cumple con las condiciones técnico y económicas necesarias para ser empleadas en la construcción de viviendas de bajo costo.
- Debido al acabado que presentan los bloques fabricados por vibro-compactación, es posible e inclusive recomendable, dejarlos cara-vista, con el consiguiente ahorro en materiales y mano de obra correspondientes a las tareas de revoque y terminación.

N- Recomendaciones.-

- Será necesario controlar durante la producción, las dosificaciones de la mezcla, los cuales se recomiendan sean por peso, sin embargo, en la mayoría de los casos se realiza por volumen. Es necesario dosificar muy cuidadosamente el contenido de agua de la mezcla, para que ésta no resulte ni muy seca ni demasiado húmeda; en el primer caso se corre el peligro de la fisuración o el desmoronamiento del bloque recién fabricado; en el segundo, que el material se asiente deformando las dimensiones.
- Para obtener bloques de concreto que cumplan las tolerancias dimensionales y que el proceso de desmolde sea inmediato, es necesario controlar que el agregados no tenga exceso de material fino y que la dosificación se realice con la cantidad mínima necesaria de agua, para evitar la rotura del bloque al desmoldar la unidad.
- Se debe controlar la duración del vibrado, así como, la potencia del motor, ya que otra de las causas de la rotura se debe a que el bloque no esta suficientemente consolidado, es decir, la vibración ha sido de poca duración. El vibrado se debe realizar por capas hasta que se forme una película de agua en la superficie.
- Para conservar la uniformidad de los bloques que dependen en gran medida de los agregados deben verificarse la calidad y la granulometría del agregado empleado, ya que no siempre es constante.
- Para mezclar el concreto utilizado en los bloques se debe iniciar mezclando previamente en seco el cemento y los agregados, hasta obtener una mezcla de color uniforme; luego se agrega agua y se continúa la mezcla húmeda durante 3 minutos. Si los agregados son muy absorbentes, incorporar a los agregados la mitad o los 2 / 3 partes de agua necesaria para la mezcla antes de añadir el cemento, luego agregar el cemento y el resto del agua y se continua la operación durante 2 ó 3 minutos.
- Es recomendable en lo posible, usar agregados con granulometría continua a fin de obtener superficies de texturas fina, tratando de utilizar una combinación de agregado con el mayor tamaño máximo, con lo que se puede obtener una reducción en el contenido del cemento para las especificaciones exigidas.
- En caso de encontrarse con agregados húmedos, se debe agregar a la mezcla menos agua para después agregar, poco a poco, hasta alcanzar la consistencia adecuada.
- Para que los bloques adquieran una buena resistencia, es necesario que estén constantemente humedecidos por los menos durante 7 días; se apilan los bloques en un máximo de 2 filas, sobre una capa de arena y se riega, cubriendo luego con plástico; el riego debe hacerse 2 veces al día en la mañana y en la tarde, el plástico debe ser claro y transparente, luego de secado 28 días se apilan en filas de 6 (máximo), no debe ser asentado antes de los 14 días.

- Se debe verificar la resistencia a la comprensión, absorción, dimensiones, permeabilidad, alabeo de los bloques vibro-compactados de acuerdo a lo establecido en la correspondiente norma de ensayos.

Anexo 1.05.- Instalación de una Fabrica de Bloques y Adoquines de Concreto [30].-

A.- Consideraciones Económicas.-

Un importante número de consideraciones económicas requiere la cuidadosa atención del empresario, previo a la decisión de establecer una industria moderna. Un análisis del mercado consumidor, de los posibles proveedores de materias primas y equipos, competencia, etc., otorgará una valiosa información para determinar el tamaño de la planta a instalar.

Una planta sobredimensionada dará como resultado empresas supercapitalizadas y con un costo operativo no rentable, pero también plantas pobremente equipadas incurren en un gran riesgo por falta de productividad y tienen inevitablemente costos altos, y deficiente producto. Las instalaciones reales deben adaptarse a requerimientos y circunstancias específicas de cada usuario, y no deben tomarse como invariables los procesos y / o alternativas que se detallan mas adelante, los que en cada caso demandan una evaluación individual específica.

La falta de financiamiento accesible en los países de economías emergentes y en especial en Latinoamérica, representa una dificultad importante en las inversiones en el área de la construcción. Actualmente se da la alternativa de instalar plantas (automática-moderna) basándose en equipamiento usado y rehabilitado. Esta experiencia ha dado excelentes resultados siempre y cuando se cuente con el apoyo profesional de empresas dedicadas a la asesoría y actualización de equipos automáticos.

1.- Area de influencia.-

En la determinación del mercado potencial se toma habitualmente un radio de 200 km, pudiéndose alterar para más ó menos, al establecer dicho mercado, lo que se debe a la irregular distribución poblacional. Además de esta zona definida deben considerarse mercados especiales en áreas que por falta de materias primas apropiadas no puedan producir materiales similares. Debe tenerse en cuenta que el mercado a analizar incluye no sólo productos tradicionales como tabique o bloque hueco estándar, sino también productos nuevos como bloques aparentes con textura y color incorporados, adoquines, bloques para retención de taludes, elementos para banquetas, bovedillas, etc.

2.- Capacidad de la planta.-

Es importante considerar que un mismo equipo de producción moderno puede fabricar cuatro grupos de productos esenciales: Bloques y tabiques para muros; Bloques para techos y bovedillas; Adoquines destinados a banquetas, calles y estacionamientos; Bloques aparentes para terminación.

Un diseño correcto de planta será aquel en el cual el diseño de la planta prevea las futuras ampliaciones o instalaciones de equipos auxiliares, sin alterar la, planta original y aprovechando la instalación básica. Una planta con una producción menor a los 300 bloques por hora ó 1300 tabiques es poco rentable debido a que el costo unitario es alto (se toma como base el bloque hueco de 20 x 20 x 40 cm). También es importante analizar el grado de automatización en cuanto al empleo de mano de obra directa por su incidencia en costos y rendimientos. Los modernos equipos automáticos de producción pueden ser montados en un comienzo con poco equipamiento auxiliar (transporte, estibado, etc.) reduciendo de este modo la inversión inicial y utilizando un mayor nivel de mano de obra.

Una vez asentada la empresa en el mercado, podrá ir incorporándose equipos que permitan mecanizar y mejorar la productividad. Esta manera de planificar la inversión por etapas facilita el comienzo de la actividad industrial. La integración comercial y la exigencia de calidad del mercado actual exigen condiciones tecnológicas modernas para poder competir eficientemente.

B.- Selección de Equipos.-

La instalación de una moderna planta no significa necesariamente la compra de equipos nuevos de producción. La posibilidad de instalar equipos usados, en función de aprovechar máquinas en muy buenas condiciones para atender las necesidades de un mercado creciente, es factible, como lo muestran varias experiencias concretadas por nuestra empresa; esto posibilita la opción de trabajar con un equipamiento actualizado, de un rendimiento muy similar al de un equipo nuevo y con valores muy inferiores de inversión. Existen seis grupos básicos y máquinas para producción de bloques y adoquines:

1.- Equipos de almacenamiento y manejo de materias primas.-

A medida que aumenta la producción, el volumen de agregados y cemento a utilizar alcanza una magnitud difícil de manejar por métodos manuales y debe recurrirse necesariamente a sistemas mecanizados. En una planta que produzca 500 bloques por hora, se requieren más de 4 m³ de concreto por hora. La carga de la mezcladora y la dosificación de los diversos materiales insumiría mucha mano de obra de no contar con medios mecánicos.

a.- Equipos para acopio y movimiento:

- Silos para agregados
- Cargadores frontales móviles.
- Elevadores ó bandas inclinadas de transporte de agregados.
- Silos para cemento.
- Sin fin de transporte de cemento.
- Molinos o quebradoras y zarandas de calibración de materiales

La tendencia más moderna es recibir el cemento a granel en pipas y soplarlo a los silos a partir de los cuales se lo extrae y dosifica con sinfines motorizados que transportan el cemento a básculas; los agregados se reciben mediante camiones en tolvas a partir de las cuales se lo procesa en caso necesario (molido ó cribado) y se lo transporta a silos de utilización y acopio mediante elevadores ó bandas; Existen comercialmente muchos equipos para estos procesos y actualmente es muy común que estén totalmente automatizados.

b.- Equipos dosificadores.-

Es una etapa fundamental en el proceso de producción ya que la calidad del producto final dependerá de la precisión con que se realice la proporción o dosificación de los diversos materiales que intervienen en el concreto del bloque. La dosificación puede realizarse por peso o por volumen dependiendo de las características de agregados. El cemento normalmente se pesa para mayor precisión.

Una vez medido los agregados y el cemento, son descargados a la mezcladora en donde se mezcla incorporándose agua, aditivos y colorante (en los casos necesarios), todo este proceso es muy fácil de automatizar por lo que no es conveniente realizarlo manualmente dando lugar a una gran imprecisión.

La secuencia de ingreso a la mezcladora de los distintos componentes que conforman la mezcla, el control permanente de la humedad, así como, la cantidad y oportunidad de la adición del agua durante el mezclado son aspectos críticos para la obtención de mezclas apropiadas para el moldeo de productos de calidad constante; es por ello, que se recomienda controlar automáticamente por medio de sistemas electrónicos.

2.- Equipos de mezclado.-

El proceso de mezclado es de fundamental importancia para lograr uniformidad en cualquier concreto y por lógica en el producto terminado. Existen tres tipos de mezcladora:

- Tambor fijo y eje horizontal. (Helicoidales)
- Tambor fijo y eje vertical. (Planetarias o forzadas)
- Tambor giratorio

Las primeras son las más habitualmente utilizadas en la producción de concretos semi-húmedos como lo son los de aplicación en bloques y en algunos casos también las segundas; no siendo aptas las de tipo giratorias por requerir mucha agua para operar correctamente. Las primeras tienen un menor consumo de

energía y se facilita en ellas la incorporación de los modernos equipos electrónicos de detección de humedad y adición de agua, que permiten obtener una gran uniformidad en la consistencia del concreto.

La capacidad real de la mezcladora debe ser cuidadosamente analizada en función de la máxima capacidad de consumo del molde y de los diferentes tipos de productos a fabricar de manera de lograr continuidad en los ciclos de dosificación y mezclado; asimismo es importante, en el ciclo de mezclado, analizar los tiempos de carga y descarga de la misma en función de los sistemas y equipos auxiliares de dosificación que se incorporen. La calidad del acero de las aspas y revestimiento interno de la mezcladora es de fundamental importancia.

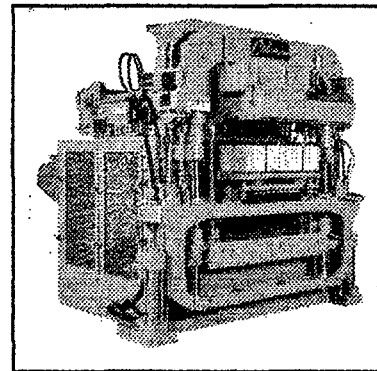
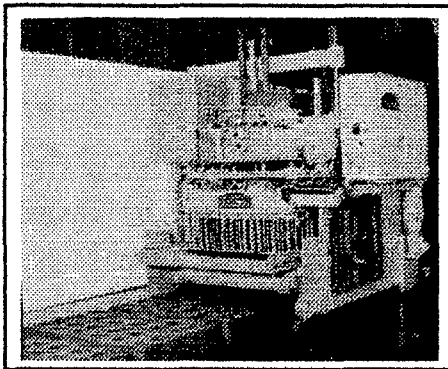
3.- Equipos de moldeo.-

El bloque de concreto se produce en un molde de acero indeformable sujeto a vibración y prensado. El ciclo de producción de una máquina bloquetera es:

- 1° Llenado del molde bajo vibración.
- 2° Prensado bajo vibración.
- 3° Detención de vibración y desmolde.
- 4° Retorno a posición inicial

Existen dos criterios de máquinas:

Máquinas móviles o ponedoras que dejan el producto en el piso.



Máquinas fijas o de tabla que dejan el producto sobre placas de madera ó metal.

Una máquina bloquetera moderna y eficiente debe necesariamente tener automatizado su ciclo para independizarse de la voluntad del operario lográndose un alto rendimiento y una uniforme calidad ciclo a ciclo.

Un mismo equipo permite producir cientos de productos diferentes, ya sea en tipo, tamaño, textura y variedad mediante un simple cambio de moldes; manteniendo siempre un idéntico nivel de insuperable calidad, con la única condición de que esos productos quepan dentro de la placa de moldeo. Al existir distintos tamaños de placas de moldeo para las bloqueteras, es aconsejable prever, antes de definir la compra del equipo, todos los productos que pretendan fabricarse con él para estudiar los diversos tipos de moldes que serán eventualmente necesarios para producirlos, aunque no se adquiera la totalidad de ellos en forma inmediata.

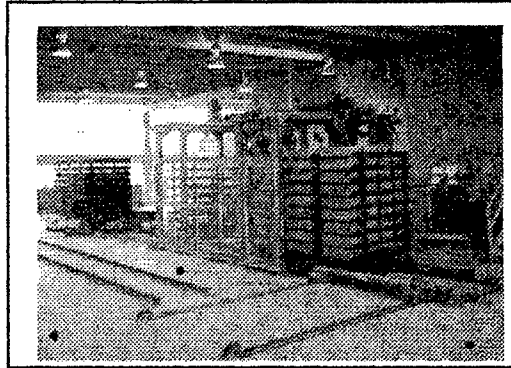
En la mayoría de las máquinas americanas los moldes son totalmente modulares y desarmables y es posible prever en el diseño inicial de los mismos posibles «kits» de transformación que permitan utilizar un mismo molde para distintos productos mediante la simple eliminación, sustitución o adición de componentes los que, además, pueden reemplazarse individualmente en caso de desgaste.

4.- Sistemas de transporte y estibado.-

En las plantas con máquinas ponedoras debe contarse con; un sistema de transporte del concreto desde la central de mezclado hasta la bloquetera móvil; este elemento puede ser un montacargas ó cargador frontal modificados ó un transportador de riel colgante pero con capacidad suficiente en función del consumo de la máquina y de los tiempos de producción y transporte; también se requiere de equipos para levantar el material del piso una vez fraguado.

En caso de no contarse con cubadoras móviles se requiere de mucha mano de obra. Algunas máquinas móviles requieren de grúas portal para ser cambiadas de carril, lo cual implica un alto costo de equipo.

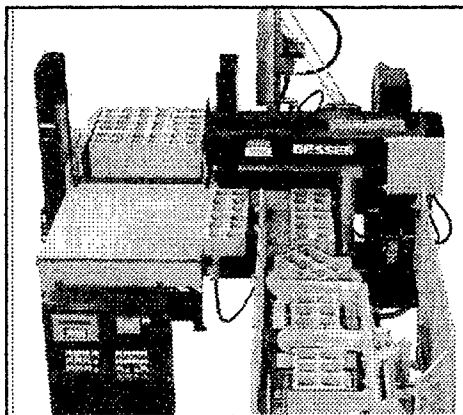
En las plantas con máquinas fijas de producción sobre placas, éstas son apiladas en estantes ó racks para ser transportadas a las salas de fragüe, o transportadas directamente mediante transbordadores especiales de uñas que mueve directamente las paletas al curado. La carga de estos estantes se puede realizar mediante grúas semiautomáticas o mediante equipo totalmente automáticos.



El transporte de los mismos hacia y desde las salas de curado puede realizarse con montacargas ó también con equipos automáticos; una vez fraguado el producto se despaleta (quitando el producto de su placa de soporte) y el bloque se envía a máquinas que realizan el estibado o a líneas de cubado manual o automático.

Otro proceso de movimiento es el que utiliza un transportador continuo a la salida de la bloquera que traslada las tablas con productos frescos hacia una zona de curado y luego del proceso de fragüe las regresa a zona de despaletado y estibado

Existen cubadoras / estibadores totalmente automáticas con lo que se puede completar una línea de trabajo 100% automatizada.



Las modernas plantas de bloques cuentan actualmente con comandos computados que controlan la totalidad del ciclo de producción de la planta otorgando a la vez amplia información de la velocidad de trabajo de la máquina, fallas eventuales, consumos, etc. Este tipo de controles programables del proceso de la planta mediante PLC puede ser incorporado sin ningún inconveniente en un equipo semi - nuevo durante su rehabilitación.

5.- Sistemas de curado. -

El proceso de fragüe del concreto, que suele ser despreciado, requiere un análisis muy detallado por su gran importancia en la calidad final del producto. Existen tres formas básicas de fraguar el bloque de concreto:

a.- Fragüe natural por riego.-

Requiere de regadores o aspersores para mantener las piezas con un grado de humedad aceptable (mínimo de 14 días). Su largo período hace poco práctico este sistema que normalmente se aplica muy precariamente regando el material sólo unas horas. Tiene, además, el inconveniente de producir el “lavado” superficial de las piezas dejando una mala terminación de las mismas.

b.- Fragüe por vapor.-

Es uno de los mas aplicados en especial en zonas en donde las temperaturas del invierno no permiten aplicar el sistema de niebla de agua. Para la producción del vapor se utilizan calderas, generadores de vapor directo o evaporadores abiertos a fuego directo. Los sistemas de curado mediante vapor están quedando cada vez mas en desuso por su alto costo inicial de instalación, y costo de combustible en la operación. Producen también una alta corrosión en las placas y racks y eventualmente decoloración en los productos coloreados. En todos los casos se requiere de salas o cuartos cerrados para aplicar el vapor.

c.- Fragüe por niebla de agua.-

El sistema de niebla de agua es más moderno y permite un curado de muy buena calidad con un costo muy bajo por no requerirse calentar el agua que se utiliza a temperatura ambiente. Este ciclo se basa en aspersores especiales de niebla que incorporan humedad al ambiente cerrado de las cámaras de fragüe logrando un fragüe “de adentro hacia fuera” del concreto de las piezas y por lo tanto de mucho mejor calidad que en el vapor. Este sistema no es aplicable con temperaturas menores a 10 °C por lo que en algunas situaciones se requiere de apoyo de sistemas de calor o vapor como complemento.

6.- Máquinas auxiliares de producción.-

El mercado moderno requiere cada vez más de productos de mejor acabado que den un mejor acabado a los muros como son los bloques coloreados y con textura rugosa o pulida. Para la elaboración de estos elementos se requieren de maquinas adicionales que una vez fraguado el bloque lo cortan o cizallan (Splitter) o lo pulen (pulidoras de diamante) para lograr determinados efectos de terminación.

7.- Equipos auxiliares.-

Uno de los elementos más comunes en el funcionamiento de una planta de bloques es un montacargas para los movimientos internos, así como, para el movimiento de estibas y almacenes y carga de producto en camiones para su entrega. También existen maquinas auxiliares como compresores de aire para compuertas neumáticas de tolvas y silos, bombas de agua, caldera para fragüe a vapor en caso de que se requiera, subestación transformadora, etc.

C.- Obras Civiles.-1.- Ubicación de la planta.-

Se debe ubicar geográficamente tomando en cuenta determinados parámetros: cercanía a las fuentes de materias primas, cercanía al centro más importante de consumo, equidistante de ambos y, ubicación especial (en una obra determinada o para un proyecto en particular); los fletes sobre las materias primas suelen influir más que los del producto terminado por lo que la tendencia actual es acercarse un poco más a las fuentes de materias primas aunque esto no es decisivo y deberá analizarse en cada caso.

2.- Proyecto.-

Es de fundamental importancia que el proyecto de obra civil sea realizado por profesionales relacionados con este tipo de industrias y no únicamente por personas que conozcan de proyectos en general. La base de un buen funcionamiento de planta nace en un proyecto que contemple un adecuado Layout de planta así como, la previsión correcta de todos los detalles de instalaciones y servicios necesarios y de las posibles ampliaciones o modificaciones de maquinaria para su actualización. No contemplar estos detalles a veces por falta de conocimiento específico en esta área puede llevar a problemas serios de funcionamiento. Deben tenerse en cuenta básicamente cinco áreas en la planta:

- Para oficinas y servicios
- Para producción específicamente
- Para stock de materias primas
- Para estibado de productos terminados
- Para fragüe o curado de los productos frescos

El acopio de los agregados, del cemento y, otras materias primas (color, normalmente en sacos; Aditivos, comúnmente líquidos), deberán de realizarse con especial cuidado.

La zona de producción debe contar con espacio para las máquinas de moldeo transporte y estibado en el caso de equipos fijos y con un amplio espacio de techumbre para cubrir toda la producción en caso de máquinas móviles ó ponedoras. En algunos casos no será necesario cerrar lateralmente esto lugares dependiendo de las condiciones climáticas, incluso la producción de ponedoras puede realizarse a la intemperie, con el riesgo de alteraciones en la calidad por causa de los agentes climáticos.

Las zonas en donde circulen montacargas, deben ser estudiadas en función del tamaño y radio de giro y deben estar con un piso lo suficientemente firme para soportar el peso de los mismos. El área necesaria para estiba de producto terminado depende de numerosas variables: cantidad de productos diferentes, política de ventas y de inventario, método de estibado y forma de carga de los camiones de transporte.

Anexo 1.06.- Ejemplo de diseño para un m³ de Concreto para bloques y Concreto Normal.-

Para la fabricación de 1 m³ de concreto Normal de $f'_c = 210 \text{ kg / cm}^2$, se requiere la siguiente dosis de materiales:

Material	Cantidad	Unidad
Cemento	336	kg /m ³
Agua	141	litros/m ³
Agregado fino húmedo	762	kg /m ³
Agregado grueso húmedo	1165	kg /m ³

Para la fabricación de 1 m³ de concreto Ligero de $f'_c = 140 \text{ kg / cm}^2$, para la fabricación de bloques, se requiere la siguiente dosis de materiales:

Material	Cantidad	Unidad
Cemento	230	kg /m ³
Agua	135	litros/m ³
Agregado fino húmedo	1301	kg /m ³
Agregado grueso húmedo	564	kg /m ³

Anexo 1.07.- Procedimiento para la dosificación [1].-

Un procedimiento para obtener las cantidades de material necesario para la elaboración del bloque de concreto, comprende los siguientes pasos:

A.- Volumen aparente del cemento.-

$$\text{Vol. Aparente Cemento(dm}^3\text{)} = 106 \cdot K$$

Donde:

$$K = 14.4 / (C + A + G)$$

C = Proporción de cemento

A = Proporción de arena

G = Proporción de agregado grueso

B.- Peso del cemento.-

$$\text{Peso Cemento (kg)} = \text{Vol. Apar. Cemento (dm}^3\text{)} \times \text{Peso Unit. Cemento (kg / dm}^3\text{)}$$

C.- Volumen absoluto del cemento.-

$$\text{Vol. abs. Cemento (dm}^3\text{)} = \frac{\text{Peso Cemento (kg)}}{\text{P.E. Cemento (kg/dm}^3\text{)}}$$

Peso específico (P.E.) de cemento = 3.1 kg/dm³

D.- Volumen del agua.-

$$\text{Vol. Agua (dm}^3\text{)} = \text{Coef. a / c (dm}^3\text{/kg)} \times \text{Peso Cemento (kg)}$$

Donde, 0.35 < a / c < 0.45

E.- Volumen de la pasta de cemento.-

$$\text{Vol. Pasta Cemento (dm}^3\text{)} = \text{Vol. Abs. Cemento (dm}^3\text{)} + \text{Vol. Agua (dm}^3\text{)}$$

F.- Volumen absoluto del árido.-

El árido ocupa el volumen que dejan libre los volúmenes de la pasta de cemento y el porcentaje de esponjamiento de la masa de concreto.

$$\text{Vol. Abs. Árido (dm}^3\text{)} = 1000 \text{ dm}^3 - \text{Vol. Pasta Cemento (dm}^3\text{)} - \text{Vol. Espj. Concreto (dm}^3\text{)}$$

G.- Peso total del árido utilizado.-

$$\text{Peso total Árido (kg)} = \text{Vol. Abs. Árido (dm}^3\text{)} \times \text{P.E. Árido (kg/dm}^3\text{)}$$

Donde P.E. para Arenas y gravas es, generalmente, 2.65 kg / dm³

H.- Determinación de los componentes.-

Se determinan los porcentajes de agregado fino (arena), y agregado grueso (gravilla), en forma analítica, según las fórmulas de Pfeinfferberger, ó, en forma gráfica, según la curva granulométrica, lo que permite tener el peso de cada árido.

$$X = 100 \times \frac{MG - MF}{MG - MA}$$

$$Y = 100 - X$$

Siendo:

X = % óptimo de agregado fino

Y = % óptimo de agregado grueso.

MA = Módulo de fineza del agregado fino

MG = Módulo de fineza del agregado grueso

MF = 3.70

Luego:

$$\begin{aligned} \text{Peso Arena (kg)} &= \text{Peso Árido (kg)} \times \text{Porcentaje Arena} \\ \text{Peso Árido Grueso (kg)} &= \text{Peso Árido (kg)} \times \text{Porcentaje Árido grueso} \end{aligned}$$

I.- Volumen aparente de la arena.-

$$\text{Vol. Aparente Arena (dm}^3\text{)} = \frac{\text{Peso arena (kg)}}{\text{Peso Unitario Arena (kg/dm}^3\text{)}}$$

Donde Peso Unit. Arena es de 1.40 – 1.70 kg / dm³

J.- Volumen aparente del árido grueso.-

$$\text{Vol. Aparente Arido Grueso (dm}^3\text{)} = \frac{\text{Peso Arido Grueso (kg)}}{\text{Peso Unitario Arido Grueso (kg/dm}^3\text{)}}$$

Donde *Peso Unitario Grueso (Gravilla)* esta comprendido entre 1.60 – 1.70 kg / dm³

K.- Volumen aparente del cemento.-

$$\text{Vol. Aparente Cemento (dm}^3\text{)} = \frac{\text{Peso Cemento (kg)}}{\text{Densidad Aparente Cemento (kg/dm}^3\text{)}}$$

Donde *Peso Unit. Cemento* esta considerado como 1.50 kg / dm³

L.- Volumen de materiales “brutos y secos”.-

$$\text{Vol. Materiales Brutos (dm}^3\text{)} = \text{Vol. Apar. Cemento (dm}^3\text{)} + \\ \text{Vol. Apar. Arena (dm}^3\text{)} + \\ \text{Vol. Apar. Árido grueso (dm}^3\text{)}$$

M.- Volumen del concreto acabado.-

El volumen del concreto acabado producido en cada amasado, está dado por la relación siguiente:

$$\frac{CA}{VM} = \frac{ca}{vm} \Rightarrow ca = vm \times \frac{CA}{VM}$$

Donde:

CA = Vol. Abs. De 1 m³ de Concreto Acabado (dm³), sin esponjamiento.

VM = Vol. materiales Brutos y Secos necesarios para 1 m³ de Concreto Acabado.

ca = Vol. de Concreto acabado producido en cada amasada.

vm = Vol. de la cuchara ó tambor de la maquina concretera.

N.- Cantidad de cemento contenido en cada amasada.-

$$\text{Peso Cemento (kg)/Cada Amasada} = \left(1 + \frac{a}{100}\right) \times \frac{C \times B}{\left(A + \frac{C}{r}\right)}$$

Donde:

C = Dosificación del cemento (kg / m³)

B = Cabida de la cuchara o cubeta de carga (dm³)

A = Vol. Del árido bruto (arena + grava)

r = peso unitario del cemento (*r* = 1.25 kg / dm³)

a = Coef. de penetración del polvo de cemento (*a* = 1.0, para árido húmedo; *a* = 2.6, para árido seco)

Ejemplo de aplicación práctica: Determinar las cantidades de cemento, agua, arena (de 0 a 4.76 mm), y gravilla (de 4.76 a 9.52 mm), los cuales componen un concreto ligero, la cual tiene una proporción es 1: 3: 6, relación a / c = 0.35 y 28% de vacíos, entre los granos de los agregados, la dosificación deberá ser ponerla y volumétrica, así mismo, indicar las cantidades de material que se debe introducir en una mezcladora de 310 l (11 ft³), y cual ha de ser la producción horaria de dicha máquina. (esponjamiento de 5%)

- a) Volumen aparente del cemento = 152.64 dm³
- b) Peso del cemento = 167.90 kg
- c) Volumen absoluto del cemento = 54.16 dm³
- d) Volumen del agua = 67.16 dm³
- e) Volumen de la pasta de cemento = 121.32 dm³
- f) Volumen absoluto del árido = 548.68 dm³
- g) Peso total del árido utilizado = 1454.00 kg
- h) Determinación de los componentes: X = 72% Y = 100 - X = 28%
 Peso Arena (kg) = 1454 x 72 % = 1046.88 kg
 Peso Árido Grueso (kg) = 1454 x 28% = 407.12 kg
- i) Volumen aparente de la arena = 1046.88 / 1.55 = 675.41 dm³
- j) Volumen aparente del árido grueso = 407.12 / 1.65 = 246.74 dm³
- k) Volumen aparente del cemento = 167.90 / 1.1 = 152.64 dm³
- l) Volumen de materiales "brutos y secos" = 1074.79 dm³
- m) Volumen del concreto acabado = ca = 218.18 dm³
- n) Cantidad de cemento contenido en cada amasada = 56.10 kg

Comprobación:

- Volumen del cemento por amasada = vc = 49.70 dm³
- Volumen de la arena por amasada = va = 219.90 dm³
- Volumen del cemento por amasada = vg = 80.40 dm³

$vc + va + vg = 49.70 + 219.90 + 80.40 = 350 \text{ dm}^3$
--

Anexo 1.08.- Muros de Bloques de Hormigón Simples Resistentes a la Penetración del Agua de Lluvia [33].-

A.- Introducción.-

En nuestro país cada día son más populares las edificaciones proyectadas con muros portantes de bloques de hormigón de una sola hoja (muro simple), los que en la mayoría de las veces quedan expuestos a la intemperie. Estos muros se levantan utilizando, ya sea bloques de hormigón estándar o también con los denominados arquitectónicos o texturados, tales como los bloques simil piedra o de bastones verticales partidos, pigmentados o no. Esta forma de construir es muy competitiva desde el punto de vista económico,

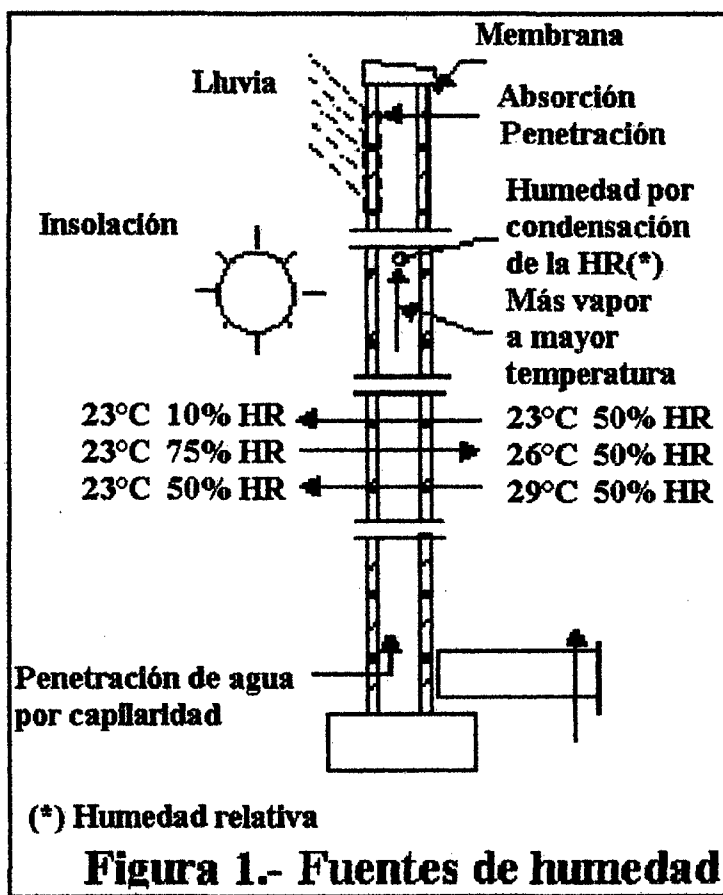
ya que el bloque cumple con tres funciones simultáneas: cierre, estructural y de terminación, sin necesidad de revoques posteriores. Sin embargo, a contraposición de los muros dobles, las paredes simples de bloques requieren especial atención en lo que se refiere a la penetración del agua de lluvia. La forma de lograr muros "secos" de bloques de Hormigón, consiste en que el conjunto, proyecto-ejecución, permita la conducción del agua dentro, a través y fuera del muro. Esto incluye detalles constructivos y aleros, ventanas, juntas y otros elementos, que aseguren que el agua no penetre la pared.

B.- Fuentes de Ingreso de Agua en los Muros.-

Para un adecuado diseño del muro es necesario tener en cuenta las siguientes fuentes de agua:

1.- Agua de lluvia.-

El agua de lluvia puede pasar a través de los bloques y la mezcla de asiento, cuando es conducida por la fuerza del viento, generando una presión superficial significativa. Sin embargo, estos materiales generalmente son demasiados densos para que el agua los traspase rápidamente, pero muchas veces lo logra aprovechando la falta de adherencia en la interface bloque-mortero, debida al "rehundido" defectuoso de las juntas. Otros puntos de ingreso, son las fisuras producidas por los movimientos del edificio, las juntas que se generan entre elementos constructivos adyacentes (techos, pisos, ventanas, puertas), etc.



2.- Succión capilar.-

Generalmente las paredes no tratadas con algún agente hidrófugo, se humedecen frente a la acción de la lluvia, debido a la acción de las llamadas "fuerzas capilares". La cantidad de agua absorbida dependerá de la capacidad de succión capilar de los bloques y el mortero utilizados. Los aditivos repelentes al agua incorporados a la masa de los mismos, reducen significativamente el gradiente su absorción, pero a su vez, no son capaces de prevenir la aparición de humedades cuando la acción de la lluvia con viento equivale a una presión de 50 mm o más. Los tratamientos superficies posteriores a la construcción de la pared (p.e. pinturas), reducen también significativamente la succión por capilaridad de la cara externa de la mampostería, pero tienen un pequeño o inexistente efecto en el interior de los bloques.

3.- Vapor de agua (condensación).-

Como es natural, el vapor de agua se difunde hacia zonas de menor presión. Esto significa, que se moverá desde donde la humedad relativa es mayor, hacia donde es menor, suponiendo que la presión y la temperatura dentro de la pared permanecen constantes. El vapor presente en una atmósfera de igual contenido de humedad y presión, pero de diferente temperatura, se moverá desde la zona más caliente, a una más fría. A medida que el aire se enfría, aumenta la cantidad de agua contenida, y cuando éste alcanza la temperatura llamada de "rocío", el agua presente en el vapor se condensará, generando otra fuente de producción de humedades.

C.- Consideraciones relativas al diseño Características físicas de los bloques.-

Los bloques de textura más abierta y mayor cantidad de vacíos (depende de su densidad, compactación y granulometría) tienden a ser más permeables que los de estructura más cerrada. El tipo de agregado y el contenido del agua de amasado, también afectan su capacidad de succión capilar y la difusión del vapor de agua. A su vez, y de acuerdo a su forma, los bloques comunes presentan mayor facilidad para el "rehundido" de la mezcla de las juntas verticales y horizontales, que los llamados bloques "arquitectónicos" ó partidos (símil piedra, abastionados verticales, etc.) por lo que son más susceptibles de ser penetrados por el agua de lluvia a través de la interface ya mencionada. También se recomienda que los bloques sean almacenados entre 14 y 21 días, antes de ser colocados en el muro, para reducir el riesgo de aparición de fisuras por contracción lineal por secado (ver más adelante).

1.- Repelentes al agua integrales (incorporados a la masa de hormigón).-

El uso de aditivos repelentes al agua en la fabricación de los bloques reduce en forma significativa la capacidad de absorción de la pared. El mismo aditivo debe ser también incorporado al mortero para compatibilizar la reducción por absorción capilar del muro completo. Sin embargo, esta solución poco puede hacer para evitar el ingreso de humedad cuando se producen grietas y fisuras importantes. Por lo tanto es esencial conservar un adecuado diseño de las juntas y una mano de obra calificada para la colocación de los bloques. Dichos aditivos no sólo son eficaces para mantener el agua alejada del muro, sino que también inhiben la migración de las humedades hacia la cara interna del mismo.

2.- Tratamientos superficiales (Pinturas).-

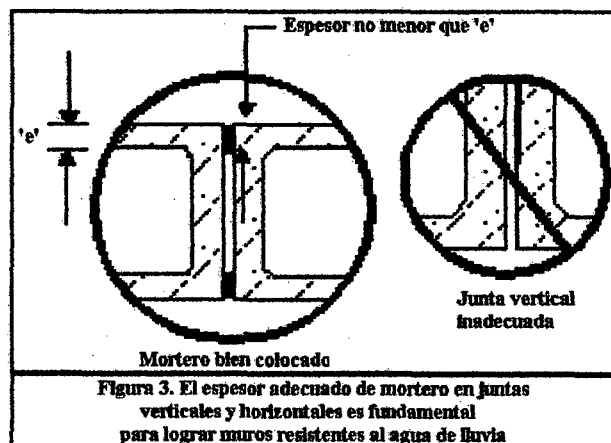
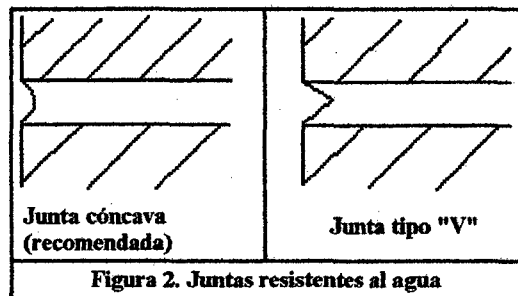
Siempre que se levanten muros simples de bloques de hormigón es aconsejable darle un tratamiento superficial posterior, sobretodo cuando se trate de unidades texturadas (bloques símil piedra, bastones partidos), se haya utilizado o no aditivo integral en el proceso de fabricación de los éstos. La mayoría de las pinturas son compatibles con los aditivos. Las pinturas que contienen elastómeros presentan la ventaja de cerrar pequeñas grietas e imperfecciones superficiales. Para mayor información ver el artículo "Repelentes al agua para la Mampostería de Hormigón".

D.- Juntas de Control y refuerzo horizontal

Para prevenir y disminuir la aparición de fisuras debidas a la contracción y pequeños movimientos de la estructura, se deben proyectar juntas de control convenientemente ubicadas, como así también el refuerzo con armaduras colocadas en el mortero de las juntas horizontales de la pared. Estas fisuras constituyen una puerta de entrada para el agua de lluvia y la condensación de la humedad del aire. La norma Iram 11556 describe las juntas de control, su ejecución y localización.

E.- Mortero y juntas mortero

El tipo de mortero y la forma de la junta tienen un gran impacto en la resistencia a la penetración de agua del muro. Una regla práctica es utilizar el mortero de menor resistencia a la compresión compatible con la capacidad estructural del muro, ya que estos son más trabajables y conducen a una junta más cerrada en la interface con el bloque. Las formas más adecuadas de las juntas son las cóncavas (redondeadas) y las tipo V, ya que conducen hacia fuera, rápidamente el agua de lluvia. El sector más débil del muro es siempre la junta vertical ya que es más difícil de llenar con mortero por lo que se recomienda una ejecución cuidadosa de la misma.



F.- Recomendaciones

1. Verificar que la documentación contractual incluya las normas Iram correspondientes (Nºs 11601- 11556-11583), y que los materiales y trabajos cumplan con lo allí especificado.
2. Verificar la calidad de la mano de obra, e indagar sobre la experiencia en proyectos similares.
3. Ejecutar muros de prueba y de verificación para conocer el nivel de la mano de obra antes de iniciar los trabajos. También servirán de guía y modelo durante la ejecución de las paredes, hasta su finalización.
4. Almacenar adecuadamente todos los materiales involucrados en la mampostería (incluyendo la arena), para protegerlos de agentes contaminantes, tales como el polvo, la lluvia y eventualmente, la nieve.
5. Cubrir con polietileno la hilada superior de los muros en ejecución al terminar cada jornada de trabajo. Dicha cubierta debe extenderse al menos 60 cm (3 hiladas) hacia abajo a ambos lados de la pared, y ser convenientemente fijada para evitar su desplazamiento por acción del viento.

Anexo 1.09.- Absorción del Sonido [7].-

El procedimiento usado en el River Bank Acoustical Laboratory, para medir la absorción del sonido de paneles de bloques de concreto, consiste en; colocando un panel de concreto dentro de una pieza hermética, se genera un sonido de alrededor de 110 decibeles, tomándose el tiempo que demora en desvanecerse, para finalmente comparar dicho tiempo con aquel de la pieza vacía, obteniéndose el coeficiente de absorción de sonido del material. Este procedimiento se repite para diferentes frecuencias obteniéndose un coeficiente promedio.

El coeficiente de reducción del sonido (NRC) del bloque depende en alto grado de la porosidad del material y de la textura de la superficie; la pintura tiende a sellar la superficie y disminuir por lo tanto su coeficiente de absorción, asimismo, la pintura de emulsión de resina tiene menor influencia que aquella pintura hecha de cemento, sin embargo, su disminución es también significativa. Parece evidente que las capas gruesas de pintura que disminuyen la transmisión del sonido de la albañilería disminuyen también su poder de absorción.

Coefficiente de Absorción de Sonido

Material	NRC
Bloque ligero	0.45
Bloque normal	0.27
Ladrillo	0.05
Vidrio	0.02
Madera panel	0.06
Madera piso	0.03

Fuente: *Ensayo de vivienda racionalizada Corvi 132 construida en bloques de concreto. Universidad Católica de Chile.*

Como se observa, los bloques de concreto constituyen un material que absorbe muy bien el sonido, lo cual acrecienta su valor en la construcción de toda clase de edificaciones; todo material capaz de absorber el 15% del sonido se considera de utilidad, desde el punto de vista acústico; ahora bien, los bloques de concreto normales absorben hasta el 25% del sonido que le llega, dependiendo de la graduación de los agregados, proporción de la mezcla y otros detalles de su fabricación, los bloques elaborados con agregados ligeros llegan a absorber hasta el 50% del sonido.

Coefficiente de transmisión de Calor para varios tipos de albañilería

Tipo de muro	Espesor (cm)	Sin revoque		Con revoque (1-3 cm)	
		R	U	R	U
Bloque hueco de concreto	20	3.7	0.27	4	0.25
Bloque hueco rellenos con corcho	20	5.0	0.20	5.28	0.19
Concreto	20	2.78	0.36	3.14	0.32
Ladrillo	10	3.85	0.26	4.16	0.24
Ladrillo	20	6.28	0.16		
Madera	2.5			7.7	0.13

U = Coef. de transmisión de calor (BTU / hr / m² / °C)

R = resistencia térmica, este valor es el recíproco del coeficiente de transmisión

Fuente: *Ensayo de vivienda racionalizada Corvi 132 construida en bloques de concreto. Universidad Católica de Chile.*

Se puede bajar la transmisión de calor de los muros revocándolos con morteros preparados con agregados ligeros, como arcilla expandida, vermiculita. Perlita, granulados volcánicos (piedra pómez), etc.

Anexo 2.01.- Ejemplo de Dosificación Óptima [12].-

CARACTERÍSTICA GRANULOMÉTRICA DE LOS AGREGADOS

CANTERA	AGREGADO	% RETENIDO								
		3/8	N4	N8	N16	N30	N50	N100	RESTO	MF
I	Arena Gruesa	—	4.3	22.6	19.6	12.8	12.1	19.4	9.2	2.99
	Confítillo	—	78.0	17.9	3.5	0.4	0.1	—	0.1	5.73
II	Arena Gruesa	1.3	3.5	12.2	18.6	16.6	17.2	18.1	12.5	2.68
	Confítillo	1.6	39.4	19.2	12.3	9.7	7.5	6.9	3.4	4.44
III	Polvillo de Roca*	—	1.3	26.3	22.9	14.1	14.2	14.1	7.1	3.16
	Confítillo	—	78.0	17.9	3.5	0.4	0.1	—	0.1	5.73

* Polvillo de Roca; residuo más fino que queda del chancado de Piedra.

"Con los materiales de las tres canteras, se fabricó bloques, ensayándose a los 28 días, luego de un curado por Aspersión cada 6 h. durante 7 días. Se realizaron los ensayos respectivos de Compresión, de igual forma se redondeo las cantidades tanto, en peso como en volumen, en el momento de realizar las mezclas de diseño con la precaución de no alterar en demasía las proporciones de los componentes".

DOSIFICACIONES

Cantera	Componentes	En Peso (kg)	En Volumen p ³ /bol
1	Cemento	1.00	1.00
	Arena Gruesa	5.31	5.30
	Confitillo	1.69	1.70
2	Cemento	1.00	1.00
	Arena Gruesa	3.04	3.00
	Confitillo	3.96	4.00
3	Cemento	1.00	1.00
	Polvillo	5.46	5.5
	Confitillo	1.54	1.5

RESULTADOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL (28 DÍAS)

Cantera	Dosificación (°)	# de bloques por ensayos	f _b kg/cm ²	Peso promedio	V %	f _{ht}	Mc
I	1: 5.3: 1.7 C: A: Conf	10	123.4	15.4	19.3	92.5	3.65
II	1: 3: 4 C: A: Conf	10	128.8	15.3	16.5	101.2	3.66
III	1: 5 ½: 1 ½ C: Pol: Conf	5	111.1	14.5	21.0	80.8	3.73

(*) C= cemento; A= agregado fino; Pol= Polvillo de roca; Conf= confitillo

"Dichos valores son satisfactorios y pueden considerarse normalizados según clasificaciones de la Norma de Albañilería E - 070 y ITINTEC 339.005; para el caso de la cantera III la resistencia es ligeramente menor pero el peso del bloque también disminuye, debiéndose tener presente que la cantidad de cemento y la menor frecuencia y tiempo de vibrado son parámetros que influyen notablemente en la resistencia final del bloque para una misma dosificación".

Anexo 5.01.- Estudio experimental de estructuras de bloques de concreto [32].-

A.- Objetivo.-

Se busca a través de este estudio experimental, obtener información importante respecto al comportamiento de muros de bloques de concreto; los ensayos se realizaron en las instalaciones del "Laboratorio de Estructuras"- CISMID; donde la respuesta de los muros frente a las sollicitaciones de carga lateral responde a una historia de carga por desplazamiento y; la toma de datos se realizó usando el "Sistema Universal de Adquisición de Datos", UCAM 5BT, el cual, cuenta con un conector GPIB, que transfiere los datos a un computador IBM, donde se almacenan en cada paso las mediciones de los sensores.

De los resultados obtenidos, se pudo establecer, cual de los cinco tipos tiene un aceptable comportamiento, frente a cargas laterales y con una cuantía menor de acero de refuerzo vertical. Posteriormente, se pretende determinar los parámetros adecuados para el diseño de edificaciones construidas con muros formados con bloques de concreto.

B.- Introducción.-

En el Perú, uno de los problemas sociales que más se ha agudizado en los últimos años es el de la vivienda, constituyéndose un problema no solamente económico sino también tecnológico.

La mayoría de las edificaciones son construcciones de albañilería confinada, sobre la base de unidades de arcilla, sin embargo, se sabe que en muchos lugares del país se emplea materiales diferentes a las unidades de arcilla, siendo una alternativa usada los bloques de concreto.

Las construcciones con bloques de concreto están ampliamente difundidas en el mundo. Estos también son empleados en techos aligerados, pavimentos, muros de contención etc., de tal forma que su uso es una alternativa que puede ser muy bien empleada en todas las zonas del Perú (Costa, Sierra y Selva).

Entre las ciudades del país que construyen con bloques de concreto se pueden mencionar: Moquegua, Tacna, Marcona, La Oroya, Cerro de Pasco, Junín etc.; sin embargo, existe el problema de un deficiente proceso constructivo.

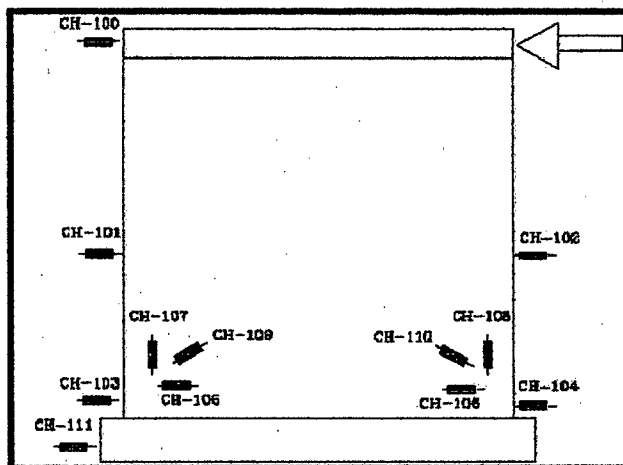
C.- Ensayo de carga cíclica lateral.-

Para obtener la respuesta del muro frente a solicitaciones de carga cíclica lateral se utilizó un mecanismo de carga; el cual, por medio de un "actuador lateral", apoyado sobre un muro de reacción aplica las cargas laterales al muro.

Para la aplicación de estas cargas se empleo un actuador electro-hidráulico marca Shimadzu, el cual, es capaz de producir desplazamientos de +/- 200 mm, y operar bajo un rango de cargas de +/- 25 t; este actuador se manipula mediante un controlador marca Shimadzu 9525 y un computador IBM a través de un convertidor análogo-digital mediante una tarjeta de GPIB; de esta manera las señales de comando son enviadas desde el computador al controlador quien realiza el desplazamiento de comando. Adicionalmente, se confinó verticalmente el muro, con una carga constante.

Para ello, se utilizó un pórtico de acero, el cual, rodeaba al espécimen, de tal manera que este pórtico sirviera de reacción a un actuador vertical el mismo que aplicaría la carga vertical de confinamiento.

El monitoreo del muro para la adquisición de datos, en el caso del ensayo cíclico de los muros, se realizó con un sistema con 11 transductores de desplazamiento conectados a un "Sistema Universal de Adquisición de Datos", UCAM 5BT Kyowa; este instrumento cuenta con un conector GPIB, que transfiere los datos a un computador IBM donde se almacenan en cada paso las mediciones de los sensores.



La Figura 1.- Posición de los sensores en el muro.

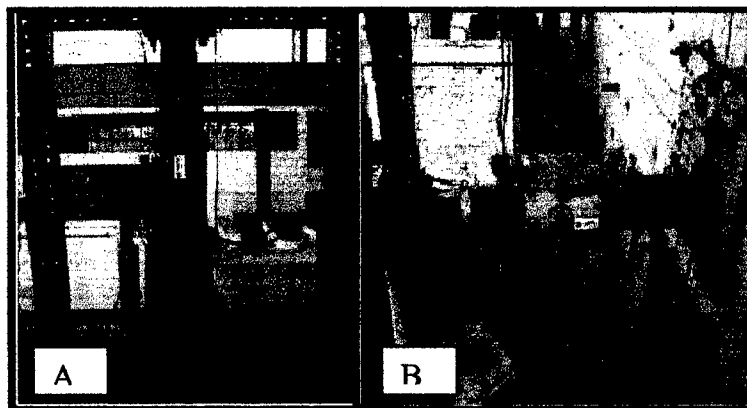


Figura 2.- A.- Actuador vertical y pórtico de reacción de acero
 B.- Actuador lateral y muro de reacción de concreto.

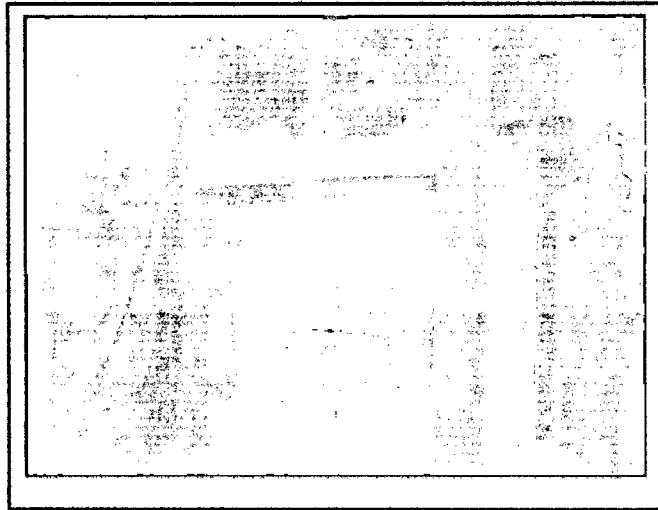


Figura 3.- Ensayo de Muro de Concreto

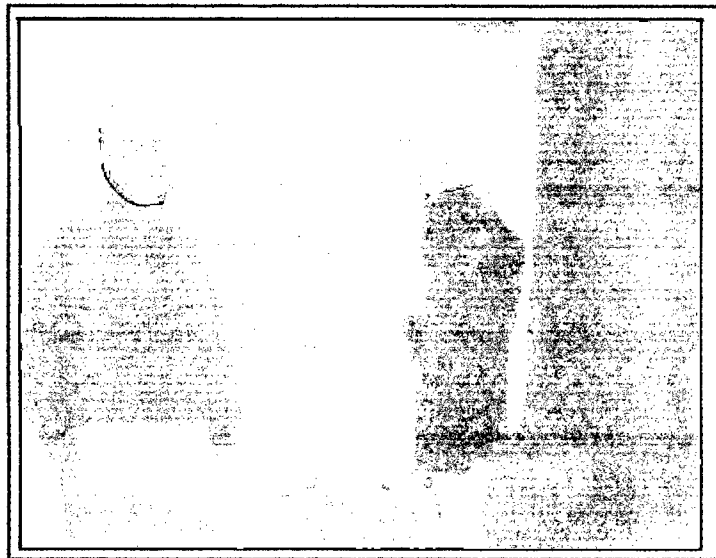


Figura 4.- Monitoreo continuo de grietas

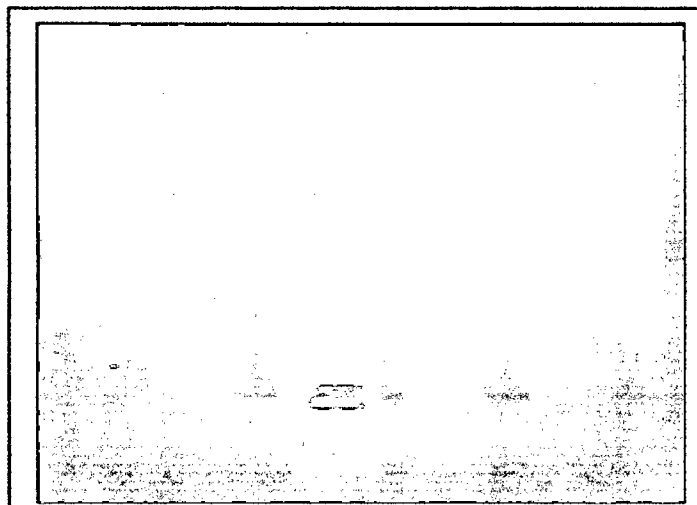


Figura 5.- Patrón de grietas finales.

D.- Metodología del ensayo cíclico.-

A efectos de simular la carga vertical de un piso superior sobre el muro, se consideró una carga vertical de confinamiento de 9 T, la misma que fue aplicada vía un actuador electro-hidráulico y transmitida al muro a través de la viga del pórtico de reacción; confinado el espécimen por la carga axial de 9 T, se procedió a la acción de cargas laterales sobre el muro, las cuales, fueron aplicadas cíclicamente a través de un actuador electro-hidráulico de 200 mm, de carrera del émbolo y actuando bajo un rango de cargas de 25 T; para medir los desplazamientos que originan la carga lateral sobre el muro, se utilizó un sistema de medición con sensores ubicados en las posiciones señaladas en la Figura 1. Los ciclos de aplicación de carga se siguieron tratando de llegar a los siguientes niveles de distorsión angular del muro, como se observa en la Tabla 1. Se han realizado nueve ensayos cíclicos, los cuales corresponden a cinco tipos de muros

Número de ciclos	Distorsión angular
1	1 / 3200
2	1 / 1600
3	1 / 800
4	1 / 400
5	1 / 200
6	1 / 100

Tabla 1

E.- Características de los muros ensayados.-

1.- Geometría.-

Los nueve muros ensayados eran de 3200 mm de longitud, 2300 mm de alto y un espesor de 140 mm. La Figura 2, muestra un muro típico.

2.- Cargas.-

Asumiendo que el espécimen muro pertenece al primer nivel de una vivienda unifamiliar de dos pisos, se estimó el peso que soportaría el muro como carga vertical de confinamiento. Para tal efecto se consideraron las siguientes cargas probables del nivel típico sobre el muro, considerando un área de influencia del muro de 10.24 m² (3.2 m. x 3.2 m.):

- Peso del Muro 2112 kg
- Tabiquería 100 kg / m²
- Sobrecarga vivienda 200 kg / m²
- Peso propio aligerado 350 kg / m²

De esta manera se estima una carga de 9.0 T. que actuará sobre el muro, simulando el efecto de un segundo nivel sobre éste, confinando verticalmente el muro.

F.- Refuerzo.-

En la Tabla 2, se muestra los diferentes refuerzos para cada tipo de muro, de acuerdo a esta distribución se ha considerado cinco tipos de muros cuya nomenclatura se muestra en la misma tabla.

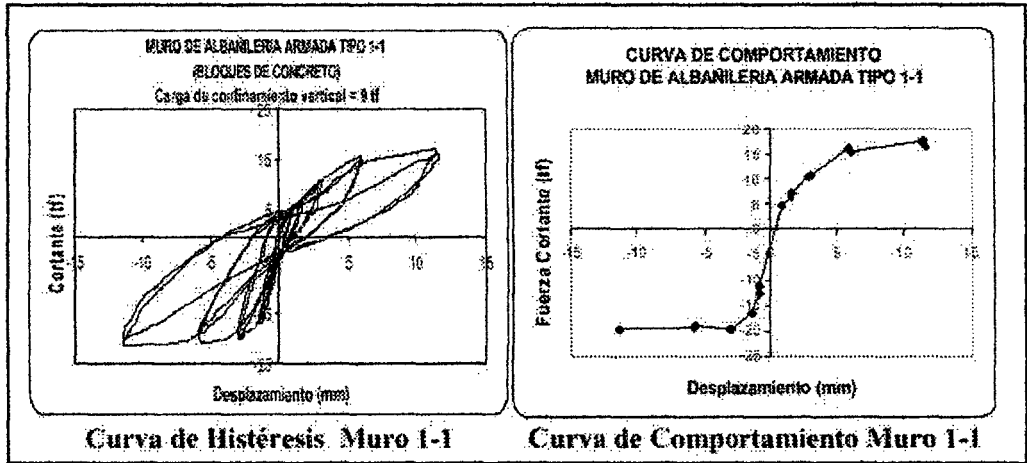
Espécimen	Refuerzo vertical		Refuerzo horizontal
	Extremos	Interior	
Muro tipo 1	2 Ø 3/8"	2 Ø 3/8"	2 Ø 6 mm @ 0.40 m.
Muro tipo 2	2 Ø 1/2"	2 Ø 1/2"	Ø 3/8" @ 3 hiladas
Muro tipo 3	2 Ø 1/2"	2 Ø 1/2"	2 Ø 6 mm @ 0.40 m.
Muro tipo 4	2 Ø 3/8"	2 Ø 3/8"	2 Ø 6 mm @ 0.40 m.
Muro tipo 5	3 Ø 3/8"	2 Ø 3/8"	2 Ø 6 mm @ 0.40 m.

Tabla 2

G.- Resultados.-

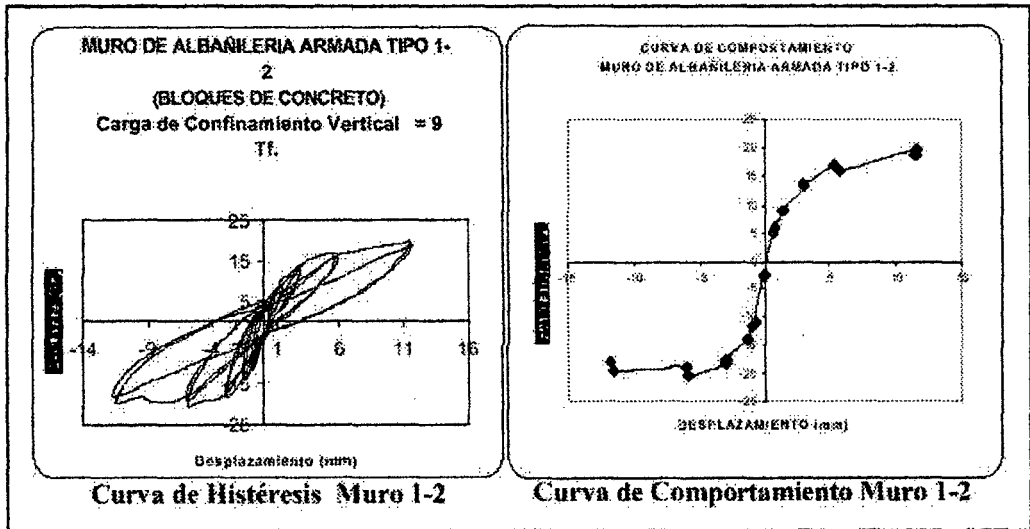
A continuación se muestran las curvas de Histéresis y de Comportamiento, obtenidas del ensayo. Considerando el patrón de distorsiones angulares dado en la Tabla 1 se efectuaron los nueve ensayos de los cinco tipos de muro, obteniéndose primero las curvas de histéresis a partir de las cuales se obtuvo la curva de comportamiento de cada muro, la cual, es la envolvente, tomando los valores máximos en cada ciclo.

También se muestran algunos valores de desplazamientos y cortantes máximos, así como, las rigideces iniciales de cada muro.



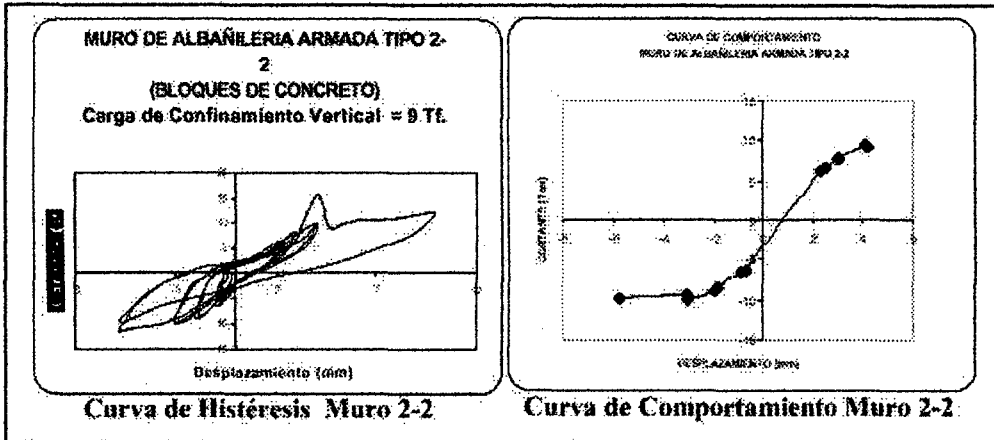
Ensayo Cíclico N.1 - (MURO TIPO 1-1)

Este espécimen Muro Tipo 1-1. alcanzo un desplazamiento máximo de 11.63 mm y una carga lateral máxima de 21.51 T, Rigidez Inicial 9.3 T / mm.

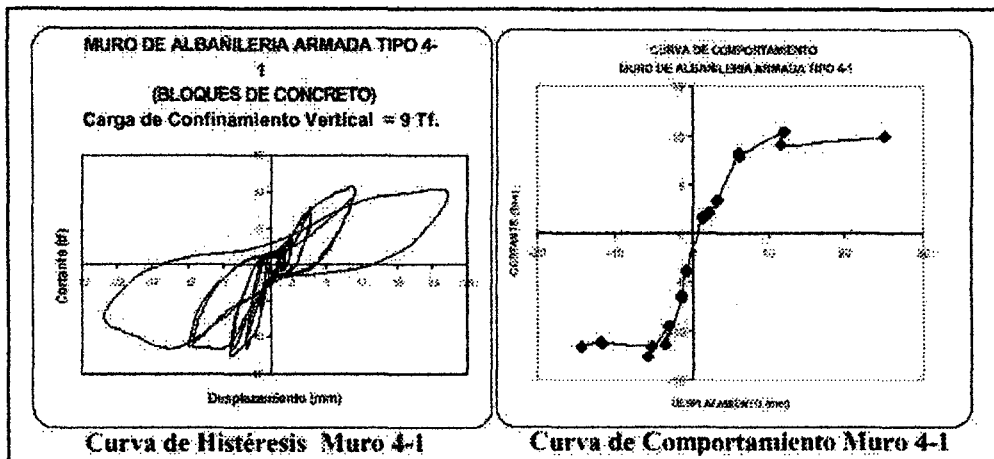


Ensayo Cíclico N.2 - (MURO TIPO 1-2)

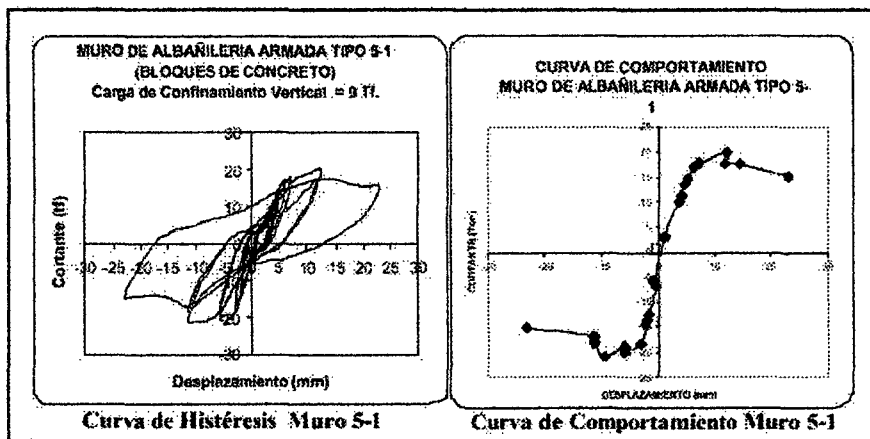
Este espécimen Muro Tipo 1-2. alcanzo un desplazamiento máximo de 11.87 mm y una carga lateral máxima de 20.31 T, Rigidez Inicial 10.1 T / mm.



Ensayo Cíclico N.5 - (MURO TIPO 2-2)
Este espécimen Muro Tipo 2-2. alcanzo un desplazamiento máximo de 10.01 mm y una carga lateral máxima de 15.78T, Rigidez Inicial 8.15 T / mm.



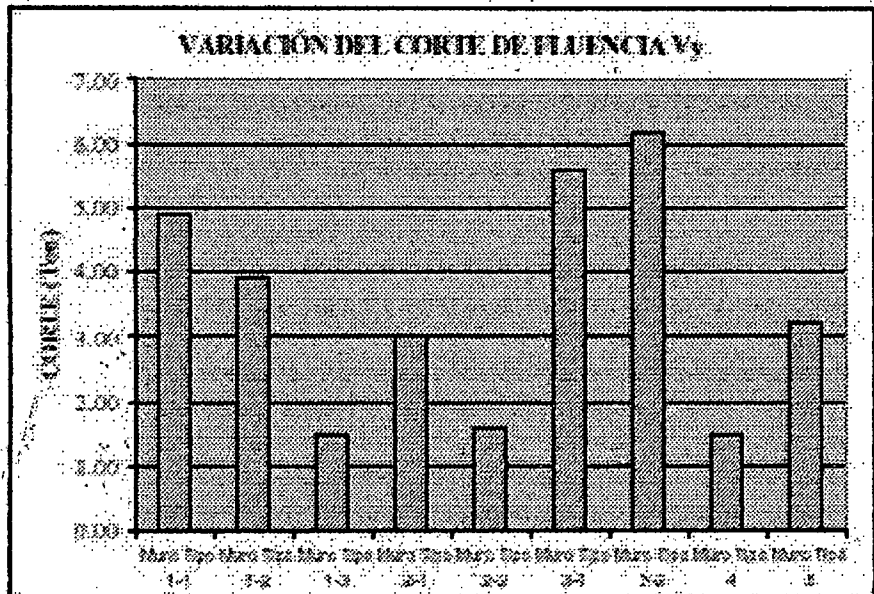
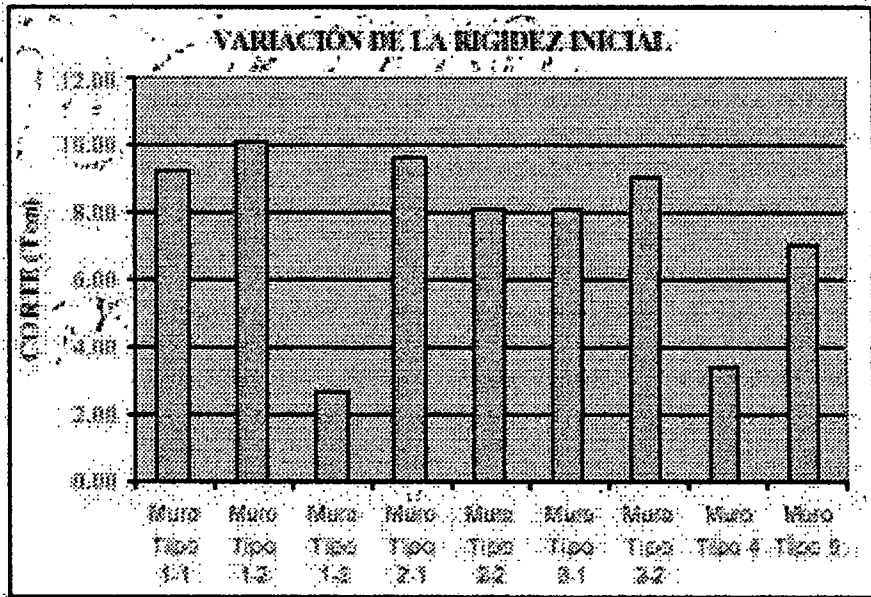
Ensayo Cíclico N.8 - (MURO TIPO 4-1)
Este espécimen Muro Tipo 4-1. alcanzo un desplazamiento máximo de 25.11 mm. y una carga lateral máxima de 12.60T, Rigidez Inicial 3.40 T / m.



Ensayo Cíclico N.9 - (MURO TIPO 5-1)
Este espécimen Muro Tipo 5-1. alcanzo un desplazamiento máximo de 23.13 mm y una carga lateral máxima de 21.06T, Rigidez Inicial 7.10 T / mm.

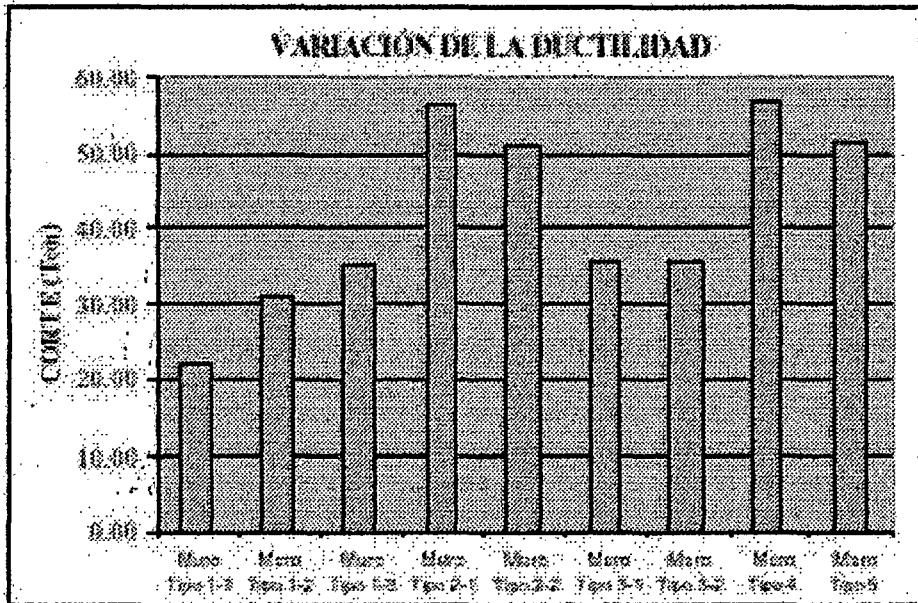
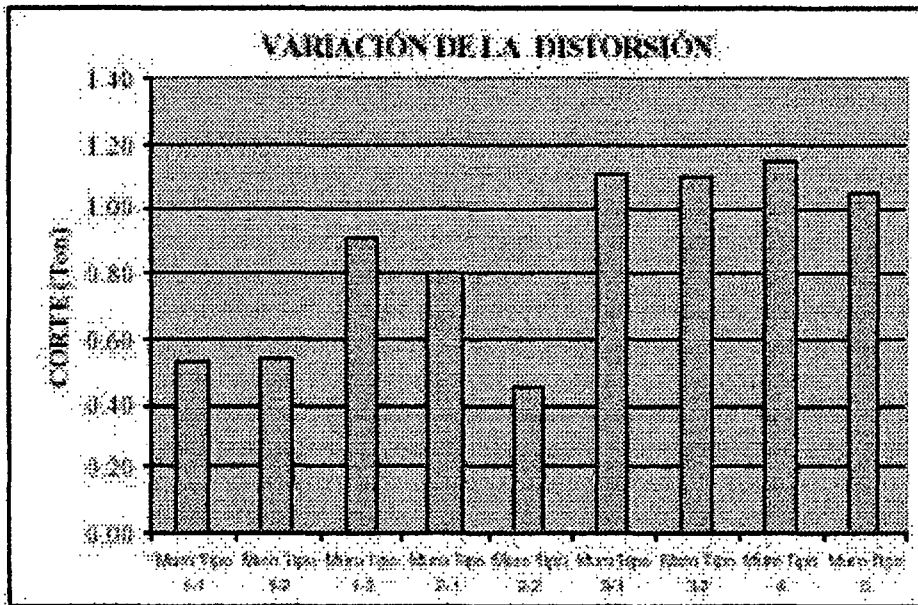
Especimen	Refuerzo vertical		Refuerzo horizontal	Rigidez inicial K (t/mm)	Corte de fluencia (t)
	Extremos	Interior			
Muro Tipo 1-1	2 Ø 3/8"	2 Ø 3/8"	2 Ø 6 mm @ 0.40 m	9.30	4.90
Muro Tipo 1-2	2 Ø 3/8"	2 Ø 3/8"	2 Ø 6 mm @ 0.40 m	10.10	3.90
Muro Tipo 1-3	2 Ø 3/8"	2 Ø 3/8"	2 Ø 6 mm @ 0.40 m	2.65	1.50
Muro Tipo 2-1	2 Ø 1/2"	2 Ø 1/2"	Ø 3/8" @ 3 hiladas	9.60	3.00
Muro Tipo 2-2	2 Ø 1/2"	2 Ø 1/2"	Ø 3/8" @ 3 hiladas	8.15	1.60
Muro Tipo 3-1	2 Ø 1/2"	2 Ø 1/2"	2 Ø 6 mm @ 0.40 m	8.15	5.60
Muro Tipo 3-2	2 Ø 1/2"	2 Ø 1/2"	2 Ø 6 mm @ 0.40 m	9.10	6.20
Muro Tipo 4	2 Ø 3/8"	2 Ø 3/8"	2 Ø 6 mm @ 0.40 m	3.40	1.50
Muro Tipo 5	3 Ø 3/8"	2 Ø 3/8"	2 Ø 6 mm @ 0.40 m	7.10	3.20

Tabla de resumen N° 01



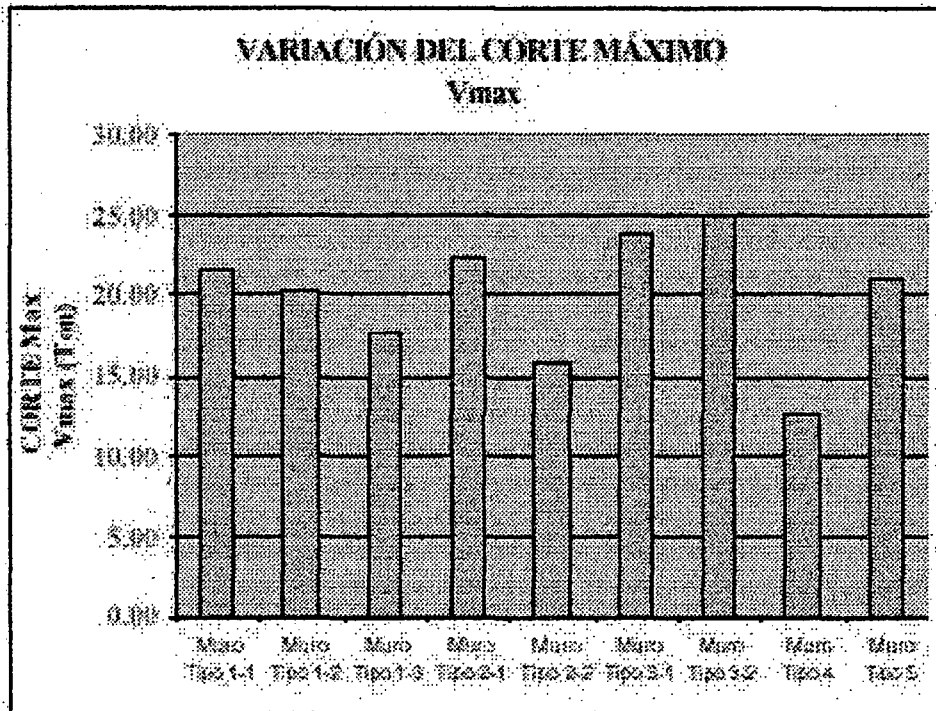
Especimen	Rigidez inicial k (T/mm)	Corte de fluencia V_y (T)	Desplazamiento		Ductilidad U_{max} / U_y	Distorsión Máxima (u/h) %
			de fluencia U_y (mm)	último U_{max} (mm)		
Muro Tipo 1 - 1	9.30	4.90	0.527	11.63	22.07	0.53
Muro Tipo 1 - 2	10.10	3.90	0.386	11.87	30.74	0.54
Muro Tipo 1 - 3	2.65	1.50	0.566	19.92	35.20	0.91
Muro Tipo 2 - 1	9.60	3.00	0.313	17.66	56.51	0.81
Muro Tipo 2 - 2	8.15	1.60	0.196	10.01	50.99	0.46
Muro Tipo 3 - 1	8.15	5.60	0.687	24.40	35.51	1.11
Muro Tipo 3 - 2	9.10	6.20	0.681	24.18	35.49	1.10
Muro Tipo 4	3.40	1.50	0.441	25.11	56.92	1.15
Muro Tipo 5	7.10	3.20	0.451	23.13	51.32	1.06

Tabla de resumen N° 02



Especímen	Corte máximo V_{max} (T)
Muro Tipo 1-1	21.51
Muro Tipo 1-2	20.31
Muro Tipo 1-3	17.74
Muro Tipo 2-1	22.33
Muro Tipo 2-2	15.78
Muro Tipo 3-1	23.83
Muro Tipo 3-2	25.00
Muro Tipo 4	12.60
Muro Tipo 5	21.06

Tabla de resumen N° 03



H.- Conclusiones.-

- Se han ensayado cinco tipos de muros, los cuales hacen un total de nueve especímenes denominados: tipo 1-1, 1-2, 1-3; tipo 2-1, 2-2; tipo 3-1, 3-2; tipo 4-1 y tipo 5-1.
- Se obtienen magnitudes de rigideces del mismo orden para los cinco tipos de muros, excepto en dos especímenes (tipo 1-3 y tipo 4-1); exceptuando estos especímenes podemos apreciar que la influencia del refuerzo en la rigidez del muro es casi nula y más bien esta depende de las propiedades del muro y de sus características geométricas, lo cual es correcto.
- De los tres especímenes tipo 1, los resultados obtenidos en rigideces iniciales son similares sólo para el tipo 1-1 y tipo 1-2 (9.3 y 10.1 T / mm), siendo diferente para el tipo 1-3 (2.65 T / mm). De igual forma se aprecia una notable diferencia en cuanto a los valores de corte de fluencia para el tipo 1-3 (1.5 T) y para el tipo 1-1 y 1-2 (1.9 y 3.9 T); cabe mencionar que los tres especímenes tienen las mismas características de refuerzo y geométricas Tabla de Resumen N° 01.
- Los muros tipo 2, tienen mayor refuerzo vertical y menor refuerzo horizontal con respecto a los muros tipo 1, no obstante presentan valores de rigidez del mismo orden de magnitud (9.6 y 8.15 T / mm). Sin embargo, muestran valores un poco menores para el corte de fluencia, tipo 2-2 (1.6 T) similar al del espécimen tipo 1-3 (1.5 T) lo cual nos muestra el efecto de la disminución del refuerzo horizontal.

- En los muros tipo 3 se incrementa el refuerzo horizontal y se obtuvieron valores de corte de fluencia más altos, tipo 3-1(5.6 T) y tipo 3-2 (6.2 T), lo cual, nos muestra que un incremento del refuerzo horizontal incrementa el corte de fluencia.

- Con respecto a los valores de cortante último se puede concluir que la mayoría de los especímenes presentan el mismo orden de magnitud arriba de las 20 T, excepto tres especímenes (tipo 1-3, 2-2 y 4-1); los especímenes tipo 1-3 y 4-1 presentaron también diferencias notables en cuanto a rigideces y corte de fluencia, correspondiendo el menor corte último al espécimen tipo 4-1 (12.6 T) y el espécimen tipo 1-3 (17.74 T). El espécimen tipo 2-2 alcanzó valores de 15.78 T de corte último, y esto era de esperarse toda vez que presenta menor refuerzo horizontal, no obstante, el muro tipo 2-1, de las mismas características, alcanzó 22.33 T.

- Los valores de desplazamientos máximos fueron alcanzados por los especímenes tipo 4-1, 5-1, 3-1 y 3-2, seguidos por los especímenes tipo 1-3 y 2-1, correspondiendo el valor más bajo al espécimen 2-2 (10 mm); el cual, posee menor refuerzo horizontal, sin embargo, el espécimen tipo 2-1 de las mismas características alcanzó 17.66 T. (Ver Tabla de Resumen N° 02).

- Siguiendo el mismo orden, los valores de ductilidad máximos, fueron alcanzados por los especímenes tipo 4-1, 2-1, 5-1 y 2-2 seguidos de los dos muros tipo 3 y de los especímenes 1-3 y 1-2 correspondiendo el más, bajo al espécimen tipo 1-1 con 22.07 T.

- Las distorsiones superiores al 1% fueron alcanzadas por los especímenes 3-1, 3-2, 4-1 y 5-1, seguidos por el tipo 1-3 (0.91%) y el tipo 2-1 (0.81%), los especímenes tipo 1-1 y 1-2 alcanzaron distorsiones de 0.5% aproximadamente y el tipo 2-2 de 0.46%.

- De todos los especímenes ensayados los que presentan resultados más uniformes son los especímenes tipo 3-1 y 3-2; encontramos un comportamiento similar en los muros tipo 1 excepto el espécimen tipo 1-3 el cual presenta notables diferencias, excluyendo este espécimen se aprecia resultados uniformes.

- A diferencia de los especímenes del muro tipo 3, los especímenes tipo 1-1 y 1-2, muestran valores de corte de fluencia un tanto menores, esto podría tener relación con el menor refuerzo vertical que poseen estos; en cuanto a los valores de desplazamiento máximo estos son casi la mitad de los valores alcanzados por los especímenes del muro tipo 3.

- Los valores de distorsiones alcanzados por los especímenes tipo 3 son alrededor del 1% mientras que los del espécimen tipo 1-1 y 1-2 son del orden de 0.5 % aproximadamente; no obstante, los valores de cortante último son del mismo orden de magnitud superior a 20T.

- Se puede concluir que los especímenes que presentan resultados más uniformes son los especímenes Tipo 3, seguidos por los especímenes tipo 1-1 y 1-2.

Anexo 5.02.- Descripción y Resultados de los ensayos realizados por Shing y Otros[3].-

Los testigos fueron 22 muros; 16 de ellos con bloques de concreto y 6 con ladrillos de arcilla; tanto los bloques como los ladrillos tenían alvéolos y canales para recibir la armadura y luego al concreto líquido. El muro típico era de 1.83 m de altura, 1.83 m de largo y 14 cm de espesor.

Todos los muros presentaban armadura vertical y horizontal, uniformemente distribuida en el largo y alto respectivamente.

La armadura horizontal tenía ganchos de 180° alrededor de la barra extrema vertical, y las barras verticales terminaban todas en gancho a 90°. La resistencia de los bloques de concreto era de 17 MPa, y la de los ladrillos de arcilla de 46 MPa, medidas ambas sobre el área neta. La resistencia promedio del concreto líquido era de 28 MPa.

Finalmente, la resistencia de los prismas fue de 21 MPa, para la albañilería de bloques de concreto y; de 27 MPa para la albañilería de ladrillos de arcilla; los especímenes fueron ensayados con carga de compresión variable.

RESULTADO: ENSAYOS REALIZADOS POR SHING Y OTROS, EN MUROS DE ALBAÑILERÍA DE BLOQUES DE CONCRETO (140 X 190 X 390 mm) [3]							
MUROS	Cuantía Vertical (%)	Cuantía horizontal (%)	Esfuerzo de compresión axial (MPa)	Forma de falla	Resistencia última (MPa)	Ductilidad	
						(a)*	(b)*
6	0.38	0.14	0	Mixta	0.9	18	
10	0.38	0.14	0.7	Mixta	1.2	11	
9	0.38	0.14	1.9	Corte	1.7	7	
8	0.38	0.24	0	Flexión	0.9	11	5
12	0.38	0.24	0.7	Flexión	1.2	16	
1	0.38	0.24	1.4	Flexión	1.5	9	
2	0.38	0.24	1.9	Flexión	1.7	11	4
14	0.54	0.14	1.9	Corte	2.0	6	
15	0.54	0.24	0.7	Mixta	1.6	14	
13	0.54	0.24	1.9	Corte	2.0	6	2
4	0.74	0.14	0	Corte	1.5	5	
5	0.74	0.14	0.7	Corte	1.6	4	
7	0.74	0.14	1.4	Corte	1.7	6	2
3	0.74	0.14	1.9	Corte	1.8	6	
11	0.74	0.24	0	Corte	1.7	5	
16	0.74	0.24	1.9	Corte	2.1	6	2

- (*) (a) valor de la ductilidad de desplazamiento medida por las autoras a una carga de 50% de la resistencia última.
(b) valor de la ductilidad de desplazamiento para una deriva de 1/200 de la altura.

Anexo 6.01.- Planos y Especificaciones [24].-

En todo proyecto de edificación se deberá contar con un juego de planos y especificaciones técnicas, las cuales servirán como guía en la construcción de la edificación, dichos documentos son conformados por: expediente técnico, proyecto de arquitectura, proyecto de estructuras, proyecto de instalaciones eléctricas, proyecto de instalaciones sanitarias y, presupuesto.

Memoria descriptiva; descripción pormenorizada del proyecto, su funcionalidad para con el propietario. Expediente técnico; el cual constará de las siguientes partes:

- Generalidades;
- Trabajos preliminares;
- Movimiento de Tierras;
- Albañilería y Revestimiento; materiales, mortero, ejecución de albañilería, tarrajeo (muro exterior / interior), derrames, bruñas, coordinación de instalaciones (sanitarias / eléctricas), cielo raso, pisos, contrapisos, zócalos, enchapes, revestimiento de gradas, escaleras, carpintería de madera (especificación de la madera), carpintería metálica (especificación del metal), cerrajería, vidrios, pintura (proceso), aparatos sanitarios.
- Memoria descriptiva del proyecto de estructuras; descripción, materiales, bases de diseño (normas: E-070, E-030, E- 020), análisis y diseño.
- Especificación para la construcción de estructuras; generalidades, excavaciones y rellenos, concreto, acero de refuerzo, encofrado, albañilería, detalles (clase de concreto, empalmes de armadura, tipo de unidad de albañilería, normas de materiales).
- Instalaciones sanitarias; especificaciones, tubería (PVC), condiciones de obra, puntos de agua (fría / caliente), accesorios y válvulas, puntos de desagüe, desinfección de la red, pruebas, cajas, varios

(rebose, colgadores, sombreros de ventilación), instalaciones para riego de jardines, tubería plástica, grifos de Bronce.

- Instalaciones eléctricas; tubería de plástico, accesorios, cajas metálicas, conductores de cobre, conector, terminales, cinta aislante, tomacorrientes, tablero de distribución, base, barras.
- Presupuesto.

Anexo 8.01.- Formas de Esquinas y Cruces [1].-

El Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción (SENCICO), en su proyecto de investigación "D/95 Albañilería con Bloques de concreto", da algunas alternativas de solución para el caso de cruces y esquinas de los muros:

A.- Intersección de Muros.-

1.- Encuentros en "L".-

Los encuentros en "L" (Fig. A.01) se refieren, principalmente, a las intersecciones de muros que forman esquinas en ángulo recto, el extremo de cada muro termina en dentellones alternos, los cuales se engranan, unos con otros, formando la esquina. En los muros construidos con piezas enteras de 19 cm de ancho, los alvéolos cuadrados, de 13 x 13 cm, deben de coincidir, a fin de facilitar la colocación de la armadura de refuerzo vertical en las esquinas; para los muros de 14 cm de ancho, se emplean piezas esquineras, diseñadas especialmente, con el propósito de completar la modulación, facilitando la colocación de la armadura de refuerzo vertical; en tabiques de 09 cm de ancho, no se emplean piezas de esquina.

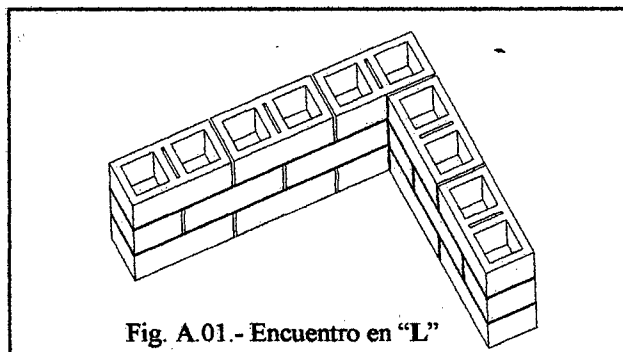


Fig. A.01.- Encuentro en "L"

2.- Encuentros en "T".-

Se refiere a las intersecciones de un muro interior y otro exterior (Fig. A.02); los dientes del muro interior encajan en el plano del muro exterior sin atravesarlo; para lograr este efecto, se emplean los bloques de tres cuartos, solo en el plano del muro exterior y en hileras alternas; al unir los cabezales (06 cm) de dos bloques simétricos, con una junta de 01 cm, forma un alvéolo de 13 x 13 cm, el cual coincide con el alvéolo alterno y extremo del diente transversal del muro interior, formándose un conducto vertical continuo que alojará a la armadura de refuerzo vertical.

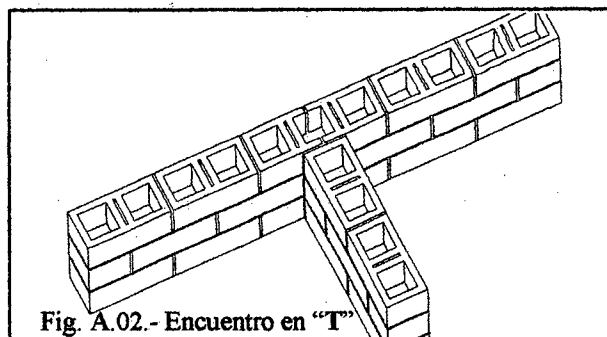


Fig. A.02.- Encuentro en "T"

3.- Encuentros en "+"-

Los encuentros en "+" (Fig. A.03), se presentan en intersecciones de dos muros interiores, cuyos planos se atraviesan entre sí; para este tipo de encuentro también se emplean los bloques de tres cuartos, los mismos que se unen con una junta de 01 cm, formando un alvéolo de 13 x 13 cm, repitiéndose en forma alterna, en las hileras de ambos muros, consiguiendo formar un conducto continuo, permitiendo la colocación del refuerzo vertical.

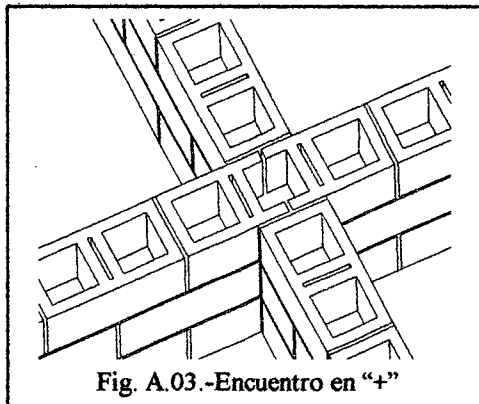


Fig. A.03.-Encuentro en "+"

B.- Patrones de Colocación.-

1.- Planeación-

Es de mucha utilidad planear la posición de los bloques, la ubicación del refuerzo, las posiciones y medidas de los vanos ó aberturas; igualmente la cimentación deberá ser verificada con respecto a la alineación vertical u horizontal, de tal forma de poder corregir cualquier anomalía antes de comenzar la construcción de la albañilería. Se recomienda ejecutar con mucho cuidado los procesos de emplantillado, con especial cuidado en las esquinas, en los vanos y en las aberturas de los muros, con la finalidad de obtener un adecuado alineamiento y ubicación de las juntas verticales.

De igual forma la colocación de las varillas verticales de refuerzo será coordinada con la disposición y colocación de los bloques, recomendándose la elaboración de un plano de hiladas con indicación de la disposición de los bloques, en hiladas pares é impares, señalando la ubicación exacta de los refuerzos de acero.

2.- Emplantillado y Colocación-

El emplantillado viene a ser, la correcta disposición de los bloques en hiladas alternas con el fin de establecer un buen trabazón de las unidades y un adecuado alineamiento de las juntas; por lo cual se recomienda empezar con los bloques enteros, bloque de tres cuartos y medios bloques, evitando en lo posible cortar las unidades, deberá tenerse mucho cuidado con la primera hilada pues nos permitirá la fácil colocación de las hiladas consecuentes, asegurándonos un muro derecho y aplomado.

Por lo general, cada que se asienten 3 ó 4 hiladas, es recomendable controlar la verticalidad, el alineamiento y el nivel, para lo cual el albañil procederá a usar su regla niveladora.

Con respecto a la colocación, nos referimos a la correcta disposición y asentado de las piezas de albañilería, cuando se asientan las unidades se aplica el mortero sobre los bordes horizontales de los paramentos exteriores del bloque " **colocación total del mortero** ".

Cuando se tenga un conducto vertical en el muro, el cual estará formado por los alvéolos del bloque, se rellenarán con concreto fluido, el cual se solidificará; como en el caso de la albañilería reforzada, el mortero deberá ir sobre las almas transversales que rodean dicho conducto.

Una técnica para ayudar a la compactación de las juntas verticales de mortero, es que, el albañil procederá a la colocación siguiendo una trayectoria vertical hacia su posición final, conjuntamente empujando hacia abajo con dirección a la capa de mortero, y horizontalmente, hacia el bloque colocado anteriormente.

3.- Corte de los Bloques.-

No es recomendable el corte de los bloques, por lo que se han improvisados los denominados "bloque tres cuartos", "Medio Bloque", ó en su defecto " bloque entero"; pero, a veces, en condiciones especiales, se requiere cortar el bloque con un cincel, de tal forma de completar el emplantillado y la modulación, para tal efecto se procederá a la cisura por ambos lados, para obtener un corte limpio.

Para casos extremos, se puede proceder el corte de la siguiente manera:

- Los bloques quedan mejor cortados usando un cincel de extremo ancho.
- Pueden cortarse con una sierra manual de carpintería (bloque ligero).
- Pueden emplearse sierras especiales de albañilería.

4.- Juntas de Hilada.-

Las juntas de hilada (vertical y horizontal), deberán ser lo más delgadas posibles, debido a razones de resistencia; siendo el grosor promedio de 1 cm, el espesor de las juntas asegura una adecuada adherencia entre mampuestos, permitiendo equilibrar cualquier pequeña diferencia dimensional de los bloques, la misma diferencia que no debiera exceder de ±3 mm.

El uso de herramientas adecuadas asegura, siempre, juntas de apariencia uniforme y de líneas claras y limpias, las mismas que son cóncavas, en forma de "U" o en forma de "V", la cual dependerá del tipo de herramienta con la que se trabaje, por lo general, se empiezan con las juntas horizontales, seguidas de las verticales; las juntas horizontales se alistan por medio de una juntera recta, tan larga como la unidad de albañilería; las verticales son compactadas con juntera corta, en forma de "S".

Cuando se requiera cubrir el muro, se enrasan las juntas directamente, teniendo cuidado de no remover el mortero de la junta; si fueran a ser pintadas, primero se deberá de compactar y enrasar, para luego ser pulidas, con la finalidad de producir una superficie densa y sin ningún brillo.

Anexo 8.02.- Cartilla de Supervisión [7].-

La presente cartilla de supervisión, fue propuesta por los ingenieros; Carlos Casabonne y Guillermo Icochea, con el fin de organizar la inspección de Estructuras de Albañilería.

A.- MATERIALES

1.- Unidad de Albañilería.

Procedencia

Material

Arcilla?

Cemento?

Sílico-Calcáreo?

Fabricación

Artesanal?

Industrial?

Aspecto:

Cocción

Sustancias extrañas?

Despostillado de aristas?

Rajaduras?

Clasificación ITINTEC

Que dice la especificación del Proyecto?

Es Sólida o Perforada?

Proporción de vacíos: Maciza?

Hueca?

Dimensiones, variaciones?

Alabeos

Resistencia a la compresión

Succión

Pruebas:

Se efectuaron pruebas de clasificación en laboratorio

Se han efectuado pruebas de compresión en pilas de albañilería

OBSERVACIONES

No aceptar unidades de fabricación artesanal en construcciones de más de un piso en unidades de arcilla

No aceptar unidades que presenten estos defectos

Sí % vacíos < 2.5% Maciza
>2.5% Hueca

Indispensable conocer al material para definir el tratamiento de la unidad de albañilería

ANEXOS

Resultados?
Concuerda con el f m, especificado

Tratamiento:
Se ha definido el tratamiento previo de la unidad de albañilería?

2.- MORTERO

Cemento :

Cal:
Arena:
Agua:

Almacenamiento de componentes:
Cemento y Cal protegidos del agua?
Arena y piedra en rumas separados?

Proporciones:
Cemento:
Cal:
Arena:
Medición por volumen?
Hay cubos?

Procedimiento de mezclado:

A mano?
Con mezcladora?
Es la mezcla uniforme?

Tiempo de mezclado

Consistencia de la mezcla
Fluida?
Plástica?
Trabajabilidad adecuada?

3.- Refuerzo:

Calidad
Diámetro

Se cumple con la especificación?

Estado:
Oxido?
Torceduras?
Alineamiento?

Almacenamiento:
Libre de contacto con el suelo, grasa o concreto?

B.- PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO

1.-Asentado

Alineamiento y horizontalidad: hay cordel?
Verticalidad: Hay plomada?

Espesor de juntas

Hay un espesor definido en base a variación dimensional de la unidad de albañilería

Se ha preparado escantillones?

Se respeta ese espesor en obra?

Son las juntas uniformes?

Colocación de mortero:

Se prepara una cama uniforme sensiblemente horizontal

Cubre toda la superficie del ladrillo?
En albañilería con refuerzo en los alvéolos se protege el alvéolo de la caída de mortero

Que método de protección
Se usa tapón de esponja?
Se trata la unidad de albañilería antes del asentado?

Asentado:
Se coloca la unidad alineada?
Hay presión de asentado?
Hay movimiento de la unidad de albañilería, durante el asentado?
Se le mueve o retira después del asentado?

Requiere humedecimiento? Cuánto tiempo?
Requiere limpieza

Atención con la contaminación (tierra o mezcla entre agregados)

Son lo especificados en el proyecto?
Es conveniente centralizar la medición de materiales para evitar variación en las proporciones

El mezclado mecánico permite mezcla uniforme

El retemplado en el mortero es necesario para mantener la Trabajabilidad

Verificar: f_y y el corrugado

Limpiar escamas de laminación y óxido
Desechar barras con dobleces. No enderezar barras

Limpiar si fuese necesario

Hay bamboleo?
El relleno de las juntas verticales y horizontales es total?

Hay juntas vacías o parcialmente llenas?

2.- Colocación del refuerzo

Refuerzo vertical.

Anclaje en cimentación:

Longitud
Recubrimiento lateral
Recubrimiento en el fondo del cimiento
Ubicación
Espaciamiento
Verticalidad

Empalmes:

longitud
Ubicación

Anclajes en losas

Estribos

Diámetro
ancho de anclaje
Espaciamiento

Refuerzo Horizontal:

Ubicación
Espaciamiento
Recubrimiento lateral

Empalmes

Longitud
Ubicación

Anclajes en esquina

Hay cruce de barras en una misma hilada?

No debe permitir cruce de barras en una misma hilada

3.- Instalaciones:

Premisa:

- No debe haber recorridos hz. ni diagonales en muros
- Los recorridos verticales deben hacerse dentro de los alvéolos o cajuelas dejadas durante el asentado del muro
- No debe picarse la albañilería