

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL



**“COMPARACION DE COSTOS DE VIVIENDAS DE INTERES SOCIAL ELABORADAS EN BASE A SISTEMAS ESTRUCTURALES DE PAREDES DE CONCRETO (MOLDEADO Y VACIADO IN SITU), BLOQUES DE CONCRETO ESTANDAR Y PANEL REMALLADO ESTRUCTURAL COVINTEC”**

PRESENTADO POR:

**FELIX ENRIQUE CORNEJO VENTURA  
FATIMA CAROLINA HERNANDEZ VASQUEZ  
JOSE ALEXANDER ORELLANA GONZALEZ**

PARA OPTAR AL TITULO DE:

**INGENIERO CIVIL**

CIUDAD UNIVERSITARIA, AGOSTO DE 2008

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR :

**MSc. RUFINO ANTONIO QUEZADA SÁNCHEZ**

SECRETARIO GENERAL :

**LIC. DOUGLAS VLADIMIR ALFARO CHÁVEZ**

**FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA**

DECANO :

**ING. MARIO ROBERTO NIETO LOVO**

SECRETARIO :

**ING. OSCAR EDUARDO MARROQUÍN HERNÁNDEZ**

**ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL**

DIRECTOR :

**MSc. ING. FREDY FABRICIO ORELLANA CALDERÓN**

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

Trabajo de Graduación previo a la opción al Grado de:  
**INGENIERO CIVIL**

Título :

**“COMPARACION DE COSTOS DE VIVIENDAS DE INTERES SOCIAL ELABORADAS EN BASE A SISTEMAS ESTRUCTURALES DE PAREDES DE CONCRETO (MOLDEADO Y VACIADO IN SITU), BLOQUES DE CONCRETO ESTANDAR Y PANEL REMALLADO ESTRUCTURAL COVINTEC”**

Presentado por :

**FELIX ENRIQUE CORNEJO VENTURA  
FATIMA CAROLINA HERNANDEZ VASQUEZ  
JOSE ALEXANDER ORELLANA GONZALEZ**

Trabajo de Graduación aprobado por:  
Docentes Directores :

**ING. M.Sc. ROGELIO ERNESTO GODINEZ GONZALEZ  
ING. ROBERTO OTONIEL BERGANZA ESTRADA**

San salvador, agosto de 2008

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docentes Directores :

**ING. M.Sc. ROGELIO ERNESTO GODINEZ GONZALEZ**

**ING. ROBERTO OTONIEL BERGANZA ESTRADA**

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Dios, por habernos permitido concluir otra etapa importante de nuestras vidas, dándonos la ayuda que necesitamos, en el momento justo, y guiarnos con sabiduría, para lograr finalizar ésta carrera universitaria.

A nuestros docentes directores, Ing. M.Sc. Rogelio Ernesto Godínez González, e Ing. Roberto Otoniel Berganza Estrada, por su valiosa colaboración, entrega, tiempo y conocimientos compartidos, a lo largo del desarrollo de toda la investigación, y con lo cual, hemos podido concluir satisfactoriamente todo este esfuerzo en conjunto.

A todas las empresas, instituciones e ingenieros profesionales, que colaboraron proporcionando la información para la realización de este trabajo de graduación.

Fatima, Félix y Alex.

## DEDICATORIA

A Dios, por sobre todas las cosas, por haber permitido que se concluyera con satisfacción, una de las tantas etapas en mi vida, sin su ayuda no hubiera podido llegar aquí, a pesar de todos los obstáculos y personas, también por permitirme ser un motivo de orgullo para quienes realmente me estiman.

A mi familia, por que ellos me han dado la oportunidad de llegar donde ahora estoy, por su ayuda y tolerancia, sin esperar nada a cambio.

A todos aquellos amigos que han formado parte de mi vida en todo este proceso, y se alegran de ver que me siento feliz y satisfecha, especialmente gracias a Rodrigo Valladares, una de las personas con la que más he compartido este tiempo, tu afecto y apoyo, me ha ayudado a tener fuerza para salir adelante, porque has estado siempre ahí, presente y pendiente. Deseo de igual forma a todos, todo lo mejor del mundo, sean mejores cada día....Gracias.

Fátima Hernández.

## DEDICATORIA

Gracias doy en primer lugar, a Dios todo poderoso, quien siempre me ha dado de su sabiduría, inteligencia, fortaleza y esperanza, lo cual, permitió que alcanzara esta anhelada meta. A mis padres, Víctor Manuel y Marta Alicia; por darme el ejemplo de lucha y perseverancia, y sobre todo, por ese inmenso amor, confianza, comprensión y oraciones imploradas al creador que me han dado. En general, por darme un hogar y una familia por quien luchar.

A mis hermanos, Víctor Hugo, Francisco Javier y Juan Carlos, quienes siempre me animaron a no rendirme ante los obstáculos que la vida misma me ha dado además, por siempre estar ahí a la hora que necesite las palabras de consuelo y esperanza de un amigo; a un amigo muy especial Rony Alexander, quien fue uno de los primeros en creer e incentivar me a estudiar esta carrera que hoy culmino, por darme su ayuda tanto material como espiritual. Muchas gracias a cada uno de ellos. A mi tío Luís Gustavo, porque también abonó a esta causa, mediante sus consejos, cariño y por abrirme las puertas de su hogar, mil gracias. A todas aquellas personas que de una u otra forma siempre han estado apoyándome y aquellos que me han sostenido en mis primeros pasos como profesional y al mismo tiempo en los últimos como estudiante, me refiero a todos aquellos que conforman la familia Geocimtec, les agradezco por sus conocimientos y tiempo, finalmente al M.Sc. Ing. Rogelio Godínez e Ing. Berganza, por su valioso aporte de conocimientos como asesores de este trabajo de graduación.

Félix Enrique Cornejo.

## DEDICATORIA

Primeramente a Dios que me iluminó y dió fuerzas, cada vez que las necesite, y puso en mi camino personas que me ayudaron en este logro de mi vida.

A mis padres, Alejandro Orellana y Rosa Amelia de Orellana, que siempre supieron darme el apoyo y consejos necesarios para seguir adelante en momentos difíciles.

A mis hermanos, hermanas y primos, que pusieron su granito de arena, pero que fue de gran ayuda para conseguir llegar a mi objetivo propuesto.

Al Ingeniero Carlos Manuel Arita, persona que admiro mucho, quien me aconsejó que hacer cuando me encontraba con algún tropiezo, sus enseñanzas en base a su experiencia fueron y siguen siendo de gran ayuda hasta el día de hoy.

A Sra. Carmencita de Arita, quien siempre estuvo pendiente en todo momento para lo que necesitara, sus consejos también fueron tomados muy en cuenta en este logro.

Al Ingeniero Oscar Armando Sánchez, mi jefe, quien me dio la oportunidad de aprender de su experiencia y comenzar a aplicar mis conocimientos en la realidad, quien además, siempre me facilito el tiempo necesario para culminar esta meta.

A mis amistades, Ismael Trejo y Karlita Guidos, quienes confiaron en mí y me apoyaron incondicionalmente cuando lo necesite.

A todos ustedes gracias de todo corazón, por permitirme decir, lo he logrado.

Alexander Orellana.



## RESUMEN

El trabajo de graduación, comparación de costos de viviendas de interés social, elaboradas en base a sistemas estructurales de paredes de concreto (moldeado y vaciado in situ), bloques de concreto reforzado y panel remallado estructural covintec, plantea la problemática del impacto de los costos directos de la construcción de vivienda para los sectores de población con ingresos más bajos de uno a cuatro salarios mínimos, y al sector informal, el cual, tiene capacidad de pago, pero no las facilidades para adquirir un financiamiento bancario. El diseño propuesto y analizado fue, en base a una vivienda de 36 m<sup>2</sup> de construcción, los costos directos estudiados corresponden a las paredes con espesor de 0.10 m, con altura de 2.44 en la parte más baja y 3.05 m en la cumbrera, para obtener el costo total de la vivienda, se desglosó en costos unitarios y cantidades totales analizados, por medio de hojas de cálculo, para cada uno de los tres sistemas en estudio, reflejando las ventajas y desventajas de cada uno de ellos. Para que el estudio fuese más adaptado a la realidad, también se costó, decidimos hacerlo para un proyecto de 50 viviendas, donde el análisis comparativo se hizo por medio de tablas, gráficos de barras y gráficas con proyecciones para un periodo de cuatro años (2008-2012), por medio de una gráfica obtenida por el método de los mínimos cuadrados. La interpretación de los resultados, indicó que el sistema constructivo paredes de concreto moldeado y vaciado in situ, presenta el costo directo más bajo, \$2979.59, en comparación con los otros dos sistemas constructivos,

además, este sistema consume menos tiempo para ejecutar el proyecto de 50 viviendas, 23 días en total, por estas dos razones, el sistema de paredes concreto moldeado y vaciado in situ, resulta el más económico, en comparación con los sistemas, bloque de concreto reforzado y panel remallado estructural covintec. Por ello, a FONAVIPO y a las empresas privadas dedicadas a la construcción de viviendas, se les recomienda usar esta tecnología de construcción, y a la vez validarla para hacer el uso debido en licitaciones públicas, para lo cual, necesitarán capacitar al personal técnico, en tecnologías nuevas, la cual generará disminución en costos directos e indirectos, ya que al hacer el uso debido de esta, se obtiene disminución en tiempos totales de ejecución como el descrito. En base a lo cual, se busca disminuir el déficit habitacional, usando tecnologías innovadoras con las que se podría colaborar a que este índice se reduzca cada vez mas, e ir ofreciendo al beneficiario, una vivienda digna, de buena calidad, y costo accesible, de acuerdo con sus ingresos y capacidad de pago real.

**“COMPARACION DE COSTOS DE  
VIVIENDAS DE INTERES SOCIAL  
ELABORADAS EN BASE A  
SISTEMAS ESTRUCTURALES DE  
PAREDES DE CONCRETO  
(MOLDEADO Y VACIADO IN SITU),  
BLOQUES DE CONCRETO  
ESTANDAR Y PANEL REMALLADO  
ESTRUCTURAL COVINTEC”**

## INDICE GENERAL

	Página
Introducción.....	i
CAPITULO I. MARCO TEORICO CONCEPTUAL	
Introducción.....	2
1.1 Anteproyecto.....	3
1.1.1 Antecedentes.....	3
1.1.2 Planteamiento del problema.....	6
1.1.3 Delimitaciones.....	9
1.1.4 Objetivos.....	10
1.1.4.1 Objetivo general.....	10
1.1.4.2 Objetivos específicos.....	10
1.1.5 Alcances.....	11
1.1.6 Limitaciones.....	12
1.1.7 Justificación.....	12
1.1.8 Temática propuesta a desarrollar.....	14
1.1.9 Cronograma de actividades.....	14
1.1.10 Metodología de investigación a desarrollar.....	14
1.1.11 Planificación de recursos.....	17
1.1.11.1 Recursos bibliográficos .....	17
1.1.11.2 Recursos humanos .....	18

1.1.11.3 Recursos económicos.....	18
1.2 Marco de factores que participan en el desarrollo habitacional o del sector vivienda.....	20
1.2.1 Factores naturales en vivienda de interés social.....	20
1.2.1.1 Factores ambientales.....	20
1.2.1.1.1 Morfología.....	20
1.2.1.1.2 Relieve.....	21
1.2.1.1.3 Topografía.....	21
1.2.1.2 Factores ecológicos.....	23
1.2.1.2.1 Accidentes topográficos.....	23
1.2.2 Factores institucionales.....	24
1.2.2.1 Políticas de vivienda. ....	25
1.2.2.2 Indices de Pobreza.....	27
1.2.2.3 Tecnologías aplicadas a la industria de la construcción viviendista.....	29
1.2.2.4 Cooperación internacional dirigida a viviendas de familias pobres.....	30
1.2.2.5 El sistema educacional en El Salvador.....	32
1.2.2.6 Sistema ambiental.....	35
1.2.2.7 Aspectos socioculturales.....	37
1.2.2.8 Indices de empleo.....	37
1.2.2.9 Ingresos salariales.....	40
1.2.2.10 Respuesta a la demanda de vivienda existente.....	43

1.2.2.11	Proyecciones habitacionales.....	48
1.2.2.12	Inversión en viviendas de bajo costo.....	49
1.2.3	Factores tecnológicos en el desarrollo de vivienda unifamiliar de bajo costo.....	50
1.2.3.1	Técnicas, métodos y procedimiento constructivos.....	50
1.2.3.2	Materiales de construcción utilizados.....	55
1.2.3.3	Tiempos de producción.....	56
1.2.4	Factores del mercado de la vivienda social.....	57
1.2.4.1	Demanda de vivienda.....	57
1.2.4.2	Oferta de vivienda.....	58
1.2.4.3	Déficit habitacional.....	59
1.2.4.4	Mercado de las viviendas de bajo costo.....	61
1.2.5	Factores propios de la unidad de vivienda unifamiliar de bajo costo.....	62
1.2.5.1	Urbanización.....	62
1.2.5.2	Terreno.....	62
1.2.5.3	Limpieza y trazo.....	63
1.2.5.4	Fundaciones.....	63
1.2.5.5	Paredes.....	64
1.2.5.6	Techos.....	65
1.2.5.7	Puertas y ventanas.....	66
1.2.5.8	Pisos.....	68
1.2.5.9	Instalaciones internas básicas.....	69

1.2.5.10 Infraestructura básica. ....	68
1.2.5.11 Áreas de circulación internas y usos varios.....	69
1.3 Conclusiones.....	70
1.4 Recomendaciones.....	71
1.5 Bibliografía.....	73

CAPITULO II. PROCEDIMIENTO, METODOS Y TECNICAS EN  
SISTEMAS ESTRUCTURALES DE LAS UNIDADES  
DE VIVIENDA PARA HABITACION FAMILIAR

Introducción.....	76
2.1 Sistema de fundaciones en el sistema de paredes estructurales de concreto (moldeado y vaciado in situ).....	77
2.2 Sistema de fundaciones en el sistema de paredes de panel remallado estructural Covintec.....	78
2.3 Sistema de fundaciones en el sistema de paredes de bloque de concreto estándar.....	79
2.4 Sistema de paredes de concreto (moldeado y vaciado in situ).....	80
2.4.1 Modulación de paredes de concreto.....	80
2.5 Sistema de paredes de panel remallado estructural Covintec.....	82
2.5.1 Elementos de unión y amarre.....	82
2.5.2 Ventajas y desventajas de sistema.....	83
2.6 Sistema de paredes de bloque de concreto estándar.....	84

2.6.1 Ventajas al utilizar bloques de concreto estándar.....	85
2.7 Estructura mecánica y física del sistema de paredes estructurales de concreto (moldeado y vaciado in situ).....	86
2.8 Estructura mecánica y física del sistema de paredes de panel remallado estructural Covintec.....	87
2.9 Estructura mecánica y física del sistema de paredes de bloque de concreto estándar.....	88
2.10 Materiales y componentes del sistema de paredes de concreto (moldeado y vaciado in situ).....	90
2.11 Materiales y componentes del sistema de paredes de panel remallado estructural Covintec.....	91
2.11.1 Características generales del electropanel.....	91
2.12 Materiales y componentes del sistema de paredes de bloque de concreto estándar.....	92
2.12.1 Cemento para mampostería.....	92
2.12.2 Agregados.....	92
2.12.3 Agregado fino.....	92
2.12.4 Agregado grueso.....	92
2.12.5 Agua.....	93
2.12.6 Aditivos.....	93
2.12.7 Bloque de concreto.....	93
2.12.8 Acero de refuerzo.....	95
2.12.8.1 Refuerzo vertical.....	96



2.12.8.2 Refuerzo horizontal.....	96
2.13 Procedimiento de cálculo a los que se somete el diseño del Sistema de paredes de concreto (moldeado y vaciado in situ).....	96
2.14 Procedimiento de cálculo a los que se somete el diseño del Sistema de paredes de panel remallado estructural Covintec.....	97
2.15 Procedimiento de cálculo a los que se somete el diseño del Sistema de paredes de bloque de concreto estándar.....	98
2.16 Proceso constructivo del Sistema de paredes de concreto (moldeado y vaciado in situ).....	99
2.16.1 Trazo y nivelación.....	99
2.16.2 Excavación para soleras.....	99
2.16.3 Armadura de soleras de fundación y murete.....	99
2.16.4 Instalaciones eléctricas e hidráulicas.....	100
2.16.5 Colado de solera de fundación.....	100
2.16.6 Moldeado de murete.....	101
2.16.7 Colado del murete.....	101
2.16.8 Armadura d paredes.....	102
2.16.9 Instalaciones eléctricas.....	103
2.16.10 Instalaciones hidráulicas.....	103
2.16.11 Moldeado de paredes.....	104
2.16.11.1 Alineado del molde.....	104
2.16.11.2 Plomeado del molde.....	105
2.16.11.3 Colado de paredes.....	105

2.16.11.4 Resane de paredes.....	106
2.17 Proceso constructivo del Sistema de paredes de panel remallado estructural Covintec.....	106
2.17.1 Cimentaciones.....	106
2.17.2 Montaje de paneles.....	107
2.17.3 Uniones.....	107
2.17.4 Puertas y ventanas.....	108
2.17.5 Instalaciones eléctricas, hidráulicas y sanitarias.....	108
2.17.6 Verificaciones antes del repello.....	108
2.18 Proceso constructivo del Sistema de paredes de bloque de concreto estándar.....	109
2.18.1 Métodos de elevación de pared.....	110
2.18.1.1 Procedimiento por hiladas.....	110
2.18.1.2 Procedimiento por esquina.....	114
2.18.2 Construcción de soleras de amarre.....	118
2.19 Conclusiones.....	119
2.20 Recomendaciones.....	120
2.21 Bibliografía.....	121

### CAPITULO III. ESTUDIO DE LOS COSTOS DIRECTOS E INDIRECTOS

Introducción.....	124
-------------------	-----

3.1 Partidas que conforman el presupuesto de una vivienda de interés social.....	137
3.1.1 Obras preliminares.....	137
3.1.2. Terracería.....	138
3.1.3. Concreto armado.....	141
3.1.4 Concreto estructural (soleras de fundación, pedestales y paredes).....	142
3.1.5 Diseño de la mezcla.....	150
3.1.6. Preparación del concreto.....	151
3.1.6.1 Dosificación.....	151
3.1.6.2. Elaboración de la mezcla.....	152
3.1.6.3. Control de la mezcla.....	152
3.1.6.4 Transporte del concreto.....	155
3.1.6.5 Colado del concreto.....	156
3.1.6.6. Vibrado del concreto.....	157
3.1.6.7 Encofrado.....	158
3.1.6.8 Desencofrado.....	159
3.1.6.9 Protección y curado.....	161
3.1.6.10 Resane o acabados de superficies de concreto desentoldado.....	162
3.1.6.11 Aceptación del concreto.....	163
3.1.6.12 Acero de refuerzo.....	163
3.1.6.13 Aceptación de la estructura.....	166

3.1.6.14 Juntas de control.....	167
3.1.7 Techos de las viviendas.....	168
3.2 Conclusiones.....	172
3.3 Recomendaciones.....	173

CAPITULO IV. APLICACIÓN DE COSTOS A LOS SISTEMAS DE  
PAREDES EN UNA VIVIENDA TIPO DE UNA  
PLANTA.

Introducción.....	175
4.1 Hoja resumen del cálculo del total del costo directo, para una vivienda de interés social en el sistema de paredes de concreto moldeado y vaciado in situ.....	180
4.2 Cálculo de costos unitarios por rubros, para una vivienda de interés social en el sistema de paredes de concreto moldeado y vaciado in situ.....	181
4.3 Hoja resumen del cálculo del total del costo directo, para una vivienda de interés social en el sistema de paredes de bloque de concreto estándar.....	196
4.4 Cálculo de costos unitarios por rubros, para una vivienda de interés social en el sistema de paredes de bloque de concreto estándar.....	197
4.5 Hoja resumen del cálculo del total del costo directo, para una vivienda de interés social en el sistema de paredes de panel	

remallado estructural Covintec.....	213
4.6 Cálculo de costos unitarios por rubros, para una vivienda de interés social en el sistema de paredes de panel remallado estructural Covintec.....	214
4.7 Listado de precios de insumos, materiales, rendimientos y mano de obra.....	229
4.8 Cálculo de herramienta menor.....	238
4.9 Conclusiones.....	240
4.10 Recomendaciones.....	240

## CAPITULO V. ANALISIS DE RESULTADOS

Introducción.....	243
5.1 El proceso de fabricación de las fundaciones y paredes de las viviendas de interés social.....	245
5.1.1 Fundaciones de una vivienda típica de paredes de interés social.36 m2.....	245
5.1.1.1 Fundación para sistema de paredes de bloque de concreto reforzado.....	245
5.1.1.2 Fundación en paredes de concreto moldeado y vaciado in situ y panel remallado estructural covintec...	245
5.1.2 Paredes perimetrales e interiores para una vivienda típica de interés social. 36 m2.....	246
5.1.2.1paredes de bloque de concreto.....	246

5.1.2.2 Paredes de concreto reforzado .....	247
5.1.2.2 Paredes de panel remallado estructural .....	247
5.2 Costos directos en soleras y paredes a través de costos unitarios para una vivienda típica de 36 m2 de área construida y para un proyecto de 50 viviendas.....	247
5.2.1. Descripción de las tablas de comparación de costos unitarios para una y 50 viviendas de interés social.....	253
5.2.1.1 Solera de fundación.....	253
5.2.1.2 Paredes.....	254
5.2.1.3 Comparación de costos por sus diferencias absolutas respecto al sistema de bloque de concreto estándar reforzado.....	254
5.2.1.4 Costos totales para una vivienda de interés social. 36 m2.	256
5.2.1.5 Costos directos totales para un proyecto de 50 viviendas de interés social.....	257
5.2.1.6 Costos unitarios directos comparados de materiales, equipo y mano de obra con soleras y paredes.....	257
5.2.2.1 Análisis de gráfico 5.1 y 5.2.....	265
5.2.2.2 Análisis de gráfico 5.3 y 5.4.....	265
5.2.2.3 Análisis de gráfico 5.5. Costos totales para una vivienda....	266
5.2.2.4 Análisis de gráfico 5.6. Proyección de costos de una vivienda construida con cada sistema constructivo.....	267

5.2.2.5 Análisis de grafico 5.8. Proyecciones para un proyecto de 50 viviendas de interés social y sistema constructivo.....	268
5.2.2.6 Análisis de grafico 5.9, 5.10,5.11. Tendencia del costo directo de equipo, materiales y mano de obra respectivamente, de acuerdo con los tres sistemas constructivos.....	268
5.2.3.1 Precios de los materiales de construcción de los insumos constructivos, bloque de concreto, concreto vaciado in situ, panel remallado estructural covintec.....	272
5.3 Análisis de tiempos de ejecución para un lote de 50 viviendas para los tres sistemas constructivos de paredes.....	275
5.4 Propuesta para una vivienda individual y un lote de 50 viviendas de interés social proyectado hasta el año 2012. ....	277
5.5 Sistema de paredes más viable de acuerdo con sus costos, tecnología y economía.....	279
5.6 La economía de la construcción vivierendista de interés social.....	280
5.7 Procedimiento propuesto de costeo para una vivienda de interés social.....	281

## CAPITULO VI. CONSIDERACIONES, CONCLUSIONES Y

### RECOMENDACIONES.

6.1 Consideraciones.....	283
6.2 Conclusiones.....	285

6.3 Recomendaciones.....	286
--------------------------	-----

#### INDICE DE FIGURAS

Figura No.1. Rango de elevaciones del AMSS .....	23
Figura No.2. Puerta de metal.....	67
Figura No.3. Puertas de madera.....	67
Figura No.4. Detalle de solera de fundación y pared.....	250
Figura No.5 Detalle de solera de fundación y pared.....	250

#### INDICE DE TABLAS

Tabla <b>No.</b> 1. Presupuesto estimado, del costo que incurrirá el estudio....	19
Tabla No.2. Datos de población, e indicadores del mercado laboral de El Salvador, período 2000 a 2004.....	38
Tabla No.3. Requisitos de resistencia y absorción de agua.....	89
Tabla No.4. Absorción permitida para bloques de concreto.....	90
Tabla No.5. Materiales y componentes del sistema de paredes de concreto (moldeado y vaciado in situ.....	94
Tabla No.6. El tamaño del agregado no debe ser mayor que 1.0 cm (3/4 de pulgada).....	116
Tabla No.7. Porcentaje de sustancias perjudiciales no admitidas en el agregado grueso.....	147
Tabla No.8. Porcentaje de sustancias perjudiciales no admitidas en el agregado fino.....	148



Tabla No.9. ppm, de sustancias perjudiciales no admitidas en el agua..	149
Tabla No.10. Listado de precios de materiales a usar en construcción de viviendas de interés social.....	231
Tabla No.11. Valor de la mano de obra al personal por actividad.....	237
Tabla No.12. Cálculo de herramienta menor para construcción de viviendas de interés social.....	239
Tabla No. 13. Comparación de costos para una vivienda.....	251
Tabla No. 14 Comparación de diferencias absolutas y relativas para una vivienda.....	251
Tabla No.15. Costo y porcentajes de solera y paredes para una vivienda de interés social, de 19.60 m de fundación, 48.57 m2 de pared.....	251
Tabla No.16 Totales de costo directo para 50 viviendas de interes social en los tres sistemas de paredes.....	252
Tabla No.17 Análisis comparativo de costos unitarios para una vivienda.....	252

#### INDICE DE GRAFICAS

Gráfica No.1. Cronología de la situación de pobreza en hogares.....	28
Gráfica No.2. El Salvador: Tasa de desempleo abierto.....	40
Gráfica No.3. Costos unitarios de solera de fundación de una vivienda.....	259
Gráfica No.4. Costos totales de solera de fundación, una vivienda....	259

Gráfica No.5 Costos unitarios de paredes de una vivienda.....	260
Gráfica No.6 Subtotales de costos de paredes, una vivienda.....	260
Gráfica No.7 Costo directo total por cada vivienda.....	261
Gráfica No.8 Costo unitario vs. Subtotal de soleras de fundación.....	261
Gráfica No.9 Costo unitario vs. Subtotal de paredes.....	262
Gráfica No.10 Costo directo para 5° viviendas.....	262
Gráfica No.11 Diferencias de las variables equipo en el costo unitario de paredes .....	263
Gráfica No.12 Diferencias de la variable materiales en el costo unitario de paredes.....	263
Gráfica No.13 Diferencias de la variable mano de obra en el costo unitario.....	264
Gráfica No.14 Precios de cemento Pórtland.....	270
Gráfica No.15 Precios de bloque de cemento tipo Saltex.....	270
Gráfica No.16 Precios de electromalla 6x6 7/7, paredes de concreto...	270
Gráfica No.17 Precios de electropanel Covintec.....	270
Gráfica No.18 Acero G70, para paredes de concreto y panel remallado estructural.....	270
Gráfica No.19 Acero G40, paredes de bloque de concreto tipo saltex.....	270
Gráfica No.20 Precios chispa para paredes de concreto.....	271
Gráfica No.21 Precios grava No.1, para los tres sistemas.....	271
Gráfica No.22 Precios de arena para los tres sistemas de paredes.....	271

Gráfica No.23 Tiempos de ejecución en el sistema de paredes de concreto moldeado y vaciado in situ.....	273
Gráfica No.24 Tiempos de ejecución en el sistema de panel remallado estructural Covintec.....	273
Gráfica No.25 Tiempos de ejecución en el sistema de paredes de bloque de concreto.....	274

## INDICE DE ANEXOS

### Anexos del capítulo I.

Anexo No.1 Temática propuesta a desarrollar.....	289
Anexo No.2 Glosario.....	299
Anexo No.3 Tecnologías empleadas en la construcción de vivienda social en El Salvador.....	309
Anexo No.4 Población de 10 años o más por condición de analfabetismo según sexo y grupo de edad.....	312
Anexo No.5 Población de analfabetas y tasas de analfabetismo por departamento, 1998.....	313
Anexo No.6 Analfabetismo en El Salvador por año.....	314
Anexo No.7 Porcentaje de población entre 20 y 60 años, ocupada, según años de estudio .....	315
Anexo No.8 Porcentaje de la población por tipo de ocupación, promedio de años estudiados e ingresos en colones.....	315

Anexo No.9 Salarios mínimos vigentes desde el 1 de septiembre del año 2006.....	316
Anexo No.10 Proyecciones habitacionales e inversión en vivienda de bajo costo, 2007.....	318
Anexo No.11 Descripción de materiales constructivos y su uso en la industria de la construcción.....	319
Anexo No.12 Tiempos de producción en una vivienda unifamiliar de bajo costo de 36m <sup>2</sup> .....	324
Anexos del capítulo II.	
Anexo No.13. Piezas de acero grado 70, que se utilizan para la fundación de solera corrida en el sistema de paredes de concreto.....	325
Anexo No.14. Electromalla que se utiliza en el sistema de paredes de concreto, moldeado y vaciado in situ.....	326
Anexo No.15. Vivienda construida con bloque hueco estándar, hecho de concreto lávico o escoria volcánica molida.....	327
Anexo No.16. Bloques estándares utilizados (Tipo Saltex).....	327
Anexo No.17. Armadura de las paredes en el sistema de paredes de concreto moldeado y vaciado in situ.....	328
Anexo No.18. Ductilería hidráulica en el sistema de paredes de concreto moldeado y vaciado in situ.....	328

Anexo No.19. Moldeado de las paredes en el sistema de paredes de concreto moldeado y vaciado in situ.....	329
Anexo No.20. Alternativas para realizar el anclaje del panel de poliestireno a la cimentación.....	330
Anexo No.21. Montaje de paneles entre las varillas de refuerzo de 3/8" de diámetro.....	331
Anexo No.22. Colocación de malla unión entre los paneles.....	331
Anexo No.23. Refuerzo en claro de ventanas y puertas.....	332
Anexo No.24.Colocación de instalaciones hidráulicas y sanitarias entre el poliestireno y electromalla.....	333
Anexo No.25. Colocación de instalación eléctrica entre le poliestireno y electromalla.....	333
Anexo No.26. Recubrimiento de paredes en forma manual o con equipo.....	334
Anexo No.27. Colocación de mortero.....	334
Anexo No.28. Colocación de bloques.....	335
Anexo No 29. Lechada.....	335
Anexo. No.30. Pegamento de bloques.....	335
Anexo No.31. Quitando el exceso de mortero.....	336
Anexo No.32.Tipos de juntas de acuerdo con su resistencia a la intemperie.....	336
Anexo No. 33 Acabados en pared de bloque de concreto.....	337
Anexo No.34 Nivelación de paredes de bloque de concreto estándar..	337

Anexo del capítulo III	
Anexo No.35 Análisis del factor de prestaciones .....	338
Anexo del capítulo IV	
Anexo No. 36 Norma especial para diseño y construcción de viviendas.	339
Anexo. No, 37 Norma ASTM C94/C 94M – 03. Standard specification for ready-mixed concrete. ....	355
Anexo No. 38. Norma ASTM D1557 – 00. Standard test methods for laboratory compaction characteristics of soil using modified effort (56,000ft-lb/ft <sup>3</sup> (2,700 kN-m/m <sup>3</sup> )) <sup>1</sup> .....	365
Anexos del capítulo V.	
Anexo No.39 Métodos de mínimos cuadrados.....	375
Anexo No.40 Plano diseño de vivienda de interés social con paredes estructurales de concreto moldeado y colado in situ.....	376
Anexo No.41 Plano diseño de vivienda de interés social con paredes estructurales de bloque de concreto estándar.....	377
Anexo No.42 Plano diseño de vivienda de interés social con paredes estructurales de panel remallado Covintec.....	378

Introducción.

Históricamente, la construcción de viviendas ha ido cambiando materiales, procesos y técnicas, con alternativas que respondan a las necesidades de cada época. El déficit habitacional, el alto costo de las viviendas a adquirir, políticas y requisitos para obtener una vivienda, son problemas que persisten en la actualidad, por lo que aparecen materiales nuevos o mejorados a través de tecnologías que hacen el proceso y técnicas constructivas más rápidas, ahorrando tiempo de construcción, reduciendo mano de obra y costo de proyecto. En ese sentido, en el capítulo uno, se revisan conceptos técnicos aplicados en construcción de vivienda de interés social, considerando materiales, técnicas, costos, innovación e industrialización en la construcción, así como normas y especificaciones pertinentes. Los factores que participan en el desarrollo habitacional o del sector vivienda, estos son, sociales, institucionales, tecnológicos, de mercado y los propios de la unidad de vivienda unifamiliar de bajo costo. El capítulo dos, expone los procedimientos, métodos y técnicas en sistemas estructurales de las unidades de vivienda de interés social unifamiliar, esto, para tres sistemas estructurales de pared objeto de comparación, bloque de concreto estándar, concreto moldeado y vaciado in situ, y panel remallado estructural Covintec. En el capítulo tres, estudia costos directos más extensivamente y costos indirectos, y los factores del costeo de un proyecto habitacional de interés social. El capítulo cuatro, es una aplicación de costos a los sistemas de paredes para una vivienda tipo, 36m<sup>2</sup> de construcción, de una planta, calculando costos unitarios por partidas para cada sistema estructural de

pared analizado, y la hoja de presupuesto general, que dará el valor de los costos directos totales en el diseño propuesto de vivienda de interés social. Los resultados en cuadros y gráficos, dan pauta al análisis e interpretación de resultados comparativos, que denotan diferencias entre cada uno de los sistemas estructurales de paredes implementados en la construcción de viviendas de interés social para el análisis de costos, lo cual los puede hacer ventajosos o desventajosos en su uso. Se llega a concluir sobre la elección de uno u otro sistema de construcción para viviendas de interés social que sea factible tanto económicamente como tecnológicamente, y se hacen las recomendaciones más pertinentes para la realización de un correcto análisis de costeo en viviendas de interés social, que permita considerar todos aquellos factores que puedan tener incidencia en el incremento del valor de estas y causar un impacto negativo al poder adquisitivo para la población que desee tener acceso a ella.



**CAPITULO I**

**CONCEPTOS GENERALES DE LA**

**VIVIENDA DE INTERES SOCIAL**

## Introducción.

Este trabajo de graduación, “Comparación de costos de viviendas de interés social elaboradas en base a sistemas estructurales de paredes de concreto (moldeado y vaciado in situ), bloques de concreto estándar y panel remallado estructural covintec”, se fundamenta en que actualmente en el país, se están desarrollando proyectos de construcción de vivienda mínima de interés social, principalmente, en zonas que el Fondo de Inversión Social y Desarrollo Local (FISDL) las ha clasificado como las más pobres. Todo esto, debido a los dos últimos terremotos ocurridos el 13 de enero y 13 de febrero del año 2001, y las tormentas tropicales, Mitch en 1998 y Stan el 7 de octubre de 2005, incrementando así el déficit habitacional que ya existía. Eso, ha motivado a organizaciones internacionales a continuar colaborando económicamente en el desarrollo de proyectos vivendistas en diferentes zonas del país. En ese marco, basados en costos principalmente, y contando con las empresas constructoras de viviendas, en esta investigación, se escogerá el sistema de construcción más apropiado y de más bajo costo para proyectos de interés social, abordando por ejemplo, los factores que inciden en el costo de una vivienda, factores de mercado, factores tecnológicos, aspectos del sistema estructural del que se conforman las viviendas, así mismo, un estudio de los costos propios de estas viviendas haciendo comparaciones, con lo cual, los constructores al juzgar la vivienda y los sistemas constructivos, versus costos, decidan, qué tipo de vivienda construir para ofrecer una mejor opción a toda la población que queda

fuera de los programas estatales, sin capacidad adquisitiva para suplir esa necesidad con la oferta que promueve el sector privado viviendista.

Es importante, que el déficit habitacional, actual, del país, indica que las políticas para viviendas del estado, son insuficientes para superar esta problemática. Los desastres naturales en el país anualmente, aumentan este déficit y muestran la desprotección de las personas con más escasos recursos económicos y la desatención en la que estas se encuentran. La opción habitacional de interés social, debe tener un costo acorde con el tipo de población a atender, cumpliendo con requerimientos de buena calidad exigidos para cualquier vivienda, utilizando materiales adecuados, técnicas, métodos y procedimientos de construcción, que faciliten la ejecución de los proyectos, con los espacios mínimos adecuados para el desarrollo normal de la actividad de los habitantes en las viviendas.

## Capítulo I. Conceptos generales de la vivienda de interés social.

### 1.1 Anteproyecto

#### 1.1.1 Antecedentes

La obtención de una vivienda, es una necesidad que se liga directamente con la economía que poseen los que aspiran a ella, en función de esto, desde los años 1930`s se ha tratado de encontrar la solución más favorable a esta relación, así, en 1950 se creó el Instituto de Vivienda Urbana (IVU), y en 1998 el Fondo Nacional de Vivienda Popular (FONAVIPO). En la Universidad de El Salvador,

también se han hecho estudios a través de tesis y trabajos de graduación, con estudiantes egresados, por ejemplo, el “Manual de Materiales no Tradicionales Para La Construcción de Viviendas de Bajo Costo”, “Evaluación de Costos Para Vivienda Unifamiliar en Areas Rurales” y, “Actualización en Procesos Constructivos con Materiales y Tecnologías Innovadas en la Industria de la Vivienda”. Todas las investigaciones y las citadas forman parte de la solución a ese gran problema, el cual se puede representar por costos y unidades habitacionales. También, la demanda de viviendas, ha hecho surgir grandes empresas viviendistas, e instituciones de gobierno encargadas de este tema (FONAVIPO, 1992), para enfrentar el problema, y lo hacen a través del sistema financiero del país, adoptando módulos para viviendas de interés social, por ejemplo, con área de construcción de 36.00 m<sup>2</sup> (6 m de ancho y 6 m de largo), cuyas cuotas de adquisición oscilan entre noventa y cien dólares, mensualmente, y financiamiento con periodo de paga de veinticinco años.

Según la encuesta de hogares de propósitos múltiples (EHPM) del ministerio de economía, en el año 2004 habían 545,000 viviendas, con déficit cuantitativo y cualitativo. El déficit cuantitativo lo representa la población que no tiene acceso a una vivienda, y el déficit cualitativo, las viviendas, sus techos, piso, paredes, puertas y ventanas, que no están en buenas condiciones. Del mismo estudio, con la EHPM, 2004, se desprende que el aumento de pobreza en el país, ha atraído colaboración de países considerados potencias económicas, para minimizar esta necesidad. Las experiencias propias, vividas en sus territorios,

les hace ofrecer ayuda económica para la construcción de viviendas en las zonas que cuentan con los índices más altos de pobreza, por lo que entre los años 2005 y 2006, se construyeron más de 486 viviendas en el departamento La Paz y Cuscatlán, con proyectos financiados por la Unión Europea (UE), a través del Fondo de Inversión Social para el Desarrollo Local (FISDL), entre estas viviendas hechas, se utilizaron tres sistemas constructivos para viviendas de interés social, estos fueron, el sistema de paredes de concreto (moldeado y vaciado in situ), bloque de concreto estándar y panel remallado estructural covintec.

El mercado viviendista ofrece muchas opciones para la construcción de viviendas de interés social, pero los costos de cada uno de los tres sistemas en estudio son los que harán la diferencia al momento de su elección, debido a que el sistema que presente los menores costos, será el que tenga más probabilidad de ser elegido técnica y económicamente al comparar entre si los tres sistemas constructivos de viviendas, en los cuales se centrará la investigación, por ejemplo, paredes de concreto (moldeado y vaciado in situ) se utiliza en el país desde la década de los años 70's, otros como Covintec, por la falta de interés o la falta de conocimiento técnico económico y aspectos culturales de los usuarios, ha llevado a que no sea muy utilizado en el país.

Actualmente, las empresas privadas están desarrollando proyectos viviendistas como Altavista cuarta etapa, en el municipio San Martín, este tiene más de 15 años en desarrollo, con más de 10,000 viviendas construidas hasta la

actualidad. La empresa constructora ha utilizado, en este proyecto, el sistema industrializado de paredes de concreto (moldeado y vaciado in situ), por la rapidez de producción con este sistema, en el cual pueden colarse hasta doce viviendas diarias, lo cual se vuelve importante respecto al problema de disponer de una vivienda digna y funcional de bajo costo, esto se vuelve un requerimiento en casos emergentes, como el de la zona occidental del país, que en Diciembre de 2006, en los municipios Ahuachapán, Atiquizaya, San Lorenzo, y El Refugio, ocurrieron fuertes temblores, por actividad volcánica, que perjudicaron más de 3600 viviendas, entre las cuales, el cincuenta por ciento fueron dañadas y el otro cincuenta por ciento destruidas totalmente, dejando desprotegida y en zozobra a la población, lo cual hace aumentar la necesidad de construir viviendas en esa zona. Estos, son datos conjuntos de cada alcaldía municipal con la ayuda del viceministerio de vivienda.

#### 1.1.2 Planteamiento del problema.

La industria de la construcción de vivienda unifamiliar, cuyos costos van en relación con políticas de país, regidas por el Vice ministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano (VMVDU), dentro de un plan de nación, establece algunos estándares de financiamiento y adquisición de vivienda para los trabajadores que formalmente devengan un sueldo básico, respecto al mínimo actual, \$180.00 por mes, esto para el mes de abril de 2007, en el país. Para los trabajadores informales, aún no se tiene definido cuál sería el monto mínimo ajustable. Pero, hay constructores que están dedicados a utilizar, cada vez,

materiales y procesos constructivos innovados de menor precio, que cumplan buena calidad para la construcción de viviendas de una planta (más común), hasta dos plantas, con espacios en el contexto de vivienda digna o funcional. Los sistemas constructivos actuales y sus tecnologías, son insuficientes hacia la solución de tener una vivienda digna, de ahí, que es necesaria la innovación, por ejemplo en materiales y procesos constructivos, en términos de aproximarse a responder sobre el más conveniente económicamente, funcional y durable, es decir, llegar a costos más representativos de la realidad de los que adquieran las viviendas, consumidores y demandantes de vivienda en torno a necesidades propias, garantizando seguridad y permanencia con buena calidad de vida. Esta gama de alternativas tecnológicas y de costos puede conjugarse en análisis de costos, beneficios, rentabilidad y estabilidad social, concordantemente, con los intereses y expectativas de cada optante a una vivienda. A este estudio de costos y tecnologías, no escapan otros como financiamiento, mano de obra, acabados, subida de precios, riesgos, condicionando las opciones de los interesados.

La adquisición de viviendas, costos y tecnologías, han sido objeto de análisis en más de ocho décadas dentro de las preocupaciones de país, que cada vez su evaluación se desactualiza porque la proyección y la realidad la supera constantemente, requiriendo más estudio, por ejemplo, en la comparación de costos de construcción versus sistemas estructurales existentes, principalmente los módicos, los estándares, convencionalmente. El espacio de las viviendas es

determinante en el estudio porque establece los límites a habitar por cada familia que la adquiriera, los criterios varían, por ejemplo, de 25 m<sup>2</sup> a 45m<sup>2</sup> ó 50 m<sup>2</sup> en la denominación de vivienda de interés social, que comúnmente están dirigidos más al sector formal de ingresos, demarcado dentro del ambiente económico social como pobreza o extrema pobreza, marginalidad, u otro afín. Esta realidad, además que demarca costos, lo hace también en términos de desarrollo y calidad de vida de las personas que van a disponer de esta vivienda como tal, el rodeo y distribución de estas áreas con paredes estructurales, conlleva, cada vez, a considerar costos y tecnologías innovadas que mejor se adapten a opciones más económicas seguras y cómodas. Por otro lado, hay análisis de costos establecidos globalmente para fines de políticas, programas, proyectos o una totalidad de viviendas, tal como en 1999, que según ese plan de nación, una vivienda costaría 5000 colones (\$571.43) en 70 m<sup>2</sup> para los pobres ó 2000 colones (\$228.57) para los de extrema pobreza. Para el caso, cuáles son los índices unitarios de costos, sólo de pared eregida, este sólo es parte del problema de costos y de la problemática de construir viviendas en diversas modalidades, materiales y valores. El análisis ha de profundizar, en estos rubros, de manera que den más accesibilidad, opción y confianza a la población que se esfuerza por adquirir vivienda propia, también, en la variabilidad en los costos directos de los materiales y su existencia en el mercado o la producción o fabricación de ellos, ya que estos se someten a variación sensible en el precio de los insumos, como materia prima o material



terminado, insumo o a ambos, y a los disponibles en el mercado como tal en el uso directo en la construcción de viviendas. Además, el tiempo en los procesos de fabricación determina costos así como el financiamiento de los proyectos. También, vale tomar en cuenta, en este caso, detalles importantes para eficientar tiempos y costos de producción, la disponibilidad o disposición de los materiales in situ para su uso, los tiempos de traslados de materiales antes de uso, en proceso de preparación y colocación de estos, así mismo, los tiempos de traslados y operación de obreros que realizan cada actividad, es decir, los rendimientos en tiempos de producción, los cuales no son los rendimientos de cada obrero en si, por su destreza y pericias para producir obra (Soler, T.E, 1969). Los espacios que recorren el obrero y los materiales, desde los lugares de acopio o bodegaje y su lugar de colocación, tiene que ver también en los costos, tiempos y rendimientos, ya que estos valores son diferentes cuando la obra se hace estando más cerca, que cuando esté más lejos de su colocación final, difieren los recorridos, los esfuerzos.

### 1.1.3 Delimitaciones.

En este estudio, es central lo social con énfasis, en las familias que poseen los más bajos recursos económicos, ingresos salariales o de subsistencia, y a la vez, en la optimización de recursos y materiales para la construcción de viviendas de interés social, considerando los estándares de buena calidad, y el más bajo costo de la vivienda unifamiliar y evaluando los costos de construcción

de paredes por metro cuadrado de tres sistemas de paredes estructurales, de concreto (moldeado y vaciado insitu), bloques de concreto estándares y panel remallado, estructural, Covintec.

#### 1.1.4 Objetivos.

##### 1.1.4.1 Objetivo general.

- Comparar costos por metro cuadrado de los sistemas estructurales de paredes hechas con mampostería de bloque estándar, moldeado y vaciado de concreto in situ, panel remallado estructural, Covintec, tal que puedan ser utilizados por instituciones vivierendistas y constructores de vivienda de interés social, principalmente en áreas rurales, semirurales o potencialmente urbanas, así mismo, en auto construcción.

##### 1.1.4.2 Objetivos específicos.

- Determinar costos unitarios para cada sistema estructural de paredes, hechas con mampostería de bloque estándar, moldeado y vaciado de concreto in situ, panel remallado estructural Covintec, de acuerdo con sus procesos constructivos, respectivamente.
- Proponer un procedimiento de costeo para elaboración de paredes, tomando en cuenta sus costos directos a precios de mercado, para

comparar entre si, los costos por metro cuadrado para aplicarlos en cada sistema estructural de pared en estudio.

- Aplicar los costos por metro cuadrado, determinados en un caso de vivienda costeadas con cada uno de los sistemas de paredes estructurales, hechas con mampostería de bloque estándar, moldeado y vaciado de concreto in situ, y panel remallado estructural Covintec.

#### 1.1.5 Alcances.

La adquisición de viviendas para personas de escasos recursos económicos en el país, está ligada a la capacidad económica adquisitiva de la población, a políticas de estado y al financiamiento que ofrecen las instituciones a las personas que lo solicitan, por lo tanto, es importante más estudio de costos e innovar o mejorar las tecnologías que se están utilizando para construir viviendas de interés social, desde hace varias décadas, tres o cuatro, en pequeños y grandes proyectos sociales así como, incorporar lo que se ha lanzado al mercado últimamente, en innovaciones, novedades, mejoras.

Esta investigación da mayor énfasis a los costos unitarios y procedimientos constructivos, por ejemplo, costos por metro cuadrado de paredes, ya que otras partidas como techos, pisos y acabados en viviendas, son de menor influencia

económica en el costo total del proyecto, en comparación con paredes. Un mismo diseño de vivienda de interés social, se evaluará económicamente en tres sistemas estructurales de paredes: con mampostería de bloque de concreto estándar, moldeado y vaciado insitu y panel remallado estructural Covintec, lo cual, al finalizar, ayudará a definir un criterio adecuado para elegir la vivienda más económica a construir o adquirir en proyectos de interés social, utilizando materiales económicos, sin sacrificar la buena calidad del diseño y sin poner en riesgo a los habitantes que adquirirán la vivienda, llegando a elaborar una propuesta de vivienda de interés social segura la cual sea accesible a la población de bajos recursos o muy bajos ingresos, hasta auto construible.

#### 1.1.6 Limitaciones.

Los datos de base como antecedentes, cifras absolutas, índices, criterios en políticas, programas y proyectos de estado o empresa privada, en esta investigación, estarán sujetos a la información proporcionada por las instituciones y empresas que trabajan en el campo de las viviendas de interés social, su disponibilidad, agilidad completa u omisión, sólo responderá a objetivos y fines de cada empresa para proporcionarla.

#### 1.1.7 Justificación.

El alto índice de crecimiento poblacional y los fenómenos naturales, terremotos como los ocurridos el 10 de Octubre de 1986, 13 de Enero y 13 de Febrero del

año 2001, en Diciembre de 2006 en el occidente del país, erupciones volcánicas, inundaciones, etc, son factores causantes de provocar mayor demanda en la creación de viviendas, principalmente barata, de interés social, que cumplan buena calidad de construcción y economía, ajustándose a superar los altos índices de pobreza, ya que muchas familias que han logrado, con mucho sacrificio, llegar a obtener una vivienda mínima, las han perdido, debido a los sismos ocasionados en las últimas décadas. A este evento de la naturaleza se agregan las tormentas tropicales que también han dejado gran cantidad de familias que necesitan una vivienda digna.

En los últimos treinta años, esto ha motivado a organizaciones internacionales a prestar su ayuda en querer minimizar los altos índices de pobreza, al financiar la demanda de viviendas en el país. El gobierno de El Salvador con el Vice Ministerio de Vivienda Y Desarrollo Urbano, a través de FONAVIPO, se encarga de recolectar información y actualizarla, cada cierto tiempo, para mayor exactitud en el control de los déficit de viviendas, existente en las zonas urbanas y rurales. Por otro lado, el Ministerio de Economía a través de la Encuesta de Hogares de Propósitos Múltiples (EHPM), por ejemplo, en el año 2004, indicaba, que en El Salvador, existe un déficit habitacional de unas 545,000 viviendas. Estos datos reflejan otros factores que influyen muchísimo en porqué, una familia no puede tener su propia vivienda, teniendo un empleo donde a la fecha devenga un salario mínimo de sólo \$180.00 ó menos por mes,

para hacer frente a todo el esquema de vida de su grupo familiar, donde del 40% a 50%, lo destina al pago de cuota de vivienda.

Por lo tanto, es necesario dar una respuesta más accesible a cómo se puede obtener una vivienda digna resistente a todo fenómeno natural, los cuales son parte de los factores causantes de esta demanda cuando se cuenta con muy limitados ingresos salariales. De ahí que al hacer una comparación de costos entre tres diferentes técnicas o procesos constructivos para producir viviendas de interés social, las instituciones gubernamentales y no gubernamentales tendrían una base para proporcionar una verdadera oferta de vivienda, que sea accesible y digna a personas o familia de bajos ingresos, y muy bajos ingresos, en monto de dinero, para subsanar sus niveles de vida, incluyendo las familias del sector no formal, que aún no tienen una alternativa de solución a su problemática habitacional familiar.

#### 1.1.8 Temática propuesta para desarrollar.

Ver anexo No.1.

#### 1.1.9 Cronograma de actividades y evaluaciones.

#### 1.1.10 Metodología de la investigación a desarrollar.

Para la realización del trabajo de graduación, es indispensable, la información bibliográfica que se recopile através de tesis, textos, libros, documentos e Internet, para esto, se harán visitas y entrevistas en empresas e instituciones

que están involucradas con la investigación, a personas especializadas en el tema en las empresas e instituciones relacionadas en el desarrollo de proyectos de viviendas de interés social. Siendo estas fuentes de información de gran utilidad en la sustentación de esta investigación. Las visitas, se harán a instituciones que desarrollan políticas de vivienda en el país como: FONAVIPO, FUNDASAL, FSV, y el Vice ministerio de vivienda y desarrollo urbano, y a empresas que se encargan de la distribución y venta de materiales de construcción tales como: monolit, covintec, saltex, bloquitubos, u otras afines, para conocer exactamente las propiedades de los materiales, costos, tecnologías, especificaciones.

Para el estudio de los factores generales que inciden en la vivienda unifamiliar de bajo costo, se abordarán factores institucionales como: las políticas de vivienda y de qué forma ayudan estas a resolver la problemática que existe en el país, actualmente, en cuanto a la adquisición de vivienda digna para personas de bajos recursos. También, se hará un análisis de los índices de pobreza que actualmente presenta el país, para sustentar la problemática de la gran cantidad de personas o familias que no tiene acceso a una vivienda digna. Los índices de empleo formal o informal son datos importantes, así como los índices de desempleo, y los ingresos que cada un individuo percibe, ya que con esta información se puede estimar capacidad adquisitiva de la población y las oportunidades que las familias tengan para la obtención de vivienda propia.

Se establecerán los precios y costos de una vivienda de interés social, según la información que manejan hasta el momento, las entidades gubernamentales encargadas de las políticas de vivienda nacional, al igual que las proyecciones que estas tienen para solventar esta problemática que frena el desarrollo del país. También, se tomará en cuenta las diversas presentarán diversas innovaciones en vivienda de bajo costo, con la información obtenida de las empresas distribuidoras de materiales de construcción y que representan una alternativa más para poder proveer de vivienda a familias con escasos recursos e ingresos, que no tenga acceso a ella.

Para los factores tecnológicos en el desarrollo de viviendas unificadas de bajo costo, se hará un análisis de técnicas, métodos y procedimientos constructivos que pueden ser muy diversos al ejecutar cualquier proyecto vivendista, esto, mediante visitas de campo a proyectos que se están desarrollando actualmente.

La selección de los materiales de construcción es un factor que incide mucho en el costo de una vivienda, por lo que se presentará la gama de materiales que el mercado salvadoreño actualmente oferta, para poder realizar proyectos a bajos costos pero sin sacrificar la calidad de ellos, todo esto, con ayuda e información proporcionada por empresas como Sáltex, Bloquitubos, Monolit, grupo roble, construyendo s.a de c.v.

Los sistemas constructivos pueden variar, según lo decidan o resulte más conveniente para las empresas constructoras. Dependiendo de la correcta ejecución de estos sistemas, puede haber reducción en el costo final de la



vivienda, beneficiando a la población que en el futuro la adquiera, por lo cual, es muy importante la información que se obtendrá con las visitas de campo a proyectos que se encuentran en desarrollo, para poder presentar datos reales, en donde se tomarán en cuenta aspectos de las viviendas de bajo costo, tales como, el terreno, fundaciones, paredes, techos, pisos, instalaciones básicas y áreas de circulación interna y usos varios, por lo cual se analizarán cada uno de estos componentes, y representarlos en costos finales en viviendas producidas.

#### 1.1.11 Planificación de recursos.

Toda investigación, requiere de muchas fuentes para llevar a cabo un trabajo que contenga la información necesaria, para que al finalizar se hayan logrado los objetivos, esto es, con el respaldo de los recursos bibliográficos, humanos y económicos, los cuales harán que el trabajo realizado dé los resultados esperados en la planificación contenida en este anteproyecto.

##### 1.1.11.1 Recursos bibliográficos.

Para desarrollar este trabajo de graduación, se utilizarán diferentes tipos de información, las cuales aporten datos teóricos y numéricos importantes, estos, son los que proporcionan las siguientes instituciones o personas:

- Instituciones Gubernamentales, como el Viceministerio de vivienda y desarrollo urbano, a través de FONAVIPO, FSV, FUNDASAL, CNR, para obtener información técnica y teórica.

- Empresas privadas como, construyendo s.a de c.v, monolit, bloquitubos, saltex, cemento de el salvador.
- Investigaciones realizadas relacionadas con el tema en estudio tales como, tesis, revistas, documentos, libros.
- Información afín, que se encuentre en Internet.
- Entrevistas a personas especializadas en el tema.

#### 1.1.11.2 Recursos humanos.

El trabajo de graduación lo desarrollarán tres estudiantes egresados de ingeniería civil, y la colaboración de un coordinador y un asesor por parte de la Escuela de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador.

#### 1.1.11.3 Recursos económicos.

Es parte fundamental de esta investigación, su valor en costos, ya que como en cualquier trabajo, se incurre en gastos de esta índole. Considerando el desarrollo del trabajo en siete meses, se estiman los siguientes costos en la tabla 1. Presupuesto estimado, del costo que incurrirá el estudio.

Tabla No.1. Presupuesto estimado, del costo que incurrirá el estudio.

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO
Energía Eléctrica	Mes	7	\$15.00	\$105.00
Telefonía Fija	Mes	7	\$15.00	\$105.00
Telefonía Celular	Mes	7	\$30.00	\$210.00
Agua Potable	Mes	7	\$3.00	\$21.00
Gastos de evaluaciones expositivas	Unidad	4	\$25.00	\$100.00
Visitas de Técnica	Unidad	5	\$20.00	\$100.00
Depreciación de Computadoras	Mes	7	\$75.00	\$525.00
Compra de computadora Laptop	Unidad	1	\$780.00	\$780.00
Depreciación de Impresoras	Mes	7	\$10.00	\$70.00
Resmas de papel bond tamaño carta	Unidad	15	\$3.50	\$52.50
Tinta de color negro, cartucho	Unidad	20	\$4.00	\$80.00
Tinta de color, cartucho	Unidad	10	\$5.50	\$55.00
Torre de CD'S	Sg	1	\$17.00	\$17.00
Memorias USB 512 MB	Unidad	3	\$25.00	\$75.00
Fólder	Unidad	100	\$0.11	\$11.00
Fasterner'c	Unidad	100	\$0.11	\$11.00
Cuaderno	Unidad	4	\$1.25	\$5.00
Libreta de apuntes	Unidad	1	\$2.00	\$2.00
Bolígrafos	Caja	1	\$2.00	\$2.00
Empastados de trabajo final	Unidad	10	\$15.00	\$150.00
Imprevistos	Sg	1	\$100.00	\$100.00
<b>TOTAL</b>				<b>\$2,576.50</b>

1.2 Marco de factores que participan en el desarrollo habitacional o del sector vivienda.

1.2.1 Factores naturales en vivienda de interés social.

En el desarrollo habitacional, los factores ambientales y ecológicos, son los que principalmente, determinan la permanencia de las personas en el lugar de habitabilidad y la vivienda, en la siguiente forma:

1.2.1.1 Factores ambientales.

Son los que denotan la morfología, el relieve y la topografía de los terrenos para evaluar sus condiciones y determinar si pueden utilizarse dentro de la construcción vivandista.

1.2.1.1.1 Morfología.

La morfología describe la forma de un determinado terreno, independientemente de las causas que le hayan generado esa forma, ya sea por el agua, lluvia o erupciones volcánicas que acumularon promontorios o depósitos de materiales volcánicos. Los terrenos, por su posición geográfica, se pueden clasificar en dos grupos, los comprendidos en el área urbana, asociados, sobre todo, a terrenos con planicie o valles y accidentes, más o menos ondulados, y los del área rural, que son similares, pero con mayor extensión, los diferencia su uso agrícola o agroindustrial. La topografía representa la morfología y lo accidentado o no de los terrenos, esto, es un

factor importante en el costo de construcción de una vivienda de interés social, ya que cuando se hacen cortes o rellenos para construir viviendas de interés social es cuando se evalúan las verdaderas condiciones de costo que estos tienen.

#### 1.2.1.1.2 Relieve.

En el desarrollo de áreas para construir viviendas, y su relieve, lo geográfico es de singular importancia a tomar en cuenta, por ejemplo, en análisis de costos y problemas ambientales, el relieve del terreno es la morfología, a ello responde directamente la pendiente (inclinación, orientación y longitud), la disección de la superficie por erosión, asociados a composición geológica y geomorfológica, o la estructura morfolitológica. El impacto sobre el ambiente, es particularmente importante de evaluar al desarrollar proyectos viviendistas. La planeación de la construcción de infraestructura civil en una determinada zona conlleva a estudios de factibilidad ambiental.

#### 1.2.1.1.3 Topografía.

En las actuales condiciones territoriales del país, la elección de áreas propicias para urbanización son muy restringidas. En las áreas urbanas de ciudades, estas se van disminuyendo en tanto se vayan alejando, a zonas más abiertas, hacia lo rural, especialmente para proyectos dirigidos a sectores de más bajos ingresos, por ejemplo, desde San Salvador hacia Apopa y Aguilares, por las

condiciones geográficas del país, y la falta de incentivos y promoción de la creación y consolidación de espacios urbanos y urbanizables. Por ejemplo, en la zona urbanizada del área metropolitana de San Salvador, AMSS, se ha ido estableciendo “cotas de urbanización”, actualmente, entre 400 y 1000 metros sobre el nivel del mar<sup>1</sup>, ver figura No.1. Rango de elevaciones del AMSS, respecto a la altitud máxima del volcán de San Salvador, que alcanza los 1874 metros sobre el nivel del mar. En la zona del AMSS, la Cordillera del Bálsamo está estimada su altura media entre 1000 y 1200 metros sobre el nivel del mar. Otros elementos topográficos importantes son el cerro San Jacinto, el volcán San Salvador, y el cerro de Nejapa. El valle de San Salvador está drenado por una red de ríos y quebradas que erosionaron los depósitos volcánicos más suaves, creando profundos barrancos, los cuales están ocupados por asentamientos humanos vulnerables a desastres o constituyen zonas de protección de proyectos habitacionales, no sólo del AMSS, sino de cualquier ciudad del país, donde se ocupan riveras y cuencas de los ríos como asentamientos urbanos, por parte de familias más vulnerables económicamente y por lo cual, no pueden aspirar a una vivienda digna en un terreno mejor, respecto al valor de estos.

---

<sup>1</sup> En San Salvador, el volcán San Salvador, las cotas van de lo más bajo del valle San Salvador 200 msnm, hasta la mayor elevación del picacho, el boquerón, 1900 a 2200 msnm. Tomando como referencia esto, las cotas de urbanización actualmente alcanzan hasta casi la mitad de la máxima altitud y un promedio de 600 a 650 msnm.

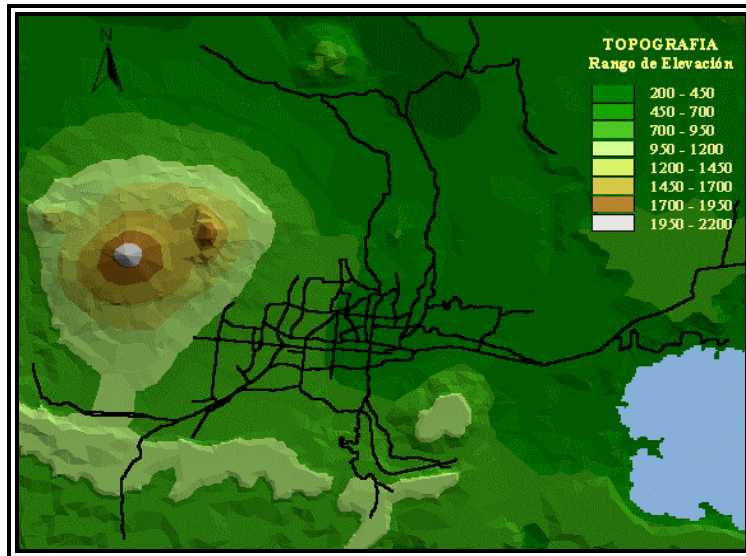


Figura No. 1, rango de elevaciones del AMSS.

#### 1.2.1.2 Factores ecológicos.

Están asociados con los accidentes topográficos y los suelos, para su uso más económico, lo cual influye directamente en los costos de los terrenos y la construcción de las viviendas.

##### 1.2.1.2.1 Accidentes topográficos.

La topografía y sus accidentes más notorios, respecto a cuencas y ríos, cerros y volcanes, los grandes desniveles de la mayoría de terrenos, provienen en su mayoría de elevaciones volcánicas o montañosas. Todos estos accidentes, son factores que influyen directamente en los costos de los terrenos y la construcción de viviendas, condicionan los costos de construcción, involucran pertinentemente mano de obra, materiales, administración, dirección y

utilidades. La mano de obra y los materiales, tienden a aumentar su costo según sea la ubicación, accesibilidad y lo accidentado de los terrenos donde se construye. La planificación, diseño y administración adecuada de los proyectos, puede bajar estos costos sin reducir la calidad de la vivienda, aún, cuando estas se localicen en zonas con topografía desfavorable. Las familias ubicadas en zonas protegidas, servidumbres, derechos de vía inseguros o de alto riesgo, por lo general, invadidos y no aptos para construir, es muy difícil que puedan optar a una vivienda digna o de bajo costo, a causa del aislamiento, tales asentamientos registran deficiencias o no clasifican para infraestructura básica, dotación de servicios públicos (agua potable, aguas negras, aguas lluvias, electricidad, red vial y peatonal, accesos, recolección de desechos sólidos, etc.), equipamiento social y económico. La calidad de los materiales utilizados para construir las viviendas de estas familias, es muy baja, haciendo aún más grave el problema de vivienda en estas zonas y del desarrollo de esas áreas.

### 1.2.2 Factores Institucionales.

En el desarrollo habitacional, las políticas de vivienda, función de las instituciones estatales encargadas de la vivienda respecto al déficit habitacional existente, y las condiciones socioeconómicas de la población, predominan para que gran parte de esta, que es de escasos recursos económicos, o bajos y muy bajos ingresos, no tenga acceso a una vivienda digna.



### 1.2.2.1 Políticas de Vivienda.

El acceso a oportunidades de financiamiento para vivienda, de la población de más bajos ingresos familiares, lo han dificultado tres factores principales: programas de apoyo insuficientes e inefectivos, carencia de garantías para acceder a créditos hipotecarios e imposibilidad de acreditar ingresos permanentes, este último, es uno de los mayores problemas en los sectores informales de El Salvador. La solución al déficit habitacional, desde el estado, es permanentemente muy deficiente, respecto a implementar normativas, promoción en la iniciativa privada, más accesibilidad a vivienda para la población más pobre o con nula capacidad de endeudamiento, hasta beneficiarlos con un subsidio habitacional directo, no reembolsable, combinado con esfuerzo familiar. Sin embargo, hay familias con ingresos muy bajos y dificultades severas para acceder a una vivienda digna, debido al precio, que para ellos, esos todavía son altos, esto ha conllevado, a que esos sectores se beneficien con acceso a vivienda de interés social, viviendas con estándares adecuados en cuanto a localización, tamaño de lotes o terreno, servicios básicos, superficies construidas, materiales de construcción utilizados y acabados estéticos, apoyo con subsidio para adquisición de vivienda, financiamiento a plazos favorables, precios de vivienda y terrenos más razonablemente bajos. El artículo 119 de la Constitución Política de la República de El Salvador, establece, que “la construcción de vivienda es una actividad de interés social y obliga al Estado a procurar porque el mayor número

de familias salvadoreñas lleguen a ser propietarias de su vivienda”. Durante los años 1980`s, para dar cumplimiento a esto, el estado construyó proyectos habitacionales subsidiados, bajando las tasas de interés y el precio de las viviendas, sin embargo, el déficit habitacional siguió en aumento. En los años 1990`s, disminuyeron las funciones de intervención directa del estado, en el sector vivienda, y se creó un sistema de subsidios, con programas directos, basados en la tasa de interés, con mayor atención en la legalización de propiedades. Para lograr que el mayor número de personas accedieran a una vivienda digna, el Viceministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano (VMVDU), con sus políticas estatales de vivienda, se encargó de lo siguiente:

- a. Diseñar políticas, estrategias, programas y proyectos para producir soluciones habitacionales a la población de bajos ingresos sin acceso a viviendas producidas por empresarios privados.
- b. Operar, con gobiernos municipales, Instituto Libertad y Progreso (ILP), Centro Nacional de Registros (CNR), Fondo Social para la Vivienda (FSV) y Fondo Nacional de Vivienda Popular (FONAVIPO), respecto a cumplimiento de normas y regulaciones, en lo siguiente:
  - Autorización de proyectos de desarrollo urbano y rural.
  - Legalización de la tenencia, en propiedad u otra forma equivalente, del suelo para vivienda o solución habitacional de la población de bajos ingresos.
  - Planificación de la gestión urbana y territorial del país.

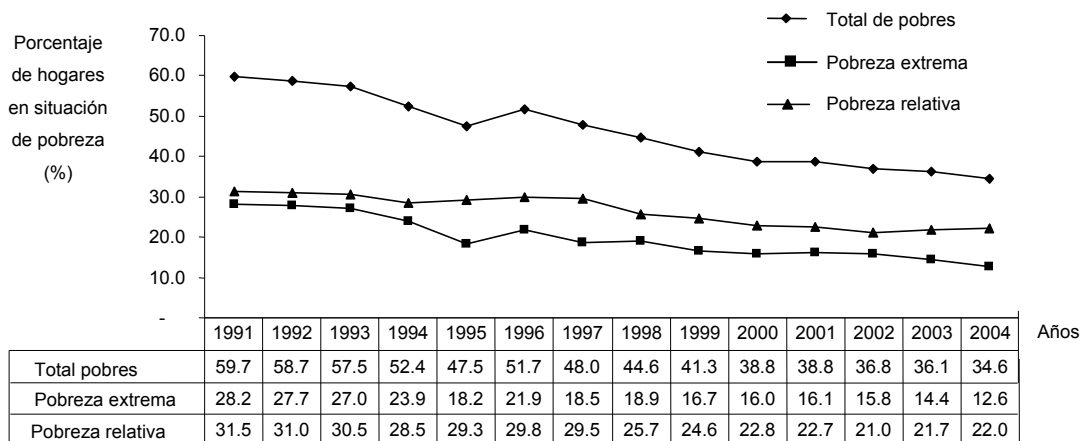
- Financiamiento habitacional.
- Facilitar el acceso a obras, servicios y equipamiento comunitario a los segmentos de población de bajos ingresos.
- Normalización y control en la producción de materiales de construcción y soluciones habitacionales.

También, fomentar estudios permanentes para desarrollar otras tecnologías de construcción y materiales, que favorezcan el desarrollo de proyectos habitacionales sociales y tecnologías que incurran en mejor calidad y menores costos de las viviendas.

#### 1.2.2.2 Índice de pobreza

La pobreza, es un problema vinculado con vivienda y su tenencia. La pobreza extrema y relativa, son atribuidas al analfabetismo, desempleo, bajo crecimiento económico, deuda externa, etc. Las personas que no pueden satisfacer las necesidades básicas, sobre todo, en la zona rural, se encuentran en pobreza extrema, y las personas que cumplen con ciertas necesidades básicas, se ubican en pobreza relativa. En el país, en el año 2004, la pobreza era, 8.6% y 19.3% hogares en extrema pobreza en la zona urbana y rural, respectivamente; así mismo, 20.6% y 24.4% hogares en pobreza relativa en la zona urbana y rural, respectivamente. Estos valores han aumentado permanentemente, y la llegada, a Centroamérica, de los huracanes, Mitch en el año 1998 y Stan en el

año 2005, además de la erupción del volcán Ilimatepec, el 7 de octubre de este mismo año, provocaron grandes pérdidas a personas que tenían sus bienes y sus casas, cultivos y todas sus pertenencias, dejando en abandono a miles de pobres. Las remesas familiares, aunque han paliado la economía de las familias salvadoreñas, el índice de pobreza en el país, cada día aumenta, por falta de fuentes y oportunidades de empleo para todos, salarios muy bajos que no cubren las necesidades ni la canasta básica familiar, alto costo de la educación, etc. Los índices de pobreza, en el período 1990 a 1997, se redujeron en 11.7%, mientras que entre 1998-2004, se redujeron en 10.0%; estos resultados se han debido a las grandes dificultades para combatir la pobreza, a tal punto que, entre los años 2000 al 2004, los hogares en situación de pobreza se mantuvieron alrededor del 35% (Ver gráfica No.1. Cronología de la situación de pobreza en hogares.)



Gráfica No.1. Cronología de la situación de pobreza en hogares.  
Fuente: Elaboración propia en base a información de EHPM, de cada año.

En términos geográficos, la zona rural del país tiene los niveles más altos de pobreza, en el año 2003 fué de 43.7% de los hogares rurales y en la zona urbana 29.2%, con disminuciones en cada una de estas zonas, entre los años 1999-2004, en 11.2%, y 3.6% respectivamente. Aspectos como desaceleración económica, precarización del empleo (por marginación), menor dinamismo para reducir la pobreza y mayor desigualdad, siempre han ido desencadenando en aumento en el déficit habitacional, ya que no se propician condiciones económicas para que la población pueda adquirir una vivienda a bajo costo, cumpliendo requerimientos para satisfacer sus necesidades y derechos.

#### 1.2.2.3. Tecnologías aplicadas a la industria de la construcción.

En las diversas modalidades de vivienda, las diferentes tecnologías constructivas empleadas en cada época, han indicado el tipo de construcción, actualmente, algunas de ellas se siguen desarrollando, adecuándolas al momento para que sus ocupantes tengan comodidad y seguridad, por ejemplo, ante fenómenos naturales como sismos e inundaciones por lluvias. Para hacer la elección de la tecnología a utilizar en la construcción de viviendas, se toman en cuenta, los procedimientos constructivos, materiales de construcción y tiempos de producción, estos factores hacen la diferencia en los costos de una vivienda, respecto a qué tan barata resulta construir una casa, respondiendo a las exigencias de la población que desea beneficiarse con buena calidad y bajos costos. Dentro de los aspectos importantes para tomar una decisión

respecto a qué tecnología constructiva desarrollar en un proyecto, está, su ubicación, ya que la zona puede ser de difícil acceso y dificultar la realización de una u otra tecnología, y la elección de los materiales que se emplearán para el techo, paredes y piso, ver anexo No.3. Tecnologías empleadas en la construcción de vivienda social en El Salvador. En este sentido, la industria de la construcción ha desarrollado proyectos más apropiados, con menores tiempos de producción, menores costos, y materiales con mejores propiedades físicas, mecánicas y durabilidad, para la buena calidad de las viviendas.

#### 1.2.2.4 Cooperación Internacional.

La imagen global que internacionalmente genera el país, contrasta con el déficit habitacional que históricamente ha tenido, estimado a la fecha entre 550,000 y 750,000 viviendas, para enfrentar esto, el estado presta dinero a países amigos, instituciones bancarias y organizaciones internacionales, “mediante políticas de inversión para, ejecutar proyectos de desarrollo”. Los desastres naturales, el huracán Mitch, en el año 1998, los terremotos del 13 de enero y 13 de febrero del año 2001, el huracán Stan en el año 2005, incrementaron el déficit habitacional, esta crisis propició más préstamos, para viviendas, al Banco Mundial y al Banco Monetario Internacional, para personas que todavía no tienen acceso a una vivienda digna o para las que han perdido sus bienes en estos eventos naturales y que se encuentran desamparadas, ya que las áreas más afectadas fueron donde la población había improvisado sus viviendas con

materiales inadecuados y en zonas de alto riesgo, por no tener la capacidad adquisitiva que les permitiera la obtención de una vivienda en mejores condiciones, situaciones que hoy se asocian al calentamiento global y daños al ambiente y falta de educación.

El Viceministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano, ha desarrollado proyectos habitacionales con ayuda de la cooperación financiera internacional, para familias que no aplican a las opciones que ofrece la empresa privada, cuya principal fuente de financiamiento vivendista es el FSV y el FONAVIPO, así mismo, la otorgación de subsidios, es una labor realizada también, por instituciones no gubernamentales nacionales y extranjeras, como ayuda a estas familias. La persistencia de la falta de viviendas para personas que no cumplen con los requisitos exigidos, a gran número de habitantes los deja fuera de los proyectos, y las ONG'S se han vuelto financistas de estos grupos sociales excluidos, para propiciar proyectos habitacionales, donando materiales de construcción, estimulando la autoconstrucción, brindando capacitación técnica en nuevas tecnologías constructivas, y conscientizando a la población para cooperar voluntariamente en campañas de ayuda a las personas que más lo necesitan.

#### 1.2.2.5 El sistema educacional en El Salvador.

La educación, es indispensable en los planes de desarrollo del país, para la formación de valores e identidad, promover el dominio de habilidades básicas, y desarrollar conocimientos científicos y tecnológicos, a través de la educación básica media y superior o universitaria, así, que el sistema educativo pueda ser un medio eficaz para promover desarrollo económico y social, formación de capital humano para productividad, estímulo del desarrollo personal, respecto a ingresos salariales a través de oportunidades de trabajo y mejora de calidad de vida, propia y de los demás de su entorno. En el país, hay un gran número de personas no tienen acceso al beneficio de educación, así, en el año 1997, del total de la población, 1,189,451 personas en condiciones de analfabetismo, 170,058 equivalían a 14.29% con edades de 10 a 23 años, estos jóvenes no tuvieron acceso a educación, por incapacidad económica para continuar sus estudios, o los abandonaron para sumarse a la fuerza de trabajo de su hogar, limitando así las posibilidades de mejorar su calidad de vida, lo cual es un fenómeno tradicional, ver anexo No.4, Población de 10 años o más por condición de analfabetismo según sexo y grupo de edad, que describe los porcentajes de personas entre 10 a 28 años de edad, según sexo, que se encontraban en condición de analfabetismo para el año 1997 y en el anexo No.5, Población de analfabetas y tasas de analfabetismo por departamento, 1998, se detalla para el año 1998, la población de analfabetas y tasa de analfabetismo por departamento en el país.



Para el año 2004, el analfabetismo, a nivel nacional, fue 15.5%, u 811,735 personas mayores que diez años, que no sabían leer ni escribir. En el Area Metropolitana de San Salvador (AMSS), habían 121,385 personas, de 1,704,048, que no sabían leer ni escribir, lo que representó una tasa de analfabetismo de 6.4%, la cual fue la más baja, comparada con la nacional (15.5%). En los departamentos, San Salvador, La Libertad y Cuscatlán, sus tasas de analfabetismo eran 7.1%, 13.7% y 14.8%, respectivamente, los restantes departamentos se encontraban con mayor tasa promedio nacional y los departamentos con más altas tasas fueron Morazán, Cabañas y La Unión, con 33.8%, 24.2% y 25.1%, respectivamente. Al comparar la cronología de los índices de analfabetismo, ver anexo No.6. Analfabetismo en El Salvador por año, estos han disminuido en 14.6%, desde el año 1989 hasta el 2004, sin embargo, la deserción escolar persiste; así, el 56% de la población tiene cinco o menos años de estudio, y solamente el 7.1% supera los 12 años de la escolarización completa (básico y bachillerato). Este grado de escolarización llega a los empleos para la productividad económica, donde los empleantes seleccionan entre las personas con mayor nivel educativo. Los que logren más y mejor educación, podrían optar a mayores oportunidades, ingresos, bienestar familiar o personal.

Se estima, que “a medida que los niveles educativos disminuyen, aumenta la probabilidad de empleo en el sector informal”, así como el desempleo. Según la

CEPAL (1986), “los que logran terminar, por lo menos, la enseñanza secundaria (12 años de estudio), tienen 80% de probabilidad de percibir ingresos que les permita situarse fuera de la pobreza”. En El Salvador, se sostiene, “que la dinamización y modernización de las actividades productivas, conlleva a la competitividad en el mercado global.” Esto sería posible, sólo con más y mejor preparación del recurso humano, por ejemplo, formando técnicos y obreros calificados, que para el año 1998, dentro de una población en edades entre 20 y 60 años, representaban el 54%, superando a los obreros no calificados que representaban el 35%. La tasa de ocupados del año 1998 en función de la educación recibida, ver anexo No.7. Porcentaje de población entre 20 y 60 años, ocupada, según años de estudio, indica, que los que tienen más años de estudio, tenían mayor probabilidad de encontrarse trabajando, pero también, parte de la población ocupada tiene un bajo nivel educativo y se encuentra dedicada a actividades de baja productividad, o en el sector informal. Ver anexo No.8. Porcentaje de la población por tipo de ocupación, promedio de años estudiados e ingresos en colones.

En la zona rural, la buena educación escolar, no garantiza mejores ingresos, en contraste con que “teniendo mayor nivel educativo, habrían mejores oportunidades laborales y mejores ingresos”, esto ocurre, debido a la falta de oportunidades y de diversificación de las actividades laborales, explicando porqué, a pesar de la actual oferta educativa, el trabajo agrícola de baja

productividad predomina en el área rural, donde en cada grupo familiar, los padres retiran a sus hijos de la escuela y los involucran tempranamente en las “actividades productivas”, adoptando el criterio popular, “Para qué sus hijos van a estudiar”, si las posibilidades de empleo en el entorno rural, no demandan niveles altos de educación y si, además, hoy son mayores las necesidades a resolver con los miembros de la familia.

#### 1.2.2.6 Sistema ambiental.

Toda persona tiene derecho a una vivienda digna, con infraestructura segura y saludable, con acceso a los servicios básicos y con seguridad de tenencia. Así, la vivienda digna, es el espacio construido donde un grupo familiar puede interrelacionarse, y cada miembro puede desarrollar actividades personales con inserción y vinculación contextual, con salubridad, accesibilidad a servicios urbanos, etc. La vivienda en si, debe ser habitable, saludable, ofrecer espacio adecuado a sus ocupantes, brindar seguridad, proteger contra inclemencias y amenazas del tiempo, riesgos estructurales, disponer servicios básicos, proteger de riesgos por vectores de enfermedades epidémicas. Su habitabilidad, es lograr condiciones mínimas de comodidad, evitando la reducción del área habitable y accesos entre muros y techos, para asegurar condiciones mínimas de iluminación, ventilación y asoleamiento, evitar la humedad desde el exterior a través de muros, techos y aberturas, obtener una privacidad acústica aceptable entre viviendas o entre éstas y los espacios

comunes, en suma, que a los habitantes dentro de la vivienda, se les permita desarrollar una mejor calidad de vida. El problema ambiental de la vivienda en sí, en las áreas donde vive la población más pobre, es el hacinamiento y la construcción de viviendas con materiales inadecuados, provocado por el crecimiento poblacional que agudiza la condición de pobreza de la población, lo cual lleva a ver cómo, un número grande de personas habitan en una misma vivienda dentro de un espacio muy reducido y sin tener un entorno adecuado para hacerlo; así, por la situación de pobreza y falta de capacidad para adquirir una vivienda, en la que se suplan necesidades básicas, las personas suelen invadir propiedades para construir ahí sus casas con materiales misceláneos desechados e improvisando, sin salubridad ni seguridad. La mortalidad y morbilidad, también se asocian con la vivienda, los gérmenes patógenos son originados por la carencia de una infraestructura básica y de servicios de agua potable, desagüe y servicios de recolección de basura. Además, en las zonas donde viven las personas de escasos recursos económicos, las viviendas están construidas sobre terrenos ilegalmente ocupados, contraviniendo toda norma de seguridad y calidad ambiental, y estas viviendas frecuentemente son destruidas por deslizamientos de tierra o por inundaciones producidas por fuertes lluvias.

#### 1.2.2.7 Aspectos socioculturales.

Las viviendas comunitarias, para beneficiar a las personas más pobres, requieren incluir valor cultural comunitario, zonas verdes y de recreación, casa comunal, parques, y canchas deportivas para generar una distracción sana, respecto al impacto de los problemas sociales que rodean a estas familias, como el analfabetismo, desempleo, delincuencia y desintegración familiar.

#### 1.2.2.8 Índice de desempleo.

En El Salvador, el desempleo es un fenómeno económico, que según la DIGESTYC, 2004, esta tasa fué del 6.8 %, el 93.2% restante de la Población Económicamente Activa (PEA), se encontraba ocupada en ese mismo año y el 41.4%, equivalente a 1,122.038 personas de la PEA, estaban en situación de desocupación o trabajando en condiciones salariales o de jornada laboral, menores que los estándares mínimos establecidos por el Ministerio de Trabajo, en base al salario mínimo. En el mercado de trabajo salvadoreño, el subempleo supera al desempleo, aún cuando el registro de la población ocupada en situación de subempleo tenga importantes limitaciones para registrar a las personas que laboran en el “sector informal”, con lo cual, se estaría subvaluando el contingente de personas que califican como subempleados; entre los años de 2000 a 2004 la proporción de la PEA, subempleada era 55%

de la misma, o mayor que la mitad de la población con alguna actividad laboral, en el sector informal o de subempleo permanente sin seguridad social cotizando al ISSS, a pensiones, etc. y no respaldados por la legislación laboral existente. También, la tasa de desocupación abierta en el año 2004, era 7% de la PEA, que al compararla con la de años anteriores no hay reducción, indicando que la economía no ha disminuido el volumen de desempleados, sino, por el contrario, en la práctica lo ha incrementado, ver tabla 1.1, Datos de población, e indicadores del mercado laboral de El Salvador, período 2000 – 2004.

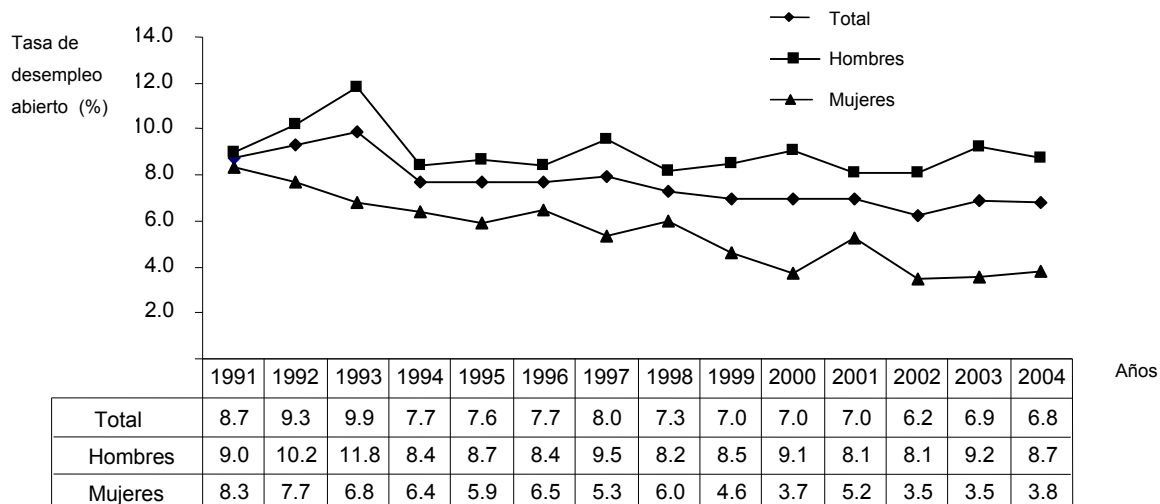
Tabla No..2 Datos de población, e indicadores del mercado laboral de El Salvador, período 2000 – 2004.

Indicador	2000	2001	2002	2003	2004
Población	6,272,353	6,428,672	6,510,348	6,639,010	6,756,786
PEA	2,496,365	2,634,800	2,572,977	2,707,272	2,710,237
Ocupada	2,322,697	2,451,317	2,412,785	2,520,060	2,526,363
Plena	974,693	962,555	965,423	1,049,329	1,041,389
Subocupada	1,348,004	1,488,762	1,447,362	1,470,731	1,484,974
Desocupada	173,668	183,483	160,192	187,212	183,874
PEI	2,281,630	2,312,443	2,455,593	2,359,646	2,530,606
Tasa de Desocupación	6.96%	6.96%	6.23%	6.92%	6.78%
Tasa de subempleo	54.00%	56.50%	56.25%	54.33%	54.79%
Tasa de Dependencia	37.03%	38.13%	37.06%	37.96%	37.39%
Personas que dependen	5.44	5.68	5.74	5.33	5.49
Años promedio de	6.26	6.39	6.53	6.67	6.34
Salario promedio nominal	\$ 236.94	\$ 240.92	\$ 243.69	\$ 231.99	\$ 234.01
Hombres	\$ 261.40	\$ 268.54	\$ 277.57	\$ 258.29	\$ 255.12

Mujeres	\$ 206.83	\$ 206.12	\$ 204.58	\$ 199.89	\$ 206.75
Salario promedio real	\$ 236.94	\$ 237.59	\$ 233.78	\$ 216.50	\$ 207.19
Hombres	\$ 261.40	\$ 264.83	\$ 266.28	\$ 241.04	\$ 225.88
Mujeres	\$ 206.83	\$ 203.28	\$ 196.26	\$ 186.54	\$ 183.05
Remesa promedio /	\$ 27.57	\$ 32.28	\$ 34.91	\$ 36.43	\$ 38.98

Fuente. DIGESTYC "Encuesta de hogares de propósitos múltiples" de cada año.

En el desempeño del mercado de trabajo, la tendencia de la tasa de desempleo bajaba en el período 1999 y 2004. En el año 2004, la tasa de desempleo en el país fué de 6.8%. En la población femenina, el desempleo era menor que en los hombres, con una tasa de desempleo de 3.8% y 8.7% respectivamente, ver gráfica No.2. El Salvador: Tasa de desempleo abierto. El Salvador, en el año 1994, los desempleados, sin ningún año de estudios aprobados, comprendía el 22.1% de estos, al terminar el año 2004, ese porcentaje se redujo a 15.1%; los desempleados con trece y más años de estudios aprobados, que en 1994 representaban 6%, en el año 2004 aumentó a 10.2%, esto indicaba, que los empleos que se generaron sólo requirieron formación escolar elemental.



Gráfica No.2. El Salvador: Tasa de desempleo abierto.

Fuente: Encuesta de Hogares de Propósitos Múltiples, de cada año.

### 1.2.2.9 Ingresos salariales.

La Constitución Política de la República de El Salvador, Art. 38, numeral 2, establece, "todo trabajador tiene derecho a devengar un salario mínimo que se fijará periódicamente." Para fijar este salario, se atenderá "el alto costo de la vida...". El Código de Trabajo, Art. 159, establece que: "los salarios mínimos fijados por decreto deberían ser revisados por lo menos cada 3 años". El Ministerio de Trabajo y Previsión Social, integra el Consejo del Salario Mínimo con participación de los trabajadores, patronos y gobierno, para establecer el régimen salarial a través de siete miembros: tres representantes del interés público (el Estado) designados por el órgano ejecutivo y tomado tres de sus ministerios (trabajo, economía y agricultura y ganadería), además, cuatro representantes, dos provenientes del sector de los trabajadores y dos del sector



patronal. Los salarios mínimos se fijan en el país por Decreto Ejecutivo y para su estimación se utiliza como referencia el coste de la Canasta Básica Alimentaria (CBA), cuyo valor también es el parámetro utilizado para la medición de la pobreza, a través de una metodología que establece dos líneas de pobreza: extrema y relativa. La CBA incluye pan francés, tortillas, arroz, carnes, grasas, huevos, leche fluida, frutas, frijoles, verduras y azúcar, quiere decir, que la estructura de la CBA, se define a partir de los mínimos requerimientos nutricionales diarios por persona, diferenciados para las áreas urbana y rural. Entonces, para definir el salario mínimo, el valor monetario de estas cantidades de alimentos se multiplica por el número de miembros de una familia tipo, según el área geográfica, que según la Encuesta de Hogares y Propósitos Múltiples (EHPM) de la Dirección General de Estadísticas y Censo (DIGESTYC) es de 4 miembros para una familia urbana y 4.5, si se trata de familias rurales. Hasta mayo del año 2006, en la zona urbana, la CBA valía \$138.48 mensual, \$36.80 mayor que el valor de la CBA rural, lo que se traduce en salarios más disminuidos para las personas que habitan en la zona rural. Esto no logra despertar interés al gobierno, para mejorar la revisión del salario mínimo, y la progresiva pérdida del poder adquisitivo de los salarios, se va acumulando cada mes hasta alcanzar niveles muy elevados que cuando se decide realizar un ajuste salarial, el deterioro de la capacidad de compra es tan alto que el, o cualquier incremento salarial estatal, resulta totalmente insuficiente. El incremento de los salarios mínimos, acorde al nivel general de

precios cotidianos, es una necesidad permanente, de manera que las familias tiendan a recuperar su capacidad para adquirir los bienes y servicios necesarios para un nivel de vida digna, material y espiritual. El ajuste salarial acorde con la inflación económica, es necesario que se haga anualmente, por el mayor coste del nivel de vida, y el de la canasta básica (CB), cuyo valor es equivalente a dos veces el costo de la anterior canasta básica.

La Encuesta de Hogares y Propósitos Múltiples de la DIGESTYC, indicó en el año 2000, que el salario promedio mensual nominal en hombres era \$261.4 y en mujeres \$206.83, cuatro años después, en el año 2004, el salario nominal para hombres había decrecido a \$255.12 y el de las mujeres a \$206.75, quiere decir que el salario de los hombres se redujo en 13.6% y el de las mujeres en 11.5%. Esta política salarial continua siendo rígida, los salarios no se han ajustado de acuerdo con el incremento inflacionario, por ejemplo, los efectos del alza de precios del petróleo, han aumentado los precios de bienes y servicios. El aumento del 4% en el salario mínimo actual a partir del 1 de septiembre de 2006, ver anexo No.9. Salarios mínimos vigentes desde el 1 de septiembre del año 2006, no soluciona la crisis económica de las familias salvadoreñas, sólo la agrava, porque los precios aumentaron mucho más que el 4% global decretado, el cual no está acorde con el costo de la vida actual, lo que hace más difícil solventar necesidades básicas, educación, vestido, salud y vivienda, etc., de cada familia salvadoreña en condición de pobreza o más desfavorable. De

nuevo, al mes de octubre de 2007, se anunció otro posible aumento al salario mínimo, el cual todavía está en estudio, con un valor perfilado en \$191.80.

#### 1.2.2.10 Respuesta a la demanda de vivienda existente.

En el país, según la DYGESTIC, año 2000, la población total era 6.3 millones de personas, estimando 9.8 millones en el año 2025 y a 13.6 millones en el año 2050 (según el Population Reference Bureau, 2000). El déficit habitacional se estimaba en el año 1999, en 554,324 unidades (Viceministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano, año 2000), el cual no se había reducido sensiblemente, hasta el momento en que ocurrieron los dos últimos terremotos en el año 2001, los cuales aumentaron este déficit, en 175,000 unidades<sup>2</sup>, siendo la mayoría de éstas viviendas rurales, dispersas o localizadas en pequeños poblados. El aumento de la demanda de vivienda, está vinculada al crecimiento poblacional, pero los efectos destructivos de los fenómenos naturales, aumenta este índice y provocan grandes pérdidas en la familias de más bajos recursos económicos, por ejemplo, antes de los terremotos del año 2001, el 78.1% de la demanda insatisfecha correspondía a familias cuyos ingresos eran inferiores a dos salarios mínimos. La atención a la demanda habitacional en el país históricamente, se impulsó con la creación del Instituto de Vivienda Urbana (IVU), en el año 1950, para desarrollar programas públicos de vivienda,

---

<sup>2</sup> La mayoría todavía eran de adobe antiguo, bahareque y lodo y otros materiales misceláneos antiguamente utilizados para hacer las viviendas.

iniciados en la década de los años 1930`s. La Financiera Nacional para la Vivienda (FNV), desde los años 1960`s, constituyó la base para la conformación de un importante número de empresas privadas dedicadas a la construcción de proyectos de vivienda a gran escala, dirigidos principalmente a grupos sociales con ingresos medios. El Fondo Social para la Vivienda (FSV) en 1973, instituyó un programa con la participación del Estado, los patronos y los trabajadores formales con ingresos hasta tres salarios mínimos, se orientó a financiar vivienda para los asalariados de ingresos más bajos. Y el Fondo Nacional para Vivienda Popular (FONAVIPO), fué creado por Decreto Legislativo N° 258, que entró en vigencia el 17 de Junio de 1992 (hace 16 años), con el objeto de facilitar a las familias salvadoreñas de más bajos ingresos, el acceso al crédito para solucionar su problema de vivienda, y procurar condiciones más favorables para el financiamiento habitacional de interés social. Esto configuraba un mercado habitacional desde las políticas públicas para la vivienda. También, las ONG`s, por ejemplo, FUNDASAL, eran otra opción, convirtiendo a estas organizaciones en agentes privados productores de viviendas para los grupos sociales de menores ingresos sin desmedro de los objetivos sociales más amplios para los cuales fueron creados, ante la imposibilidad de las empresas constructoras privadas para atender a estos segmentos de la población. Los terremotos, las tormentas tropicales, y erupciones volcánicas<sup>3</sup> ocurridas en el

---

<sup>3</sup> Por ejemplo, el huracán Fifi en 1974, el huracán Mitch en 1998, la tormenta tropical Stan en el 2005, la erupción del volcán Ilamatepec, el 7 de octubre de 2005, las inundaciones tradicionales en el bajo lempa, etc.

país, independientemente de los daños materiales, personales, económicos y sociales causados, ponen al descubierto las limitaciones de la acción gubernamental que se caracteriza por los vacíos, vicios y desprotección dejados en las políticas de vivienda actual y el desfase con el que trabaja la institucionalidad. La producción promedio anual de viviendas en el país hasta el año 2007, era de 19,273 unidades, incluso sumando la oferta del sector informal, el promedio entre 1993 y 1997, sólo alcanzó las 24,000 unidades (BID, 2000), esta cifra era inferior a la demanda estimada, lo que contribuye a mantener aumentado el alto déficit existente de este bien. Aunque por ejemplo, debido a la destrucción que dejaron los dos terremotos del 13 de enero y 13 de febrero del año 2001, la Cámara Salvadoreña de la Construcción (CASALCO), señaló que existían alrededor de 20,000 viviendas finalizadas sin vender, para ese año, por la falta de capacidad de pago de la mayor parte de la población y las restricciones del sistema de crédito vigente, esto constituía una exhortación al estado para posibilitar su venta y dar acceso a los demandantes, lo que contribuiría, aparentemente, a solucionar parte de la crisis en la que se encontraba la industria de la construcción, pero no a la generalidad donde el déficit habitacional se acentúa, ni para donde más se necesita.

Los créditos escriturados para la adquisición de vivienda, en bancos privados e instituciones previsionales, para los años 1995, 1996 y 1997, fueron de 10, 589

en el primer año, 10,010 durante el segundo y 12,698 en el tercero, indicando las limitaciones del sistema de créditos, para los grupos de menores ingresos, que sumado a los altos costos de la tierra, impiden ampliar la oferta privada de viviendas. Esta situación se explica por los altos niveles de pobreza prevalecientes en El Salvador. Así, es necesaria la reorganización del conjunto de instituciones que tienen competencia e incidencia en la producción de vivienda, para establecer mecanismos e instrumentos financieros, mejoramiento de los asentamientos precarios y en situación de riesgo, reforma de instrumentos legales, y fortalecimiento de la capacidad de gestión de los gobiernos locales en la planificación y ejecución de programas habitacionales, integrando las instituciones gubernamentales y privadas involucradas en el sector de la vivienda, para evitar duplicidad de esfuerzos y contradicciones. En contraste a esto, este sector ha estimulado la incorporación de las organizaciones no gubernamentales como entidades ejecutoras de los programas del Fondo Nacional de Vivienda Popular (FONAVIPO), sin incidencia más favorable hacia el financiamiento para vivienda, que superen los obstáculos de la pobreza y la informalidad, mejora de asentamientos focalizados, en la reconstrucción de las viviendas destruidas por los fenómenos naturales. El financiamiento por FONAVIPO, tiene orientación de corto plazo, en términos de subsidios directos, a través de la tasa de interés, en el FSV, fomento a la producción de viviendas por la empresa privada y las ONG's y legalización de la propiedad. La demanda de vivienda existente a raíz de los

terremotos del año 2001, se acentuó debido a 166,529 viviendas destruidas y 105,974 dañadas (Plan de Recuperación Unidos por El Salvador. Vice Ministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano). En abril del año 2004, la reconstrucción del total de viviendas destruidas por los terremotos era del 61.3%, quedando pendiente 38.7%, según el Registro Nacional de Reconstrucción de Viviendas Permanentes, información a abril de 2004. Entre los aspectos más importantes que han influido en el avance del proceso de reconstrucción, están: la insuficiencia de recursos financieros asignados a la reconstrucción de viviendas, el lento ritmo en la ejecución de los proyectos de reconstrucción, altos precios de la tierra para la construcción de viviendas y la falta de certeza jurídica sobre la tierra. También, la forma en que evolucionó la política gubernamental de reconstrucción y de varios sectores de la Cooperación Internacional, resultó en una oferta mayoritaria de viviendas donadas. La expectativa de obtener una vivienda totalmente donada ha afectado también la voluntad de pago de otras soluciones de combinación de subsidios y créditos, haciendo la parte crediticia más riesgosa y hasta imposible de abordar. Contrario a esto, hay más control con instituciones como FUNDASAL, fundada en 1968 (hace 39 años), para “La promoción integral de la persona, la familia y la comunidad dentro de los sectores menos favorecidos de El Salvador”, que hasta el año 2004, había desarrollado 196 proyectos habitacionales y construido 39,426 viviendas en 14 departamentos de El Salvador.

#### 1.2.2.11 Proyecciones habitacionales.

Facilitar el acceso a una vivienda adecuada, es un objetivo de la política nacional de vivienda gubernamental, para la adquisición de viviendas a través de promoción del esfuerzo propio de los beneficiarios, financiamiento de corto y largo plazo, apoyos para disminuir las parcelas habitacionales en condición de irregularidad e ilegalidad, y las regulaciones y disposiciones tendientes a aumentar la accesibilidad a vivienda, para la mayor parte de la población que demanda una vivienda digna. El proceso de reconstrucción habitacional y desarrollar el Plan Nacional de Desarrollo Territorial, son proyectos de vivienda a continuar ejecutando, ya que después de los sismos del año 2001, y de las tormentas tropicales que año con año azotan al país, se ha incrementado el déficit de vivienda, por ello, la prioridad de los proyectos habitacionales sería la reconstrucción de viviendas y el beneficio para las personas que se encuentran habitando en zonas de riesgo y que son vulnerables ante fenómenos naturales destructivos, ya que aún hay familias alojadas en “viviendas temporales” y que no han sido sustituidas hasta la fecha, continuando con la espera de ayuda para tener de nuevo su casa propia, incrementándose aún más el problema, con la demanda de vivienda que la formación de nuevas familias generan.

El estado, mediante el viceministerio de Obras Públicas, para el año 2007, está beneficiando a familias en la legalización de lotes, subsidios para reconstrucción de vivienda por sismos, subsidios para adquisición de vivienda y



subsidios colectivos para acceso de servicios básicos, en un total de 15,096 familias, ver anexo No.10. Proyecciones habitacionales e inversión en vivienda de bajo costo, 2007.

#### 1.2.2.12 Inversión en viviendas de bajo costo.

Para ejecutar los programas de la política nacional de vivienda, el financiamiento es determinante para la construcción de viviendas de bajo costo, para beneficiar a las familias que por su falta de capacidad de adquisición, no pueden tener acceso a una vivienda que oferta la empresa privada, y desde el estado se necesitan subsidios habitacionales directos, combinados con algún componente de esfuerzo familiar y acceso al crédito, esto es fundamental para ir superando el déficit habitacional en el país. La inversión para los proyectos habitacionales de interés social, principalmente para el sector que no clasifica con los requisitos mínimos exigidos, siempre ha estado pendiente. Las entidades internacionales que han aportado su ayuda económica a la reconstrucción de viviendas en el país son, la Unión Europea, la Agencia de Estados Unidos para la Cooperación Internacional (AID), y el banco interamericano de desarrollo (BID). En el año 2003, en total fueron \$85.6 millones, en ayuda externa para reconstrucción por los terremotos del año 2001, y fué canalizada por el Fondo Nacional de Vivienda Popular (FONAVIPO). También, las entidades no gubernamentales, iglesias con programas como Hábitat para la Humanidad, American Pourpose, e

instituciones privadas han apoyado a la disminución del déficit habitacional a través de donaciones (AID), impulsando diversos programas en ayuda a las familias de bajos recursos económicos que no cuentan con una vivienda propia y adecuada. Para el año 2007, según el Viceministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano, la inversión total correspondiente a la legalización de lotes, subsidios para reconstrucción de vivienda por los terremotos del año 2001, incluyeron subsidios para adquisición de vivienda de familias afectadas por los fenómenos naturales y subsidios colectivos para acceso de servicios básicos, se estimó en 5,905,950.79 de dólares, beneficiando a 15,096 familias, ver anexo No.10 Proyecciones habitacionales e inversión en vivienda de bajo costo, 2007.

### 1.2.3 Factores tecnológicos en el desarrollo de vivienda unifamiliar de bajo costo.

Los factores tecnológicos en la ejecución de proyectos habitacionales, para la población de bajos ingresos económicos, están incluidos en el costo de la vivienda, con técnicas, métodos, procedimientos y materiales constructivos no tradicionales, utilizándolos en la producción de viviendas más accesibles económicamente.

#### 1.2.3.1 Técnicas, métodos y procedimientos constructivos.

Aplicando técnicas, métodos y procedimientos constructivos apropiados, se logra hacer viviendas unifamiliares de bajo costo, cumpliendo los

requerimientos de calidad exigidos. Así, las técnicas, son formas específicas de aplicación con los materiales para hacer una determinada parte de la vivienda, por ejemplo, pegando el bloque para hacer la pared hay varias formas de hacerlo según el tipo de bloque. Dentro de las técnicas que se aplican en la construcción de viviendas están:

- Moldeados y colados in situ, en esta técnica se elaboran moldes premodelados, o encofrados, a partir de diseños prácticos, económicos y funcionales, con dimensiones exactas, su uso demanda limpieza y supervisión en la realización; se pueden hacer de madera, metal y materiales sintéticos, estos se elaboran para usar varias veces en el moldeado de elementos estructurales, por ejemplo columnas, vigas, losas, fundaciones y paredes. Se requieren planos de taller de encofrados, así como establecimientos de criterios técnicos para su empleo con armaduras y desencofrado o desmolde.
  
- Prefabricados, estos pueden ser:
  1. Prefabricados hechos con cemento y agregados. Son elementos o miembros parciales de las viviendas, que se vacían en un sitio distinto al que este tendrá en posición final de conjunto en la estructura. Se curan hasta obtener resistencia suficiente para su manipulación, se remueven de las formaletas o moldes, se transportan y se colocan posteriormente en la estructura. Los

prefabricados son estructurales con acabados decorativos; y pueden ser precomprimidos o pretensados, o simplemente colados.

2. Prefabricados con arcilla, estabilizadores y agregados, son productos que se fabrican por completo fuera de la obra, manufacturados con materiales arcillosos y estabilizadores, tales como arena, cemento, cal, y otros agregados; tierra blanca (ceniza volcánica o pómez, cuarzo), tierra negra, amarilla; se utilizan en crudo o sometiendo las piezas a altas temperaturas, con el fin de mejorar sus propiedades físicas y mecánicas, obteniendo un producto terminado de mejor calidad, baja conductividad térmica y más resistente.
  
3. Sintéticos, son sustancias compuestas mediante la combinación de otras más sencillas, tienen composiciones y propiedades semejantes a algunos cuerpos naturales; dentro de los materiales sintéticos más utilizados en el medio de la construcción están: el polímero de vinil, poliestireno, polietileno, policloruro de vinilo (PVC), maderas, y plástico. La elaboración de elementos prefabricados con estos productos, se hace mediante métodos industriales, en los cuales cada una de las piezas se producen por

completo fuera de la obra y en grandes cantidades y en serie, por ejemplo, placas de poliestireno 2"x4'x 8', bovedillas para elaborar entrepiso, etc.

Los métodos, señalan técnicas, procedimientos y recursos, para cómo aplicar los pasos en la hechura de los elementos, estructurales o no, y la de toda y cada una de las partes de la vivienda incluyendo los detalles y acabados. Los métodos que se emplean en la industria de la construcción son los siguientes:

- Método simple, que se divide en:
  1. Método artesanal, son todas las formas de producción que regularmente no exigen especialización del trabajo, mano de obra calificada y mayor tiempo para producción; los métodos que se aplican son empíricos y se hacen manualmente, utilizando productos en estado natural que en la mayoría de ocasiones requieren mucha transformación.
  2. Método mecanizado, la materia prima se transforma estandarizadamente, a través de procesos, que requieren mano de obra especializada. Cumple con normas de calidad para fabricación, utiliza máquinas o herramientas mecánicas, que permiten agilizar los tiempos de realización, en los proyectos.

- Método sofisticado, con la tecnología digital, integrada en la maquinaria, la materia prima se transforma, lo cual proporciona facilidad y agilidad para la elaboración de los elementos estructurales, se logra mayor control de calidad, montaje en el ensamble de los prefabricados, y en general, la rápida elaboración de la unidad de vivienda.

Los procedimientos, son la secuencia de pasos lógicos a seguir para desarrollar cada una de las actividades del proceso de fabricación de la obra, aplicando técnicas y métodos, según se indique en planos, especificaciones, y normas técnicas. Cada una de las tecnologías utilizadas en la construcción de viviendas, tiene un procedimiento particular, el cual debe ser ejecutado ordenadamente, para que se garantice el éxito de la obra, ya que el objetivo fundamental es, lograr que las operaciones que se planean se cumplan como tal, para que al final sean satisfactorias, de acuerdo con las especificaciones y costos proyectados. Estos procedimientos pueden presentar dificultades, dependiendo de la tecnología con la que se trabaje, por lo tanto, se necesita mano de obra calificada para llevarlos a cabo, paso por paso, desde la preparación de las fundaciones de la vivienda hasta el techo de la misma, utilizando equipo y maquinaria para obras de construcción adecuados y en buenas condiciones, el cual se utiliza según el trabajo u operación de construcción.

### 1.2.3.2 Materiales de construcción utilizados.

La selección de materiales, estará sujeta a los parámetros que requiera el diseño, como resistencia, versatilidad, economía y seguridad, buena funcionalidad y calidad. La comparabilidad de los materiales entre si, es un requisito de diseño que satisface necesidades, mediante materiales seguros, confiables, que cumplan con su función, y de costos bajos. La tecnología, ha permitido crear materiales muy resistentes, debido a que en los proceso de fabricación se mezclan las diferentes materias primas, que al final proporcionan elementos con mejores propiedades físicas y mecánicas, más fáciles de instalar, lo cual reduce costos, por ejemplo, en pisos, techos, paredes y acabados. Los materiales se seleccionan para diversas aplicaciones, sus características importantes se determinan a través de ensayos de laboratorio, indicando su buena o mala calidad para su uso. Entre las pruebas que se hacen, están las siguientes: ensayos de tracción, compresión, impacto, fatiga, dureza, resistencia al desgaste del agregado grueso, granulometría de los agregados del concreto y absorción de agua, todos bajo la respectiva norma de la ASTM, para garantizar los requisitos exigidos y la buena calidad. Comercialmente, hay materiales de origen natural o transformados mediante procesos usados en la industria de la construcción de viviendas, ver anexo 11. Descripción de materiales constructivos y su uso en a industria de la construcción.

### 1.2.3.3 Tiempos de producción.

Los tiempos de ejecución de una vivienda dependen de la tecnología a implementar en su construcción, mano de obra con la que se cuente, equipo y maquinaria a utilizar, condiciones ambientales, condiciones físicas del obrero, tamaño del proyecto. El tiempo de producción, es el tiempo que tarda el operador en realizar una actividad, entre menor sea, mayor es la ganancia, ya que se reduce el tiempo de duración de la obra y por consiguiente su costo, por lo tanto, incide en el valor final que adquiriría una vivienda. Los tiempos de producción de los tres sistemas estructurales de paredes en estudio, para una vivienda tipo, 36 m<sup>2</sup>, con paredes estructurales de concreto (moldeado y vaciado in situ), panel remallado estructural en poliestireno Covintec y paredes de bloque de concreto estándar, se indican en el anexo No.12. Tiempos de producción en una vivienda unifamiliar de bajo costo de 36m<sup>2</sup>, con ellos se puede determinar, rendimientos, eficiencia u optimización, para producción en serie, por ejemplo, podrían construirse hasta doce viviendas diarias (sólo llenado de paredes), en el sistema de paredes de concreto moldeado y colado in situ, esto dependerá de la cantidad de equipo, mano de obra y tamaño del proyecto a desarrollar.



#### 1.2.4 Factores del mercado de la vivienda social.

El marco de costo de las viviendas de interés social, es el mercado viviendista compuesto por demanda, oferta y déficit habitacional, en los cuales deben analizarse los efectos que generan en la vivienda de interés social.

##### 1.2.4.1 Demanda de vivienda.

El acceso a una vivienda adecuada y digna, es una aspiración natural de toda familia, pero el problema de la vivienda en El Salvador, históricamente, no ha sido atendida integralmente por el estado, ni por los que privadamente ofrecen las viviendas, hayan o no desastres como los terremotos. Tal magnitud, ha rebasado el déficit permanente de vivienda. Cuando por primera vez, los municipios pequeños y medianos tuvieron una participación activa en la problemática de la vivienda, por ejemplo, la población damnificada planteó a los gobiernos locales, la falta de dirección y apoyo eficaz, para que los gobiernos locales retomen su papel en la formulación de las políticas de vivienda, ya que, hasta ahora, no han tenido la capacidad ni el espacio para hacerlo, contrario a esto, ha querido fomentar la promoción del esfuerzo propio de los beneficiarios con la construcción de viviendas, con proyectos de ayuda comunitaria o mutua, financiamiento de corto y largo plazo, parcelas habitacionales en condiciones de irregularidad e ilegalidad, regulaciones y disposiciones tendientes a aumentar la accesibilidad.

#### 1.2.4.2 Oferta de vivienda.

La vivienda, es una necesidad a suplir, ofreciéndola a un costo racional y acorde al estatus económico de cada solicitante, por ende, la oferta de vivienda de interés social, se ha convertido en una problemática nacional, ya que resulta muy difícil ofrecer seguridad, calidad y comodidad al menor costo posible, o al costo que las familias de menor condición económica puedan llegar a pagar, correlacionado con la resistencia de las instituciones normadoras por adoptar nuevas y mejores tecnologías, y materiales para la industria de la construcción, las cuales desfacilitan el crecimiento ofertante de vivienda de interés social en el país.

La tecnología aplicada a la construcción de viviendas, para la oferta vivandista de bajo costo, ha progresado muy poco comparada con la tecnología aplicada a la vivienda formal, para empleados con hasta cuatro salarios mínimos o con buen estatus de ingresos en el país. Históricamente, por ejemplo, en Alemania Federal, entre los años 1946 y 1962 se construyeron ocho millones de viviendas, es decir, un promedio de 500.00 viviendas anuales, de este programa, se recomendó, la ejecución racional de las obras con métodos de construcción experimentados, afirmando así, la hipótesis de que la nacionalización de los procesos tradicionales de construcción de vivienda ayudaría a aumentar la oferta de vivienda, sobre todo, las viviendas de interés social.

#### 1.2.4.3 Déficit habitacional.

Los datos de la Encuesta de Hogares de Propósitos Múltiples (EHPM), en el año 2004, en El Salvador, establecieron que, habían 1,626,036 hogares que carecían de una vivienda digna, de los cuales 63% se encontraban localizados en las áreas urbanas, y 37% en áreas rurales. El país contaba además, con un parque de 1,593,528 unidades habitacionales, que comparado con el número de hogares, da el déficit cuantitativo de 32,508 viviendas. Para ese mismo año, también existían 512,312 viviendas que necesitaban ser mejoradas. La suma del déficit cualitativo (512,312), mayor que el déficit cuantitativo (32,508), conformaban un déficit total de 544,820 viviendas. Esto significa, que de cada 100 familias salvadoreñas, 34 no contaban con una solución habitacional adecuada, y más del 70% de este déficit, afectaba a familias cuyos ingresos eran menores que dos salarios mínimos. El acceso de la población de más bajos ingresos a una vivienda adecuada, lo dificultan cuatro factores, principalmente, la insuficiente capacidad de ingresos por salario, que impide transformar su demanda potencial en una demanda efectiva; la carencia de garantías satisfactorias para acceder a créditos hipotecarios disponibles; imposibilidad de acreditar ingresos permanentes, problema endémico del país, principalmente en los sectores informales de toda población, y la enorme dispersión geográfica de viviendas. Esto resulta de las políticas de estado, cuyo rol es meramente normativo y promotor de las iniciativas que hoy son privadas. En particular, para los estratos sociales más pobres, con nula capacidad de

endeudamiento, el acceso a vivienda es deber del estado propiciarlo, en forma de un subsidio y crédito habitacional directo, y esfuerzo familiar. La inseguridad jurídica de las parcelas habitacionales deslegitima los programas de vivienda de interés social. Así, se estima que 60% de las familias de bajos ingreso no tienen legalizadas sus parcelas habitacionales, por lo cual, les impide utilizarlas como garantías para un financiamiento hipotecario o recibir un bono habitacional. Este problema, durante los últimos años, se ha agravado como consecuencia de la proliferación de lotificaciones ilegales, en perjuicio de la mayoría de familias de más bajos ingresos. La falta de terrenos dotados con servicios sociales básicos, afecta severamente las posibilidades de que todas las familias salvadoreñas tengan acceso a una vivienda adecuada. La política de construcción de viviendas de interés social apoyada por un sistema de subsidios habitacionales directos, genera una fuerte presión sobre los terrenos urbanos y urbanizables, provocando el traslado del subsidio habitacional a los propietarios inmobiliarios, limitando severamente los resultados de la política habitacional. Así, el rol del gobierno central y gobiernos locales, en ese sentido, no propicia ni impulsa los mecanismos de mercado que permitan compatibilizar los objetivos de la política de vivienda, hábitat urbano, rural y déficit habitacional.

#### 1.2.4.4 Mercado de las viviendas de bajo costo.

Una casa, aún de bajo costo, debe ser apta para llenar las necesidades de cualquier familia o persona, indistintamente, la vivienda es parte fundamental en la sociedad, da cobijo, resguarda y da privacidad necesaria para el desarrollo familiar, a la vez, es un derecho natural con o sin capacidad económica. Para contrarrestar el problema del bajo mercado de la vivienda de bajo costo, muchos países desarrollan, dentro de sus planes sociales, proyectos de construcción de viviendas mínimas o sociales, las cuales, son casas con áreas reducidas, que resuelven momentáneamente las necesidades de sus habitantes y se pueden ampliar en un futuro. Por lo general, estas tienen en sus ambientes principales, dotaciones mínimas distribuidas en cocinas, baños y dormitorios, puertas y pasillos angostos. En las viviendas de interés social, el estado desarrolla su política de vivienda con instituciones privadas, a través de proyectos. En “Los Foros Nacionales de Vivienda” se proponen y planifican grandes proyectos de inversión en el sector, por ejemplo, la propuesta habitacional VIVITAT 1.0, 2.0, y 3.0, del año 2005, fué concebida como un proyecto de vivienda popular de rápida ejecución, de bajo costo y con posibilidad de ampliación por los usuarios, en conceptos como la producción en serie, industrialización de los procesos constructivos y el uso de materiales eficaces, formando parte de la solución a la problemática de vivienda de bajo costo en El Salvador.

### 1.2.5 Factores propios de la unidad de vivienda unifamiliar de bajo costo.

Las viviendas unifamiliares de bajo costo constan de factores propios, los cuales se desglosan en, urbanización, terreno y vivienda propiamente, la cual consta de fundaciones, paredes, techos, puertas, ventanas, pisos, instalaciones internas básicas y áreas de circulación internas y usos varios.

#### 1.2.5.1 Urbanización.

Una urbanización, formalmente, es un conjunto de construcciones modulares ordenadamente distribuidas, situadas generalmente en un antiguo medio rural adyacente a otras poblaciones. Los terrenos urbanizables sobre los que se va a asentar una urbanización, se dividen en polígonos, estos en manzanas urbanas, las cuales deben estar delimitadas por caminos o calles y estas manzanas estarán compuestas por una o más parcelas que tendrán siempre acceso a una calle. Las parcelas podrán poseer una edificación privada o pública, con servicio de electricidad, agua potable, alcantarillado, recogida de basura, como mínimo y línea de teléfono, correos y transporte urbano, si fuera posible. Entre las diversas manzanas es obligatorio reservar zonas de parques y jardines de uso público.

#### 1.2.5.2 Terreno.

El terreno, es la porción de tierra que servirá como espacio físico para la construcción de las viviendas, dependiendo del tamaño que este posea, su

ubicación geográfica, y su morfología, así será el valor económico que este tome.

#### 1.2.5.3 Limpieza y trazo.

Es la primera actividad, previa a la construcción de las viviendas de interés social, de acuerdo con lo establecido en el proyecto, se retira toda la vegetación existente en las capas superficiales del terreno natural, en las áreas destinadas a la construcción de las obras, comprendiendo la ejecución de las actividades siguientes:

- Tala, consiste en cortar árboles y arbustos.
- Roza, es la corta de maleza, hierbas, zacate o residuos de las siembras.
- Limpia, consiste en retirar el producto del desmonte fuera de las líneas del proyecto o del área de construcción, donde no entorpezca la ejecución de los trabajos.
- Trazo, implica plasmar en el terreno, lo especificado en los planos de construcción, mediante una nivelación, instalando bancos de nivel y el estacado necesario en el área por construir.

#### 1.2.5.4 Fundaciones.

Fundaciones, derivada del latín fundare, establecer o fijar la base o fondo de alguna cosa. Definida por el diccionario de la real academia de la lengua española, como la acción y efecto de fundar, estribar, apoyar, armar alguna

cosa material sobre otra. Se usa en el sentido más amplio, para designar la base, física o no, que sustenta a algo, y en términos técnicos, es la parte de una estructura sobre la que se ha de hacer una operación o construcción. Para el caso de una vivienda de interés social, la fundación se determina desde el material natural, en contacto con la superficie terrestre, sobre la cual descansa la construcción, hasta el concreto y acero que componen los cimientos corridos o soleras de fundación de las paredes de la vivienda. Se proyecta una fundación, para proporcionar a la vivienda, una base permanente y segura, tal que cuando haya movimiento de la base y la construcción, sus desplazamientos y giros, sean lo menor posible para que ocasione en un momento dado, el mínimo perjuicio a la estructura, si esto ocurriera.

#### 1.2.5.5 Paredes.

Pared, definida por el diccionario de la real academia de la lengua española, como la obra levantada a plomo, gruesa, de longitud y altura proporcionada, para cerrar un espacio o sostener las techumbres (techos). Coloquialmente, pared, es el elemento vertical construido, que sirve de límite y protección contra el intemperismo. Las paredes pueden, o no, ser estructurales cuyas funciones son, limitar al interior y exterior, dividir los diferentes ambientes de la vivienda, y en algunos casos cumplen funciones estructurales. Actualmente, hay en el mercado diversidad de materiales para la construcción de estas, entre las cuales están: paneles prefabricados de poliestireno, concreto celular, bloques



de barro curdos o cocidos, sistema Plycem, Siding, paredes prefabricadas y productos artesanales mejorados, por ejemplo, adobe, fabricados utilizando maquinaria y estabilizantes.

Formalmente, en la práctica, una pared, sus dimensiones encierran una área (b x h), desde el piso de la tierra, hasta donde termina la altura de coronación o el mojinete, o sea, hasta el techo de resguardo. Su forma global para una casa, es como un lienzo continuo, que rodea un área en su base de solera continua también. Sus espesores son variables de 10 cm. a 20 cm., pero preferiblemente se requieren que sean de 15 cm., pero no menor que 10 cm acostumbrados en la vivienda más barata con bloque puesto de lazo; pero, nunca de canto.

#### 1.2.5.6 Techos.

Para proteger la vivienda, de las inclemencias atmosféricas, el extremo superior de esta, se cubre en todas las áreas que desempeñan la función de habitabilidad. Los elementos principales que la componen son los siguientes:

- a) Estructura de soporte, su función es soportar el material de cubierta.
- b) Cubierta, es el material de cerramiento, cuya principal función es, evitar la penetración de agua, sol, viento y demás objetos nocivos o extraños, dar protección térmica y contra cualquier otra inclemencia atmosférica que perjudique el espacio habitable. Así mismo, generar el ambiente

propio para la permanencia continua de las personas que habiten las viviendas en cualquier época del año.

Los diferentes tipos de techos utilizados en la industria de la construcción vivandista son:

- a) Techos con superficie de losa plana, este tipo se hace con la intención de utilizar para habitar la parte superior, es una losa que sirve de azotea, donde sus pendientes son muy suaves con el fin de lograr evacuar el agua lluvia recolectada, además, debe prestarse mucha atención a su impermeabilización ya que puede estar expuesta a filtraciones.
- b) Techos con superficie inclinada, son los más empleados con una o dos aguas. En los primeros, el desagüe se logra mediante un plano inclinado. En los de dos aguas, el escurrimiento del agua lo hace dos sobre tendidos dependientes contrarios, cuyas inclinaciones se interceptan formando la cumbrera del techo.

#### 1.2.5.7 Puertas y ventanas.

Las puertas y ventanas, son parte fundamental en el resguardo, seguridad y defensa climatológica de quienes habitan la vivienda, además, le dan ambiente, buena apariencia y presentación arquitectónica a la vivienda interna y externamente. Se dividen en puertas y ventanas para interiores y exteriores. Las dimensiones nominales de las puertas varían según su ubicación o utilidad,

en puertas principales, el ancho es 0.9 m a 1.2 m, el alto 2.0 m a 2.2 m, en dormitorios, ancho 0.8 m a 1.0 m, alto 2.1 m, en baños, ancho 0.7 m a 0.9 m, alto 2.1 m. Las puertas tendrán su dimensión igual que el hueco entre paredes, menos el espesor de las moquetas, y menos 3 mm de separación de su perímetro. Hay variados estilos, formas, tamaños, colores, etc, entre ellas están las siguientes:

- a) Puertas metálicas, 100%, recubierta con una capa de laca acrílica (automotriz), la cual la impermeabiliza y a la vez le da color. Se pueden pintar, resiste a la corrosión, al sol, lluvia, y es antihongos; por lo que se recomienda para puertas principales o exteriores. Ver figura No.2. Puerta de metal.



Fig. No.2 Puerta de metal.

- b) Puertas de madera, son puertas hechas con armazón de madera, recubiertas con fibra de madera, el acabado trae simulación de vetas de madera y color integrado, para proteger de la intemperie, necesita pintura o barniz. Ver figura No.3. Puertas de madera.



Fig. No.3 Puertas de madera.

Las ventanas también tienen que tener un cierto grado de aislamiento, el cual viene dado por los siguientes factores: tipo de material de la ventana, conductividad, paso del aire entre hoja y marco, ventilación, acristalamiento (tipo de vidrio), unión entre el vidrio y el perfil y montaje en obra, tipo de fijación entre la ventana y la edificación, el grado de aislamiento acústico puede ser reducido entre un 60% a 80%, esto dependerá del tipo de ventana, tipo de unión, fabricación de la ventana, paso del aire, tipo de vidrio y grado de amortiguamiento del conjunto muro-ventana, y diseño del perfil.

#### 1.2.5.8 Pisos.

Es la capa que recubre la superficie libre del suelo firme, o la de un entrepiso. Se dividen en interiores y exteriores, dependiendo del lugar donde se coloquen, sus características son: constituir un elemento decorativo, ser resistente al desgaste, proporcionar una superficie plana, higiénico, y de fácil limpieza. Cumpliendo esto, existen en el mercado pisos elaborados de concreto (decorativos para exteriores), cerámicos (para exteriores e interiores), y sintéticos, el piso laminado sólo se utiliza en interiores y ocasionalmente en terrazas residenciales. Los procesos de instalación de los diferentes tipos de pisos, depende de la superficie sobre la que se coloque; si es rugosa o lisa, así será el tipo de material para adherirlo; por ejemplo, las baldosas de cemento y arena, se colocan sobre el terreno natural o losas de concreto, utilizando una mezcla de cemento y arena, las baldosas cerámicas se instalan sobre cualquier

superficie de concreto, madera o piso existente, utilizando para ello un tipo de pegamento o adhesivo.

#### 1.2.5.9. Instalaciones internas básicas.

Todo tipo de vivienda tiene sus instalaciones internas básicas, así mismo, la vivienda digna y las viviendas de interés social, para resguardar la salud, integridad física, etc. Estas son, hidráulicas, servicios de agua potabilizada, evacuación de aguas servidas y aguas grises, y energía eléctrica.

#### 1.2.5.10 Infraestructura básica.

Da comodidad al usuario, al interior y exterior de su vivienda, está compuesta de servicios sanitarios, pila y lavaderos, lavamanos, lavaplatos, cocina y dormitorios, patio, terraza o traspatio.

#### 1.2.5.11 Áreas de circulación internas y usos varios.

Son áreas comprendidas por los patios, que es el área expuesta al intemperismo, y generalmente se usa para la siembra de arbustos, plantas ornamentales y pequeños árboles frutales, o para tender y secar de manera natural, mediante el calor solar, las prendas de vestir; los pasillos, representan el espacio necesario para la movilización interna y externamente en la casa, la sala, aceras, etc.

### 1.3 Conclusiones.

- La comparación de costos entre tres sistemas estructurales para construir paredes en vivienda de interés social, da una valoración técnica del costo de una vivienda y el conjunto de estas con incidencia en precios de producción y de comercialización, para responder con cuál tipo constructivo y sistema de pared estructural, las viviendas serían más económicas, para las empresas constructoras, y para la población que la adquiriría.
  
- Las variables que involucran el análisis de costo por metro cuadrado de pared para cada uno de los tres sistemas constructivos son, principalmente materiales y tiempo de construcción, mano de obra, tecnología utilizada en cada sistema, desglosan el proceso constructivo, y asignando costo y tiempo de fabricación a cada operación reflejará las diferencias de costo de cada sistema comparado.
  
- Los factores naturales, ambientales o ecológicos, dan las características propias de los terrenos, como, morfología, relieve, topografía, etc, e influyen directamente en el costo de construcción de las viviendas.
  
- El impacto que genera el déficit habitacional, a la población de escasos recursos económicos, o bajos y muy bajos ingresos, va con el

crecimiento poblacional, falta de recursos económicos, y falta de más proyectos habitacionales desarrollados por las instituciones estatales, para que beneficien a este grupo de personas que no pueden acceder a la oferta de vivienda de la empresa privada.

#### 1.4 Recomendaciones.

- A Instituciones Gubernamentales, como el Vice Ministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano, FONAVIPO, FSV, FUNDASAL, CNR, empresa privada en general, ejecutar proyectos de viviendas de interés social que involucren nuevas técnicas constructivas para generar opciones que resulten más eficientes, económicas y de buena calidad sin que esto sacrifique los espacios, su adquisición en monto total y requisitos, así como el costo de cada vivienda unifamiliar.
  
- Al Vice Ministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano, reformar las políticas de vivienda, vigentes, a favor de las familias que todavía no pueden acceder a una vivienda, con lo cual se pueda solventar la demanda que exige la población de bajos recursos económicos, con más y mejores facilidades en la otorgación de créditos del sector formal e informal, así mismo, oportunidades de adquisición de vivienda propia y planes de pago acordes a los ingresos y posibilidades de ellos, incluyendo el sector informal.

- Estudiar las actuales políticas nacionales de vivienda, sus alcances respecto a la población salvadoreña de escasos recursos económicos, y la oferta de solución más viable en vivienda para ellos.
- Investigar más y mejores tecnologías constructivas, materiales alternativos, en la construcción de viviendas de interés social, en instituciones gubernamentales, no gubernamentales y empresa privada, con proyectos para el beneficio de esta población.
- Promover la asesoría de técnicas, métodos, procesos constructivos y materiales de construcción, así como la donación de estos, por parte de instituciones gubernamentales y ONG`s, para que se puedan desarrollar proyectos habitacionales en beneficio de la población de escasos recursos económicos con nuevas tecnologías, e incluso propulsar la autoconstrucción de viviendas. Así mismo, acudir a la cooperación técnica nacional e internacional para proponer nuevas y mejores alternativas vivendistas para todos los estratos de la población salvadoreña, principalmente para los que aún no tienen vivienda.



### 1.5 Bibliografía.

- Barrera Moral Gladis Alicia, Fuentes Galeano Juan Francisco, Gómez Guzmán Iris Gracibel, Manual de Materiales no Tradicionales para la Construcción de Viviendas de Bajo Costo. Trabajo de graduación. Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Ingeniería Civil. Universidad de El Salvador. San Salvador.
- Campos Campos Ana Verónica, Salamanca García, Ana Karen, Zuniga Menjivar, Norma Sammy, Henríquez Chacón, Ricardo Amilcar. Evaluación de Costos para Vivienda Unifamiliar en Áreas Rurales. Trabajo de graduación. Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Ingeniería Civil. Universidad de El Salvador. San Salvador.
- Bonilla Orantes Evelyn Esmeralda, de la O Mendoza Diego Rene, Rodríguez Salazar Daysi Coralia, Actualización en procesos constructivos con materiales y tecnologías innovadas en la industria de la vivienda, Trabajo de graduación, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Ingeniería Civil. Universidad de El Salvador. San Salvador, 2003.

### Referencias electrónicas de Internet.

- [www.mop.gob.sv/descargas/vvi/politica\\_viviendapdf](http://www.mop.gob.sv/descargas/vvi/politica_viviendapdf)
- [www.care.org.sv/indicadores.htm](http://www.care.org.sv/indicadores.htm)
- [www.ineter.gob.ni/geofisica/sis/com/salvador2001/salvador2001.html](http://www.ineter.gob.ni/geofisica/sis/com/salvador2001/salvador2001.html)

- [www.bcr.gob.sv/financiero/estructura.html](http://www.bcr.gob.sv/financiero/estructura.html)
- [www.mop.gob.sv/descargas/pdf/presupuesto2007.pdf](http://www.mop.gob.sv/descargas/pdf/presupuesto2007.pdf)
- <http://www.fonavipo.gob.sv>
- [www.mop.gob.sv](http://www.mop.gob.sv)
- [www.fisdI.gob.sv](http://www.fisdI.gob.sv)
- [www.mtps.gob.sv](http://www.mtps.gob.sv)

**CAPITULO II**

**PROCEDIMIENTO, METODOS Y**

**TECNICAS EN SISTEMAS**

**ESTRUCTURALES DE LAS**

**UNIDADES DE VIVIENDA PARA**

**HABITACION FAMILIAR**

## Introducción.

En la construcción de viviendas de interés social, existen diversos sistemas estructurales de paredes que pueden implementarse, de acuerdo con la conveniencia del proyecto, desde los más comúnmente utilizados como el paredes de bloque de concreto estándar, hasta sistemas renovados como el de adobe sismo resistente, que es resultado de estudios de investigación realizados por diversas instituciones nacionales e internacionales, para nuevas opciones, a la industria de la construcción, económicas y con la seguridad necesaria para el usuario de la vivienda. El caso particular de estudio, evalúa un diseño de vivienda de interés social tipo, con área de 36m<sup>2</sup> de construcción, cuyos costos serán aplicados particularmente a los sistemas estructurales de paredes de bloque de concreto estándar, concreto moldeado y vaciado in situ y el panel remallado estructural Covintec, por lo cual, es de suma importancia conocer en qué consisten cada uno de estos procesos constructivos, sus ventajas y desventajas, así como el procedimiento de cálculo a los que se somete el diseño de los tres sistemas de paredes, los materiales constructivos y componentes que los conforman, su estructura mecánica y física, estos aspectos dan las pautas para elegir alguno de estos tres sistemas de paredes, según sea la conveniencia del proyecto a desarrollar, técnica y económicamente.

## Capítulo II. Procedimiento, métodos y técnicas en sistemas estructurales de las unidades de vivienda para habitación familiar.

Debido a la investigación a la cual se van a someter los sistemas de paredes estructurales, hechas de: concreto moldeado y vaciado in situ, panel remallado estructural covintec y bloque de concreto estándar, siendo estos, de los más utilizados en el país, se requiere hacer un desglose, el cual, incluya desde el sistema de fundaciones, sistema de paredes, materiales utilizados, estructura mecánica y física, hasta el proceso constructivo de cada uno de ellos, útil para el análisis de costos que se obtendrá posteriormente, para una o más viviendas de interés social, permitiendo que los procesos constructivos se vuelvan repetitivos, ayudando a esto, la cantidad de piezas a ocupar en cada actividad de la vivienda, los cuales ya se encuentran prefabricados, en el mercado. Para una comparación justa entre cada sistema, se han escogido diseños similares para cada uno de ellos, logrando así obtener mejores resultados.

### 2.1 Sistema de fundaciones en el sistema de paredes estructurales de concreto, Moldeado y vaciado in situ.

Este sistema estructural está basado en la fundación de solera corrida, cuya sección transversal es rectangular, de 0.30 m de ancho por 0.20 m de peralte, a lo largo de ella, se coloca la longitud de pared que varía según el módulo a construir. Los materiales más importantes en su diseño son, el acero de refuerzo y el concreto. Este sistema es muy utilizado por empresas

constructoras vivendistas, por eso, comercialmente, se pueden adquirir, los elementos prefabricados sólo para la colocación en el lugar, por ejemplo, el módulo armalit CC-1, grado 70, está conformada por tres varillas longitudinales de 5.5 mm de diámetro, con estribos de 5.5 mm de diámetro, puestos y distanciados a cada 0.15 m, que se encuentran en el mercado para colocar en soleras corridas de fundaciones en este tipo de viviendas. En la cimentación, se requiere que también queden embebidos los bastones y demás refuerzos como nervios, contrafuertes que servirán, para amarrar la electromalla y reforzar la pared en zonas críticas como esquinas, marcos de puertas, y contrafuertes. El diseño del concreto en las fundaciones requiere resistencia de  $210 \text{ kg/cm}^2$ .

## 2.2 Sistema de fundaciones en el sistema de paredes de panel remallado estructural covintec.

La fundación, en este sistema, puede variar, dependiendo del diseño estructural, siendo parte fundamental las condiciones del suelo, pero en la mayoría de proyectos se adopta el sistema de fundación de solera corrida, cuyo peralte, es de 20 cm a 25 cm, por 30 cm de ancho. Si el suelo del lugar se encuentra en condiciones inestables, se procede a aplicar una capa de suelo cemento en proporción de 1:20, de 10 cm. a 30 cm., para sustentar la solera de fundación, con lo cual se garantiza por lo menos la carga admisible, esto, a criterio del diseñador. Los materiales importantes a considerar son, el acero de refuerzo y el concreto. Actualmente se van innovando materiales de

construcción, prefabricando partes que después sólo se llevan al ensamble de la estructura en unidad continua, de las viviendas. El acero de refuerzo para una solera corrida de fundación son tres varillas de 6 m de longitud, grado 70, de 5.5 mm de diámetro, y estribos colocados a cada 15 cm, de igual resistencia e igual diámetro, a este elemento se le conoce como CC-1. En la cimentación, se requiere que también queden embebidos los bastones, con los cuales se sujetará el electropanel, estos elementos son de varilla de hierro de 3/8" de diámetro de 0.40 m de altura y 0.10 m de dobles formando una "L", dispuestos, a cada 0.40 m de distancia, embebidos a lo largo de toda la solera de fundación. El diseño del concreto en las fundaciones requiere resistencia de 210 kg/cm<sup>2</sup>.

### 2.3 Sistema de fundaciones en el sistema de paredes de bloque de concreto estándar.

En las viviendas con área de 30 m<sup>2</sup> a 36 m<sup>2</sup> de construcción, las cargas que se generan son pequeñas, por eso, se usan soleras corridas para la fundación, aplicando concreto con resistencia de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  ó  $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ , a criterio del diseñador estructural, y refuerzos longitudinales de varilla de hierro de 1/2" y estribos hechos con varilla de hierro de 3/8" de diámetro, colocados a cada 15 cm, esta cimentación, está sujeta a un diseño estructural propio, con una sección transversal de 0.30 m de ancho por 0.20 m de peralte. Su construcción requiere un buen alineamiento y nivelación, con el fin de que la

primera hilada de mampostería, al colarla firmemente sobre ella, cumpla con los requisitos establecidos en la norma técnica para construcción de edificaciones. La cara superior de la cimentación, requiere que esté limpia y libre de todo material perjudicial para lograr una adecuada adherencia del mortero en el pegado de bloque y la lechada del lleno de bastones.

#### 2.4 Sistema de paredes de concreto, moldeado y vaciado in situ.

El sistema de paredes de concreto, para su fabricación, lo constituyen tres elementos de valor estructural, importantes: concreto fresco, acero de refuerzo y el molde metálico. Por lo general, el colado de paredes con concreto fluido, cumple, el revenimiento de entre 6 pulgadas a 7 pulgadas. El concreto fresco se coloca entre los moldes metálicos (aleación de aluminio) construidos con piezas de 4" por 12" , hasta 24" por 24" , con las cuales se forman los paneles de 24" por 2.44 m de altura (0.61 m x 2.44m), ó 3.05 m de altura (5 piezas de 24" x 24"), altura que depende de la ubicación del panel en la pared de la vivienda que se desea construir. El acero de refuerzo, es electromalla grado 70, recomendada en los planos estructurales. Ver anexo No.14. Electromalla que se utiliza en el sistema de paredes de concreto, moldeado y vaciado in situ.

##### 2.4.1 Modulación de las paredes.

Esta va en congruencia con el diseño de la vivienda, tomando en cuenta los espacios arquitectónicos y tamaños de paredes. La modulación se



realiza antes del inicio del proyecto, durante el análisis de los planos de la vivienda propuesta, estos contienen, altura, largo y ancho de paredes, dimensionadas adecuando a las dimensiones de los moldes. En este sistema industrializado, los obreros molderos se distribuyen el área de trabajo que realizarán durante todo el proyecto, por ejemplo, el jefe de los molderos, reparte la vivienda en, fachada, ejes longitudinales y transversales, distribuyendo metros cuadrados de moldeo de pared a cada obrero, esta parte resulta muy importante, ya que a medida el proyecto avanza, se vuelve un trabajo mecanizado, en el cual cada obrero moldero reconoce las piezas de molde con las que inició el proyecto, hasta su finalización, esto es de gran ayuda para el buen mantenimiento y control de las piezas de molde, evitando pérdidas del mismo. Una buena planificación, evitará retrasos una vez se haya iniciado el proyecto. En el proceso de construcción con este sistema, es muy importante todo lo que antecede al moldeo y colado de las paredes, pero la construcción de las soleras de fundación, así como la construcción y alineamiento de los muretes entre lote y lote, son determinantes para la colocación de la electromalla y el moldeo de las paredes. En general, los moldes se montan siguiendo un eje central o de conveniencia, en este caso, un buen enrazado de las soleras de fundación permitirá mayor facilidad de colocación del molde. La utilización de este sistema, obliga, desde un principio, a pensar en la

necesidad de modular el tamaño de los lotes en el proyecto, la eficiencia de su uso estriba, precisamente, en la reproducción sistemática de un determinado modelo adoptado unitariamente.

## 2.5 Sistema de paredes de panel remallado estructural covintec.

El panel covintec consiste en una estructumalla tridimensional de alambre galvanizado calibre # 14 (2.03 mm), electrosoldado en cada punto de contacto, compuesto por armaduras verticales denominadas escalerillas, de diseño único en el mercado cuya resistencia principal se la dan diagonales continuas en toda la altura del panel. Las armaduras están unidas a lo ancho del panel por alambres horizontales calibre #14 (2.03 mm) electrosoldado en cada punto de contacto, entre armaduras se incorpora una alma maciza, compuesta de prismas de poliestireno expandido de densidad mínima  $10 \text{ kg/m}^3$ , la retícula de alambre está completamente separada del poliestireno 9.5 mm, para permitir que el mortero aplicado en cada cara del panel, después de su montaje, se adhiera bien y de los espesores de pared previstos. El panel covintec, una vez estucado en obra, genera un muro sólido con aislamiento termo acústico.

### 2.5.1 Elementos de unión y amarre.

- Mallas de unión, son piezas de enlace que se ubican en la unión de paneles, entre ambos cantos al realizar la fijación entre las piezas.

- Mallas esquineras, son piezas de unión que se coloca interna y externamente, en un encuentro de paneles (esquinas, vértices de encuentros).
- Escalerillas, son refuerzamientos longitudinales, según se requiera que se ubican en vanos de puertas y ventanas.
- Conectar grapas, elementos para fijar mallas y escalerillas a los paneles covintec.

#### 2.5.2 Ventajas y desventajas del sistema.

- Reduce el peso de las estructuras.
- Facilita acarreo y transporte.
- Reduce al 50% el tiempo de construcción, con respecto al sistema tradicional.
- Facilita colocación de instalaciones eléctricas, sanitarias e hidráulicas.
- Es versátil y compatible con otros sistemas de construcción.
- No requiere herramientas sofisticadas, ni mano de obra especializada.
- Es buen aislante, del ruido, calor o frío.
- Minimiza 90% el desperdicio de materiales, todos los sobrantes se reutiliza para aplicar en detalles, como faldones y marcos de ventanas.

- Ofrece seguridad estructural; por alta resistencia y rigidez, se puede utilizar en paredes de carga, losas de entresijos y azoteas, hasta dos plantas, los casos especiales de mayor altura, requiere análisis comprobado y seguro, autorizados profesionalmente, por un ingeniero diseñador estructural.
- Se logra mayor área útil, ahorrando espacios hasta 6 %, los espesores de las paredes dan esta ventaja.

#### 2.6 Sistema de paredes de bloque de concreto estándar.

Este sistema constructivo, es uno de los tradicionalmente más utilizados para construcción de viviendas, Anexo No.15. Vivienda construida con bloque hueco estándar, hecho de concreto lávico o escoria volcánica molida. Es aceptado por sus múltiples ventajas, tales como rapidez en el proceso constructivo, haciendo un sistema de prefabricados modulares, que trae consigo ahorros, en su diseño estructural satisfactorio requiere que los materiales cumplan las normas de buena calidad, referidas a las de la ASTM, también se aplicarán en el proceso constructivo según lo establezcan las respectivas especificaciones. Estos requisitos, se basan en ensayos de laboratorio, adecuada supervisión y apego a las referidas normas, por parte del constructor. El tipo de material, calidad, uso y manejo, queda definido en las edificaciones constructivas correspondientes, elaboradas para cada caso.

### 2.6.1 Ventajas al utilizar bloques de concreto.

- Agilidad en el proceso constructivo, comparado con el sistema de mampostería confinada, al no tener que moldear columnas, esperar el fraguado y posterior desmoldaje, dejando un acabado rústico.
- El número de bloques de concreto necesarios por metro cuadrado de pared, con bloques de 10 cm, 15 cm, 20 cm, de ancho, es sólo de 12.5 unidades, en promedio aceptable de presupuesto y ejecución.
- El sistema se adapta fácilmente a una gran cantidad de usos, en los procesos constructivos.
- Los materiales a usar, de calidad, basados en las normas de la ASTM, empleados se obtienen localmente con facilidad en el comercio nacional.
- Las estrictas tolerancias de fabricación de las unidades, al ser elementos prefabricados, reduce el desperdicio a través de una distribución geométrica adecuada.
- Permite diferentes tipos de acabados o aprovechar las texturas y variedad de colores de las unidades, los acabados de fábrica dan ventaja de costo.
- Los espesores de pared, 10 cm, 15 cm, 20 cm, son uniformes y de muy buena apariencia.
- Los huecos de los bloques, 15 cm de largo por 10 cm de ancho, son equivalentes entre 40 y 50% del área bruta, facilitan para la colocación

de diversos ductos (instalaciones eléctricas e hidráulicas), refuerzos verticales y horizontales.

- Adecuado al sistema térmico y acústico, ya que las paredes de mampostería de bloques de concreto visto, absorben entre 18% y 69% del sonido.
- Como sistema estructural y constructivo se utilizan en viviendas y edificios de gran altura, 6 plantas o más, según diseño estructural propio y seguro principalmente por viento, sismo y uso.

## 2.7 Estructura física y mecánica del sistema de paredes estructurales de concreto (moldeado y vaciado in situ).

El concreto utilizado en este tipo de viviendas, su resistencia a la compresión va de  $f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$ ,  $f'c = 140 \text{ kg/cm}^2$ , hasta  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ . El concreto con resistencia de  $100 \text{ kg/cm}^2$  puede dar buenos resultados en módulos de viviendas con área muy pequeña y baja altura, el espesor de las paredes y la calidad del concreto fresco, tomando en cuenta la fluidez y revenimiento entre 6" y 7", facilitan la colocación del concreto, evita segregación de los áridos gruesos que pueden provocar imperfecciones como oquedades o colmenas, lo que ocasionaría aumento en el costo por resane de las paredes, incrementando el costo final por  $\text{m}^2$  de pared. La fluidez del concreto, en este sistema, llega a contribuir mucho en su aplicación a través de equipo de bombeo, ya que a mayor fluidez, desliza más rápido el concreto, viajando a

través de la tubería, evitando así que queden sin llenar algunas partes de la pared. En solera de fundación, la resistencia a la compresión del concreto endurecido a los 28 días,  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , da la resistencia requerida para cimentación de vivienda unifamiliar bajo.

## 2.8 Estructura mecánica y física del sistema de paredes de panel remallado covintec.

Los paneles covintec, están compuestos de tiras de poliestireno expandido, unidos entre sí en sus lados longitudinales; en cada una de esas uniones lleva alambre en forma de zigzag. El panel va recubierto con una malla de alambre en sus dos caras, las cuales a su vez van electrosoldadas al alambre, en zigzag, de cada unión de las tiras de poliestireno. Las dimensiones estándar de los paneles producidos en el país son: 1.22 metros de ancho por 2.44 metros de largo, espesores de 5.1 cm y 7.6 cm. Dependiendo de la obra, y pedidos especiales, se producen paneles de 5 metros de largo como máximo. Los espesores de los paneles producidos, dan como resultado espesores de pared terminada de 10.1 cm (4"), el peso de los paneles sin mortero es de  $4.5 \text{ kg/m}^2$ , con recubrimiento de 2.5 cm en ambas caras del panel, el peso es  $100 \text{ kg/cm}^2$ , por lo que el peso del panel es 30% menor que las paredes construidas con bloques de concreto y 50% menor en paredes de concreto armado. La densidad del panel de poliestireno expandido es  $10 \text{ Kg/cm}^3$  a  $12 \text{ Kg/cm}^3$ , coeficiente de conductividad térmica  $0.545 \text{ Kcal./Hm}^2/^{\circ}\text{C}$ , e índice de reducción

del sonido de 46 db. Los paneles no presentan mayor resistencia a varios factores, por ejemplo: el poliestireno sin recubrimiento de mortero puede ser fácilmente derretido por aplicación de calor directo o de alguna solución química como thinner, gasolina o gas. Sin embargo, la armadura de alambre le da rigidez a cada panel, debido al proceso de electrosoldado al que han sido sometidos. El alambre calibre 13 para la malla, es galvanizado con esfuerzo último de trabajo de  $3,957 \text{ kg/cm}^2$ , y le da al panel de poliestireno una resistencia a la flexión de  $196 \text{ kg/cm}^2$ , cada metro, y resistencia al cortante de  $5 \text{ Kg/cm}^2$  a  $10 \text{ kg/cm}^2$ , para un panel de longitud de 2.44 metros.

## 2.9 Estructura mecánica y física del sistema de paredes de bloque de concreto estándar.

Las principales características que determinan la calidad de los bloques de concreto son, resistencia de ruptura a la compresión y absorción de agua, normas ASTM C 90-99a.

Resistencia a la compresión. Representa el valor del esfuerzo unitario de carga que pueden soportar los bloques de concreto, la tabla 2.9 de la norma ASTM C 90-99 a, establece que la resistencia a la ruptura por compresión se mide sobre el área neta y no sobre el área bruta, equivalente a  $133 \text{ kg/cm}^2$ , como promedio de tres unidades y  $120 \text{ kg/cm}^2$ , como mínimo, para cada unidad. Ver tabla No.3. Requisitos de resistencia y absorción de agua.



Absorción. La absorción de un bloque de concreto representa la densidad del concreto usado en su fabricación, la absorción permitida por la norma de la ASTM C90-99 a, está relacionada con el peso volumétrico de los bloques secados al horno, siendo mayor la absorción permitida en los bloques de menor peso volumétrico seco, y menor en los bloques de mayor peso volumétrico seco, ver tabla 2.9.2. Los bloques con mayor peso volumétrico seco y menor absorción, por tener menos humedad, requieren menor tiempo, para su secado y en consecuencia, experimentan menos contracciones por pérdida de humedad. La humedad de los bloques puede tener dos causas: 1) por no haber fraguado todavía; y 2) por haberse mojado posterior al fraguado, siendo más grave, la primera causa, porque las máximas contracciones se producen durante el fraguado.

Tabla No.3. Requisitos de resistencia y absorción de agua

Resistencia a la compresión Mínima*, psi (MPA)		Máxima absorción de agua lbs/pie <sup>3</sup> (kg/m <sup>3</sup> ) (Promedio de tres unidades)		
Promedio área neta		Clasificación por peso del concreto secado al horno, Lb/pie <sup>3</sup> (kg/m <sup>3</sup> )		
Promedio 3 Unidades	Unidad individual	<b>Clasificación por peso</b>		
		Peso ligero Menos que 105 (1680)	Peso mediano 105 a menos 125 (1.680- o mas 2000)	Peso normal 125 (2000)
1,900(13.1)	1700(11.7)	18(288)	15(240)	13(208)

\*La resistencia a la compresión más alta especificarla para el diseño de vivienda de intereses sociales.

Tabla No.4 Absorción permitida para bloques de concreto.

Peso volumétrico seco De los bloques de concreto	Absorción permitida
Ligero (menor que 1,680 kg/m <sup>3</sup> )	288 kg m <sup>3</sup>
Mediano (de 1,680 hasta 2.000kg/cm <sup>3</sup> )	240 kg m <sup>3</sup>
Normal (mayor que 2000 kg/m <sup>3</sup> )	208 kg m <sup>3</sup>

Contenido de humedad. Los bloques con humedad controlada, tipo I, son para uso general en paredes exteriores o interiores; además de los requisitos de resistencia a la compresión y absorción, están sujetos al de máxima humedad permitida. El porcentaje de contracción lineal de los bloques de concreto, depende del contenido de humedad de estos, como porcentaje de la absorción total y de las condiciones de humedad en el lugar de trabajo. Así, en los lugares áridos, para que la contracción lineal sea de 0.03% ó menor, es necesario que el porcentaje de humedad máxima contenida en los bloques, como promedio de tres unidades, sea 35%, menor que cuando la condición del sitio de trabajo es intermedia o húmeda, en que se exige 40% y 45%, respectivamente.

#### 2.10 Materiales y componentes del sistema de paredes de concreto (moldeado y vaciado in situ).

Los materiales a utilizar en este sistema de construcción de viviendas en las diferentes actividades, se muestran en la tabla No.5. Materiales y componentes del sistema de paredes de concreto (moldeado y vaciado in situ).

## 2.11 Materiales y componentes del sistema de paredes de panel remallado estructural covintec.

Son planchas de poliestireno expandido, conocido comúnmente como durapás, forradas con alambre galvanizado o anodizado, de acero calibre 13 y 14, recubiertas con mortero, arena, según las normas de la A.S.T.M. A-82 y A.S.T.M. A-85, deben contener 25% de agregado de 1/8" (3.1 mm) y cemento según especificaciones técnicas de diseño. El alambre calibre 13 forma la armadura vertical continua de 76 mm de peralte, separadas a cada 75 mm de espesor, la armadura está unida a lo ancho del panel por alambres horizontales, calibre 14, electrosoldados, a cada 75 mm, la retícula de alambre está separada 9.5 mm del poliestireno para permitir el agarre del mortero aplicado en cada cara del panel. Este producto es comercialmente reconocido con el nombre covintec.

### 2.11.1 Características generales de cada pieza del electropanel.

- 1) Largo: 2.44 m.
- 2) Ancho: 1.22 m.
- 3) Peso aproximado: 18 libras.
- 4) Durapás de 5.5 cm de espesor.
- 5) Entre electromallas: 7.5 cm.
- 6) Espesor de pared terminada: 10.5 cm.
- 7) Peso aproximado: 2.15 qq/m<sup>2</sup> (97.8 kg/m<sup>2</sup>).

2.12 Materiales y componentes del sistema de paredes de bloque de concreto estándar.

2.12.1 Cemento para mampostería. Para elaborar mortero se hace una mezcla homogénea de Cemento Pórtland y cal como plastificante para mejorar las propiedades de los morteros, y la arena.

2.12.2 Agregados. Estos deberán estar limpios, libres de contaminación de arcilla, tierra y materia orgánica. Los agregados se dividen en dos clases:

2.12.3 Agregado fino. La arena extraída de lechos y márgenes de río, o de mina (banco de explotación), provee el cuerpo básico para el mortero, las partículas son cubiertas y lubricadas con la pasta de cemento, proporcionando la consistencia requerida del mortero fresco. Nunca se debe usar arena de mar, debido a los altos contenidos ferrosos y salmueras, orgánicos contaminantes y otros minerales.

2.12.4 Agregado grueso. La gravilla se obtiene de la trituración de la roca de canteras y no debe ser mayor que 1cm, ni tener demasiados finos (limos). Se utiliza en la elaboración del mortero de inyección o lechada.

2.12.5 Agua. Esta debe ser sin sabor ni olores pronunciados, debe ser limpia y estar libre de cantidades perjudiciales de aceites, ácidos, sales y materia orgánica o cualquier otra sustancia que sea nociva para la mezcla y/o el refuerzo, de preferencia utilizar agua potable.

El agua en el mortero tiene las siguientes funciones:

- Reaccionar con el cemento en el proceso de hidratación.
- Actuar como agente dispersante del polvo de cemento.
- Actuar como lubricante para incrementar la trabajabilidad de la mezcla.

2.12.6 Aditivos. Son materiales sintéticos, químicamente preparados, distinto al agua, de los agregados y del cemento, generalmente se utilizan cuando se desea modificar alguna característica de la lechada o mortero. Cuando se utilizan, se deberán seguir las instrucciones del fabricante y se tendrá el cuidado de verificar, que el aditivo desempeñe su función sin afectar desfavorablemente otras propiedades, u otros elementos del sistema, por ejemplo, el acero de refuerzo y la resistencia del mínimo mortero.

2.12.7 Bloque de concreto: Son elementos prefabricados hechos de concreto (cemento y gravas lávicas, principalmente), tienen

forma de prisma recto y con dos huecos que permiten la colocación de varillas de acero para reforzar la estructura, como los indicados en el anexo No.16 Bloques estándares utilizados (Tipo Saltex).

Tabla No.5 Materiales y componentes del sistema de paredes de concreto (moldeado y vaciado in situ).

N°	Actividad	Descripción
1	Trazo	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Tubería industrial de 2" x 1" ch 16.</li> <li>▪ Hilo nylon de algodón.</li> <li>▪ Alambre de amarre.</li> </ul>
2	Solera de fundación	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Armalit CC-1 ( pieza fabricada con tres varilla lisas grado 70 De calibre 5.5 mm y estribo de 5.5 mm cada 0.15 m grado 70).</li> <li>▪ Pines de amarre para la sujeción de la electromalla, estos pueden ser de calibre 6.2 mm, grado 70, estos quedan embebidos en la fundación, son de 0.60 m de altura y 0.15 cm de pata.</li> <li>▪ Ductilería eléctrica.</li> <li>▪ Helados para separar el hierro del suelo.</li> <li>▪ Concreto de 210 kg/cm<sup>2</sup> (según diseño estructural).</li> </ul>
3	Paredes	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Electromalla de 6.0 m de largo por 2.35 m de ancho, grado 70, el calibre esta sujeto al diseño estructural.</li> <li>▪ Molde metálico de diferentes medidas para modulación.</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ductilería eléctrica.</li> <li>▪ Ductilería de agua potable.</li> <li>▪ Ductilería de aguas negras.</li> <li>▪ Desencofrante para los moldes metálicos.</li> <li>▪ Helado para la separación de la electromalla con el molde.</li> <li>▪ Concreto de resistencia según diseño estructural.</li> </ul>
--	--	--

Los bloques con dimensiones uniformes facilitan la modulación en paredes, con sus dimensiones, alto 20 cm y largo 40 cm, variando únicamente en espesor 10, 15, 20 centímetros, ver capítulo 4 de la “Norma técnica para control de calidad de materiales estructurales”, donde las paredes en la construcción de viviendas, deberán tener espesor mínimo de 15 cm, los bloques de 10 cm, deberán utilizarse sólo cuando las paredes no son de carga.

2.12.8 Acero de refuerzo. El acero de refuerzo forma parte del sistema de mampostería estructural y trabaja con las unidades de concreto, el mortero y la lechada para conformar un sistema estructural. El hierro de refuerzo o varillas de hierro estructural, al adherirse a la lechada, y la mampostería reforzada, obtienen la resistencia correspondiente, capaz de garantizar la estructura

durante su vida útil. Los dos tipos de acero de refuerzo que hay comercialmente disponibles son los siguientes:

2.12.8.1 Refuerzo vertical. Son barras de acero estructural, que se fijan a la fundación, antes de su vaciado, y se ubican en el centro de las celdas de los bloques, estas pueden ser de un diámetro de 3/8", ó según lo requiera el diseño estructural.

2.12.8.2 Refuerzo Horizontal. Son barras de acero, que se colocan en el muro, a medida que este se va construyendo, quedan embebidas en el mortero una vez que los huecos se hayan rellenado con la lechada, estas pueden ser de un diámetro de 3/8", o según lo requiera el diseño estructural.

2.13 Procedimiento de cálculo a los que se somete el diseño del sistema de paredes de concreto (moldeado y vaciado in situ).

Para el análisis en este sistema, se aplicará un diseño de una vivienda tipo, de interés social, con una área de 5.20 m de ancho por 6.90 m de longitud, con la variante que 2.15 m de la longitud total, corresponden al corredor del patio trasero, quedando finalmente un módulo de cuatro paredes con área limitada de 4.70 m x 5.10 m, este diseño ha sido presentado al viceministerio de vivienda,



para la aplicación del mismo en proyectos futuros. Los planos correspondientes contienen, planta arquitectónica, planta de fundaciones, elevaciones, secciones, detalles estructurales, y cuadro de acabados, con la finalidad de presentar el sistema desde la excavación de su fundación, hasta la terminación de la misma. En la comparación de los planos en los diferentes sistemas, se mantienen las alturas y secciones frontales y posteriores, sólo recordando que las alturas en la terminación de la vivienda pueden variar en centímetros, debido a la modulación final. Ver Anexos de planos del diseño de vivienda de interés social, en los sistemas estructurales de paredes estudiados, al final del tomo.

#### 2.14 Procedimiento de cálculo a los que se somete el diseño del sistema de paredes de panel remallado covintec.

En este sistema, se aplicará el mismo diseño, con una vivienda de 5.10 m de ancho por 6.90 m de longitud, siempre con la variante de que existe un corredor de 2.15 m de la longitud total, notando que en si, estas viviendas resultan ser extremadamente pequeñas, este diseño, incluye, planta arquitectónica, planta de fundaciones, secciones, cuadro de acabados, y detalles estructurales, se debe tener presente que la diferencia entre un diseño y otro, está, en el sistema de fundaciones y las paredes, quedando iguales, piso, techos, puertas y ventanas.

## 2.15 Procedimiento de cálculo a los que se somete el diseño del sistema de bloque de concreto estándar.

Este sistema es el más conocido y adoptado en el país, y se encuentra tradicionalmente dosificado y estructurado, tanto que para la construcción de una vivienda de una planta, pequeña, cuando se utiliza bloque de concreto, generalmente no se somete a aprobación su diseño, sólo excepcionalmente, o residencias de una planta que lo requieran. Los maestros de obra y albañiles, conocen fórmulas empíricas para cálculo de materiales, y elementos estructurales, quedando en más de alguna ocasión, sobrados estructuralmente, y en el peor de los casos, muy limitados, provocando colapsos o grandes fallas estructurales. Es por esto que a diferencia de los otros dos sistemas de paredes estructurales, este conlleva una supervisión igual al momento de construcción. Existen manuales constructivos, proporcionados por empresas que distribuyen esta clase de bloque de concreto estándar, los cuales son de gran utilidad, pero siempre se debe contar con un diseño estructural adecuado a una vivienda, considerando que los suelos son diferentes en cada zona del país. El módulo de vivienda tipo a analizar es el de 5.10 m x 6.90 m de longitud.

2.16 Proceso constructivo del sistema de paredes de concreto (moldeado y vaciado in situ).

Los pasos a seguir podrían variar, de acuerdo con las condiciones de terreno, pero, en este sistema industrializado, el trazo se controla desde el inicio, hasta la terminación de las viviendas.

2.16.1 Trazo y nivelación. Una vez que se tienen las terrazas o lotes terminados, auxiliándose de una cuadrilla topográfica (que realiza los trazos de los ejes principales del proyecto), se procede al trazo de la vivienda. Esta actividad la desarrolla un trazador, quien se encarga de colocar un corral de tubo industrial cuadrado de 1"x1", debidamente nivelado y en el cual marca los ejes de las paredes que conforman la vivienda.

2.16.2 Excavación para soleras de fundación. Terminado el trazo, se procede a realizar las excavaciones de las soleras de fundación y muretes, respetando las dimensiones estructurales requeridas en el diseño. Siguiendo el trazo inicial, en el cual se usa como guía un hilo de algodón o de nylon, este determina las líneas y niveles de excavación.

2.16.3 Armadura de soleras de fundación y murete. El armador procede con la colocación del refuerzo estructural para la solera de

fundación de toda la vivienda, atendiendo las especificaciones técnicas. Cuando se usa un refuerzo prefabricado, se logra mayor rapidez en el tiempo de colocación de los refuerzos, logrando armar la fundación de una vivienda en media hora. Para evitar el contacto del hierro con el suelo, se colocan helados hechos de mortero con dimensiones de 0.05 x 0.05 x 0.05 m<sup>3</sup>.

2.16.4 Instalaciones eléctricas e hidráulicas. Se hace una instalación preliminar de ductos eléctricos (para tomas de corrientes, interruptores y polo a tierra), cajas de conexión, cajas rectangulares, para las instalaciones hidráulicas (mechas de agua potable y aguas negras)

2.16.5 Colado de solera de fundación. Se procede a elaborar el concreto fresco, siguiendo la dosificación proporcionada por un laboratorio de suelos y materiales. Asegurándose de tener limpia y necesariamente húmeda la superficie de contacto del suelo para proceder a depositar el concreto fresco, en el lugar correspondiente, esta actividad puede efectuarse utilizando una revolvedora de concreto con capacidad de 1 bolsa (R-10), o utilizar una bomba estacionaria y una concretera con mayor capacidad (R-20), sobre todo, cuando se va a efectuar un colado en serie, el

bombeado aligera el proceso y baja los costos de producción en serie. Es indispensable enrazar con cuidado la cara superior de la solera, de tal manera que no afecte la colocación del molde de las paredes. Esto se realiza colocando un hilo que corre por encima de las soleras apoyado en el corral del trazo, usando un enrazador para determinar el nivel de las soleras, este acabado es determinante en la continuación de la construcción de la vivienda, de ello depende la correcta colocación de los moldes y su mantenimiento.

2.16.6 Moldeado de murete. Una vez colada la solera de fundación, se realiza el enmallado (colocación de estructomalla) y moldeado del mismo. El moldeado del murete lo ejecuta un grupo de “mureteros” quienes se encargan de colocar, nivelar, plomear y apuntalar el molde metálico.

2.16.7 Colado del murete. Un grupo de auxiliares se dedica a preparar y depositar el concreto del molde, cuando el molde de los muretes se ha colocado sobre la solera de fundación, en las dos caras que conformarán el murete, se efectúa un colado preliminar, hasta el nivel inferior de la solera de fundación de la terraza superior. Luego se retira el molde, para dar paso a la compactación interior

(al lado de la terraza superior) del murete. Por último, se hace el colado de la solera de fundación de la terraza superior colindante. Es necesario recordar, que los muretes de carga de paredes medianeras entre viviendas, a veces requieren un diseño especial, en dependencia de las diferencias de niveles entre las terrazas de lotes a construir. Estos pueden tener diferentes estructuras tales como: doble malla o hierro especialmente diseñado, esto depende de su altura, ya que actúa como un muro de carga vertical (la pared) y de muro de retención. También, es importante dejar su colado a nivel, bien enrazado, lo cual ayuda a que el molde de la pared asiente perfectamente.

2.16.8 Armadura de paredes. El grupo de armadores comienza anticipadamente a preparar el refuerzo de cada una de las paredes que forman la vivienda, para ello, recortan la electromalla a la medida de cada pared, formando huecos para puertas y ventanas. Una vez se tengan todas las piezas de electromalla, recortadas, se procede a su colocación, amarrándolas a los pines que fueron dejados a propósito, en la solera de fundación. Para lograr un tiempo de construcción más rápido, se utiliza electromalla, la cual se ajusta a la resistencia requerida para la capacidad de carga de las paredes, esta actúa como una tela de

araña que amarra el colado del concreto, porque queda embebida o ahogada al centro, en el espesor de concreto, quedando así monolíticamente hecha la estructura de pared. Ver Anexo No.17. Armadura de las paredes en el sistema de paredes de concreto moldeado y vaciado in situ.

2.16.9 Instalaciones eléctricas. Se hace la instalación completa de ductos y cajas eléctricas para tomas de corriente, interruptores, luces y acometida principal. El trabajo consiste en colocar ductos, cables, cajas rectangulares, octogonales y caja térmica. Todos estos elementos deben asegurarse lo suficiente para que no sean fácilmente removidos, cuando se haga el colado de las paredes. Esta actividad la realizan dos electricistas quienes logran instalar cinco viviendas en un día.

2.16.10 Instalaciones hidráulicas. Consiste en la colocación de tuberías, las cuales requieren quedar embebidas en el concreto de las paredes, puede llevarse a cabo paralelo al instalado eléctrico. Este trabajo lo efectúa un fontanero, este es capaz de instalar siete viviendas durante un día. Ver anexo No.18. Ductilería hidráulica en el sistema de paredes de concreto moldeado y vaciado in situ.

2.16.11 Moldeado de paredes. Inicialmente se preparan paneles individuales de 24" de ancho y de alturas variables de 2.44m a 3.05 m, dependiendo de la altura y pendiente de las paredes a moldear. Una vez se tengan todos los paneles, debidamente armados, se procede a efectuar una modulación, la cual consiste en armar y alinear verticalmente el molde de una vivienda completa con el fin de asegurar que se tengan todas las piezas y los accesorios necesarios para el moldeado de una casa. Se recomienda, hacer una modulación inicial, antes de comenzar la construcción de las viviendas, para comprobar las dimensiones y congruencia con el tamaño de terrazas diseñadas. Antes de proceder al moldeado, es necesario que una cuadrilla topográfica verifique los puntos de referencia, que determine el eje de una de las paredes laterales o de fachada, con este punto de referencia, se procede al moldeado en si, de la vivienda, que comprende los pasos indicados en el anexo No.19. Moldeado de las paredes en el sistema de paredes de concreto moldeado y vaciado in situ, descritos como sigue:

2.16.11.1 Alineado del molde. Consiste en alinear el molde con respecto al murete que se ha colado con anterioridad y también con respecto a un punto topográfico.



2.16.11.2 Plomeado del molde. Consiste en colocar perfectamente vertical, todo el molde de las paredes, para lo cual, juegan un papel importante los puntales metálicos. Un grupo de trece molderos puede moldear dos viviendas diarias con un juego de moldes.

2.16.11.3 Colado de las paredes. El último paso en esta etapa de la construcción de la vivienda, es el colado. Es importante disponer del equipo necesario y adecuado para optimizar la realización del proceso. Puede utilizar una revolvedora de concreto de dos bolsas y una bomba concretera con su respectiva tubería y accesorios. Estos equipos deben estar ubicados cerca de las viviendas a construir, así mismo, los materiales a utilizar para la elaboración del concreto. El proceso consiste en elaborar un concreto lo suficientemente fluido, entre 6" y 7" de revenimiento y depositarlo entre los moldes, vibrándolo o varillándolo de tal manera, que pueda lograrse el mejor acabado posible de las paredes. Inmediatamente después de finalizar el colado, se procede a realizar una verificación del alineado, con el fin de asegurarse de que no haya un desplazamiento del molde, la duración del colado para una vivienda de 6.0 m<sup>3</sup>, puede ser desde 45

minutos hasta 1 ½ horas, esto dependiendo del equipo que se haya utilizado.

2.16.11.4 Resane de las paredes. Este se realiza inmediatamente después de desmoldar la vivienda, debido a que muchas veces, el desencofrante (aceite quemado u otros autorizados), no fue aplicado correctamente al molde metálico y el concreto tiende a pegarse en el molde, luego de desmoldar, este se desborona en algunas pequeñas áreas de paredes, por lo que, se procede a resanar estas partes, utilizando, mortero, con una dosificación de acuerdo con las especificaciones técnicas y aplicándolo a las partes dañadas. Si el molde que se ha utilizado es grabado, se hace la simulación de este por medio de herramientas propias de los obreros resanadores.

2.17 Proceso constructivo del sistema de paredes con panel remallado estructural covintec.

2.17.1 Cimentaciones. El tipo de cimentación a utilizar varía, respecto su diseño estructural pudiendo ser una solera corrida, zapata aislada, aplicando concreto con  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  de resistencia. Se colocan varillas de 3/8" de 40 cm de altura con separación

variable aproximadamente 40 cm y anclada a la cimentación. Ver anexo No.20. Alternativas para realizar el anclaje del panel de poliestireno a la cimentación, indicando dos alternativas más, para realizar el anclaje con la cimentación.

2.17.2 Montaje de paneles. Los paneles se insertan colocando las varillas de acero entre la estructura de alambre y el poliestireno, posteriormente se amarran con alambre galvanizado. Se recomienda quemar un poco de poliestireno atrás de las varillas para que al aplicar el mortero se obtenga un mejor agarre. Ver anexo No.21. Montaje de paneles entre las varillas de refuerzo de 3/8" de diámetro.

2.17.3 Uniones. Para obtener buenas uniones entre paneles u otro elemento, se coloca malla unión, ya sea para muros, esquinas, losas o cualquier otra junta que se tuviera, cuando no sea del panel.( pared de bloque, ladrillo). La malla unión ayudará a dar una continuidad estructural y evitar posteriores fisuras en los aplanados, esta malla tiene dimensiones de 0.2 m de ancho por 2.44 m de largo y es alambre de acero calibre 14. Para fijar la malla unión, se utilizará alambre de amarre o grapas. Ver anexo No.22. Colocación de malla unión entre los paneles.

2.17.4 Puertas y ventanas. Los huecos para puertas y ventanas se hacen recortando el panel con pinzas o tijeras, posteriormente se deberá reforzar el contorno del mismo con alambre zigzag. Ver anexo No.23. Refuerzo en claro de ventanas y puertas.

2.17.5 Instalaciones eléctricas, hidráulicas y sanitarias. Para colocar este tipo de instalaciones, el poliestireno (durapás) se quema utilizando un soplete o un mechero por donde se insertará la tubería o poliducto. No hay riesgo alguno, ya que el durapás es auto extingible. En el caso donde el espesor no sea suficiente, para alojar las instalaciones, se eliminará la sección completa de panel, y posteriormente reforzar con malla de unión. Ver anexo No.24. Colocación de instalaciones hidráulicas y sanitarias entre el poliestireno y electromalla y anexo No.25 Colocación de instalación eléctrica entre le poliestireno y electromalla.

2.17.6 Verificaciones antes del repello. Se revisan todas las juntas de los paneles que tengan la malla unión (esquinas, muros, losas). Plomear y alinear la construcción para tener aplanados uniformes utilizando tensores y puntales. Revisar las instalaciones eléctricas, sanitarias e hidráulicas, que los marcos de ventanas y puertas

tengan su refuerzo, ya que en este momento, es fácil y económico hacer cualquier cambio.

Procedimiento de repello. El recubrimiento de la pared se divide en dos etapas y podrá hacerse en forma manual o con equipo. La primera etapa consiste en aplicar en forma de azotado, una primera capa de mortero con dosificación 1:4 (resistencia de  $f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$  a los 28 días), es suficiente para cubrir la malla del panel, 1 cm de espesor, en ambos lados de la pared, esto, para evitar efectos de contracción o agrietamiento en la pared. En la segunda etapa, se coloca la capa final con espesor de 1.5 cm, posteriormente, se da a la pared, el acabado deseado. Para evitar fisuras, se debe curar la superficie, durante las primeras 48 horas, después de haber realizado repello sobre el panel. Ver anexo No.26. Recubrimiento de paredes en forma manual o con equipo.

#### 2.18 Proceso constructivo del sistema de paredes de bloque estándar hecho de concreto.

La superficie de fundación se verifica que debe estar bien nivelada, para que la pared sea levantada en un mismo plano y las juntas estén uniformemente alineadas. Luego se debe limpiar la superficie para eliminar la suciedad que pueda haberse acumulado, para continuar con la identificación en la primera

hilada, de los huecos de las puertas y ventanas, celdas donde irán los ductos eléctricos e hidráulicos, los bloques donde se dejarán ventanas de registro. La primera hilada, se coloca inicialmente, sin mortero, para realizar la primera modulación. Con esta práctica, se confirma la correcta ubicación de los bloques, antes de su colocación definitiva.

#### 2.18.1 Métodos de elevación de pared.

Existen dos métodos para la elevación de la pared:

2.18.1.1 Procedimiento por hiladas. Cuando el muro pared no se entrelaza en las esquinas, ni en cualquier punto intermedio. La pared se eleva, hilada por hilada. Se procederá según los siguientes pasos:

1. Una vez el trazo esté listo, se coloca mortero sobre la cara inferior y los extremos del bloque, colocando posteriormente la pieza sobre la fundación, empezando por las esquinas. Ver Anexo No.27. Colocación de mortero.
2. Se debe evitar que el área debajo de las celdas que lleven refuerzo, quede cubierto con mortero, ya que la lechada, debe quedar en contacto directo con la fundación.

3. Después de colocar de 3 a 4 bloques de forma horizontal, se deberá verificar para cada uno de ellos. Su ubicación, de acuerdo a cómo se han establecido finalmente los ejes de los muros, para garantizar alineamiento y perpendicularidad de los mismos y alineamiento individual, horizontal, vertical y plomo mediante la utilización de la plomada del albañil.
4. Se colocarán los bloques intermedios, alineados con la ayuda del trazo y los primeros bloques colocados, toda la primera hilada deberá hacerse con mucho cuidado, cualquier error en esta hilada, significa continuar con los problemas en toda la elevación de la pared.
5. Se continuará con la elevación de la pared por hiladas completas, verificando sistemáticamente, el nivel, la altura y la verticalidad del muro. Ver anexo No.28. Colocación de bloques.
6. Siempre, verificar que la cantidad de mortero sea suficiente, para que el sobrante salga a presión cuando el bloque sea colocado, lo cual indicará que las juntas quedarán adecuadamente llenas. Evitar que el mortero salga al interior del bloque, para que éste no se introduzca dentro de los huecos del bloque que serán

llenados con lechada. Al no limpiar adecuadamente el mortero sobrante, del interior de las celdas del bloque, las paredes quedarán llenadas inadecuadamente con lechada, dejando vacíos que son perjudiciales para el desempeño estructural de la pared. Ver anexo No.29 Lechada.

7. Aplicar mortero en los extremos del bloque que será colocado y en el extremo del bloque que se encuentra colocado, para asegurar un eficiente y adecuado lleno de las juntas verticales, siendo estas más vulnerables, a la penetración de agua, que las horizontales. Ver anexo No.30. Pegamento de bloques.

Quitar el exceso de mortero con la cuchara, regresándolo a la bandeja de mortero para ser reutilizado. El mortero que caiga al suelo o a los andamios no se reutilizará. Se recomienda un espesor de juntas 1cm a 1.5 cm, tanto para juntas verticales como horizontales

8. El bloque debe ser colocado en su posición final en la pared, mientras el mortero esté suave y plástico, para lograr una adecuada unión, sino, se romperá la unión y causará grietas entre el bloque y la mezcla.



9. No se deberá intentar alinear un bloque, cuando ya existan hiladas de bloques superiores.
10. Al colocar el bloque de cierre, medir la longitud de la abertura, si es necesario, medir y tallar el bloque para que no queden juntas muy apretadas o muy anchas, colocar mortero en todos los bordes del hueco y del bloque. Ver anexo No.31. Quitando el exceso de mortero.
11. Dar acabado a las juntas, ya que el mortero tiende a agrietarse y a salirse por las esquinas de los bloques y así asegurar el contacto entre el mortero y los bloques, además de sellarlas contra la intemperie, éste acabado se dará antes de que el mortero endurezca y todavía se pueda dejar impresa, una huella con la presión del dedo sin que se adhiera mortero a este. El acabado, sellará cualquier fisura que pueda quedar cuando el bloque sea colocado. Se deben ocupar herramientas adecuadas para producir juntas y líneas limpias. Las juntas horizontales realizarlas antes que las verticales, y a la vez, presionar con firmeza contra los bloques para asegurar el sellado. Ver anexo No.32. Tipos de juntas de acuerdo con su resistencia a la intemperie.

Se hará limpieza de la pared por los derrames de mortero, con cepillo de cerdas de nylon o mediante un trozo de bloque, curar las juntas, siempre, ya que es lo único que está fresco en la pared, intentando no mojar el bloque, humedeciendo la superficie del mortero de junta, con una brocha empapada de agua, aplicando el sistema de aspersión fino, o cubriendo el muro con telas o láminas impermeables, para evitar la evaporación del agua del mortero. Ver anexo No.33. Acabados en pared de bloque de concreto.

2.18.1.2 Procedimiento por esquina. En la práctica, cuando el muro se entrelaza en las esquinas o cualquier punto intermedio, se hacen los siguientes pasos:

1. Se elevan primero las esquinas o cruces del muro, unas 4 a 6 hiladas, formando una especie de pirámide en cada extremo o cruce. Ver anexo No.34. Nivelación de paredes de bloque de concreto estándar.
2. En cada hilada, verificar el nivel, la verticalidad y la rectitud a lo largo. Ver anexo No.34. Nivelación de paredes de bloque de concreto estándar

3. Después de levantadas las esquinas se llena el cuerpo del muro colocando un hilo entre las esquinas de este, y se procede a la pega de bloque, hilada por hilada. Ver anexo No.34. Nivelación de paredes de bloque de concreto estándar. Nuevamente, se elevarán en cada esquina, de 4 a 6 hiladas, formando la pirámide y se repetirá el procedimiento antes descrito. Ver anexo No.34. Nivelación de paredes de bloque de concreto estándar. Los morteros, el concreto, las lechadas, son una mezcla de cemento, arena, grava, agua, y si se requiere, aditivos, los cuales tienen la capacidad de penetrar en todas las cavidades del muro sin segregación, también, se adhieren a las unidades de mampostería y a las barras de refuerzo actuando en unidad, para soportar las cargas de sollicitación, propias y externas. La resistencia a la compresión a los 28 días no debe ser menor que  $140 \text{ kg/cm}^2$ .

Dosificación de lechada. La dosificación de la lechada ocupando cemento Pórtland, es la que se indica en la tabla No.6. El tamaño del agregado no debe ser mayor que 1.0 cm (3/4 de pulgada). El agua se aplica hasta que el revenimiento, sea de 20 cm a 25 cm (8 a 10 pulgadas).

Tabla No.6 El tamaño del agregado no debe ser mayor que 1.0 cm (3/4 de pulgada).

Tipo de lechada	Partes por volumen de cemento Pórtland	Agregado fino Medido en condiciones Húmedas y sueltas	Agregado grueso medido en condiciones húmedas Y sueltas
Fino	1	2.25 a 3 veces la Suma de los volúmenes de cemento	
Grueso	1	2.25 a 4 veces la Suma de los materiales cementantes	1 a 2 la suma de los Volúmenes de los materiales cementantes

Mezclado de la lechada: esta se debe mezclar, por medios mecánicos durante unos 5 minutos como mínimo, pero no debe pasar de 10 minutos, para darle una consistencia adecuada, esto se consigue aplicando el siguiente procedimiento:

1. Colocar en la mezcladora, las cantidades de cemento, arena y grava, mezclar por 3 minutos de revoltura.
2. Agregar el agua, hasta obtener una mezcla homogénea que dé revenimiento entre 20cm a 25 cm (8 y 10 pulgadas).

Colocación de la lechada. La lechada debe ser colocada cuando el mortero del pegado de bloque haya endurecido lo suficiente, 24 horas después de levantado el muro, aunque este tiempo puede ser menor, si al mortero de pega

se le agrega algún aditivo acelerante. El tiempo máximo para colocar la lechada después de hecha la mezcla, es de 1.5 horas.

Antes de iniciar la colocación de la lechada se hará lo siguiente:

1. Verificar, tipo, diámetro y posición de la barra de refuerzo vertical en cada celda.
2. Verificar la limpieza de cada celda, para garantizar el llenado y evitar la segregación del mortero.
3. Cerrar las ventanas de registro.
4. Proceder a la colocación de la lechada, lo cual se puede realizar por dos de los métodos siguientes:

4.1 Colado de baja altura: consiste en construir la pared hasta la altura de los andamios o hasta la viga intermedia (viga de amarre, si la hubiera), por lo que el lleno no debe ser mayor que 1.20 m ó hasta encontrar la viga de amarre. La colocación de la lechada puede realizarse manualmente, utilizando embudos o mangueras. Este método de llenado, es el más práctico para construir paredes de bloque.

4.2 Colado de altura: consiste en colocar la lechada hasta que se complete la pared. Con éste método se logra colocar mayor volumen de lechada en una sola operación, lo cual permite utilizar económicamente un equipo más eficiente. Permite colocar el refuerzo vertical hasta que se complete la altura total de la pared, con lo cual,

se acelera el proceso constructivo de colocación de la lechada y se ahorra refuerzos en los traslapes. En este caso, se recomienda colocar 1.20 m de concreto y compactar con la varilla, esperar, como mínimo 30 minutos y como máximo 60 minutos, antes de continuar con el colado, para conseguir hacer la junta de unión de pared cuando se continué dando la altura durante su construcción.

5. Se recomienda suspender el colado de la lechada, 4 cm por debajo del último bloque, ya sea para colado de baja altura o colado de altura, para formar un anclaje con la próxima capa de lechada.

2.18.2 Construcción de soleras de amarre. Las vigas de amarre o soleras intermedias, sirven para dar mayor resistencia por flexión a la pared, para que éstas puedan resistir fuertes vientos, huracanes y sismos. La construcción de las vigas de amarre, o soleras, se logra fácilmente, mediante bloques soleras, especialmente fabricados o modificados para tal fin. Después de colocados los bloques en la pared, se acomodan las varillas de refuerzo y finalmente se procede a vaciar el concreto en las soleras. El refuerzo de las vigas de amarre, satisface los requerimientos estructurales, que establecen que, las vigas, deberán armarse por lo menos con 2

varillas de 3/8" y grapas hechas con varillas de 1/4" puestas a cada 20 cm.

## 2.19 Conclusiones.

- Para el análisis comparativo de cada uno de los sistemas constructivos de paredes en estudio, se aplicará un diseño propuesto, considerando un módulo de vivienda tipo, con planta arquitectónica, elevaciones y secciones similares, para obtener resultados que puedan medirse en igualdad de condiciones.
- En la construcción de viviendas en serie, algún sistema tendrá mayor ventaja sobre otro, a partir de su proceso constructivo, esto dependiendo de la logística que se utilizará para su realización a lo largo del proyecto, lo cual puede traducirse en menores tiempos de producción al igual que menores costos de construcción.
- La mano de obra que se utiliza en los proyectos viviendistas, varía de un sistema constructivo a otro, por ejemplo, en el caso de estudio, el sistema de paredes de concreto moldeado y vaciado in situ se necesitan obreros molderos, ya que un albañil no podrá moldear una vivienda, por que se requiere de experiencia en este procedimiento, al igual que en el sistema de panel remallado Covintec, se necesitará personal calificado

para la colocación y aplicación del mortero en las paredes, ya que no es un sistema constructivo comúnmente utilizado y requiere capacitación previa del personal.

- Las fundaciones de los sistemas de paredes de concreto moldeado y vaciado in situ y en el panel remallado Covintec, propuestos para una vivienda de interés social, requerirá fundación con solera corrida, sección de 30 cm de ancho por 20 cm de peralte, al nivel del suelo desplantado; partiendo de este. La pared a construir no necesita más desplante, en comparación con el sistema de bloque estándar de mampostería de concreto, cuyo desplante mínimo es para dos hiladas de bloques (40 cm), aumentando con esto, el área de paredes.

## 2.20 Recomendaciones.

- Evitar que en los procesos constructivos repetitivos, se cometan errores, desde omitir la supervisión continua en los proyectos, al creer que son procesos constructivos “sencillos”, antiguos, y muy conocidos por el profesional responsable, hasta el obrero, dando como resultado lo siguiente:
  - Paredes con colmenas, por una mala supervisión en la hechura del concreto.



- Paredes desniveladas, por no apuntalar correctamente el molde en las paredes.
- Mala colocación del acero de refuerzo, el cual en muchas ocasiones no queda centrado.
- Mal llenado de bastones, debido a que estos muchas veces son tapados con papel de las bolsas de cemento.
- Mala aplicación del mortero en las paredes de covintec, quedando estas sopladas.
- Mallas que queden sueltas, al no realizar los traslapes correctamente o colocación de mallas de unión.

Por ello, es indispensable que por fácil que parezca el proceso constructivo de cada uno de los sistemas, siempre se cuente con la capacitación necesaria y la presencia permanente por parte de la supervisión en los proyectos y la buena aplicación de las especificaciones técnicas, tanto de los materiales, como de los procesos constructivos de los mismos.

## 2.21 Bibliografía

- Hernán Sánchez Tobar, Salvador Enrique Pérez López, Napoleón Peña Molina, Katia Regina López Marroquín. 1993. Estudio de prefabricados existentes y su aplicación práctica en la demanda de

vivienda, trabajo de graduación, Universidad de El Salvador, Facultad de ingeniería y arquitectura, escuela de ingeniería civil, S.S.

- Gil Oswaldo Aguirre Ramírez, Hugo Stanley Gutiérrez Chicas, Carlos Agustín Ramírez Flores, Carlos Ernesto Regalado Rivas. 1993 Manual de Fundaciones de las estructuras según tipos de suelos y condiciones de terreno, trabajo de graduación, Universidad de El Salvador, Facultad de ingeniería y arquitectura, escuela de ingeniería civil, S.S.
- Oscar Armando Sánchez. 1996. Manual de Construcción para el sistema de paredes de concreto, moldeado y vaciado in situ, Inmoldecon S.A DE C.V.
- Sistemas estructurales antisísmicos y aligerados, POLISA, polímeros de El Salvador S.A de C.V
- Selva Edgardo. Procesos constructivos del sistema de panel remallado covintec, MONOLIT.

**CAPITULO III**

**ESTUDIO DE LOS COSTOS**

**DIRECTOS E INDIRECTOS**

## Introducción.

La producción de viviendas de interés social, es resultado de la demanda de la población a medida que se incrementa la necesidad de poseer una vivienda digna, por lo que se debe procurar que llegue a cuantas más personas sea posible. Considerando que la solución habitacional que se presenta en este proyecto de graduación debe poseer condiciones adecuadas para brindar confort, seguridad contra el intemperismo, y precios accesibles, para beneficiar a la población con menor ingreso económico familiar, se procura que el valor de las viviendas sea de bajo costo, basados en precios de materiales, mano de obra, equipo, rentabilidad favorable, apegado a la realidad del momento y alguna variabilidad en la proyección etc.

### Capítulo III. Estudio de los costos directos e indirectos.

La construcción de viviendas de interés social, es producción de bienes y servicios, que resultan de la combinación adecuada de la operacionalización de los recursos financieros, humanos, y materiales, indispensables para la realización de obra y logro de objetivos. Para ello, es necesario analizar los costos que proporcionan, los menores tiempos y costos, o los mejores rendimientos dentro del plan de ejecución de la obra. La determinación del costo de construcción, consiste en asignar su propio valor, precio y costo, a cada una de las actividades y procedimientos intervinientes en los métodos, durante la producción de las viviendas. En la industria de la construcción vivandista, es muy difícil estandarizar precios y costos, para la buena aproximación del monto real de cada vivienda o proyecto en un presupuesto, debido a que las obras siempre son diferentes por muy semejantes que parezcan, así mismo, algunas actividades y métodos aplicados en los procesos productivos y consecuentemente, los materiales o los costos de mano de obra. El producto, es, generalmente, único, los conceptos y procedimientos difícilmente se presentan más de una vez. El buen análisis de costos, es de particular interés para las empresas constructoras, respecto al buen control y a la obtención de beneficios, similarmente, para el futuro propietario o beneficiario de la vivienda en construcción, respecto a la garantía de buena calidad de la construcción y mayor duración en el buen estado de la vivienda cuando se haya expuesta a la vulnerabilidad, principalmente por sismos de gran impacto en el

país. El análisis de costo de construcción de una vivienda de interés social, inicia por ejemplo, con precios de materiales, mano de obra, costos del equipo a usar, rentabilidad de este, etc. Así, el costo, de un bien, sea producto o servicio, es la inversión para producirlo, representada por recursos humanos, capital, materiales, tiempo y costos. Las clases de costos, se representan en dos grandes grupos: costos directos y costos indirectos, otros costos importantes son los costos presentes, pasados, futuros y costos unitarios, como se describen a continuación, considerando además los siguientes aspectos:

- a) Realización en obra o proyecto, formulación, evaluación y ejecución óptima, de las viviendas o urbanizaciones.
- b) Cualquier costo, siempre es aproximado, y por lo tanto, al final de la obra, habrá que obtener el costo real
- c) Controlar continuamente los costos pasados, presentes y futuros.

Costos Pasados. Son costos históricos o estadísticos, reales, obtenidos y registrados en la contabilidad de una empresa constructora, además de su finalidad fiscal, financiera, y condiciones, permiten hacer una estimación clara de costos futuros, con la certeza que si estos se repetirán, para llegar a ser competitivos y eficientar el capital de trabajo. El costo de una partida de obra es válido, exclusivamente, para cada caso particular y puede variar para otras obras.

Costos Presentes. Son los que se producen durante la ejecución de la obra y están bajo el control de las empresas viviendistas, estos son los que se obtienen por medio de cotizaciones de proveedores, los cuales son muy riesgosos considerarlos como tal. Para presupuesto, estos pueden ser, por ejemplo, costos de mano de obra, costos de materiales y costos de maquinaria, ya que estos tienden a variar generalmente en periodos cortos de cuatro semanas o menos, por ello, es aconsejable negociar con los proveedores cómo mantener lo presupuestado, en el tiempo que dure la ejecución del proyecto, al no ser así, se tiene que considerar un imprevisto mayor que el normalmente estimado.

Costos Futuros. Son los que se evalúan hasta la finalización y entrega, al presupuestar una obra, y son la base de una operación eficiente en las empresas constructoras. Para preverlos, es necesario el conocimiento de costos similares a los ya obtenidos; pero es indispensable el estudio y análisis de las condiciones particulares que tendrán, al evaluarlos o proyectarlos, para cada caso específico. Un error común es, considerar único el costo que resulta del análisis con factores estandarizados, rendimientos convencionales y teóricos y planteamientos esquemáticos, al omitir, por ejemplo, costos en partidas de presupuesto de obra. La acertada determinación del costo de cada una de las partidas de un presupuesto o de los conceptos que integran las actividades de una obra, es producto de un buen análisis, para que una

empresa constructora pueda competir eficazmente en los distintos proyectos, licitaciones o contrataciones, proyectos de llave en mano, donde participen varias empresas constructoras.

Costo Unitario. Es el importe de la remuneración o pago total que se hace efectivo al contratista, por unidad de obra, de cada uno de los conceptos de trabajo que realice. El precio unitario, es la suma de todos los costos directos correspondientes por concepto de trabajo por cada unidad de recurso, por ejemplo, horas/hombres,  $\$/m^2$ ,  $m^3/día$ , etc. en algunos casos, incluyen los costos indirectos, pero siempre, se separan en dos grandes rubros, costos directos y costos indirectos. Tienen una importancia muy particular en su determinación y aplicación en el proceso de planeación de la producción y en el proceso de control, ya que por experiencia, se reconocen sus valores regulares, su variabilidad y hasta se tienen en normativa y se señala cuál debe ser el esfuerzo empleado para lograr lo que debiera ser como propósitos de producción de la empresa para rendimientos y rentabilidad. Los costos unitarios totales dependerán, del costo de los materiales, rendimiento de los materiales, costo de salarios, eficiencia de mano de obra, presupuesto de gastos, beneficios de la especialización productiva, y de qué tan eficiente se hagan las actividades de ejecución de obra en los procesos productivos, por ejemplo, tiempos, movimientos, etc.



Costos directos. Son los que representan las inversiones que aparecen en las realizaciones físicas de la ejecución de obras. También, son la suma de los materiales, mano de obra y equipos necesarios para la realización de un proceso productivo. Se caracterizan, porque aumentan proporcionalmente en tanto aumenta la producción, a mayor producción, mayor costo directo. Los gastos producidos en obras preliminares como construcción de oficinas, almacenes, cercos, servicios higiénicos para obreros, obras de protección, accesos a la obra, etc., deben ir como gastos directos, pero algunos materiales se vuelven a utilizar, (maderas, casetas portátiles, etc.) esto, afectará proporcionalmente al uso, con su depreciación en el valor, también considerar como gasto directo el transporte de equipo mecánico, herramientas, encofrados y andamios, etc. Asimismo, las cantidades dedicadas a la amortización o alquiler de maquinaria, encofrados, andamios, herramientas, escaleras, bateas, reglas, mangueras, etc. Todos estos se consideran gastos auxiliares. Se deduce, que para menguar los costos directos, hay que mejorar el sistema de construcción, reducir los desperdicios de materiales, revisar los diseños finales propuestos para construcción en geometría, materiales y su uso combinado, eficiencia en funcionamiento propuesto para construcción revisando el sistema estructural, etc.

Costos Indirectos. Son los gastos generales de una empresa constructora, aplicados por sus oficinas centrales, que se distribuirán en las diversas obras

que realiza, y los determinados para la propia obra y sólo en ella. Estos costos se deben aplicar al monto total del costo directo. Los costos indirectos se caracterizan principalmente, porque siempre se realizan, haya o no producción, pero que tienen siempre una relación con ella, tales como alquiler de oficinas, costos de propaganda, pagos de teléfonos, etc. Con una mayor producción, se tendrán, proporcionalmente mayores costos directos. En cambio, con relación a la unidad, los costos indirectos disminuyen si hay más producción. Para reducir los costos indirectos, habrá que disminuirlos en función de mayor producción, con el mismo personal, a base de más eficiencia en la ejecución de los trabajos. Los costos indirectos, contables y presupuestariamente, son los siguientes:

A. Gastos generales y administrativos.

1) Licitación y contratación.

- a) Gastos en documentación de licitación
- b) Gastos notariales y otros (legalización de documentos, etc.)
- c) Gastos de la garantía para el anticipo.
- d) Gastos de elaboración de propuesta
- e) Gastos en rótulos para la obra.
- f) Gastos de pruebas o estudios de calidad de los materiales o de realización de obra (cilindros de concreto, resistencia del terreno, pruebas de fatiga de acero de refuerzo, etc.)

g) Gastos de estudio, programación y control.

2) Administrativos y generales en obra.

a) Sueldos, seguro y beneficios del personal directivo: residente o jefe de obra, otros jefes, maestro general de obras y ayudantes.

b) Sueldos, seguro y beneficios del personal auxiliar: capataces planilleros, bodegueros, vigilantes, personal de limpieza, etc.

c) Amortización de equipo de oficina.

d) Impresos, útiles de escritorio y otros.

e) Movilidad, viáticos y alojamiento.

f) Gratificaciones y otros.

3) Administración y generales en oficina.

a) Alquiler de local, alumbrado, teléfono, limpieza y otros similares.

b) Sueldos, seguro y beneficios del alto personal directivo.

c) Sueldos, seguro y beneficios del personal administrativo.

d) Seguros de incendio.

e) Impresos, útiles de escritorio y otros.

f) Amortización de equipo de ingeniería y oficina.

g) Movilidad, viáticos del alto personal directivo y administrativo.

- h) Gratificaciones y otros.
- i) Gastos de licitaciones no otorgados.
- j) Gastos legales notariales.
- k) Suscripciones, revistas y publicaciones.
- l) Afiliaciones a instituciones gremiales y técnicas.

B. Gastos financieros. Todos aquellos gastos incurridos para intereses de sobregiros aplicados a la obra, fianzas, aseguranza durante la construcción, garantías, etc.

C. Imprevistos. El medio ambiente y el elemento humano originan situaciones no contenidas en los presupuestos en partidas correspondientes, estos son los costos imprevistos, que en los mismos valores de las partidas o rubros correspondientes, no se previó su extensión, y los costos adicionales, los cuales se producen por modificaciones, ampliaciones u otras causas cuantificables, que incluso, ni el proyecto original lo consideró, pero en ese momento es necesario hacer. Los imprevistos se consideran globales pero pueden particularizarse en cada rubro para finalmente pasar esta suma, con lo global, que siempre se estima por ejemplo, 5%, 10% u otro, recomendado o conveniente al caso.

D. Utilidad. Es la ganancia que percibe el contratista por la ejecución del proyecto, que resulta de la optimización de todos los recursos durante la ejecución del trabajo diario y la duración del proyecto, hasta su entrega y recibo final. Está determinada libremente por cada empresa constructora, teniendo como objetivos indispensables, proporcionar la remuneración equitativa al capital invertido y al riesgo implícito en toda empresa, respecto a solvencia y liquidez. Sus porcentajes varían en el ejercicio laboral y competitividad. Toda utilidad también está sometida a desglose, por ejemplo, por impuestos, participación o repartición, etc., hasta ganancia neta, global o individual.

E. Impuestos y timbres. Son los que corresponden al impuesto de la renta, seguro social y AFP, pagos a alcaldía, permisos para construcción, trámites legales, cualquier otro impuesto que lo requiera y deba realizar para el proyecto y que por ende habrá que considerarlo en él, así mismo, que el presupuesto general considere su inclusión.

Control de costos<sup>4</sup>. Es el proceso a través del cual se comparan los costos reales con los estimados o presupuestados. Dentro de la construcción, se busca lograr el máximo control sobre los diversos factores que afectan el

---

<sup>4</sup> Es una de las fases de la planificación y del proceso productivo, es clave y fundamental para el éxito en un proyecto ejecutándose a lo previsto en los presupuestos contratados y para las empresas en cuanto a su misión productiva o de productividad a la que se dedica y su permanencia en la actividad económica o industrial.

avance de la obra, para ello, con las variables “costos y tiempo”, se elaboran las gráficas correspondientes, por ejemplo, en programa Project. Un método muy eficaz es el de la ruta crítica o CPM (Critical Pass Method), que introduce los costos y los tiempos para lograr un control efectivo de la ejecución de la construcción<sup>5</sup> de una vivienda o de un proyecto. El control de los costos, es importante y decisivo en las empresas, porque determina competitividad y el uso eficiente del capital de inversión para evitar el desequilibrio económico, y consecuentemente, evita la quiebra de la empresa o del proyecto. El control tiene dos objetivos, dar fe o ratificar lo planificado, que lo que se ejecuta es realmente lo que se quiere obtener en cuanto a la calidad, cantidad, tiempo y costo; y tomar datos sobre tiempos, rendimiento de mano de obra y materiales durante la ejecución de cada operación, comparándolos con los inicialmente estimados en el cómputo y programación. Si se han llevado los controles correspondientes en cada operación, se podrá obtener fácilmente, al terminar una obra, los datos relativos a su totalidad. Habiendo llevado un buen control, se podrá hacer una buena evaluación de los costos, de la inversión, del proyecto, y hacer buena estimación de los costos futuros.

Para el control de los costos, se diseñan sus registros y controles, y se dispone de personal idóneo que se encargue de llevarlos. Entre los requisitos que deben tener los registros y controles de costo, se citan los siguientes:

---

<sup>5</sup> James Antil. El método de la ruta crítica. 1ª edición E.D. Limusa Wiley.1969.

- Diseño de un control de costos adecuado para las necesidades de cada empresa, con las características de cada tipo de obra.
- Actualizar e indicar las diferencias en costos, tiempos de duración en ejecución de cada actividad, obra total, o parcial, o elemento construido según su partida en particular, con respecto a lo inicialmente estimado, estableciendo las variaciones para aplicar, rápidamente, las medidas correctivas, ajustes, actualizaciones, nuevas partidas, etc.
- Los controles deben ser objetivos, relacionando el diseño de los registros con los costos estimados para apreciar objetivamente las diferencias o discrepancias, ya que de otra forma, los costos reales que se van obteniendo no serían muy realistas u objetivos por precisión en su determinación, y su significación no sería muy útil para buena estimación al cierre del periodo o proyecto y su uso posterior. El control de costos reales, adquiere máxima objetividad, cuando el costo estimado se integra con el programa de obras, y se conjuga con los costos que se están llevando acabo en obra, en consumo de mano de obra, materiales y capital en rotación, de tal manera, que en cada proyecto pueda fijarse un costo directo predeterminado<sup>6</sup> para cada actividad, que sea más acertado competitivamente y en su proyección, para la ejecución sin riesgos.

---

<sup>6</sup> De sostener esta invariabilidad en un sistema de costos o precios que dan resultado fiables para continuar aplicando estos mismos, es que se da la estandarización de esos valores y que en un momento dado pueden favorecer a la empresa y su competitividad, sin embargo de no realizar revisiones continuas implica riesgos.

- La información suministrada por el control, debe reflejar la organización de la empresa y las responsabilidades de los diferentes niveles administrativos, siendo de fácil interpretación y utilización inmediata.

Control de costos unitarios. La programación, se hace tomando en cuenta todos los recursos y su aplicación en obra, proporcionando los medios adecuados para llevar a cabo todos los controles durante la ejecución, tal que, evaluativamente se obtenga una gráfica, para mantener un control visual, donde se muestre la relación entre lo programado y el avance de la ejecución. Estos controles son muy importantes, pero son insuficientes para la eficiencia con que se esté realizando la obra, siendo necesario un control de los costos unitarios, para comparar, durante la ejecución, lo invertido en las partidas de mayor interés, que incluyan materiales, mano de obra, equipo, etc., con los costos unitarios de las siguientes estimaciones. Este control, debe llevarse periódica y acumulativamente, siendo los resultados, un índice de lo que realmente está sucediendo en la obra, respecto a aciertos en planeación y formulación final, o desaciertos y toma de decisiones correctivas o de mejoras y más realistas.

El proceso de control, como registros contables, consta por ejemplo, de las siguientes cuentas:

- Materiales, correspondientes a partidas cuyos costos unitarios se controlan, se toman de los registros de almacén, en los cuales se tienen en registro anotaciones de sus salidas, entradas y cantidades cargadas



en partidas correspondientes e inventarios. Para materiales en obra, tales como ladrillos, arena, piedra, etc., la estimación de materiales usados, se vuelve más difícil, necesitándose medir o contar, directamente, las cantidades consumidas, siendo a veces necesario, para esto, considerar los saldos o existencias y estimar las cantidades consumidas.

- Los costos de mano de obra, se toman de los registros correspondientes donde se lleva la distribución para cada partida, van en función de los establecidos en el laudo arbitral o se adoptan convencionalmente. Sin embargo, se determina a través de estudios de medición en producción, estudios de costo, tiempo y recorrido, así como, de rendimientos.
- Para los equipos, se recurre a los registros diarios donde se consigna su uso horario y los correspondientes gastos por consumo y rendimientos.
- En base a estos datos, se calculan los costos unitarios de ejecución periódica, los cuales se comparan con los estimados, y en caso que hayan diferencias notables, estas permitirán buscar los medios de corrección.

### 3.1 Partidas que conforman el presupuesto de una vivienda de interés social.

#### 3.1.1 Obras preliminares.

- a) Instalaciones provisionales y movilización. En los proyectos viviendistas, se considerará su construcción con materiales de madera y lámina

galvanizada, con una área aproximada de 50m<sup>2</sup>, en esta, se espera almacenar todos los materiales de construcción, hierro, cemento, herramientas y otros, también incluye la oficina para personal de campo que supervisará el proyecto constantemente.

b) Trazos. El material para realizar los trabajos de trazo, se han considerado en base a lo previsto usar en esa actividad, lo suficiente para la vivienda que contiene el proyecto, según el diseño aprobado. Para esta actividad, se ha considerado que un trazador con un ayudante, tracen hasta 6 viviendas diarias con una área de construcción de 36 m<sup>2</sup>, definiendo lo siguiente:

- Bancos de nivel y mojones requeridos, garantizando ubicación, localización y posición preestablecida en los planos finales. Para evitar cualquier tipo de errores, su verificación conlleva la aprobación por la supervisión.
- Trazos en el Lugar de las obras, se hacen de acuerdo con la medida y niveles marcados en los planos. Una vez establecidas las marcas, estas deberán ser comprobadas y autorizadas por la supervisión.

3.1.2. Terracería. Tomar en cuenta lo establecido en los reportes de investigación del suelo y sub- suelo, y prueba de materiales, hechos por el laboratorio de suelos y lo señalado en los planos finales aprobados.

Esta partida comprende la mano de obra, materiales y equipo necesario para eliminar, modificar, trazar, compactar y conformar los niveles finales indicados en los planos, las actividades contenidas dentro de ella son:

- a) Excavación de fundaciones, de acuerdo con la norma técnica especial para diseño y construcción de vivienda<sup>7</sup> capítulo 6 y el reglamento de seguridad en labores de excavación, capítulo 6. Las excavaciones serán llevadas hasta la parte inferior de las fundaciones y de los rellenos porosos debajo de los pisos que han de colocarse directamente sobre tierra o roca y hasta la parte inferior de todos los otros objetos que descansen sobre tierra o roca. El ancho y largo de las excavaciones se hará tomando en cuenta el tipo de trabajo que se hará dentro de los espacios excavados. La supervisión deberá aprobar previamente esas dimensiones. En los planos, las dimensiones que se muestran para la excavación de una vivienda a construir son, 0.30 X 0.40 m en toda su área, pero esto, estará sujeto a las condiciones locales y particulares y según lo determine el estudio de suelos. Se nivelará el fondo de todas las excavaciones, a la profundidad exacta requerida, para que las fundaciones puedan descansar según se indique en los planos finales para construcción y de acuerdo con la cota de

---

<sup>7</sup> Ver reglamento de seguridad en labores de excavación. Ministerio de trabajo y previsión social, Centro América 1971,S.S, El Salvador.

cimentación establecida ahí mismo y en las especificaciones. La superficie de los fondos de todas las excavaciones, donde se han de colocar las fundaciones, estará sujeta a la aprobación de la supervisión. La superficie del terreno bajo las fundaciones deberá ser compactada de acuerdo con la norma del MOP, capítulo 6. La excavación estructural se refiere a las zanjas para la fundación de un ancho de 20 cm x 60 cm, por lo cual, deberá hacerse en forma manual o a máquina. Para el caso de este presupuesto, se ha considerado de forma manual, con dos auxiliares, y que excavan hasta dos viviendas por día sin necesidad de maquinaria pesada como retroexcavadora o bobcat.

b) Relleno compactado. La compactación será realizada sobre toda la superficie de la capa, de modo de asegurar que todo el material sea uniformemente compactado. La densidad relativa deberá ser mayor que el 90% (noventa por ciento) de la densidad máxima obtenida en el laboratorio, según la norma de la AASHTO T-180 (Proctor Modificado). El relleno sobre los miembros estructurales, deberá ser depositado en capas horizontales no mayores que 15 cm de espesor y deberán ser compactadas humedeciendo o secando el material

adecuadamente, a fin de obtener la densidad especificada para terraplenes de un 90% de densidad mínima. El material de relleno deberá ser areno-limoso o limo-arenoso, libre de materia orgánica, que permita compactarse a la densidad requerida y será aprobado por la supervisión. Para el caso de este presupuesto, se ha considerado equipo mecanizado como bailarinas.

- c) Desalojo de material sobrante. Se desalojará la tierra, roca o arena, provenientes de los cortes, y que no vaya a ser utilizada en los rellenos, en zonas de depósito fuera del terreno que deberán ser aprobadas por la supervisión, utilizando para esta actividad personal en jornada contratados por día.

3.1.3 Concreto armado. El desarrollo de esta actividad, se ha considerado en base a las especificaciones y los planos, los cuales incluyen lo siguiente:

- a) Suministrar todo los materiales y equipos, para fabricar, transportar, colocar, proteger, reparar (en caso de ser necesario) el concreto.
- b) Detallar, construir, erigir y dismantelar encofrados.
- c) Detallar, suministrar y colocar el acero de refuerzo y barras de anclaje.

El trabajo incluye lo siguiente: paredes, soleras de fundación, pedestales de concreto y otras obras de concreto.

- 3.1.4 Concreto estructural (soleras de fundación, pedestales y paredes), según las especificaciones para el concreto estructural y el código ACI 301-96. Esta sección comprende todos los trabajos relacionados con la construcción de las estructuras de concreto reforzado, para lo que se tiene que tomar en cuenta, mano de obra, herramientas y equipo para la fabricación, encofrado, colocación, vibrado, curado, protección, desencofrado y resanado del concreto, así como para el armado y colocación del acero de refuerzo. Al inicio de las obras, se tendrá que suministrar muestras, de todos los materiales a utilizar en la fabricación del concreto, a fin de someterlas a los análisis de laboratorio y para que se efectúe la revisión del diseño de la mezcla. Se tomarán muestras de cilindros para realizar las pruebas de resistencia a la compresión por cada fracción de la cantidad de concreto colado durante el día. El concreto podrá ser fabricado en el lugar con mezcladoras mecánicas o premezclado. Estos serán comprobados por medio de especímenes preparados, curados y sometidos a prueba, de conformidad con las normas de la ASTM C31, C39 y C172. Las edades de prueba de los cilindros muestreados, serán a los 7, 14 y 28 días como edades de ensayo en el laboratorio, incluyendo esta misma consideración, sí el

concreto fuese diseñado con aditivos. Para la resistencia a la compresión requerida en elementos de por ejemplo, 140 kg/cm<sup>2</sup>, para vivienda, utilizar cemento Pórtland, según la norma de la ASTM C-1157. Dado que este rubro comprende gran parte del costo total de la vivienda, es importante supervisar constantemente la obra. Para la fabricación de las paredes, se ha considerado, por ejemplo, en el sistema de moldeado y colado insitu, la utilización de obreros molderos en un grupo de 10 molderos, con un jefe, los cuales se encargarán de moldear y colaborar al momento que se realice el colado, y posteriormente desmoldar. El moldeo de la vivienda puede tener una duración entre 2 y 3 horas, el colado de 1 a 1 1/2 horas, y el desmoldado 1 hora, el tiempo mínimo de fraguado que se le puede dar al concreto, antes de desencofrar, para este tipo de vivienda, es 4 horas, así, para colar una vivienda con este proceso, el tiempo total que dura es 8.5 horas. Haciendo esta práctica, a un juego de moldes se le puede dar dos usos diarios, haciendo dos viviendas por día, por cada juego de molde. El resane de paredes para una vivienda de 36 m<sup>2</sup> puede durar de dos a tres días. Todo concreto fabricado en la obra se hará utilizando una mezcladora aprobada por la supervisión. Las mezcladoras, de preferencia, su capacidad será de 1 bolsa. Esta se hará girar a la velocidad recomendada por el fabricante. El tiempo de mezclado del concreto no será menor que 1.5 minutos después que todos los materiales, incluyendo el agua, estén dentro del

tambor. El tiempo de mezclado se prolongará hasta un máximo de cuatro minutos cuando las operaciones de carga y mezclado no produzcan la uniformidad de composición y consistencia requerida para el concreto. El concreto deberá fabricarse siguiendo las proporciones de diseño de las mezclas, a manera de obtener la resistencia especificada con su adecuación al campo. Las mezclas deberán ser plásticas y uniformes, con revenimiento de  $7" \pm 1"$  para paredes y  $4" \pm 1"$  para las soleras de fundación, de acuerdo con el tipo de elemento estructural a colar. Sólo se tolerará el uso de la cantidad de agua para presentar la consistencia requerida de las mezclas, y no se admitirá el uso de mezclas retempladas. El concreto premezclado se preparará, transportará y entregará de acuerdo con los requisitos establecidos en las especificaciones de la ASTM C 94 para concreto premezclado. El concreto premezclado en camiones, entregado en la obra, su colocación se hará en 90 minutos como máximo, calculados desde el momento en que se añadió el agua al cemento. Se podrá autorizar, la utilización de concreto fabricado a mano, siempre que se tenga el personal de campo necesario para el traslado del concreto al sitio del colado, el cual podrá ser trasladado por medio de carretilla o cubetas y en tal caso, se hará en una plataforma sin fugas de agua y cada revoltura no será mayor que 0.25 metros cúbicos. El grado de fluidez del concreto, necesario en los diferentes usos, se obtendrá manteniendo siempre la relación agua –



cemento no mayor que 0.50 (a/c menor o igual a 0.50). La fluidez se comprueba, midiendo su revenimiento con el método estándar establecido por la norma de la ASTM C143. Sí se requiere revenimiento mayor que 7.5 pulgadas, este deberá obtenerse con aditivos fluidificantes que permitan dar la mayor fluidez y que no contenga iones de cloruro. Antes de todo colado, el encofrado, el refuerzo o cualquier dispositivo que debe quedar ahogado en el concreto, será aprobado por la supervisión. El encofrado y el equipo de transporte del concreto deberán estar libre de concreto endurecido y materias extrañas, estos se retirarán antes del colado previa inspección y aprobación por la supervisión, para dar inicio al colado con su autorización. Los materiales a utilizar en la elaboración del concreto, son los siguientes:

- a) Cemento, para la preparación del concreto fresco, usar cemento Pórtland, que cumpla con la especificación de la ASTM C1157. El cemento se transportará al lugar de las obras, seco y protegido contra la humedad, en envase de papel tipo, aprobado, en el que deberá figura expresamente el tipo de cemento y del nombre del fabricante, o bien a granel en depósitos herméticos, en cuyo caso, deberá acompañarse en cada remesa el documento de envío con las mismas indicaciones citadas. El cemento se almacenará de tal forma, que permita el fácil acceso para la adecuada inspección e identificación de la remesa en un almacén

previsto en el campamento y protegido convenientemente contra la humedad. El contratista queda obligado a entregar al ingeniero supervisor una copia de cada orden de envío del suministro. No se permitirá el uso de cemento almacenado en el sitio de la obra por más de cuatro semanas, ni mezclar cementos de distintos tipos, marcas o calidad, tampoco se permitirá el uso de cemento endurecido. El supervisor podrá requerir certificados de calidad actualizados y emitidos por el fabricante del cemento suministrado.

- b) Materiales pétreos. Estos materiales se someterán a las pruebas necesarias para verificar el cumplimiento de los requisitos de calidad que se indican en cada caso según las normas de la ASTM, agregados grueso y agregado fino, el contratista proporcionará las facilidades para efectuar las pruebas que requiera el propietario. El manejo y almacenamiento de los agregados, se hace evitando segregación o contaminación con substancias o materiales perjudiciales y que mantenga una condición de humedad uniforme, antes de ser utilizados en la mezcla. Los agregados pueden ser los siguientes:

b.1. Agregado grueso (grava). El agregado grueso a utilizar en los diseños de mezcla de concreto, será grava triturada con tamaño máximo nominal, tal que permita colocación adecuada del concreto en los elementos de fundación y moldes de paredes. En el diseño de las mezclas de concreto, en paredes, el agregado grueso tiene tamaño máximo nominal de 3/8", pero en general se cumple con lo estipulado en la norma de la ASTM C33. En fundaciones, se sugiere agregado grueso con tamaño máximo nominal de 3/4". El contenido de sustancias perjudiciales en el agregado grueso no excederá los porcentajes máximos de la siguiente tabla No.7:

Tabla No.7. Porcentaje de sustancias perjudiciales no admitidas en el agregado grueso.

Sustancias perjudiciales	% Máximo
Partículas deleznales	3.0
Partículas suaves	5.0
Pedernal como impureza	1.0
Carbón mineral y/o lignito	0.5

b.2. Agregado fino. Estarán libres de impurezas orgánicas, cumpliendo lo establecido en la norma de la ASTM C40. El módulo de finura máximo estará comprendido entre 2.3 a 3.10. En general, cumplirá con lo estipulado en la norma de la ASTM C33 y el contenido de sustancias perjudiciales en la arena, no deberá exceder los porcentajes máximos de la tabla No.8. Porcentaje de sustancias perjudiciales no admitidas en el agregado fino:

Tabla No.8. Porcentaje de sustancias perjudiciales no admitidas en el agregado fino.

Sustancias perjudiciales	% Máximo
Partículas deleznales	1.0
Carbón mineral y/o lignito	1.0

c) Agua de mezcla. Esta será potable, por lo tanto, estará libre de materiales perjudiciales tales como aceites, sal, grasas materia orgánica, etc., cumplirá con lo especificado en la norma de la ASTM C94, AASHTO M157, y será probada de acuerdo con la Norma de la AASHTO T-26. Asimismo, no contendrá cantidades mayores de las sustancias químicas en partes por millón (ppm),

que se indican en la tabla No.9. ppm, de sustancias perjudiciales no admitidas en el agua.

Tabla No.9. .ppm, de sustancias perjudiciales no admitidas en el agua.

Sustancias perjudiciales	ppm, máximo
Sulfatos (convertidos a $\text{Na}_2\text{SO}_4$ )	1,000
Cloruros ( convertidos a $\text{NaCl}$ )	1,000
Materia Orgánica (oxido consumido en medio ácido)	50
Turbiedad y /o lignito	1,500

El agua de mezcla, es la que contiene la arena y la grava, dosificada previa a la elaboración de la mezcla, la cual será determinada de acuerdo con la norma de la ASTM C70.

d) Aditivos. Sea cual fuere su clase, sólo podrán emplearse bajo aprobación del ingeniero supervisor, cumpliendo con las especificaciones de la ASTM y el código del ACI 116, respectivamente. La influencia y características de los aditivos para el concreto, propuestos por el contratista, deberán ser demostrada por él mismo ante el ingeniero supervisor. Los aditivos no deberán

contener iones de cloruro y se aplican de acuerdo con los siguientes criterios:

1. Los aditivos aceleradores, retardadores y reductores de agua, cumplirán con las especificaciones de la norma ASTM C- 494.
2. Para asegurar la trabajabilidad de la mezcla, podrá utilizarse un agente inclusor de aire cuyo porcentaje permisible es 3.5 %, según la norma de la AASHTO M – 154.

3.1.5 Diseño de la mezcla. El diseño de las mezclas de concreto se efectúa de acuerdo con lo especificado en el código ACI 211.1, “Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete”, para una resistencia requerida a la compresión  $f_{cr}$  determinada según la ACI 214 “Recommended Practice for Evaluation of Strength Test Results of Concrete”, siendo la resistencia especificada de diseño para concreto,  $f'_c = 140 \text{ kg/cm}^2$ . El valor calculado del  $f_{cr}$  para cada concreto, es el recomendado para la producción de la mezcla, el que garantiza, que no más del 10 % de los resultados esperados del esfuerzo a la compresión sean inferiores al  $f'_c$  especificado. El cálculo del  $f_{cr}$ , garantizará su valor, de acuerdo con la norma del ACI 214, que recomienda un valor de  $t = 1.28$ , donde  $t$ , es un factor de modificación de la desviación estándar. Los diseños de las mezclas y los resultados obtenidos en el laboratorio, con el criterio descrito, lo evaluará el supervisor, quien previo al inicio de los trabajos de colocación del concreto,

deberá emitir su aprobación o rechazo, autorizando, para su colocación o no. La aprobación del diseño de la mezcla no liberará al contratista de la obligación de obtener en obra la resistencia y todas las demás características que garanticen la buena calidad del concreto fresco y endurecido, durante la ejecución, en el proyecto, así mismo, los de acabados de la obra. La resistencia de los concretos en paredes y losas terminadas se garantizará, con la prueba de resistencia a la compresión de los especímenes, hechos, curados y ensayados en un laboratorio aprobado por la supervisión y el propietario del proyecto, siguiendo la especificaciones de la ASTM C39.

### 3.1.6 Preparación del concreto.

3.1.6.1 Dosificación. La dosificación de los diferentes constitutivos de la mezcla del concreto, se efectuarán según el diseño de mezcla aprobado, para lo cual, el contratista proveerá el equipo necesario, que deberá ser aprobado por el ingeniero supervisor. Se emplea cemento en bolsas, cuya dosificación se calculará siempre para bolsas completas. Las tolerancias para la dosificación del concreto serán las siguientes:

- a) 2 % en peso para el cemento,
- b) 3 % en peso para el agregado,
- c) 1 % en volumen para el agua,
- d) 3 % en (volumen) para los aditivos.

3.1.6.2. Elaboración de la mezcla. El control de la proporción de todos los materiales para elaborar la mezcla de concreto fresco, podrá realizarse en volumen, el cual podrá ser por cubetada, baldes o parihuelas para los sólidos, y el agua, también deberá controlarse el volumen por cubetada, esto, se aplicará, cuando la mezcla sea elaborada en el lugar de trabajo, en todo caso, quedará a criterio de la supervisión, la cual puede autorizar realizarlo por medio de bomba. El manejo y almacenamiento de los agregados, deberá garantizar que no produzca segregaciones o contaminaciones con materiales ajenos al concreto y sustancias perjudiciales. Antes del empleo de cualquier agregado, el contratista se asegurará, que este material posea humedad uniforme y óptima, de lo contrario, deberá efectuar los ajustes necesarios, previo al empleo de estos materiales. El contratista, estará obligado a efectuar las pruebas necesarias para verificar el control de la mezcla, por cuenta propia, y a petición del ingeniero supervisor, reservándose éste, el derecho de hacerlas cuando así lo estime conveniente.

3.1.6.3. Control de la mezcla. El contratista está obligado a suministrar la mano de obra necesaria para obtener y manipular las muestras requeridas por la supervisión, para verificar la calidad de la mezcla del concreto. Las muestras de concreto tomadas directamente de



la mezcladora, serán sometidas al número de pruebas de revenimiento y de resistencia a la compresión que el ingeniero supervisor considere necesarias, o de acuerdo con los siguientes criterios:

- a) Las pruebas de revenimiento deberá ser 7 y 8 pulgadas y se efectuará un muestreo a cada camión o bachada que se transporte en una sola unidad.
- b) Se tomarán seis cilindros de muestra, para realizar las pruebas de resistencia a la compresión por cada 50 metros cúbicos de concreto colados.

Las muestras de concreto para la fabricación de los cilindros de prueba para los ensayos de compresión, se obtendrán de acuerdo con la norma de la ASTM C172. La fabricación y curado de los cilindros de prueba bajo las condiciones normales de humedad<sup>8</sup> (80%) y temperatura (32°C), se efectuará de acuerdo con la Norma de la ASTM C31. La resistencia a la compresión del concreto, se controlará mediante ensayos de compresión según lo especificado en la norma de la ASTM C39. De los seis cilindros que componen una prueba, se ensayarán dos (2) a los siete (7)

---

<sup>8</sup> El aumento de resistencia continuará con la edad mientras esté presente algo de cemento sin hidratar, a condición de que el concreto permanezca húmedo o tenga una humedad relativa mayor que 80% y permanezca favorable la temperatura del concreto.

días, dos (2) a los catorce (14) días y los otros dos (2) a los veintiocho (28) días. En el caso de usar acelerantes, en el fraguado del concreto, las edades de prueba serán dos (2) a los tres (3) días, dos (2) a los siete (7) y los otros dos a los veintiocho (28) días. Para la aceptación global del concreto, se compararán todos los valores promedios del esfuerzo a la compresión de los cilindros de prueba obtenidos, elaborados y ensayados para cada 50 metros cúbicos o fracción de mezcla colocada por día, con el valor de  $f'c = 140 \text{ kg/cm}^2$ , indicado en el apartado "Diseño de la Mezcla", de cuyo análisis, deberá determinarse para la aprobación, que no más del 10% de los valores sean inferiores al  $f'c = 140 \text{ kg/cm}^2$  y además, que no deberá existir ningún valor inferior al 85 % de este  $f'c$ . Cuando del análisis anterior, resulte la no aprobación del concreto colado, se deberán analizar los valores que no cumplan con uno o ambos de los criterios citados y colocado en la fecha de la prueba, el cual deberá ensayarse a la compresión cuando tenga por lo menos 28 días de edad, de acuerdo con la norma de la ASTM C42. Cada resultado individual de este ensayo, deberá ser mayor que 85% del valor de  $f'c = 140 \text{ kg/cm}^2$ . Si tienen valores inferiores al 85% deberán extraerse núcleos (3 por muestras) de las zonas correspondientes a los ensayos con resultados de baja resistencia. Si el promedio de los

núcleos es al menos el 85% del  $f'c$  y ningún resultado individual es menor que 75%, se dará por aceptado, de lo contrario, la zona que representa el ensayo se deberá demoler y reconstruir por cuenta del contratista. El costo de las pruebas sobre el concreto endurecido, así como de las demoliciones que el ingeniero supervisor considere necesarias, será asumido exclusivamente por el contratista, quien no podrá justificar demora en la obra por esa causa.

3.1.6.4 Transporte del concreto. Los agregados o el concreto premezclado, se efectuará en camiones mezcladores, previniendo cualquier pérdida de humedad o cantidad de este material; así mismo, se procederá al lavado de los camiones con agua, a presión, eliminando los residuos que puedan afectar la resistencia del concreto, en caso que el concreto sea transportado en carretillas y cubetas, estas deberán estar limpias y húmedas. Cuando el concreto fresco se deposite en el lugar del colado a través de canales, tubos, carretillas y cubetas, se dispondrán estos de tal manera, que se prevenga cualquier segregación de los materiales. El ángulo de caída deberá ser lo suficientemente pronunciado para lograr el fácil movimiento de las revolturas, pero sin que se separen los agregados.

3.1.6.5 Colado del concreto. El concreto utilizado en el colado de las estructuras, su temperatura, no deberá ser mayor que 32°C durante su colocación. La superficie sobre la que se colocará el concreto fresco deberá estar uniforme, ligeramente humedecida y libre de sustancias ajenas al concreto, terminada dentro de los niveles y tolerancias indicadas en los planos. Antes de proceder al colado, y cuando los moldes de paredes estén siendo montados, éstos deberán ser humedecidos completamente con aditivos desmoldantes, por ejemplo, aceite quemado<sup>9</sup> u otro que favorezca esta operación y que garantice los buenos acabados sin adherirse a las paredes internas de los moldes. La colocación y compactación del concreto deberá realizarse dentro de los cuarenta y cinco minutos siguientes a su elaboración. No se permitirá colocar un concreto que tenga más de cuarenta y cinco minutos de haber sido mezclado con el agua, a no ser que se hayan aplicado a la mezcla del concreto, aditivos retardantes de fraguado, para lo cual, se seguirán las recomendaciones del suministrante, que al respecto, se presentan en la carta técnica del producto empleado. Además, si durante el periodo de los 45 minutos definidos para la colocación del concreto, las condiciones de éste, no son las requeridas en estas especificaciones, el

---

<sup>9</sup> Evaluar su uso siempre, pero en todo caso se usará con autorización del ingeniero residente y del ingeniero supervisor

supervisor podrá desechar ese concreto. El contratista no iniciará ningún trabajo de colado sin la aprobación y autorización del ingeniero supervisor, quien deberá verificar, que se han cumplido los requisitos para garantizar un adecuado colado y una correcta ejecución de los trabajos. Tampoco se autorizará el colado antes que la colocación de los encofrados haya sido aprobada por el supervisor. El contratista propondrá el equipo a utilizar y los sistemas de colado y el ingeniero supervisor dará su conformidad, o en su defecto, requerirá la modificación de ellos.

3.1.6.6 Vibrado del concreto: Toda la consolidación del concreto, en las paredes, se efectuará por medio manual con el uso de varillas y mazos de caucho o de vibradores externos, que permitan que el concreto tenga suficiente fluidez<sup>10</sup> al interior de los moldes. El concreto debe ser, una vez consolidado, homogéneo, resistente y de máxima densidad posible (2400 kg/m<sup>3</sup>), debiéndose evitar las formaciones de bolsas de aire, concentración de agregados gruesos y de grumos. No se autorizará ningún colado, sin que previamente se haya verificado el buen estado de funcionamiento de los vibradores externos y de inmersión. La duración estará limitada cuando la lechada de cemento comience a fluir a la

---

<sup>10</sup> Índice de fluidez de 0.3 g/seg., según norma de la ASTM D-1238

superficie, para producir la consolidación satisfactoria, sin causar segregación. Los vibradores no serán empleados para lograr el desplazamiento horizontal del concreto. Se mantendrá en la obra una cantidad de vibradores en buen estado de funcionamiento, especificados por la supervisión, durante todas las operaciones del concreto.

3.1.6.7 Encofrado. Los encofrados se ajustarán a la configuración, líneas, elevaciones y dimensiones que tendrán el elemento estructural de concreto a colar, según lo indiquen los planos constructivos aprobados finalmente. El material de los encofrados de las paredes será metálico, y se cumplirán atendiendo las indicaciones del fabricante. Tanto las uniones como las piezas que constituyen el encofrado, deberán poseer la resistencia y rigidez necesarias<sup>11</sup>, para soportar los esfuerzos estáticos y dinámicos por peso propio, vibrado del concreto y eventualmente sismos, que se generen antes, durante y después del colado, sin llegar a deformarse, debiendo evitar, además, la pérdida de alguna cantidad de concreto o su lechada a través de las juntas. El encofrado,

---

<sup>11</sup> Sin que por alguna causa pueda deformarse local o parcialmente o perder la geometría prevista en el elemento estructural a colar, así mismo se garantizara que las piezas se mantengan perfectamente unidas con los conectores que indica el fabricante y que no hayan desprendimientos ni separaciones que provoquen fuga de concreto.

construido de tal modo, que las superficies del concreto estén de acuerdo con los lineamientos indicados en los planos constructivos aprobados finalmente. La supervisión aprobará el uso y tipo de los encofrados a colocar. Las caras internas de los moldes metálicos que estarán en contacto con el concreto de las paredes a colar, deberán limpiarse bien retirando todo residuo por mínimo que este sea, a fin de eliminar todos los residuos de concreto de colados anteriores y otras sustancias extrañas. Así como revisar los moldes que no tengan daños en superficies por abolladuras. En la superficie internas de los moldes previo al contacto con el concreto, aplicar aditivos desmoldantes, adecuados, tal que impidan adherencia entre el molde y el concreto y permitiendo esto una fácil remoción del molde sin sacrificar la apariencia en el acabado del concreto o que en las estructuras se generen daños en superficies de acabados, aristas, uniones, etc. No se permitirá el uso de aceites quemados de los vehículos automotores en sustitución del aditivo desmoldante adecuado para concreto, en tanto no lo autorice la supervisión, bajo estricta comprobación por el contratista.

- 3.1.6.8 Desencofrado. El desencofrado se hará retirando las formaletas, cuidadosamente, para evitar daños en la superficie de las

estructuras de concreto, de acuerdo con las indicaciones del fabricante del molde y tomando en cuenta la secuencia recomendada para tal proceso. El contratista deberá mantener un cuidado especial en los moldes metálicos, durante el desencofrado, para evitar el daño de estos, tal que puedan afectar posteriormente las siguientes estructuras de concreto a colar. La remoción del encofrado se hará después que el concreto haya adquirido la consistencia necesaria para soportar su propio peso y las cargas vivas a que pudiera estar sujeto, con previa autorización del supervisor. El constructor será responsable por los daños causados por el retiro de los encofrados antes del tiempo preestablecido por especificación, y comprobado en el laboratorio con mezclas de prueba cumpliendo los criterios aprobados por el supervisor y el proyecto, así como por cualquier daño o perjuicio causado por cualquier encofrado defectuoso. En paredes, siempre que se utilice cemento con la especificación de la ASTM C 1157 Tipo HE, se podrá desencofrar cuando el concreto tenga un mínimo de 6 horas, después del colado, o cuando la consistencia del concreto lo permita, previa autorización del supervisor. Si se utiliza cemento ASTM C 1157 Tipo GU, se podrá desencofrar cuando el concreto tenga un mínimo de 12



horas, después del colado, o cuando la consistencia del concreto lo permita, previa autorización del supervisor.

3.1.6.9 Protección y curado. Para el curado de la superficie de concreto recién colado en paredes, habiendo retirado los moldes o desenconfrado, deberá emplearse un compuesto químico de curado, que deberá cumplir con los requisitos de calidad que se describen en la norma de la ASTM C309 o de la AASHTO M- 148. La membrana a emplear será de un componente cuya base sea agua y parafina de pigmentación blanca. En superficies horizontales, se podrá utilizar curado con una superficie de agua por lo menos durante siete días consecutivos. El curado deberá hacerse inmediatamente después del desencofrado, para el caso de las paredes, o cuando el concreto comience a perder su brillo superficial, como en el caso de las fundaciones. Esta operación se efectuará aplicando una membrana impermeable y consistente, de color claro, que impida la evaporación del agua que contiene la mezcla del concreto fresco. Su aplicación debe realizarse preferentemente con irrigadores mecánicos a presión. La membrana de curado, no deberá aplicarse durante periodos de lluvia. En todo caso, será el supervisor quien podrá ampliar o

disminuir el tiempo de curado, con base a lo establecido en la carta técnica del producto utilizado para curado.

#### 3.1.6.10 Resane o acabados de superficies de concreto desmoldado.

Todas las salientes, irregularidades, abombamientos, huecos, colmenas, grietas u otros defectos que exceden las tolerancias admitidas, no podrán ser reparadas hasta que sean examinadas y autorizadas por el ingeniero supervisor. Un personal especializado en presencia del supervisor, picará el concreto de la zona a reparar, hasta encontrar en la condición local final de la imperfección completamente sana. Las zonas picadas se limpiarán adecuadamente con chorro de agua y arena a satisfacción del ingeniero supervisor. El relleno de resane será concreto o mortero especificado, con las dosificaciones aprobadas por el ingeniero supervisor, el cual se curará para que se tenga el color final, que el concreto original. Para hacer juntas frías, se emplean aditivos, resinas u otros productos químicos para concreto antiguo, cuando el ingeniero supervisor así considere necesario su uso, para la correcta reparación. Las protuberancias visibles en la superficie del concreto podrán ser eliminadas por desgaste, mediante un procedimiento aprobado por el supervisor. Las grietas que el supervisor considere deban repararse, podrán

ser selladas, hasta por medio de inyecciones epóxicas, no se permitirán sellos superficiales. Debido a la colocación de separadores en los moldes metálicos y para mejorar la apariencia del concreto visto, será necesario realizar resanes en toda la cara de la pared vista, para lo cual, será conveniente preparar mezclas de arenilla y cemento, utilizando para ello aditivos adhesivos para mortero, tomando en consideración garantizar la apariencia de la superficie.

3.1.6.11 Aceptación del concreto. La resistencia del concreto será considerada satisfactoria cuando no más del 10% de las pruebas de resistencia individuales sean menores que la resistencia de  $140 \text{ kg/cm}^2$  y en todo caso no menor que  $f'c = 0.90 \times 140 = 126 \text{ kg/cm}^2$ .

3.1.6.12 Acero de refuerzo. El contratista, almacenará los materiales disponiendo estantes que no toquen el suelo y protegiéndolos en todo momento, de la intemperie, así como detallar, cortar, doblar, soldar y colocar, todo el acero de refuerzo, como se indique en los planos estructurales finalmente aprobados, como lo determine el supervisor, o como lo indicado en la norma de la ASTM A615. El acero de refuerzo deberá estar libre de costras, de herrumbres

sueltas o descascaradas, de aceite, grasa y otro recubrimiento que pueda destruir su adherencia con el concreto. El acero de refuerzo en varillas N° 3 será grado 40 y la malla electrosoldada será 6 x 6 7 / 7, donde 6x 6 indica el tamaño del cuadro, 7/7 el diámetro de varilla, el cual para este caso, es de 4.5 mm, según la norma de la ASTM 497 y A 185, todas las varillas cumplirán las normas de la ASTM A615 para acero corrugado. Las varillas N° 2 (1/8") serán lisas, con  $f_y = 2800 \text{ kg/cm}^2$  (grado 40), según la norma de la ASTM A 496. No se aceptarán varillas de grados y diámetros "comerciales". Antes de cualquier detallado o colocación, del acero de refuerzo, se comprobará previamente en el laboratorio, sus características mecánicas, conforme las normas de muestreo, preparación y método de prueba ASTM A 615. Las pruebas se harán en un laboratorio autorizado, o según lo indique la supervisión. Sólo se aceptará el acero a usar, al presentar el respectivo certificado de origen y calidad otorgado por el fabricante. De cada lote suministrado, se tomarán como mínimo tres muestras para pruebas o las cantidades que solicite el supervisor. En caso que se solicite la sustitución de cualquier diámetro de varillas, ésta podrá hacerse únicamente mediante la autorización específica de la supervisión y de manera que no se disminuya el área total de acero. El contratista no podrá, en

ningún caso, hacer cambios en las estructuras por iniciativa propia. Sí las pruebas en el acero de refuerzo no resultan satisfactorias será retirado de la obra. También, será necesario que el constructor presente las pruebas del fabricante, pero esto no servirá como aceptación del material. El contratista, sin costo adicional para el propietario, someterá a la aprobación de la supervisión los planos de taller de todas las estructuras, y se enviarán al supervisor para su aprobación, con 5 días de anticipación, al inicio de la armadura. Las barras se colocarán según se indique en los planos constructivos finales aprobados. El recubrimiento del refuerzo, se mantendrá de acuerdo con lo que se especifica en los planos o como lo apruebe la supervisión. Todo refuerzo será inspeccionado por el supervisor, después de colocado los encofrados y se obtendrá la aprobación de éste antes de efectuar los colados. Para la armadura de las diferentes piezas, se seguirán los detalles especificados en los planos estructurales. Todos los dobleces y ganchos se harán en frío. Los ganchos se harán, según lo indicado en el código del ACI-318-95. Todas las barras se colocarán y sujetarán firmemente, respetando las posiciones correctas, detalladas, mostradas en los planos constructivos finales aprobados, evitando roturas de amarre durante la colocación y nivelación del concreto.

3.1.6.13 Aceptación de la estructura. Los miembros estructurales colados con dimensiones menores que las permisibles, serán considerados potencialmente deficientes, en cuyo caso, serán sujetos de evaluación estructural para determinar su aceptación o rechazo. Los miembros colados con dimensiones mayores que las permisibles, podrán ser rechazados por la supervisión, y el material en exceso, será removido de tal forma, que no afecte su resistencia y apariencia. Los colados fuera de plomos o niveles permisibles, podrán ser rechazados por la supervisión y colados de nuevo en la forma que esta lo indique.

La resistencia de la estructura será considerada deficiente en los casos como los siguientes:

- El concreto o el acero de refuerzo, no satisfaga los requisitos establecidos en estas especificaciones.
- El curado se efectúe indebidamente o durante un tiempo menor que el especificado.
- La estructura contenga daños durante el periodo de curado, debido a sobrecargas, golpes o vibraciones.
- El encofrado sea retirado prematuramente.
- Si las pruebas de resistencia no cumplen las especificaciones.

La supervisión podrá rechazar cualquier porción de la estructura que considere potencialmente deficiente. En este caso, el constructor reforzará o reemplazará la estructura rechazada, de acuerdo con las indicaciones de la supervisión. Cualquier estructura rechazada se volverá a construir sin costo adicional para el propietario ni incluirá tiempo adicional por retraso ocasionado.

3.1.6.14. Juntas de control. Se realizarán juntas de control de agrietamiento, en los lugares que indiquen los detalles en los planos, las cuales podrán ser realizadas 24 horas después de colado el elemento, hechas por aserrado con disco para concreto de espesor 1/4" y se profundizará 0.025 m en la pared de concreto. Las juntas que se moldeen simultáneamente con la pared, sus moldes, dispondrán dispositivos para este fin, siempre que se cumpla con los requisitos de espesor y profundidad. Estos se sellan con material elastomérico tipo sikaflex 1A ó cualquier producto similar que haya en el mercado, resistente a la humedad y a condiciones de intemperie. El sello se aplica 28 días después de haber sido colado el elemento de concreto.

3.1.7 Techo de las viviendas. Es la tercera etapa de colocación durante la construcción de la vivienda para dar su altura final y resguardo de las paredes y fundaciones, constituido por la estructura del techo y su cubierta con materiales impermeables.

a) Cuando la estructura es metálica, comúnmente está hecha con polín c. Esta partida incluye la provisión de todos los materiales, transporte, mano de obra, equipo, herramientas y cualquier otro trabajo necesario para la completa ejecución de cada una de las obras con este material. La estructura del techo la constituyen generalmente vigas y polines metálicos y tensores. Los elementos deberán estar libres de defectos que afecten su resistencia, durabilidad y apariencia; serán de la mejor calidad comercial para los propósitos especificados. Las propiedades estructurales especificadas serán suficientes para soportar las deformaciones y esfuerzos a que los metales serán sometidos. Todos los metales y productos metálicos serán protegidos contra todo daño en los talleres, en tránsito y durante la colocación, hasta la entrega final de las obras. El acero laminado será el siguiente:

1. Placas y láminas, cumplirán la especificación de la ASTM A-36, laminado en frío.



2. Pernos y tuercas, cumplen con la norma de la ASTM A 325 N, los pernos serán de varilla lisa grado 40, para colocar en agujeros estándar.

La soldadura será de acuerdo con las normas de la AWS con electrodo EGO 13 y la pintura a utilizar en los polines y placas al aire, será anticorrosiva cubriendo completamente todas las superficies metálicas, incluyendo las soldaduras; se tendrá cuidado de limpiar completamente la superficie metálica antes de aplicarla. En ningún caso, se aplicará pintura sobre superficie con óxido, polvo, grasa o cualquier otro material extraño. Al haber colocado una estructura que no se embeberá en concreto, se aplica una segunda mano de pintura anticorrosiva, de diferente color al de la base aplicada, para efectos de control de aplicación en los espesores de protección de la superficie a cubrir. Las obras metálicas se fabricarán de acuerdo con las medidas y los contornos que indiquen los planos finales aprobados. Los cortes y perforaciones dejarán líneas y superficies rectas y limpias, las uniones permanentes serán soldadas, empernadas o remachadas, según indicación de los planos y de la supervisión. Los miembros terminados, tendrán una alineación correcta y deberán quedar libres de distorsiones, torceduras dobles, juntas

abiertas y otras irregularidades o defectos; los bordes, ángulos y esquinas serán con líneas y aristas bien definidas. Las piezas a soldar se colocarán tan próximas una a otra como sea posible y nunca deberán quedar separadas a la distancia mayor que 4 mm, el espaciamiento y separación de los cordones de soldadura, será tal, que evite distorsión en los miembros y minimice las tensiones de temperatura. La soldadura deberá quedar libre de escoria y se esmerilará cuidadosamente antes de pintar. El pago de estas obras incluye la compensación por la mano de obra, materiales, placas de anclaje, pernos, anclas, tuercas, equipo, herramientas y servicios necesarios para que la obra quede colocada, terminada y operando, incluyendo los trabajos de pintura anticorrosiva y decorativa especificada, y todos los elementos de sujeción. En particular, las obras se pagarán por metro lineal.

- b) Techos de lámina ondulada a base de cemento, canal n° 10, estándar, curada o no con antirreflejante. En esta partida, se incluye la provisión de todos los materiales, transporte, mano de obra, equipo, herramientas y cualquier otro trabajo necesario para la completa ejecución de la instalación de lámina a base de cemento. Para los techos, se utilizará lámina a base de cemento, ondulada. Las láminas se sujetarán a los polines por medio de

pernos metálicos con caperuza. La cubierta se apoyará sobre una estructura formada a base de polines que se construirán conforme a los planos y las especificaciones técnicas. La cubierta del techo, una vez instalada deberá presentar uniformidad en los traslapes y bordes, debiendo ser líneas a nivel. Las pendientes del techo deberán ser las indicadas por los planos, y los traslapes transversales no serán menores que 2 ondas, ni que 15 cm, en el sentido longitudinal. Las láminas deberán quedar apoyadas en todas las ondas en los polines, los cuales se colocarán de acuerdo con los planos. Cuando la lámina no se apoye en uno de los polines, no deberá obligarse al apoyo, sino que, se soldará a ese polín un apoyo adicional para que apoye la lámina. Los capotes se sujetarán con piezas de metal (tramos) similares a los que sujetan las láminas. Los capotes serán del mismo material que el de la lámina y deberán traslaparse no menos de 30 cm, en el sentido de las aguas. Para la instalación del techo, seguir las recomendaciones del fabricante, teniendo el cuidado de no sobrecargar los polines durante el montaje al apilar material sobre ellos. La supervisión aprobará la instalación e indicará el momento en que se ejecutará el trabajo. No se recibirán techos que no presenten uniformidad. El pago de estas obras se hará por metro cuadrado de techo instalado, el precio unitario incluye los

elementos de sujeción de las láminas a la estructura y todos los materiales, mano de obra, equipo, herramientas y servicios necesarios para dejar un trabajo completamente terminado de acuerdo con los planos finales aprobados y, así mismo, las especificaciones establecidas.

### 3.2 Conclusiones.

- Un buen criterio de aplicación de costos y un buen control de los procedimientos constructivos empleados, evitarían incurrir en errores que incrementen los costos en una vivienda o proyecto, así mismo viabiliza la aplicación rápida de medidas correctivas, ajustes, actualizaciones, nuevas partidas, etc.
- Los costos reales con los estimados inicialmente, o proyectados, pueden variar con respecto al tiempo, lo cual hace difícil su control, pero determinan la competitividad y eficiencia de las empresas constructoras. Así, el control de costos, refleja la organización de la empresa y las responsabilidades de los diferentes niveles administrativos, facilitando inmediata interpretación y utilización para apreciar las diferencias o discrepancias, de costos reales, y su significación sería muy útil para las buenas estimaciones y manejos de inversión y demás finanzas, así como al cierre del periodo del proyecto, y su uso posterior.

### 3.3 Recomendaciones.

- Llevar un estricto análisis y control de costos durante el desarrollo de la obra para no poner en riesgo financiero a la empresa constructora, considerando, procedimientos constructivos, que pueden convertirse en repetitivos y similares pero estos nunca llegan a ser iguales debido a que responden a las exigencias particulares de cada proyecto, así mismo, algunas actividades y métodos aplicados en los procesos productivos y consecuentemente, los materiales o los costos de mano de obra por lo cual surgen una serie de imprevistos no incluidos.
- Emplear un sistema de análisis y control de costos adecuado, periódico, y acumulativo en cada operación realizada en la obra, ya que esto simplifica el trabajo final y refleja, que lo que se ejecuta es lo que realmente se quiere obtener, cumpliéndose todo lo planificado por los constructores.

**CAPITULO IV**

**APLICACION COMPARATIVA DE**

**COSTOS A TRES SISTEMAS DE**

**PAREDES ESTRUCTURALES PARA**

**UNA VIVIENDA TIPO DE UNA**

**PLANTA**

## Introducción.

El cálculo del costo directo de un proyecto vivandista de interés social, es una operación clara y precisa, que permite determinar mediante un proceso ordenado, los costos unitarios, para cada una de las subpartidas y partidas, y al final obtener el costo directo total del proyecto, este, apoyado en una investigación de campo, en la que se cotizan los precios de todos los insumos a utilizar en la obra, esto se hace, en diferentes centros de ventas de materiales constructivos, buscando la oferta a través de una cotización, que mejor se adecue a las necesidades y economía del proyecto. Al definir los precios de materiales, mano de obra, equipo, rentabilidad, etc., por subpartida, que serán colocados en las tablas de cálculo diseñadas para este análisis, y con lo cual se determinarán sus costos unitarios, se hace el análisis de costos por partidas y subpartidas, y el cálculo de los costos directos. Toda esta información obtenida en las hojas de cálculo de costo unitario, estará reflejada en la hoja resumen del cálculo de costos directos para una vivienda de interés social, resumiendo todos los valores de costos unitarios de cada subpartida, se hace la sumatoria de estos, para obtener el costo unitario por partida, para finalizar obteniendo el valor total del costo directo de todo el proyecto, con la suma de los montos anteriormente obtenidos, permite analizar los tres sistemas estructurales de paredes en estudio.

Capítulo IV. Aplicación de costos a los sistemas de paredes en una vivienda tipo de una planta.

Para poder desarrollar el análisis de costos directos de un proyecto de viviendas de interés social, se considera el presupuesto de la obra, para una vivienda y 50 viviendas en total. Las hojas resumen del cálculo del presupuesto de las viviendas del proyecto, se han elaborado de una manera práctica y sencilla, que permita la fácil comprensión de la tarea y sin confusiones durante el proceso. Las partidas y subpartidas, que se han considerado, basándose en la naturaleza del proyecto, son las mismas para cada uno de los sistemas estructurales de paredes estudiados en esta investigación, para las actividades siguientes:

1. Obras Preliminares.

- Instalaciones Provisionales.

- Trazo y nivelación.

2. Terracería.

- Excavación de fundaciones.

- Relleno compactado con suelo cemento.

- Desalojo de material sobrante.

3. Concreto armado.

- Soleras de fundación.

- Pilares metálicos con zapatas y pedestal de concreto hidráulico.

4. Paredes.



4.1 Pared de concreto  $f'c = 140 \text{ kg/cm}^2$  moldeado y vaciado in situ, bloque de concreto estándar, y panel remallado estructural Covintec.

5. Techos.

Estructura metálica.

Cubierta.

6. Pisos.

Piso de concreto  $f'c = 140 \text{ kg/cm}^2$ , con superficie acabada.

7. Puertas y ventanas.

Puertas.

Ventanas.

8. Instalaciones eléctricas.

Instalaciones eléctricas.

9. Limpieza.

La diferencia del costo entre los tres sistemas estructurales de paredes, se basará justamente en esta partida, paredes, la cual resulta diferente ya que los procesos constructivos, los materiales utilizados, así como la mano de obra, no son iguales, pero las demás partidas y procesos son iguales en su ejecución.

- Para el cálculo de los costos unitarios en cada uno de los sistemas estructurales de paredes, se ha considerado una forma muy ordenada de

organizar las partidas y subpartidas de manera que en las hojas de cálculo del programa Excel, usado como ayuda computacional, no genere resultados erróneos. Se considera desde el equipo utilizado para cada tarea y su descripción, los materiales a emplear, transporte, y mano de obra, ya sea por día, o por obra. Todos estos datos se introducen a la hoja de costos unitarios que da como resultado, un total de costos directos por partida, luego en la hoja resumen de costos directos de cada sistema estructural de paredes, se introducirá este valor, por cada partida y subpartida, haciendo la sumatoria de estos valores y calculando el total de costos directos de la obra para cada sistema constructivo. Lo descrito, está contenido en la memoria de cálculo de costos directos en las respectivas hojas consiguientes para las respectivas partidas y subpartidas del presupuesto para cada sistema de paredes, bloque reforzado, concreto vaciado in situ, panel remallado estructural Covintec, donde los datos que se han presentado en este análisis de costos directos, han sido obtenidos mediante investigación de campo, al igual que por medio del laudo arbitral, y se asumieron fijos desde el momento de su obtención, teniendo en cuenta que estos pudieron haber sufrido algún tipo de cambio a la finalización de esta investigación. El conteo obtenido llevará a una comparación de costos entre los tres sistemas de paredes analizados, para elegir la mejor alternativa para construcción de viviendas de interés social, que sea beneficiosa tanto para los

constructores en cuanto a construir viviendas con materiales más económicos, y menores costos de producción, así como para los usuarios de estas, que puedan disfrutar de una infraestructura segura y a menores precios de mercado. Ver memoria de cálculo a continuación en las tablas de costeo.

4.1 Hoja resumen del cálculo del total del costo directo, para una vivienda de interés social en el sistema de paredes de concreto moldeado y vaciado in situ.

4.2 Cálculo de costos unitarios por rubros, para una vivienda de interés social en el sistema de paredes de concreto moldeado y vaciado in situ.

































4.3 Hoja resumen del cálculo del total del costo directo, para una vivienda de interés social en el sistema de paredes de bloque de concreto estándar.

4.4 Cálculo de costos unitarios por rubros, para una vivienda de interés social en el sistema de paredes de bloque de concreto estándar.



































4.5 Hoja resumen del cálculo del total del costo directo, para una vivienda de interés social en el sistema de paredes de panel remallado estructural Covintec.

4.6 Cálculo de costos unitarios por rubros, para una vivienda de interés social en el sistema de paredes de panel remallado estructural Covintec.

































#### 4.7 Listado de precios de insumos, materiales, rendimientos y mano de obra.

Para el análisis de costos, partir con información básica y fundamental, indagando, el listado de precios de materiales en el ambiente comercial de mercado, para aplicarlos en el proyecto. Con este listado, ver tabla No.10. Listado de precios de materiales a usar en construcción de viviendas de interés social, lo que se ha hecho es, agruparlo por familias, por ejemplo, aceros, pétreos, maderas, PVC, y eléctricos, especificando su precio unitario. Esta información es obtenida, de la cotización directa con diversas empresas que se encargan de la venta y distribución de materiales de construcción, una vez teniendo las diferentes opciones (por lo menos tres actuales), se debe escoger la que pueda satisfacer las necesidades, exigencias y economía del proyecto en general.

El costo de la mano de obra, los datos obtenidos de su cálculo son indispensables para la obtención del costo directo total del proyecto, para ello, se mide el rendimiento de cada actividad dentro de la construcción de la vivienda, realizada por el personal encargado, en unidad/hora. La medición o determinación de este dato es muy complejo, por que debe realizarse directamente en campo y está sujeto a múltiples variantes, como por ejemplo, la capacidad de cada operador en realizar una actividad, los tiempos muertos, inclemencia del tiempo, y otros factores, todo esto se hace para obtener datos que al final reflejen el costo más real posible de la

vivienda a ofertar. Toda empresa constructora tiene sus propios rendimientos, ya que esto es un dato muy particular, y cada una de ellas implementa técnicas o procedimientos que pueden ser muy propios y diferentes entre si, y sus operadores trabajan de acuerdo con parámetros cambiantes. La mano de obra puede pagarse ya sea al día, independientemente cuáles hayan sido las actividades realizadas por el operador, así como por obra, donde se paga determinada obra de la construcción, ya finalizada, como se puede observar a continuación en la tabla No.11. Valor de la mano de obra al personal por actividad.

Tabla No.10. Listado de precios de materiales a usar en construcción de viviendas de interés social













Tabla No.11. Valor de la mano de obra al personal por actividad.

#### 4.8 Cálculo de herramienta menor.

El cálculo de la herramienta menor, también es un dato relevante en el costeo de un proyecto, para ello, se debe considerar la magnitud del proyecto, que en este caso, será de 50 viviendas, con un área de construcción de 36 m<sup>2</sup>, se debe enlistar todo aquello que se entienda por herramienta menor, definir la cantidad a utilizar de cada una de ellas para el proyecto, cotizar los precios unitarios, así como se hizo en el listado de los materiales, y obtener al final el monto total de herramienta menor que se invertirá en la obra. En la tabla No.12. Cálculo de herramienta menor para construcción de viviendas de interés social, se indica el cálculo de estos medios de trabajo, para construir las viviendas de interés social.

Tabla No.12. Cálculo de herramienta menor para construcción de viviendas de interés social

#### 4.9 Conclusiones.

- Los precios de los insumos y materiales de construcción, equipo a utilizar y la mano de obra, varían periódicamente en el tiempo, generalmente, aumentan.
- El procedimiento constructivo a seguir en cada sistema estructural de pared, el equipo, materiales y mano de obra, sin omitir datos, precios y costos, permiten obtener un buen presupuesto

#### 4.10 Recomendaciones.

- Siempre, actualizar los precios de materiales y equipos, mano de obra y de todos los insumos de las partidas presupuestarias que en toda empresa constructora es útil, para los proyectos de interés social y para cualquier obra a realizar, esto, con el objetivo de obtener valores de costos más reales, ya estos cambian periódicamente y hace que aumenten los costos al final del proyecto, respecto a lo presupuestado o contratado al inicio y el costo final.



- Gestionar la validez de precios con los vendedores y distribuidores de materiales de construcción, en la duración de la ejecución del proyecto, para periodos convenidos legalmente, esto controla el costo de la obra, respecto a pérdidas y aumentos en el valor final de las unidades del proyecto de las viviendas.

# **CAPITULO V**

## **ANALISIS DE RESULTADOS**

## Introducción.

Los costos directos obtenidos de solera y paredes, para una y 50 viviendas, en cada uno de los tres sistemas de paredes, concreto moldeado y vaciado in situ, bloque de concreto reforzado y panel remallado estructural covintec, se mostrarán en tablas, para luego compararlas; así mismo, cada uno de los costos, para cada sistema de paredes, se colocarán en gráficas de barras, para una mejor percepción del costo directo en cada sistema, para proyectar qué sucederá con el costo de la vivienda en los próximos cuatro años (2008-2012), se hace una proyección a través de un gráfico calculado por medio regresión lineal, con el método de los mínimos cuadrados. También el tiempo de ejecución para el proyecto de 50 viviendas, es importante, en la comparación, respondiendo, a cuál es el sistema más viable y económico, para recomendar a las instituciones encargadas de construir y financiar viviendas de interés social y a la empresa privada, para su implementación. A través de un esquema se muestra una propuesta respecto a cómo hacer el costeo de una o varias viviendas.

## Capítulo V. Análisis de resultados.

El análisis de costo directo de una o más viviendas de interés social, hechas con bloque de concreto reforzado, paredes de concreto moldeado y vaciado in situ y panel remallado estructural covintec, se basa en costos unitarios para cada elemento estructural que conforma las paredes de la vivienda típica de 36 m<sup>2</sup> de área construida, respectivamente, calculando los costos directos para una vivienda y un proyecto de 50 viviendas con cada sistema constructivo citado, para notar mejor las ventajas y desventajas, haciendo comparaciones entre estos costos directos y cada sistema de pared respectivamente. Cuando las viviendas de interés social se produzcan industrialmente, una vivienda, cincuenta o más, su costo directo, es la mano de obra, equipo, herramientas, y todos los procesos y materiales involucrados necesarios para su producción, en lo que dure el proyecto, incluyendo resanes, retoques y correcciones o ajustes para entrega y recibo final de obra. Por medio de gráficos se comparan los costos directos para cada sistema constructivo, haciendo tres grandes partes, solera de fundación de la vivienda unifamiliar, paredes y acabados, donde fundaciones y paredes, objeto del análisis, son las que presentan diferencias en su costo directo, debido a los diferentes procesos constructivos y materiales que se utilizan para su ejecución. El costo directo de acabados, estructura y cubierta de techo, instalación de puertas y ventanas, electricidad y pisos, se mantendrá constante. Las fundaciones, en general, su elaboración incluye, trazo, excavación, compactación con suelo cemento, colocación de

hierro de refuerzo, llenado del concreto. Válido para los tres sistemas constructivos de paredes.

## 5.1 El proceso de fabricación de las fundaciones y paredes de las viviendas de interés social

### 5.1.1 Fundaciones de una vivienda típica de paredes de interés social.36 m<sup>2</sup>

5.1.1.1 Fundación para sistema de paredes de bloque de concreto reforzado, sólo requiere una excavación de 0.30 m de ancho por una profundidad de desplante de 0.70 m, para colar una solera de 0.30 m de ancho por 0.20 m de alto, sobre la que se colocará una hilada de bloque solera de 0.15 m de espesor con refuerzo horizontal de una varilla longitudinal de ½", y grapa de varilla de 3/8", la cual, estará anclada a la solera de concreto reforzado, cuyo refuerzo es de tres varillas longitudinales de 3/8" y grapa de ¼ " a cada 0.15 m. ver anexo No.41 de planos, al final del documento.

5.1.1.2 Fundación en paredes de concreto moldeado y vaciado in situ y panel remallado estructural covintec, respectivamente, ver anexo 40 y 42 de planos al final del documento. Requiere sólo una solera de fundación con una excavación de 0.30 m de ancho y 0.30 m de desplante, siendo el área de concreto

para la solera de 0.30 m de ancho por 0.20 m de alto, quedando sobre un relleno de 0.10 m de espesor, compactado al 90% de la densidad establecida en la norma de la ASTM D 1557, el hierro de refuerzo a utilizar es una pieza prefabricada electro soldada formada por tres varillas longitudinales G70 de 6.2 con un alacrán G70, de 4.5 mm de diámetro distribuido a cada 0.15 m. Anclaje vertical, este elemento estructural también se deja colocado de una vez, es un bastón en forma de L, de 0.50 m de altura y 0.15 m de pata o longitud de desarrollo, colocado a cada 0.20 m, para sujetar la electro malla de refuerzo de pared, que se colocarán verticalmente después que se haya colado la solera. Y juntar la solera y pared que conforma la vivienda de cada sistema constructivo.

#### 5.1.2 Paredes perimetrales e interiores para una vivienda típica de interés social. 36 m<sup>2</sup>

5.1.2.1 Paredes de bloque de concreto, ver anexo de planos al final del texto, las paredes se construyen con bloque de concreto estándar, dimensiones (0.10 x 0.20 x 0.40) m, refuerzos horizontales y verticales con varilla de 3/8" G40, estas incluyen soleras intermedias a la altura de 1.40 m de alto,

después de la solera de fundación, ver figura No.5 Detalle de solera de fundación y pared, para el sistema de bloque de concreto y más detalles en anexo de planos No.41.

5.1.2.2 Paredes de concreto reforzado con electromalla 6x6 7/7 G70 al centro del espesor moldeadas y vaciadas in situ, su sistema constructivo requiere el uso de moldes metálicos y accesorios para la modulación de todas las paredes. Habiendo terminado de modular, se procede al vaciado del concreto de resistencia requerida según diseño. Ver figura No.4 Detalle de solera de fundación y pared, para el sistema de paredes de concreto y panel remallado estructural y más detalles en anexo de planos No.40.

5.1.2.3 Paredes de panel remallado estructural covintec, está conformado con piezas de electropanel en forma de placas hechas con el mayor grosor, de poliestireno expandido, espesor 5.5 cm, con electromalla de acero anodizado de alta resistencia de 2.7 mm de diámetro, la cual está recubriendo ambas caras de la placa de poliestireno. Este electropanel se recubre con dos capas de mortero de 25 mm de espesor en cada cara, la segunda capa se coloca 24 horas después, con

lo cual queda el recubrimiento de 5 cm de espesor en cada cara del electropanel remallado. Ver figura No.4 Detalle de solera de fundación y pared, para el sistema de paredes de concreto y panel remallado estructural y más detalles en anexo de planos No.42.

5.2 Costos directos en soleras y paredes a través de costos unitarios para una vivienda típica de 36 m<sup>2</sup> de área construida y para un proyecto de 50 viviendas. Con tres sistemas constructivos, bloque de concreto reforzado, paredes de concreto moldeado y vaciado in situ y panel remallado estructural covintec. Ver costeos en memoria de cálculo, final capítulo IV.

El análisis de costos directos de los tres sistemas constructivos para la hechura de paredes de las viviendas típicas unifamiliares de interés social, 36 m<sup>2</sup>, se hace a través de tablas de comparación y gráficos, para costos de viviendas y precios de materiales con los que estas se fabrican, las cuales resultan del costeo a las cantidades de obra de cada elemento que constituye la vivienda, según lo indican o especificado en los planos arquitectónicos con sus detalles y cantidades en la hoja de cálculo que conforma la memoria de cálculo al final del capítulo IV, con la finalidad de tomar decisiones respecto a lo planteado en los objetivos y dar respuesta a los aspectos que plantean la problemática abordada a través de la



investigación del caso de las viviendas, principalmente para los que aún no accedieron a ella y los que la demandarán en los próximos años. Así, las tablas (13 a 17), comparan costos unitarios y costos totales, valores absolutos y relativos de partidas de soleras y paredes, para una vivienda de interés social y para 50 viviendas por cada sistema constructivo de las paredes. Los gráficos de tendencia de costos dan la pauta también comparativa e indican valores más próximos a los años siguientes (2008 a 2012) a través de proyecciones aunque con incertidumbre, debido a las variaciones reales que sensibilizaran los valores calculados, casi siempre con alzas en precios (ver gráficas No.14 a No.22), de cualquiera de los insumos, medios para la construcción de las viviendas, afectando de la misma forma a las viviendas y al conjunto, en cualquier proyecto, casi siempre con tendencias en alzas al valor del momento, con revalúo financieros para un nuevo precio de venta de la vivienda que se quiera adquirir. Particularmente, también, el tiempo es parte de los recursos que aumentan para el costo directo y para la fabricación de las viviendas, por eso, para cada sistema se analiza en las actividades cómo estas lo consumen por su validez periódica, y sus requerimientos, similar a los recursos materiales y financieros, en paredes y para una vivienda, por cada sistema, comparativamente. Sus resultados, se describen, analizan e interpretan como sigue.

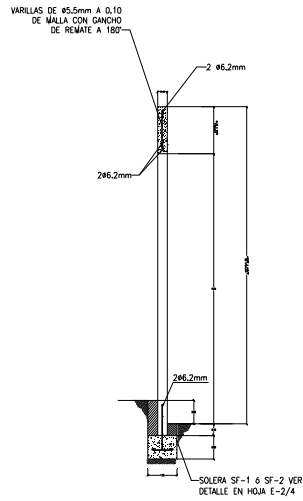


Figura No.4. Detalle de solera de fundación y pared, para el sistema de paredes de concreto y panel remallado estructural

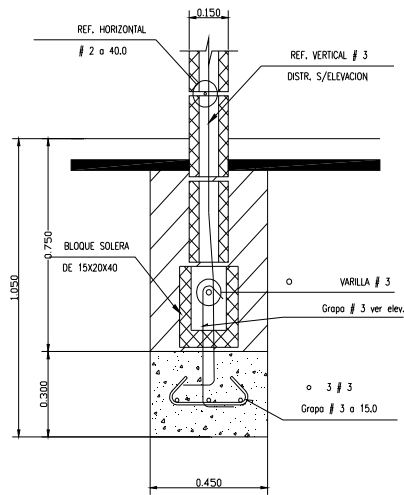


Figura No.5 Detalle de solera de fundación y pared, para el sistema de bloque de concreto





5.2.1 Descripción de las tablas de comparación de costos unitarios para una y 50 viviendas de interés social.

5.2.1.1 Solera de fundación. Tabla No.13.

- a) Para una vivienda de pared de bloque de concreto, su solera de fundación de  $(19.60 \times 0.45 \times 0.70) \text{ m}^3$  reforzada con hierro grado 40, cuesta \$476.11 dólares, basado en su costo por metro lineal \$24.32 dólares, de acuerdo con el diseño estructural de fundaciones. Ver figura No.5. Detalle de solera de fundación y pared, para el sistema de bloque de concreto.
- b) Para una vivienda de pared de concreto, su solera de fundación de  $(19.60 \times 0.30 \times 0.20) \text{ m}^3$ , reforzada con hierro grado 70, cuesta \$322.67 dólares, basado en su costo por metro lineal \$16.46 dólares, de acuerdo con el diseño estructural de fundaciones. Ver figura No.4. Detalle de solera de fundación y pared, para el sistema de paredes de concreto y panel remallado estructural.
- c) Para una vivienda de pared de panel remallado estructural, su solera de fundación de  $(19.60 \times 0.30 \times 0.20) \text{ m}^3$  reforzada con hierro grado 70, cuesta \$328.97 dólares, basado en su costo por metro lineal \$16.78 dólares, de acuerdo con el diseño estructural de fundaciones. Ver figura No.4. Detalle de solera de fundación

y pared, para el sistema de paredes de concreto y panel remallado estructural

#### 5.2.1.2 Paredes. Tabla No.13

- a) Para la vivienda de pared de bloque de concreto, sus 48.57 m<sup>2</sup> de paredes por 0.10 m de espesor, cuestan \$1131.97 dólares, basado en su costo por metro cuadrado \$23.31 dólares, de acuerdo con el diseño estructural de paredes, ver anexo de planos No. 41.
- b) Para la vivienda de pared de concreto moldeado y vaciado in situ, sus 48.57 m<sup>2</sup> de paredes por 0.10 m de espesor, cuestan \$1215.53 dólares, basado en su costo por metro cuadrado \$25.03 dólares, de acuerdo con el diseño estructural de paredes. Ver anexo No. 40.
- c) Para la vivienda de pared de panel remallado estructural, sus 48.57m<sup>2</sup> de paredes por 0.10 m de espesor, cuestan \$1215.53 dólares, basado en su costo por metro cuadrado \$27.30 dólares, de acuerdo con el diseño estructural de paredes, ver anexo 42.

#### 5.2.1.3 Comparación de costos por sus diferencias absolutas respecto al sistema de bloque de concreto estándar reforzado.

- 1) Diferencias absolutas. Soleras y paredes. Tabla No.14.

Tomando como parámetro el costo de la solera de paredes de bloque de concreto, la diferencia absoluta para la solera de paredes de concreto es \$154.04, siendo de \$147.74 la diferencia absoluta para las paredes de panel remallado, debido a que se ha tomado como parámetro de base de comparación, el costo de la solera de bloque de concreto, el resultado es \$0.00.

En el caso de las paredes, para obtener las diferencias absolutas, tomando como referencia las paredes de bloque de concreto, se obtiene \$83.57 para las paredes de concreto moldeado y vaciado in situ y \$194.18 para las de panel remallado estructural.

2) Módulo unitario respecto al bloque de concreto. Tabla No.14.

el valor del módulo respecto al bloque mismo, siempre será 1, para la solera y paredes de este sistema, 3.09 y 13.55 negativo respectivamente, en el sistema de paredes de concreto moldeado y vaciado in situ, en el sistema de panel remallado estructural, el módulo de unitario para solera y paredes es 3.23 y 5.83, respectivamente.

3) Valores relativos. Tabla No.14.

Tomando como referencia el sistema de paredes de bloque de concreto, se obtiene para el sistema de paredes de concreto moldeado y vaciado in situ los siguientes valores relativos, para solera y paredes respectivamente, 67.69% y 107.38%.

Similarmente para el sistema de panel remallado estructural, 69.01% y 117.15%.

#### 5.2.1.4 Costos totales para una vivienda de interés social. 36 m<sup>2</sup>. Tabla No.15

- a) Para el sistema de bloque de concreto, el costo total de solera y paredes es \$1,608.68 dólares, donde sólo la solera cuesta \$476.71 dólares, representando el 29.63% del costo total, el complemento 70.37% corresponde al costo de las paredes, \$1,131.97 dólares.
- b) Para el sistema de paredes de concreto moldeado y vaciado in situ, el costo total de solera y paredes es \$1,538.21 dólares, sólo la solera cuesta \$322.67 dólares, 20.98% del costo total, el complemento equivale a 79.02% correspondiente al costo de las paredes, el cual es \$1,215.53 dólares.
- c) Para el sistema de panel remallado estructural, el costo total de solera y paredes es \$1,655.13 dólares, sólo la solera cuesta \$328.97 dólares, representando el 19.88% del costo total, el complemento 80.12% corresponde al costo de las paredes, \$1,326.15 dólares.

Al promediar el costo y porcentajes de los tres sistemas de paredes, se obtiene que, el costo total promedio de solera y



paredes es \$1,600.67 dólares, donde la solera promedia un costo de \$376.12 dólares, equivalentes a 23.50%, complementando las paredes con un 76.50%, correspondientes a \$1,224.55 dólares.

5.2.1.5 Costos directos totales para un proyecto de 50 viviendas de interés social. Tabla No.16.

- a) En el sistema de paredes de panel remallado estructural, el costo directo total de una vivienda terminada es \$3,151.16 dólares, para un lote de 50 viviendas, el costo total del proyecto sería de \$157,558.04 dólares.
- b) En el sistema de paredes de concreto moldeado y vaciado in situ, el costo directo total de una vivienda terminada es \$2,979.59 dólares, para un lote de 50 viviendas, el costo total del proyecto sería de \$148,979.61 dólares.
- c) En el sistema de paredes de bloque de concreto, el costo directo total de una vivienda terminada es \$3,212.93 dólares, para un lote de 50 viviendas, el costo total del proyecto sería de \$160,646.63 dólares.

5.2.1.6 Costos unitarios directos comparados de materiales, equipo y mano de obra con soleras y paredes. Tabla No.17.

El costo total de las paredes, para los tres sistemas constructivos de paredes, utilizando, equipo, materiales y mano de obra. Para su fabricación es el siguiente:

- 1) Para el sistema de paredes de bloque de concreto, el costo total de 53.87 m<sup>2</sup> de pared es \$1,255.49 dólares (100%), siendo el costo del equipo \$133.65 (10.64%), para los materiales \$658.46 (52.45%), correspondiendo a la mano de obra \$463.38 (36.91%).
- 2) Para el sistema de paredes de concreto moldeado y vaciado in situ, el costo total de 48.57 m<sup>2</sup> de pared es \$1,215.53 dólares (100%), siendo el costo del equipo \$214.63 (17.66%), para los materiales \$707.05 (58.17), correspondiendo a la mano de obra \$293.85 (24.17%).
- 3) Para el sistema de paredes de panel remallado estructural, el costo total de 48.57 m<sup>2</sup> de pared es \$1,326.15 dólares (100%), siendo el costo del equipo \$240.04 (18.10%), para los materiales \$765.76 (57.74), correspondiendo a la mano de obra \$320.35 (24.16%).















#### 5.2.2.1 Análisis de gráfica No.3 y No.4.

En el gráfica No.3 y No.4, los costos unitarios de la solera de fundación de una vivienda de interés social y el producto de estos por la cantidad de metros lineales de solera que posee la vivienda equivale a los subtotales en cada uno de los tres sistemas de vivienda respectivamente. El sistema de concreto moldeado y vaciado insitu cuesta 2% menos que el covintec y 47% menos que el bloque de concreto estándar, el costo de solera para el sistema covintec es 45% menos que para el sistema de bloque de concreto, pero 2% mayor que para el sistema de concreto moldeado y vaciado in situ, por lo que el costo con bloque es superior en un 45% al covintec y 47% al concreto. La gráfica  $y=3.9296x + 11.331$ , obtenida de una regresión lineal por el método de mínimos cuadrados, da la tendencia creciente de los costos de soleras de fundación en función del tiempo, para años posteriores. Y los respectivos sistemas indicados.

#### 5.2.2.2 Análisis de gráfica No.5 y No.6.

De la gráfica No.5 y No.6, los costos unitarios de las paredes de una vivienda de interés sociales y el producto de estas por la cantidad de 48.57 m<sup>2</sup> metros cuadrados de pared que posee la vivienda equivale a los subtotales en cada uno de los tres sistemas de vivienda, respectivamente. El sistema de bloques de concreto estándar, cuesta 7% menos que para el sistema de concreto y 16% menos que el sistema de panel remallado covintec, el costo con concreto vaciado in situ es 9% menos que el panel remallado covintec, pero 7% mayor

que el bloque de concreto, por lo que el costo con panel remallado covintec es mayor en 9% que el sistema panel remallado estructural covintec y 47% mayor respecto al concreto vaciado in situ. La gráfica  $y = 77.02x + 222.08$ , obtenida de una regresión lineal por el método de mínimos cuadrados, da la tendencia creciente de los costos de paredes en función del tiempo, para cuatro años posteriores.

#### 5.2.2.3 Análisis de gráfica No.7. Costos totales para una vivienda

La grafica No.7, representa el costo directo total de soleras de fundación y paredes de una vivienda por cada uno de los sistemas en estudio de donde se obtiene que; el sistema de paredes de concreto es el más barato de los sistemas con \$1,538.21; en segundo lugar, el sistema de bloque \$1,608.68 y; el mas caro el covintec \$1,655.13. La curva de aproximación y proyección para cuatro años obtenida mediante un análisis de regresión por el método de mínimos cuadrados da la pauta de costos futuros de estos sistemas, los cuales podrían estar o no influenciados por otro tipo de tasa de crecimiento, la cual se sumaría a la indicada por la curva en el periodo que se desee analizar de manera particular, manteniéndose de manera uniforme la diferencia de costos entre uno y otro sistema, de acuerdo con la tendencia de la línea de regresión indicada.

5.2.2.4 Análisis de gráfica No.8. Proyección de costos de una vivienda construida con cada sistema constructivo.

En el gráfico 5.6, al superponer las proyecciones de cuatro periodos venideros de los costos unitarios y subtotales de la solera de fundación, muestran tasas de crecimiento distintas al ver sus pendientes, a pesar que entre ambas sólo existe un factor constante dado por la cantidad de metros lineales de solera de una vivienda, debido al impacto que se genera por la curva que mejor se ajusta a cada uno de ellos, es decir, la tasa del costo unitario y la del subtotal varían con el tiempo y para un periodo particular, es recomendable tomar el caso más desfavorable que será la curva que posea la mayor tasa de crecimiento, para este caso es la de los subtotales.

Análisis de gráfica No.9. Proyecciones de costos unitarios, paredes de vivienda de interés social.

En la grafica No. 9, al superponer las proyecciones de cuatro años venideros de los costos unitarios y subtotales de paredes, muestran tasas de crecimiento distintas a pesar que entre ambas sólo existe un factor constante, dado por la cantidad de metros cuadrados de una vivienda, debido al impacto que se genera por la grafica que mejor se ajusta a cada uno de ellos, es decir, la tasa del costo unitario y la del subtotal varían con el tiempo y para un periodo particular es recomendable tomar el caso más desfavorable que será la curva que posea la mayor tasa de crecimiento, para este caso es la de los subtotales.

#### 5.2.2.5 Análisis de grafica No.10. Proyecciones para un proyecto de 50 viviendas de interés social y sistema constructivo

El gráfico 5.8, representa el costo directo total para cada uno de los sistemas en estudio considerando 50 viviendas, de donde se obtiene que; el sistema de paredes de concreto es el más barato \$148,979.61, sistema de panel remallado estructural covintec su costo total es \$157,558.04, el más caro es el sistema de bloque de concreto reforzado \$160,646.63, la grafica de aproximación y proyección para cuatro años obtenida es,  $y=5,833.5x + 144,061$  mediante un análisis de regresión por el método de mínimos cuadrados, esta da la pauta de costos directos futuros de estos sistemas, los cuales podrían estar o no influenciados por otro tipo de tasa de crecimiento, la cual se sumaría a la indicada por la grafica en el periodo que se desee analizar de manera particular, manteniéndolo constante la diferencia de costos entre uno y otro sistema.

#### 5.2.2.6 Análisis de graficas No.11, 12 y 13. Tendencia del costo directo de equipo, materiales y mano de obra respectivamente, de acuerdo con los tres sistemas constructivos.

En las gráficas 11, 12 y 13, las variables independientes; equipo, materiales y, mano de obra, que afectan al costo unitario de paredes en cada sistema, representa, que la diferencia que existe entre cada costo unitario no es constante en cada una de sus variables. El sistema constructivo de bloque de concreto reforzado, posee el costo más bajo en equipo y materiales, pero el

más alto en mano de obra, sin afectar que sea el más económico de los tres sistemas en su costo total unitario, el sistema de concreto vaciado in situ, posee el segundo costo más bajo en equipo y materiales pero el mas bajo en mano de obra, y no difiere que su total unitario sea mayor que del sistema de bloques de concreto estándar tipo saltex, por lo tanto, el sistema de panel remallado estructural covintec posee el costo más alto en equipo y materiales pero el segundo mas bajo en mano de obra, y no difiere que su total unitario sea mayor que del sistema de bloques de concreto estándar tipo saltex, y al de concreto moldeado y vaciado in situ.





5.2.3.1 Precios de los materiales de construcción de los insumos constructivos, bloque de concreto, concreto vaciado in situ, panel remallado estructural covintec. Análisis de graficas No.14 a No.22

Las gráficas No.14 a No..22, se elaboraron, mediante una recopilación de precios de los años 2004, 2005 y, 2006, para cada uno de los insumos indicados, representa la tendencia creciente y proyección que puede llegar a alcanzar en un periodo determinado cualesquiera de esos materiales y afectando desproporcionalmente a cualquiera de los tres sistemas, debido a que para cada material la tasa de crecimiento es diferente para un mismo periodo dado, el resultado es variable, para cada costo unitario en el cual se involucren la mayor cantidad de materiales, los cuales posean el mayor crecimiento económico, de acuerdo con las tendencias obtenidas o la suma de estas, más una tasa incremental diferencial ( $\Delta\delta_i$ ), influenciada por un evento independiente para cada insumo.







### 5.3 análisis de tiempos de ejecución para un lote de 50 viviendas para los tres sistemas constructivos de paredes

#### Análisis de gráfica No.23.

Para el caso de aplicación, de la construcción de 50 viviendas con el sistema de paredes de concreto moldeado y vaciado in situ , el tiempo total requerido de ejecución es 22 días, haciendo el primer día, el trazo de la vivienda, y el último día, la limpieza final, recibiendo terrazas ya conformadas, para la hechura de paredes de las 50 viviendas se necesitan 18 días, considerado dos juegos de moldes metálicos, dando a cada juego de molde dos usos por día, produciendo 4 viviendas en el mismo día. Si el proyecto fuese mayor, se necesitarían más juegos de moldes. Cuando los proyectos a ejecutar con este sistema son lotes de 500 viviendas, se llegan a producir hasta 8 viviendas por día, acelerando la ejecución del proyecto, debido a que la vivienda está considerada de interés social, los demás rubros, por ejemplo, instalación de puertas y ventanas, piso, estructura metálica de techo, cubierta de techo, se ejecutan en un día cada uno de ellos.

#### Análisis de gráfica No.24.

Según la programación, el tiempo necesario para la ejecución del cien por ciento de 50 viviendas de paredes de panel remallado estructural, es de 34 días, haciendo el primer día, el trazo de la vivienda, y en el último, la limpieza final, el tiempo requerido para construir las paredes es de dos días por grupo de trabajo, para este caso se han considerado cuatro grupos con sus respectivos

equipos, este sistema conlleva proceso industrial, pero se debe tener en cuenta que lleva dos capas de mortero lanzado con equipo, y la segunda capa debe aplicarse después de 24 horas, cuatro grupos de trabajo estarían finalizando 4 viviendas cada dos días. Terminadas las paredes, se procede a instalar las demás partes que conforman la vivienda, pudiendo ejecutar el proyecto en 34 días, siempre que se utilice el equipo idóneo, ya que en algunas ocasiones el lanzado del mortero lo hacen manualmente, utilizando más tiempo, hasta 4 días para finalizar una vivienda. Para el caso de aplicación de 50 viviendas, se ha considerado cuatro grupos con sus respectivos equipos, finalizando cada vivienda en dos días.

#### Análisis de gráfica No.25.

El tiempo de ejecución total para la construcción de 50 viviendas con el sistema de paredes de bloque de concreto, según la programación es de 60 días, haciendo el primer día, el trazo de la vivienda, y en el último, la limpieza final, siendo el rubro de las paredes, el que más tiempo requiere para su construcción, estas se comienzan el día 5 y se finalizan el día 56, sumando 52 días en total, terminando 4 viviendas cada cuatro días. Utilizando cuatro grupos de albañiles, un grupo de albañiles terminaría una vivienda en cuatro días, no se pueden considerar más albañiles en una vivienda, ya que, saturaría el área de trabajo, por el equipo y herramienta que se utilizan, por ejemplo andamios, batallas, etc. Después de modulada la vivienda, se procede a la

instalación de la estructura de techo, puertas, ventanas, piso e instalación eléctrica, según el fondo social para la vivienda FONAVIPO, el tiempo máximo que otorgan para el desarrollo de un proyecto de 60 viviendas es aproximadamente 90 días.

#### 5.4 Propuesta para una vivienda individual y un lote de 50 viviendas de interés social proyectado hasta el año 2012.

El diseño de vivienda, analizado, posee un ancho de 5.20 metros lineales y 6.90 metros lineales de longitud, sumando un área de 36 m<sup>2</sup> de construcción, dentro del área total de construcción la vivienda cuenta con un corredor de 2.20 m de longitud por 5.20 m de ancho, para una mejor percepción se presenta el siguiente cuadro.

Tabla No.18 Desglose de áreas de la vivienda

Descripción	Área total	Porcentaje total
Área de dormitorios, comedor, cocina y sala	4.75 x 5.20 = 24.70 m <sup>2</sup>	68.35%
Área de corredor	2.20 x 5.20 = 11.44 m <sup>2</sup>	31.65%
total	36.14 m <sup>2</sup>	100%

De la tabla No.18, el área de dormitorios, sala, comedor y cocina representa el 68.35% del total de metros cuadrados de construcción, el área de corredor está representada en 31.65% del área total. Es una vivienda que está diseñada y destinada al sector popular de la población, instituciones gubernamentales

como FONAVIPO, tienen patentados este diseño bajo el código 323-07, el costo directo, en la actualidad, de esta vivienda es \$ 2979.59 dólares, se prevé que para el año 2012 su valor de costo directo sea de \$3385.74 dólares, según la gráfica No.7, para un lote de 50 viviendas el costo total sería de \$169,287.00 dólares, según datos de CASALCO publicados en la prensa gráfica el día sábado 14 de julio. Desde el año 2003 hasta el año 2008, el incremento en la vivienda ha sido de 6% anual, si se mantuviera esta tendencia para el año 2012, el costo directo de la vivienda será de \$3761.66 dólares para una vivienda, siendo \$188,083.00 dólares el costo total para 50 casas. También, para CASALCO, en el primer trimestre del año 2008, el costo total de la vivienda se ha incrementado en 9%, si esta tasa se aplica, al costo de la vivienda actual, al finalizar este año aumentaría a \$3247.75 dólares, y hasta el año 2012 con tasa de crecimiento del 9% anual, el costo de una vivienda sería de \$4205.93, siendo de \$210,296.50 dólares el costo total requerido para la construcción de 50 viviendas. Así, con el costo de una vivienda y un lote de 50 viviendas proyectadas hasta el año 2012, la fluctuación de precios actualmente está en aumento, lo cual afecta directamente el costo de la vivienda y su adquisición a los grandes estratos de población de bajos ingresos y a los de ingresos muy variables o de empleo informal.

La gráfica No.7, esta se obtuvo del proceso de una regresión lineal de mínimos cuadrados, obteniendo una tendencia lineal a través del tiempo, quedando a criterio personal observar la variabilidad de los precios en el mercado para que

en un futuro se pueda continuar tomando en cuenta que su tendencia sigue siendo linealmente incremental o de alguna otra variante.

#### 5.5 Sistema de paredes más viable de acuerdo con sus costos, tecnología y economía.

De acuerdo con el costeo de la vivienda en los tres sistemas de paredes, analizados en esta investigación, se obtiene que, el sistema de paredes de concreto moldeado y vaciado in situ, es el de menor costo directo en comparación con los otros dos sistemas de paredes, ver grafica No.7, además de ser el más rápido, en tiempo de ejecución 23 días, ver grafica N.18 y No.20, en base a viabilidad, el sistema de bloque de concreto resulta más ventajoso, y no necesita equipo especializado para su construcción, a diferencia de los sistemas, paredes de concreto y moldeado in situ, y el sistema de panel remallado estructural covintec, ya que en la construcción con estos últimos dos sistemas, se requiere moldes, equipo de bombeo para concreto, impulsadoras de mortero, etc; Pero, en proyectos grandes, el sistema de moldeado y vaciado in situ disminuye costos directos y costos indirectos, ya que se necesitaría menos tiempo para ejecutarlo, por ejemplo, según la programación de ejecución para un proyecto de 50 viviendas, con el sistema de moldeado y vaciado in situ, se finalizaría en 23 días, contra 60 días en el sistema de paredes de bloque de concreto, la diferencia es muy grande, 37 días, en el que garantizaría la disminución del costo indirecto. Así, el sistema de paredes de concreto

moldeado y vaciado in situ resulta otra buena alternativa para desarrollar cualquier proyecto de construcción masiva de viviendas de interés social con este sistema y tecnología.

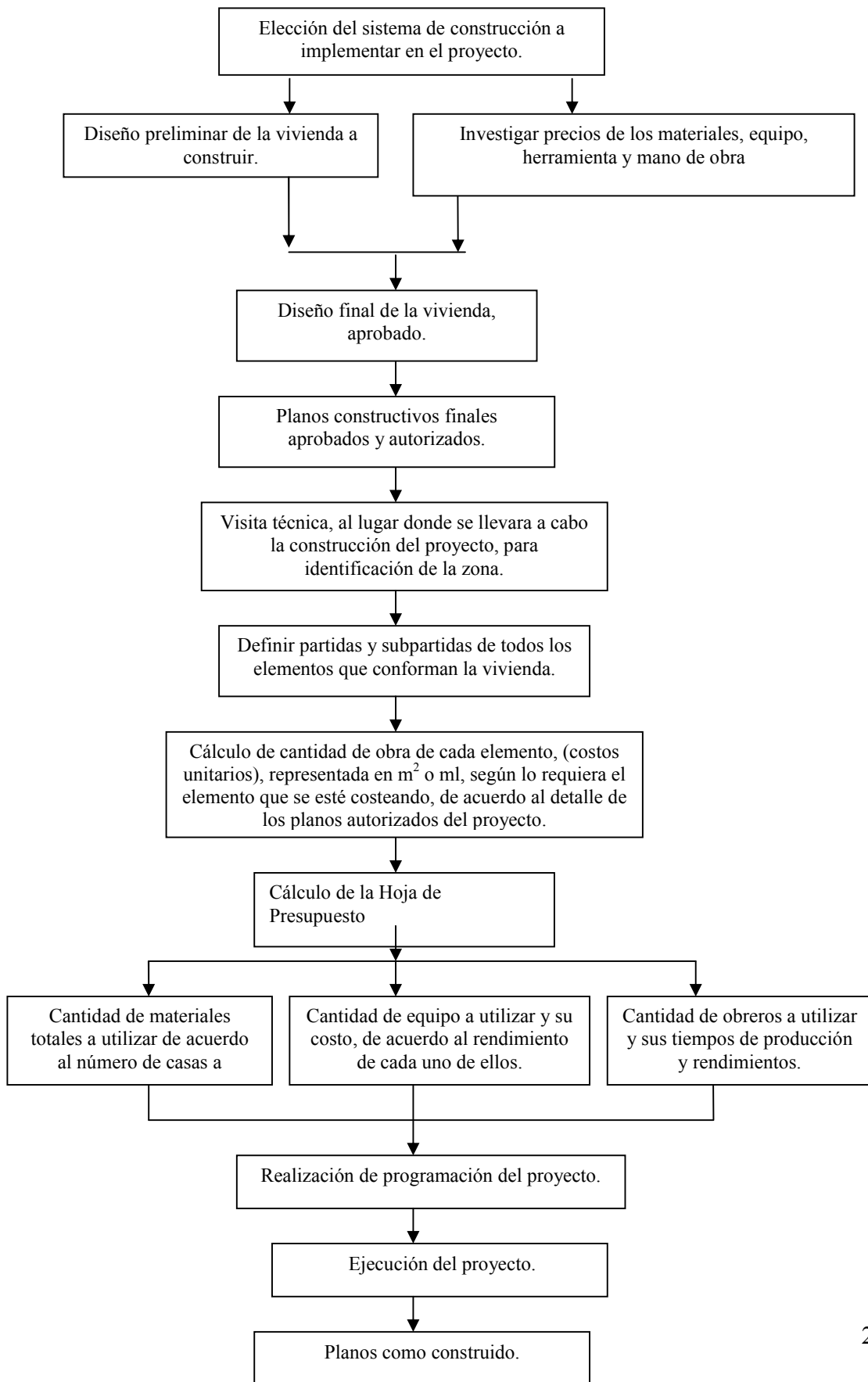
#### 5.6 La economía de la construcción vivandista de interés social.

Las tendencias de los costos y su sensibilización, precios y costos de materia prima, insumos y productos que son utilizados en la infraestructura de una vivienda de interés social o más viviendas, puede obstaculizar el fácil acceso a la población con más bajos ingresos, en la adquisición de una vivienda permanente y adecuada, debido a que la economía individual por ende familiar no crece con el mismo ritmo que los costos de las viviendas,

Tabla No.19. Ccosto-tiempo para un proyecto de 50 viviendas.

SISTEMA DE PARED	COSTO DE 50 VIVIENDAS	TIEMPO DE EJECUSION DE 50 VIVIENDAS.
Bloque de concreto	\$160,646.63	60 días
Concreto	\$148,979.61	22 días
Covintec	\$157,558.04	34 días





**CAPITULO VI**

**CONSIDERACIONES,**

**CONCLUSIONES Y**

**RECOMENDACIONES**

## 6.1 Consideraciones.

La comparación de costos directos de cada uno de los tres sistemas estructurales de paredes, bloque de concreto estándar tipo saltex, concreto estructural moldeado y vaciado insitu, panel remallado estructural covintec, en viviendas de interés social, con área de 36.00 m<sup>2</sup>, dará las diferencias de costo para elegir el sistema que presente los menores costos directos, o sea, el que tenga más viabilidad de ser elegido técnica y económicamente.

La fabricación de paredes en estudio, en cada sistema constructivo, cumple características de buena calidad, apegadas a las normas de la ASTM, como sigue: bloque de concreto estándar tipo saltex, resistencia a la compresión del bloque de concreto, ASTM C99; concreto moldeado y colado insitu  $f'c = 140$  Kg./cm<sup>2</sup>, revenimiento ASTM C143, agregados C33, resistencia a la compresión C39; panel remallado estructural covintec, resistencia de mortero ASTM C99.

El sistema constructivo más ventajoso para fabricar paredes de viviendas de interés social será, el que proporcione las mejores condiciones de buena calidad y más bajo costo de las viviendas unifamiliares, sin tener en cuenta los acabados, todo esto, respecto a dar más fácil acceso a la población con más bajos ingresos, en la adquisición de una vivienda permanente y adecuada.

Los precios comerciales de los materiales de construcción y mano de obra para cada sistema constructivo en particular, obtenidos en la investigación de campo, son válidos hasta el primer semestre del año 2008. Los rendimientos de equipo, maquinaria y mano de obra, están apegados a condiciones óptimas de trabajabilidad mecánica y climatológica.

La construcción en serie de viviendas de interés social o cualquier tipo, en una, área disponible, las paredes construidas bajo las mismas condiciones de diseño estructural y arquitectónico, con cualquiera de los tres sistemas, bloque de concreto estándar tipo saltex, concreto estructural moldeado y vaciado insitu, panel remallado estructural covintec, requiere eficientar tiempos y costos de producción, disposición de materiales, tiempos de traslado y operación, rendimientos de obreros, así mismo, la mayor reducción de costos de producción en cada uno de los sistemas de estudio, por unidad a construir y por proyecto.

La producción industrializada de viviendas de interés social, para cada sistema de fabricación de paredes, tiene los rendimientos siguientes:

- Bloque de concreto estándar reforzado, utiliza cuatro grupos de trabajo de albañiles, cada uno producirá una vivienda cada cuatro días.
- Paredes de concreto moldeado y vaciado insitu, utiliza dos juegos de molde, con dos usos, rindiendo, cuatro viviendas por día.

- Panel remallado estructural covintec, disponiendo de cuatro grupos de trabajo, cada uno de ellos, producirá una vivienda cada dos días.

## 6.2 Conclusiones

- Las viviendas cuyas paredes están construidas con el sistema de paredes de concreto moldeadas y vaciadas in situ, resultaron con menor costo directo (7.26% y 5.44%) respecto a los sistemas de bloque de concreto reforzado y panel remallado estructural covintec, por su menor tiempo (61.66% y 32.55%) respecto a los sistemas antes mencionados para su construcción. Así al relacionar costos-tiempo de fabricación de una vivienda, estos se minimizan, o sea se reducen los costos indirectos y se necesitaría menos tiempo para poner en servicio la vivienda, de ahí que para una familia o un trabajador con ingresos requeridos es más factible la adquisición de vivienda propia.
- El desconocimiento de la tecnología para la construcción de una o más viviendas de interés social, sus paredes con bloque de concreto reforzado, concreto vaciado in situ y panel remallado estructural covintec, no ha permitido la aplicación de estos sistemas constructivos equivalentes al tradicional, en proyectos vivendistas por

las instituciones de gobierno, resultando que con estas tecnologías modernas, se obtiene más efectividad y beneficios individual e industrialmente, con lo cual, se coadyua a disminuir el déficit habitacional actual en el país.

- La tendencia lineal uniforme en los precios de los materiales, estos se afectaran, por ejemplo, con la tasa incremental de 3% a 9%, esto aumentará en la misma proporción los precios del que adquiere la vivienda, indicando que la vivienda de 36 m<sup>2</sup> cuyo costo directo en fundaciones y paredes es \$1,538.21 para el año 2008, costará \$1,893.00 en el año 2012, condicionando o restringiendo la obtención de esa vivienda.

### 6.3 Recomendaciones

- A FONAVIPO, adoptar equivalentemente la tecnología con la que actualmente desarrollan los proyectos de viviendas con los montos que tienen previstos, talque, otra tecnología, concreto moldeado y vaciado insitu se valide en esa misma manera, respecto a competitividad laboral, financiera y adquisición de vivienda, representando calidad, seguridad y comodidad al usuario.

- Capacitar a constructores y propietarios de proyectos, respecto a ventajas de tecnologías más modernas con los sistemas propuestos, ya que estos resultan más ventajosos en costos directos y tiempo para una vivienda y también para la producción masiva de viviendas o industrialmente.
- Al Estado, a sus políticas vivendistas y asignación de viviendas, adoptar políticas orientadas con una representatividad a la sensibilidad de costos, debido que el estado tiene la obligación de garantizar una vivienda digna para toda familia salvadoreña.

# **ANEXOS.**



Anexos del capítulo I.

Anexo No.1 Temática propuesta a desarrollar.

**CAPITULO I. CONCEPTOS GENERALES DE LA VIVIENDA DE INTERES  
SOCIAL.**

1.1 Anteproyecto.

1.1.1 Antecedentes.

1.1.2 Planteamiento del problema.

1.1.3 Delimitaciones.

1.1.4 Objetivos.

1.1.4.1 Objetivo general.

1.1.4.2 Objetivo específicos.

1.1.5 Alcances.

1.1.6 Limitaciones.

1.1.7 Justificación.

1.1.8 Temática propuesta para desarrollar.

1.1.9 Cronograma de actividades y evaluaciones.

1.1.10 Metodología de la investigación a desarrollar.

1.1.11 Planificación de los recursos a utilizar.

1.1.11.1 Recursos bibliográficos.

1.1.11.2 Recursos humanos.

1.1.11.3 Recursos económicos.

1.2 Marco de factores que participan en el desarrollo habitacional o del sector vivienda.

1.2.1 Factores naturales en vivienda de interés social.

1.2.1.1 Factores ambientales.

1.2.1.1.1 Morfología.

1.2.1.1.2 Relieve.

1.2.1.1.3 Topografía.

1.2.1.2 Factores ecológicos.

1.2.1.2.1 Accidentes topográficos.

1.2.2 Factores institucionales.

1.2.2.1 políticas de vivienda.

1.2.2.2 Índices de Pobreza.

1.2.2.3 Tecnologías aplicadas a la industria de la construcción  
viviendista.

1.2.2.4 Cooperación internacional dirigida a viviendas de familias  
pobres.

1.2.2.5 El sistema educacional en El Salvador.

1.2.2.6 Sistema ambiental.

1.2.2.7 Aspectos socioculturales.

1.2.2.8 Indices de empleo.

1.2.2.9 Ingresos salariales.

1.2.2.10 Respuesta a la demanda de vivienda existente.

- 1.2.2.11 Proyecciones habitacionales.
- 1.2.2.12 Inversión en viviendas de bajo costo.
- 1.2.3 Factores tecnológicos en el desarrollo de vivienda unifamiliar de bajo costo.
  - 1.2.3.1 Técnicas, métodos y procedimiento constructivos.
  - 1.2.3.2 Materiales de construcción utilizados.
  - 1.2.3.3 Tiempos de producción.
- 1.2.4 Factores del mercado de la vivienda social.
  - 1.2.4.1 Demanda de vivienda.
  - 1.2.4.2 Oferta de vivienda.
  - 1.2.4.3 Déficit habitacional.
  - 1.2.4.4 Mercado de las viviendas de bajo costo.
- 1.2.5 Factores propios de la unidad de vivienda unifamiliar de bajo costo.
  - 1.2.5.1 Urbanización.
  - 1.2.5.2 Terreno.
  - 1.2.5.3 Limpieza y trazo.
  - 1.2.5.4 Fundaciones.
  - 1.2.5.5 Paredes.
  - 1.2.5.6 Techos.
  - 1.2.5.7 Puertas y ventanas.
  - 1.2.5.8 Pisos.
  - 1.2.5.9 Instalaciones internas básicas.

1.2.5.10 Infraestructura básica.

1.2.5.11 Áreas de circulación internas y usos varios.

1.3 Conclusiones.

1.4 Recomendaciones.

1.5 Bibliografía.

## **CAPITULO II. PROCEDIMIENTO, METODOS Y TECNICAS EN SISTEMAS ESTRUCTURALES DE LAS UNIDADES DE VIVIENDA PARA HABITACION FAMILIAR.**

2.1 Sistema de fundaciones en el sistema de paredes estructurales de concreto (moldeado y vaciado in situ).

2.2 Sistema de fundaciones en el sistema de paredes de panel remallado estructural Covintec.

2.3 Sistema de fundaciones en el sistema de paredes de bloque de concreto estándar.

2.4 Sistema de paredes de concreto (moldeado y vaciado in situ).

2.4.1 Modulación de paredes de concreto.

2.5 Sistema de paredes de panel remallado estructural Covintec.

2.5.1 Elementos de unión y amarre.

2.5.2 Ventajas y desventajas de sistema.

2.6 Sistema de paredes de bloque de concreto estándar.

2.6.1 Ventajas al utilizar bloques de concreto estándar.

- 2.7 Estructura mecánica y física del sistema de paredes estructurales de concreto (moldeado y vaciado in situ).
- 2.8 Estructura mecánica y física del sistema de paredes de panel remallado estructural Covintec.
- 2.9 Estructura mecánica y física del sistema de paredes de bloque de concreto estándar.
- 2.10 Materiales y componentes del sistema de paredes de concreto (moldeado y vaciado in situ).
- 2.11 Materiales y componentes del sistema de paredes de panel remallado estructural Covintec.
  - 2.11.1 Características generales del electropanel.
- 2.12 Materiales y componentes del sistema de paredes de bloque de concreto estándar.
  - 2.12.1 Cemento para mampostería.
  - 2.12.2 Agregados.
  - 2.12.3 Agregado fino.
  - 2.12.4 Agregado grueso.
  - 2.12.5 Agua.
  - 2.12.6 Aditivos.
  - 2.12.7 Bloque de concreto.
  - 2.12.8 Acero de refuerzo.
    - 2.12.8.1 Refuerzo vertical.

2.12.8.2 Refuerzo horizontal.

2.13 Procedimiento de cálculo a los que se somete el diseño del Sistema de paredes de concreto (moldeado y vaciado in situ).

2.14 Procedimiento de cálculo a los que se somete el diseño del Sistema de paredes de panel remallado estructural Covintec.

2.15 Procedimiento de cálculo a los que se somete el diseño del Sistema de paredes de bloque de concreto estándar.

2.16 Proceso constructivo del Sistema de paredes de concreto (moldeado y vaciado in situ).

2.16.1 Trazo y nivelación.

2.16.2 Excavación para soleras.

2.16.3 Armadura de soleras de fundación y murete.

2.16.4 Instalaciones eléctricas e hidráulicas.

2.16.5 Colado de solera de fundación.

2.16.6 Moldeado de murete.

2.16.7 Colado del murete.

2.16.8 Armadura d paredes.

2.16.9 Instalaciones eléctricas.

2.16.10 Instalaciones hidráulicas.

2.16.11 Moldeado de paredes.

2.16.11.1 Alineado del molde.

2.16.11.2 Plomeado del molde.

2.16.11.3 Colado de paredes.

2.16.11.4 Resane de paredes.

2.17 Proceso constructivo del Sistema de paredes de panel remallado estructural Covintec.

2.17.1 Cimentaciones.

2.17.2 Montaje de paneles.

2.17.3 Uniones.

2.17.4 Puertas y ventanas.

2.17.5 Instalaciones eléctricas, hidráulicas y sanitarias.

2.17.6 Verificaciones antes del repello.

2.18 Proceso constructivo del Sistema de paredes de bloque de concreto estándar.

2.18.1 Métodos de elevación de pared.

2.18.1.1 Procedimiento por hiladas.

2.18.1.2 Procedimiento por esquina.

2.18.2 Construcción de soleras de amarre.

2.19 Conclusiones.

2.20 Recomendaciones.

2.21 Bibliografía.

### **CAPITULO III. ESTUDIO DE LOS COSTOS DIRECTOS E INDIRECTOS.**

3.1 Partidas que conforman el presupuesto de una vivienda de interés social.

3.1.1 Obras preliminares.

3.1.2. Terracería.

3.1.3. Concreto armado.

3.1.4 Concreto estructural (soleras de fundación, pedestales y paredes).

3.1.5 Diseño de la mezcla.

3.1.6. Preparación del concreto.

3.1.6.1 Dosificación.

3.1.6.2. Elaboración de la mezcla.

3.1.6.3. Control de la mezcla.

3.1.6.4 Transporte del concreto.

3.1.6.5 Colado del concreto.

3.1.6.6. Vibrado del concreto.

3.1.6.7 Encofrado.

3.1.6.8 Desencofrado.

3.1.6.9 Protección y curado.

3.1.6.10 Resane o acabados de superficies de concreto  
desenmoldado.

3.1.6.11 Aceptación del concreto.

3.1.6.12 Acero de refuerzo.



3.1.6.13 Aceptación de la estructura.

3.1.6.14 Juntas de control.

3.1.7 Techos de las viviendas.

3.2 Conclusiones.

3.3 Recomendaciones.

3.4 Bibliografía.

#### **CAPITULO IV. APLICACIÓN DE COSTOS A LOS SISTEMAS DE PAREDES EN UNA VIVIENDA TIPO DE UNA PLANTA.**

4.1 Hoja resumen del cálculo del total del costo directo, para una vivienda de interés social en el sistema de paredes de concreto moldeado y vaciado in situ.

4.2 Cálculo de costos unitarios por rubros, para una vivienda de interés social en el sistema de paredes de concreto moldeado y vaciado in situ.

4.3 Hoja resumen del cálculo del total del costo directo, para una vivienda de interés social en el sistema de paredes de bloque de concreto estándar.

4.4 Cálculo de costos unitarios por rubros, para una vivienda de interés social en el sistema de paredes de bloque de concreto estándar.

4.5 Hoja resumen del cálculo del total del costo directo, para una vivienda de interés social en el sistema de paredes de panel remallado estructural Covintec.

4.6 Cálculo de costos unitarios por rubros, para una vivienda de interés social en el sistema de paredes de panel remallado estructural Covintec.

4.7 Listado de precios de insumos, materiales, rendimientos y mano de obra.

4.8 Cálculo de herramienta menor.

4.9 Conclusiones.

4.10 Recomendaciones.

4.11 Bibliografía.

## **CAPITULO V ANALISIS DE RESULTADOS.**

5.1 Análisis.

5.2 Resultados.

## **CAPITULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

6.1 Consideraciones.

6.2 Conclusiones.

6.3 Recomendaciones.

## **BIBLIOGRAFIA.**

## **ANEXOS.**

## Anexo No.2 Glosario.

### Costos.

Porción del precio de adquisición de artículos, propiedades o servicios, los costos se generan dentro de la empresa privada y está considerado como una unidad productora. Su categoría económica se encuentra vinculada a la teoría del valor, "Valor Costo" y a la teoría de los precios, "Precio de costo".

### Costo de producción.

Valoración monetaria de los gastos incurridos y aplicados en la obtención de un bien. Incluye el costo de los materiales, mano de obra y los gastos indirectos de fabricación cargados a los trabajos en su proceso.

### Costos directos.

Aquellos cuya incidencia monetaria en un producto o en una orden de trabajo puede establecerse con precisión (materia prima, jornales, etc.). Son los que pueden identificarse en la fabricación de un producto terminado, fácilmente se asocian con éste y representan el principal costo de materiales en la elaboración de un producto.

### Costos indirectos.

Son los gastos generales de una empresa aplicados por sus oficinas centrales, que se prorratarán entre las diversas obras que realiza y los determinados

para la propia obra y que son considerados solo en ella. Estos costos se deben aplicar al monto total del costo directo. Los costos indirectos se caracterizan, principalmente, porque se realizan haya o no producción pero que tiene siempre una relación con ella, tales como alquiler de oficinas, costos de propaganda, pago de teléfonos, etc

Costo unitario.

Es el importe de la remuneración o pago total que debe cubrirse al contratista por unidad de obra de cada uno de los conceptos de trabajo que realice. El costo o precio unitario se integra sumando todos los costos directos correspondientes al concepto de trabajo. En algunos casos se incluye, además, los costos indirectos pero en la generalidad de veces, se separan en dos grandes rubros, los costos directos y los costos indirectos.

Crecimiento poblacional.

Patrón de crecimiento de una población, que corresponde a una serie de parámetros tales como: población, índice incremental de población, capacidad de carga del ambiente y el tiempo transcurrido.

Déficit habitacional.

Multiplicidad de carencias asociadas a aspectos necesarios para una adecuada calidad residencial, para ello se debe considerar dos aspectos: la autonomía

residencial y la calidad del local de habitación y de los servicios básicos para asegurar a las familias adecuada protección del medio ambiente, tanto físico como social, y permitir el desarrollo de las funciones familiares de acuerdo a los patrones culturales predominantes, además de satisfacer necesidades de pertenencia, arraigo e identidad.

Desastre natural.

Reciprocidad entre fenómenos naturales de peligrosos y condiciones humanas vulnerables (por ejemplo: viviendas no preparadas para sismos o poblados indefensos ante inundaciones, asentamientos ocurridos en zonas de riesgo, economías bajas, falta de equipos y herramientas de medición y prevención). En la clasificación de desastres naturales se han contado más de veinte, entre ellos brumas, nieblas, granizos, etc.

Fenómeno natural.

Toda expresión de la naturaleza y actividad de la Tierra es llamada "fenómeno natural", los fenómenos naturales no tienen por qué ser considerados "desastres". La erosión natural del viento y la lluvia son actividades de la naturaleza no desastrosas.

Financiamiento.

Conjunto de recursos monetarios financieros para llevar a cabo una actividad económica, con la característica de que generalmente se trata de sumas tomadas a préstamo que complementan los recursos propios. El financiamiento se contrata dentro o fuera del país a través de créditos, empréstitos y otras obligaciones derivadas de la suscripción o emisión de títulos de crédito o cualquier otro documento pagadero a plazo.

FISDL (Fondo de Inversión Social para el Desarrollo Local).

Entidad gubernamental permanente y principal responsable del desarrollo local de El Salvador, liderando la erradicación de la pobreza en el país. Su misión es la de "promover la generación de riquezas y el desarrollo local con la participación de los gobiernos municipales, las comunidades, la empresa privada y las instituciones del gobierno central que implementan proyectos de infraestructura social y económica.

FONAVIPO.

Institución del estado que tiene como objetivo facilitar el acceso a créditos a las familias con ingresos iguales o menores a cuatro salarios mínimos. El Fondo Nacional de Vivienda Popular, FONAVIPO, es una institución autónoma, de crédito, que tiene como objeto fundamental facilitar el acceso al crédito a las

familias salvadoreñas con ingresos iguales o menores a cuatro salarios mínimos, para que puedan solucionar su problema de vivienda.

Marginalidad.

Características ecológicas urbanas que degradan las condiciones ambientales e inciden en la calidad de vida de los sectores de población segregados. Esta población se halla radicada en áreas no incorporadas al sistema de servicios urbanos, en viviendas improvisadas y sobre terrenos ocupados ilegalmente. En consecuencia en estos sectores el agua potable sólo se consigue en forma precaria o transitoria; debido a la carencia de redes locales el drenaje de aguas servidas se realiza en las calles o en las acequias y no se hace una disposición adecuada de la basura, ya sea por falta de recolección o porque los desperdicios se convierten en un recurso económico para los pobladores.

Materia prima.

Elemento que la industria, con su tecnología, es capaz de transformar en producto elaborado. Puede ser un elemento de la naturaleza, recurso natural, o un producto semielaborado por otro proceso industrial.

Otorgación de créditos.

Se desarrolla primeramente mediante el pedido o solicitud de un préstamo de dinero a alguna entidad financiera la cual puede ser un banco o una institución o persona privada.

Pobreza.

Resultado de un modelo económico y social, ejercido y aplicado en un territorio y tiempo determinado, por los diversos agentes económicos y políticos, que producen en la sociedad sectores excluidos de los beneficios totales o parciales del modelo en ejecución. La pobreza es un término comparativo utilizado para describir una situación en la que se encuentra parte de una sociedad y que se percibe como la carencia, escasez o falta de los bienes más elementales como por ejemplo alimentos, vivienda, educación o asistencia sanitaria (salud) y agua potable. Así como los medios de obtenerlo (por ejemplo por falta de empleo, nivel de ingresos muy bajo o carencia de estos). También puede ser el resultado de procesos de segregación social

Pobreza extrema.

Se consideran pobres extremos a quienes aún destinando todos sus ingresos a la compra de alimentos, no alcanzan a comprar la canasta básica alimentaria. Siendo el concepto de pobreza extrema una absurdo imposible, se le suele dar validez en el sentido de considerar a aquellos que están lejos de superar su



condición de pobreza. El problema es que la distancia entre la línea de pobreza extrema y la línea de pobreza, es variable, debido a que las necesidades y patrones de consumo entre las regiones son distintas.

Proceso de fabricación.

Conjunto de operaciones necesarias para modificar las características de las materias primas. Dichas características pueden ser de naturaleza muy variada, como por ejemplo la forma, la densidad, la resistencia, el tamaño, e incluso la estética.

Rendimiento.

El concepto de rendimiento hace referencia al resultado deseado efectivamente obtenido por cada unidad que realiza la actividad, donde el término unidad puede referirse a un individuo, un equipo, un departamento o una sección de una organización

Rentabilidad.

Obtención de beneficios en una actividad económica o financiera. Es una de las características que definen una inversión junto con la seguridad y la liquidez. Se define también como la relación entre la utilidad proporcionada por un título y la cantidad de dinero invertido en su adquisición. La rentabilidad relaciona el beneficio con los recursos necesarios para obtener ese lucro.

Salario mínimo.

Es el salario mínimo establecido legalmente, para cada periodo laboral (hora, día o mes), que los empleadores pueden pagar a sus trabajadores por sus labores. También puede decirse que es un límite inferior que imponen los gobiernos de los países a la cantidad de salario que se le debe pagar a un trabajador que se ocupa en una jornada laboral completa de ocho horas. Este límite se considera el límite de subsistencia; es decir, el mínimo necesario para mantener con vida a una persona y cubrir sus necesidades más básicas. Por debajo de este límite es ilegal realizar contratos. Este salario funciona de igual forma que un salario normal, el cuál, además de la cantidad pagada directamente al trabajador, exige el pago de prestaciones sociales, salud, pensiones, etc.

VMVDU (Vice - Ministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano)

Se ha creado adscrito y dependiente del Ministerio de Obras Públicas, como ente rector, facilitador, coordinador, promotor, procurador y normativo de las políticas de vivienda a nivel nacional, encargado de formular y dirigir la Política Nacional de Vivienda y Desarrollo Urbano; así como de elaborar los Planes Nacionales y Regionales y las disposiciones de carácter general a que deben sujetarse las urbanizaciones, parcelaciones y construcciones en todo el territorio de la República. Su objetivo fundamental es el de Planificar, promover, normar, coordinar y facilitar el desarrollo y el ordenamiento territorial, de la

política de vivienda y asentamientos humanos sostenibles que garanticen el progreso y bienestar de la población.

Vivienda.

Espacio delimitado normalmente por paredes y techos de cualquier material, con entrada independiente, que se utiliza para vivir, esto es, dormir, preparar los alimentos, comer y protegerse del ambiente”. Ésta es una definición técnica que no alcanza a abarcar las dimensiones social y ética del concepto vivienda.

Vivienda digna.

Es el límite inferior al que se pueden reducir las características de la vivienda sin sacrificar su eficacia como satisfactor de las necesidades básicas, no suntuarias, habitacionales de sus ocupantes. Este tipo de vivienda deberá cumplir simultáneamente con los siguientes requisitos: “a) estar ocupada por una familia, b) no tener más de 2.5 habitantes por cuarto habitable, c) no estar deteriorada, d) contar con agua entubada en el interior, e) contar con drenaje, f) contar con energía eléctrica”.

También se considerará vivienda digna y decorosa la que cumpla con las disposiciones jurídicas aplicables en materia de construcción, habitabilidad, salubridad, cuente con los servicios básicos y brinde a sus ocupantes seguridad jurídica en cuanto a su propiedad o legítima posesión, así como protección física ante los elementos naturales potencialmente agresivos.

Vivienda mínima de interés social.

Es aquella solución habitacional que le garantiza a la población de más bajos recursos económicos el derecho a la vivienda. Las características arquitectónicas y áreas de construcción de las viviendas de interés social, dependen directamente del costo final de su construcción, por lo cual el gobierno nacional en cada Plan Nacional de Desarrollo, determina el costo de las mismas atendiendo a la combinación de los siguientes indicadores: el déficit habitacional, las posibilidades de acceso al crédito de los hogares, las condiciones de la oferta, el monto de recursos de crédito disponibles por parte del sector financiero y la suma de fondos del Estado destinados a los programas de vivienda.

Anexo No. 3 Tecnologías empleadas en la construcción de vivienda social en El Salvador.

Tecnología	Descripción	Techo	Pared	Piso
Bahareque	Estructura hecha con tira de madera amarradas formado una malla que después es llenada con tierra	Pueden usarse la taja árabe, lámina, fibrocemento, teja blanca de cemento y paja.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Estructura de vara de castilla, embutido de arcilla con paja, repello de lodo fino.</li> <li>- Estructura de vara de castilla, huiscoyol, caña brava, embutido con piedra, repello de lodo fino.</li> <li>- Estructura romboide, embutido con barro y pequeñas piedras y repellido con acabados finos.</li> <li>- Estructuras con tiras de maderas aserradas y clavadas, embutido con lodo y piedritas</li> <li>- Estructura tejidas con hojas o zacate, embutido con tierra de preferencia trabajarlo en época lluviosa.</li> </ul>	Pueden ser de suelo cemento en la ciudad o con base de ladrillo, y en el campo son de tierra compactada.
Adobe	Tecnología introducida por los españoles en el país, tiene una mejor resistencia a sismos, agua, viento, etc, que el bahareque. Es de bajo costo y fácil	Teja árabe o teja de cemento. El vuelo del techo debe lo suficientemente grande alrededor de la casa para proteger las paredes de la lluvia.	Toman un color tierra y tiene acabado rústico, se hacen con pencos de lodo y se ponen uno encima de otro	Son de tierra pisada con agua, en ocasiones se colocan baldosas pegadas con mortero de cemento, es común también el uso del terro cemento.

	<p>accesibilidad, no requiere consumo de energía y tiene propiedades térmicas y acústicas.</p>			
Madera	<p>Tecnología importada de los E.E.U.U., con altos costos de materia prima.</p> <p>La zona de la Unión es la más representativa en este tipo de tecnología.</p>	<p>Teja árabe y láminas metálicas.</p>	<p>Los tablones de madera con un ancho de 25cm van clavados formando las paredes, dada la escasez de madera y su alto costo no es muy común esta tecnología constructiva</p>	<p>El piso puede ser construido con madera o también de tierra que es más común.</p>
Lámina	<p>El sistema corresponde a una innovación de los acabados del bahareque. En la actualidad la gente pobre ejecuta este sistema clavando las</p>	<p>Lámina metálica, teja.</p>	<p>Son fabricadas con láminas de techo y estructuras de madera.</p>	<p>Por lo general, de tierra apisonada</p>

	lámina a una estructura de madera que sirve como pared.			
Mixta de Ladrillo de Barro	Se basa en el uso de ladrillos de barro cocidos en hornos artesanales y se producen 2 tipos: el ladrillo calavera y el de obra, se pega con cemento de canto y puede aplicarse un repello.	Puede usar las tejas, fibrocemento, o teja de cemento.	El ladrillo cocido usado en paredes es liviano, aislante, resistente, con excelente adherencia al mortero y a precios accesibles. La pared requiere elementos estructurales que permiten una mejor cohesión.	Pueden ser de ladrillo, comúnmente visto en la zona urbana, y de tierra pisada en la zona rural.
Mixta de Bloque de Cemento	Los estándares de fabricación son en base a las normas técnicas ASTM, se utilizan en cualquier tipo de edificación pero muy convenientemente en edificios, fabricas, etc.	Se utilizan las tejas, planchas de fibrocemento, y la lámina.	Son paredes de acabado fino, con un sistema estructural que le permite una mejor resistencia a eventos como sismos o algún otro fenómeno natural.	Casi siempre se emplea el piso de ladrillo (baldosas) o pisos de cemento.

Anexo No 4. Población de 10 años o más por condición de analfabetismo según sexo y grupo de edad.

Grupo de edad (años)	M	%	F	%	Total
10 a 12	25676	52.99	22775	47.01	48451
13 a 15	19542	60.75	12624	39.25	32166
16 a 18	21304	57.04	16043	42.96	37347
19 a 23	26275	50.44	25819	49.56	52094
24 a 28	17161	33.37	34258	66.63	51419
Total	109958	254.59	111519	245.41	221477

Fuente: EHPM 1997.



Anexo No 5. Población de analfabetas y tasas de analfabetismo por departamento, 1998.

Departamento	15 a 24	Tasa (%)	15 a	Tasa (%)
San Salvador	13641	3.61	92274	7.9
La Libertad	11290	8.19	54980	14.41
Sta. Ana	12810	11.44	62287	20.23
San Miguel	10287	11.09	57101	21.88
Sonsonete	10070	11.17	52680	21.7
Chalatenango	2990	6.9	24295	23.14
Cuscatlán	2560	6.2	14674	13.22
Cabañas	5822	20.1	23780	32.38
La Unión	12462	21.21	53292	36.32
Morazán	6605	18.6	34013	36.88
La Paz	4580	7.96	27763	18.27
San Vicente	2992	9.93	18258	22.03
Usulután	9218	12.93	49339	27.07
Ahuachapán	12872	20.52	52632	32.48
Total	118199	169.9	617368	327.9

Fuente: Encuesta de Hogares de Propósitos Múltiples, DIGESTYC, 1998.

Anexo No. 6 Analfabetismo en El Salvador por año.

Tasa de Analfabetismo en El Salvador																
Año	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Tasa de Analfabetismo (%)	30.1	29.6	28.8	27.2	26.3	25.8	20.8	19.5	17.4	19.5	18.1	17.5	16.6	16.6	15.9	15.5

Fuente: DIGESTYC: Encuesta de hogares de propósitos múltiples y cálculos de ABANSA. A partir de 1998, esta tasa se calcula incluyendo a la población de 10 años y más en condición de analfabetismo.

Anexo No.7 Porcentaje de población entre 20 y 60 años, ocupada, según años de estudio.

Años de	% de ocupados
Ninguno	54.0
1 a 5	58.7
6 a 9	68.2
10 a 12	71.1
Más de 12	86.5

Fuente. DIGESTYC. EHPM,

Anexo No.8 Porcentaje de la población por tipo de ocupación, promedio de años estudiados e ingresos en colones.

Tipo de ocupación	% de la población	Promedio de años de estudio	Ingreso promedio anual
Cargos directivos y profesionales de nivel superior	5.3	14.5	154,467
Técnicos y obreros calificados	53.9	6.8	18,582
Trabajadores no calificados	34.9	4.6	3,377
Agricultores y trabajadores calificados agropecuarios y pesqueros	5.9	9.1	2,912

Fuente. DYGESTYC. EHPM, 1998.

Anexo No.9 Salarios mínimos vigentes desde el 1 de septiembre del año 2006.

Rubro	Salario en dólares
Comercio y servicio (diario)	\$5.81
Industria (diario)	\$5.68
Maquila textil y confección (diario)	\$5.24
Trabajadores agropecuarios (diario)	\$2.72
Recolección de cosecha de café por jornada diaria (8 horas)	Salario básico \$2.97
	Séptimo proporcional \$0.50
	Alimentación \$0.34
Recolección de cosecha de café por unidad de obra	Por arroba \$0.59
	Alimentación p/ arroba \$0.07
	Séptimo proporcional se multiplica \$0.10 por el total de arrobas en la semana
	fracciones de arroba (lb. c/u) \$0.024
Recolección de caña de azúcar por jornada diaria (8 horas)	Salario básico \$2.52
	Séptimo proporcional \$0.42
	Alimentación \$0.34
Recolección de caña de azúcar por obra o sistema mixto (rozadores)	Salario básico \$1.26
	Alimentación \$0.17
	Séptimo proporcional se multiplica

	por \$0.21 por el total de la ton de caña de azúcar cortada en la semana
Recolección de la cosecha de algodón por jornada diaria (8 horas)	Salario básico \$2.27
	Séptimo proporcional \$0.38
	Alimentación \$0.34
Recolección de la cosecha de algodón por obra o sistema mixto (cortadores)	Valor libra \$0.023
	Alimentación \$0.03
	Séptimo proporcional se multiplicará por \$0.30 por el total de quintales de algodón recolectados en la semana
Industrias agrícolas de temporada por jornada diaria (8 horas), beneficios de café	\$ 3.93
Industrias agrícolas de temporada por jornada diaria (8 horas), beneficios de algodón e ingenios de azúcar	\$ 2.87

Fuente Ministerio de Trabajo y Previsión Social. D.E. No. 83 de fecha 23 de Agosto de 2006. D.O. No. 156 TOMO 372 de fecha 24 de Agosto de 2006.

Anexo No.10 Proyecciones habitacionales e inversión en vivienda de bajo costo, 2007.

Producto Institucional	Indicadores	Unidad de medida	2007	Responsable
Vivienda y desarrollo urbano	Familias beneficiadas con la legalización de lotes	Familias	10,000	VMVDU
	Familias afectadas por los terremotos de 2001 beneficiadas con subsidios para reconstrucción de vivienda.	Familias	325	
	Familias afectadas por eventos naturales beneficiadas con subsidios para adquisición de vivienda.	Familias	600	
	Familias beneficiadas con subsidios colectivos para acceso de servicios básicos	Familias	4,171	
Inversión Total				5,905,950.79

Fuente: Viceministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano

Anexo No.11 Descripción de materiales constructivos y su uso en la industria de la construcción.

Material	Descripción	Uso en la construcción
Tierra	Sedimentos, acumulaciones, degradaciones consolidadas o no, de partículas sólidas. Por ejemplo, la desintegración física y/o química de las rocas, que genera productos, terrosos de distinta calidad, superficialmente según la profundidad a que se localicen.	Utilizada para hacer paredes, pisos, techos y viviendas enteras. Las técnicas de construcción con tierra más conocida en el país, son el adobe y el bahareque. En los últimos años, se ha incrementado el uso de la tierra estabilizada o mejorada, respecto a sus propiedades físicas y mecánicas, haciéndola más favorable. También, la tierra se utiliza en construcción de presas, rellenos para soportar edificaciones y caminos cuyas subrasantes puedan resistir los pesos que se les transmiten.
Cemento	Es un compuesto, polvo muy fino que en contacto con el agua tiene la propiedad de unirse firmemente, como un pegamento, con diversos tipos de materiales de construcción, después de endurecido	El más utilizado en el país es el cemento Pórtland tipo I ó cemento gris; del cual por su uso existen diferentes tipos: Para albañilería, uso industrial, acabados arquitectónicos con cemento blanco, pavimentos de concreto, fabricación de bloques, ladrillos y tejas; para uso general.

--	--	--



Cal	Producto que resulta de la calcinación y descomposición de las rocas calizas; calentadas a temperaturas superiores a 1900° C, para obtener la cal viva, la cual a su vez está compuesta fundamentalmente de óxido de calcio	Se utiliza para siguientes actividades, entre ellas están: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elaboración de morteros</li> <li>• Repellos</li> <li>• Pinturas</li> </ul>
Materiales metálicos	Se dividen en metales ferrosos y no ferrosos. Los metales ferrosos son aleaciones de hierro con carbón adicionado, y otros elementos, tales como el silicio, magnesio, fósforo y azufre. Los metales no ferrosos poseen un elemento diferente del hierro como constituyente principal, están formados por aleaciones de cobre, aluminio, magnesio, níquel, estaño, plomo y zinc. Los metales y las aleaciones se usan para producir piezas prefabricadas, sometiénolas a laminado, prensado, estirado, forjado y estampado.	Los metales más usados en construcción son: plomo, cobre, zinc, estaño, hierro y aluminio, pueden ser utilizados para hacer estructuras metálicas, varillas de hierro redondas para refuerzo del concreto, mallas electrosoldadas para elementos prefabricados, especialmente paneles para muros y losas, así como refuerzo de muro de contención, cubiertas de techos, tuberías de hierro fundido, barandales, barrotes para balcones, decoración y protección en viviendas, maquinaria y herramientas, accesorios sanitarios, ventanas, puertas, elementos estructurales, vigas y columnas, teniendo que emplear para esto, uniones a base de soldadura eléctrica y autógena o utilizando pernos, tornillos, remaches o roblones.

--	--	--

<p>Materiales sintéticos</p>	<p>Se elaboran de productos de construcción utilizando sustancias compuestas químicamente elaboradas, mediante la combinación de otras más sencillas; obteniendo composiciones y propiedades semejantes a algunos cuerpos naturales.</p>	<p>Los más utilizados son los siguientes: El poliestireno, para fabricar elementos de fibra de vidrio, para recubrimientos, etc. Los silicones, se utilizan para fabricación de láminas espumas aislantes. Los uretanos, son excelentes aislantes térmicos y acústicos. Los acrílicos, se utilizan en componentes decorativos metalizados. Los polietilenos, se utilizan para elaborar tubos, láminas, impermeabilizar techos y cubiertas, etc. Los polipropilenos, se utilizan para elaborar tubos. Los poliestirenos, se utilizan para construcción de paredes, entresijos, fachadas, comisas. Los vinilos, se utilizan para aislamiento de cables eléctricos, baldosas, adhesivos y tubos. El cloruro de polivinilo (PVC), se utiliza para fabricar tuberías hidráulicas, instalaciones eléctricas, para canales de aguas lluvias, baldosas para piso, zócalos, alfombras, accesorios para tuberías, canales y bajantes de agua lluvia, para hacer paredes, ductos telefónicos.</p>

<p>Madera</p>	<p>Conforma el cuerpo de los árboles leñosos, se compone principalmente de celdas largas y huecas, cuyos ejes corren paralelos a la longitud del árbol, y de manera secundaria, de celdas que irradian del eje central del árbol. Es de consistencia dura, procede del tronco y ramas principales de los árboles; las fibras y estructura leñosa determinan su dureza, resistencia, cohesión, elasticidad, densidad.</p>	<p>Son ampliamente usadas en la construcción para obras auxiliares, obras permanentes como pisos, techos, columnas, vigas y elementos para decoración, los árboles maderables mas utilizados son: el castaño, pino, conacaste, cedro, caoba, laurel, teca, Bálsamo, Quebracho, Capulín, Jilguate, Maquilishuat, Matapi, Matasano, Ceiba, aceituno. Otras maderas que sirven para elaborar artesones (armaduría) de techos en vivienda son el conacaste, el volador.</p>
<p>Materiales transformados</p>	<p>Son materiales que para su mejor aprovechamiento se les somete a algún proceso o tratamiento que mejora sus cualidades naturales y calidad, se estandariza para hacerlos comerciales en diferentes alternativas de uso y de adaptación necesaria.</p>	<p>Los materiales más comúnmente utilizados en construcción son: la grava, que se utiliza para hacer concreto, la piedra labrada, utilizada para elaborar baldosas, en pavimentos de calles, construcción de pilares, arranques y claves en arcos de mampostería, las piedras aserradas, las maderas aserradas, que son maderas ordinarias que se utilizan para vigas y columnas, reglas machihembradas para cielos falsos, pisos y enchapes. Las maderas pesadas, se utilizan preferentemente para obras definitivas. Las maderas finas, se emplean</p>

		para fabricar marcos y hojas de madera para puertas y/o ventanas, closet, barandas de escaleras, cielo falso. Otros materiales mayormente utilizados son; la cal, cemento y el yeso.
--	--	--

Fuente, Tesis de actualización en procesos constructivos con materiales y tecnologías innovadas en la industria de la vivienda, UES 200

Anexo No.12 Tiempos de producción en una vivienda unifamiliar de bajo costo de 36m<sup>2</sup>.

Sistema	Tiempo de ejecución de cimientos	Tiempos de ejecución de paredes	Tiempos de ejecución de estructura de techo y acabados	Tiempo de ejecución total de vivienda tipo unifamiliar
Paredes de concreto moldeado y vaciado in situ	3	6	3	12 días
Mampostería de bloque de concreto estándar	4	10	3	17 días
Panel remallado estructural Covintec	5	12	3	20 días

Fuente: Tecnología cyted en la reconstrucción de El Salvador Proyecto 10 x 10, Fundasal. Guía para la construcción de viviendas de paredes moldeadas y coladas en el sitio, Inmoldecon S.A. de C.V.

Anexos del capítulo II.

Anexo No.13, CC -1, piezas de acero grado 70, que se utilizan para la fundación de solera corrida en el sistema de paredes de concreto.

# ARMACERO

Los armaceros para la construcción MAYACERO, son armaduras para cimientos corridos, columnas, soleras, elaboradas con varilla Jaguar. Tienen estribos o eslabones electro soldados y espaciados que garantiza una distribución uniforme de esfuerzos. La configuración adecuada permite dejar el recubrimiento necesario de concreto lo que garantiza la protección del refuerzo contra la corrosión. Disponibles en medida estándar de 6 metros.

**ARMACERO GRADO 70**  
 LARGO ESTÁNDAR DE 6.00 METROS


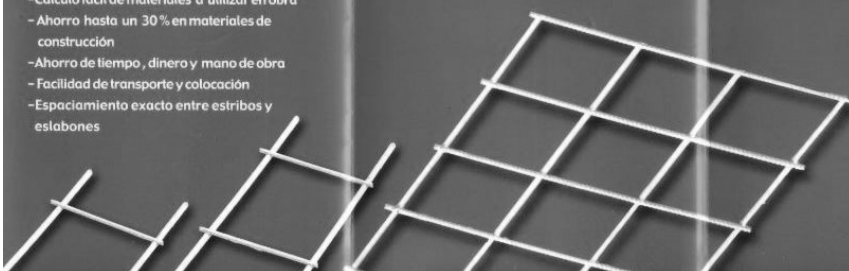
CODIGO	COMO REFUERZO DE	DESCRIPCION
CC - 1	Cimiento corrido de 15 X 30 cm	3 varillas de 5.50 mm + eslabones de 5.50 mm a cada 15 cm
CC - 2	Cimiento corrido de 20 X 40 cm	4 varillas de 6.20 mm + eslabones de 5.50 mm a cada 15 cm
S - 1	Solera y/o mocheta de 10 X 10 cm	2 varillas de 6.20 mm + eslabones de 4.50 mm a cada 20 cm
S - 2	Solera y/o mocheta de 15 X 10 cm	2 varillas de 6.20 mm + eslabones de 4.50 mm a cada 20 cm
C - 2	Columna o solera de 15 x 15 cm	4 varillas de 6.20 mm + estribos de 4.50 mm a cada 20 cm
C - 23	Columna o solera de 15 x 20 cm	4 varillas de 6.20 mm + estribos de 4.50 mm a cada 20 cm
C - 25	Columna o solera de 15 x 15 cm	4 varillas de 9.50 mm + estribos de 5.50 mm a cada 20 cm

Cumple normas del ACI y FHA para refuerzo de concreto. Las armaduras para la construcción ARMACERO vienen listas para colocar y fundir.

**VENTAJAS:**

- Cálculo fácil de materiales a utilizar en obra
- Ahorro hasta un 30 % en materiales de construcción
- Ahorro de tiempo, dinero y mano de obra
- Facilidad de transporte y colocación
- Espaciamiento exacto entre estribos y eslabones

Contamos con un estricto control de calidad apoyado por nuestro moderno laboratorio que permite medir la calidad de la cerruga, la resistencia a la tensión de la varilla y la resistencia de la unión electro soldada entre varillas.

Anexo No.14. Electromalla que se utiliza en el sistema de paredes de concreto, moldeado y vaciado in situ.

**ELECTROMAYA**

Rapidez, ahorro en tiempo y dinero con malla electrosoldada de MAYACERO.

Emparrillados electrosoldados de hierro para la construcción marca Jaguar, lisos o corrugados.

La electromaya estándar de Mayacero, es fabricada con hierro de alta resistencia, en planchas de 2.35 metros de ancho por 6 metros de largo, cuadros de 15 centímetros por lado (6 pulgadas).

**Aplicaciones:**  
 Losas o terrazas  
 Tubos de concreto  
 Paredes  
 Piscinas  
 Pisos  
 Calles  
 Canchas  
 Cisternas  
 Muros de contención  
 Decoraciones  
 Y mucho más

**Ventajas:**  
 Ahorro en tiempo y dinero  
 Espaciamiento exacto  
 Calidad y resistencia en la soldadura  
 Variedad de calibres  
 Cumple con estándares de calidad mundial  
 Posibilidad de fabricar mallas especiales:  
 diámetro de varillas y/o medidas del cuadro especiales

# ELECTROMAYA

**ELECTROMAYA**

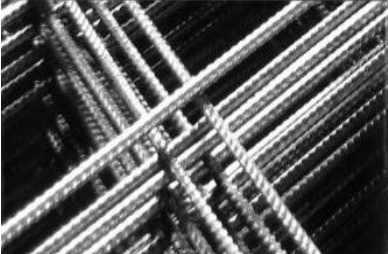
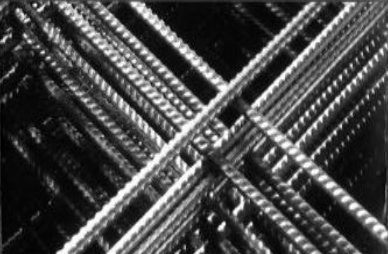
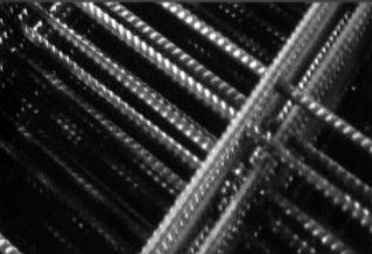
LIMITE MINIMO DE FLUENCIA  $F_y = 5000 \text{ kg/cm}^2$ , AREA = 14.10 metros cuadrados

TIPO	Diámetro mm	Area varilla cm <sup>2</sup>	PESO			Area ref. cm <sup>2</sup> /ml	Tipo de varilla	Sustituye refuerzo tradicional en ambos sentidos
			kg / m <sup>2</sup>	kg/plancha	lb/plancha			
6 X 6 10 / 10	3.43	0.092	0.98	13.77	30.37	0.62	lisa	varilla 1/4" @ 30 centímetros
6 X 6 9 / 9	3.80	0.113	1.18	16.64	36.70	0.76	corrugada	varilla 1/4" @ 25 centímetros
6 X 6 8 / 8	4.11	0.133	1.41	19.87	43.83	0.88	lisa	var. 1/4" @ 20 ó var. 3/8" @ 45 cms
6 X 6 7 / 7	4.50	0.159	1.68	23.71	52.28	1.06	corrugada	var. 1/4" @ 15 ó var. 3/8" @ 35 cms
6 X 6 6 / 6	4.88	0.187	1.98	27.89	61.50	1.25	lisa	varilla 3/8" @ 30 centímetros
6 X 6 4.54.5"	5.50	0.238	2.50	35.30	77.84	1.58	corrugada	var. 3/8" @ 25 ó var. 1/2" @ 45 cms
6 X 6 4 / 4	5.72	0.257	2.72	38.31	84.49	1.71	lisa	var. 3/8" @ 20 ó var. 1/2" @ 40 cms
6 X 6 3 / 3	6.20	0.302	3.19	44.99	99.23	2.01	corrugada	varilla 1/2" @ 30 centímetros
6 X 6 2 / 2	6.65	0.347	3.70	52.12	114.95	2.32	lisa	var. 3/8" @ 15 ó var. 1/2" @ 30 cms

TRASLAPE	
REFUERZO	TRASLAPE cm
Por temperatura	15
Estructural	30

Contamos con un estricto control de calidad apoyado por nuestro moderno laboratorio, que permite medir la calidad de la corruga, la resistencia a la tensión de la varilla y la resistencia de la unión electrosoldada entre varillas.

La electromaya le brinda además, una amplia variedad de calibres y medidas especiales, en plancha y rollo, que son fabricados conforme normas: Alemana DIN 488, Americana ASTM A496 y A497, ASWG, guatemalteca COGUANOR NGO 36019, 36020 y 36021.

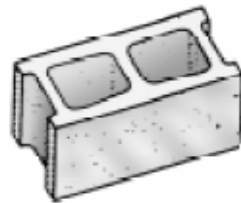




Anexo No.15 Vivienda construida con bloque hueco estándar, hecho de concreto lávico o escoria volcánica molida.



Mitad Bloque 15 x 20 x 20 cm.



Strecher 15 x 20 x 40

Anexo No.16. Bloques estándares utilizados (Tipo Saltex)



Anexo No.17 Armadura de las paredes en el sistema de paredes de concreto moldeado y vaciado in situ.



Anexo No. 18 Ductileria hidráulica en el sistema de paredes de concreto moldeado y vaciado in situ.



Anexo No.19. Moldeado de las paredes en el sistema de paredes de concreto moldeado y vaciado in situ.

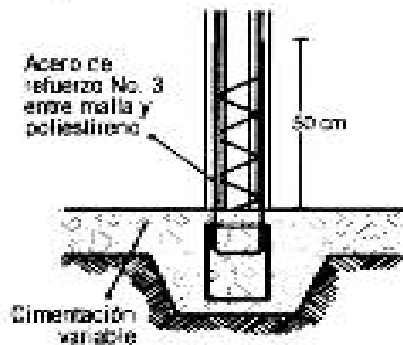
Anexo No.20 Alternativas para realizar el anclaje del panel de poliestireno a la cimentación.

## PASO 1 MURO

Para fijar el Aísla-Panel en la cimentación podrán emplearse los siguientes tipos de anclaje:

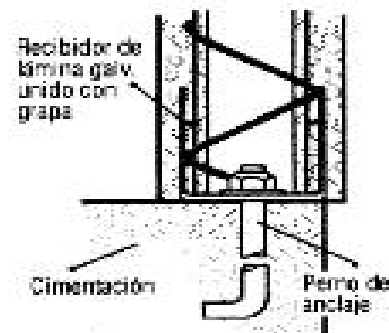
### Alternativa 1:

Varillas de refuerzo de 3/8" en forma de "U" de 11 cm. de ancho colocadas por la parte lateral de la malla con 40 cm. entre ellas.



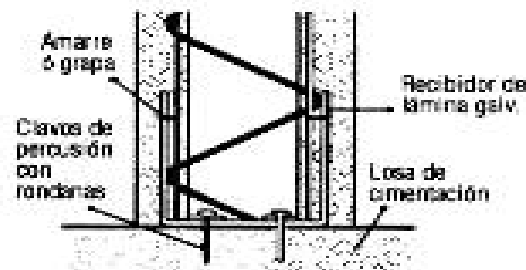
### Alternativa 2:

Recibidor de lámina galvanizada con perno de anclaje



### Alternativa 3:

Recibidor de lámina galvanizada con clavos de percusión.



Previo al colado debe cuidarse el alineamiento de las anclas, así como de las instalaciones

(Ver alternativa  
No. 1)

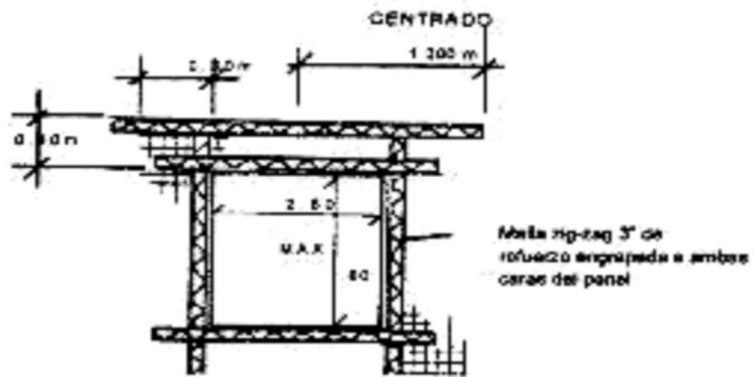


Anexo No.21. Montaje de paneles entre las varillas de refuerzo de 3/8" de diámetro.

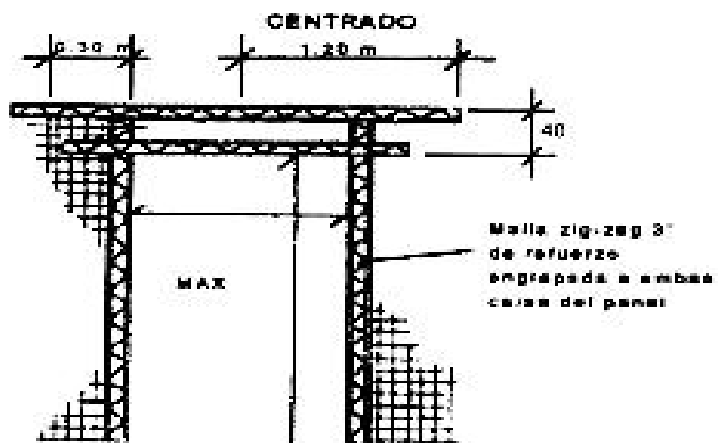


Anexo No.22. Colocación de malla unión entre los paneles.

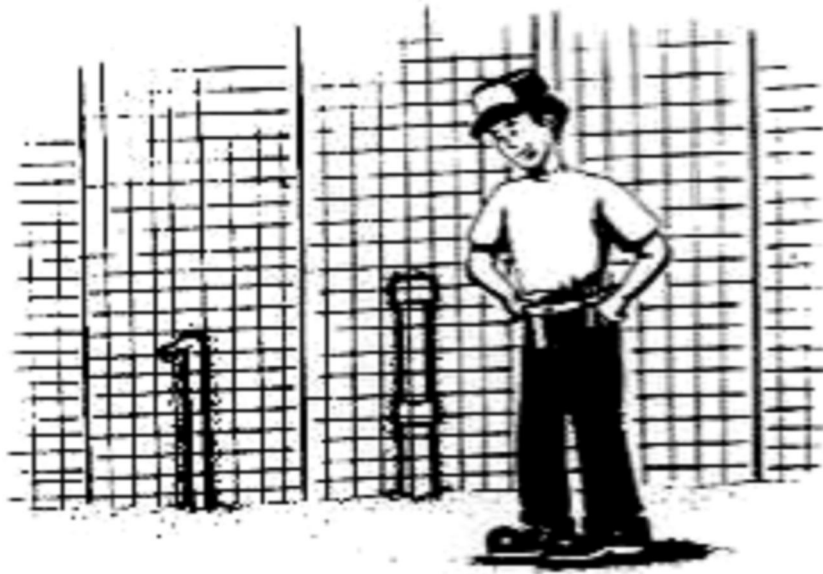
### REFUERZO EN CLARO DE VENTANAS



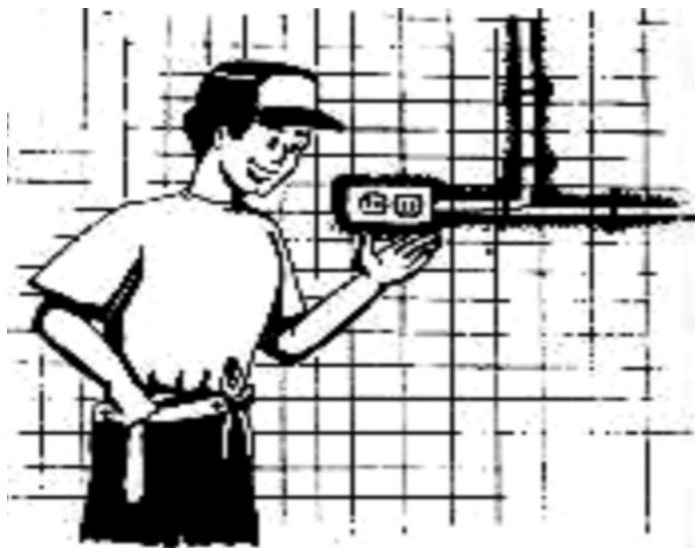
### REFUERZO EN CLARO DE PUERTAS



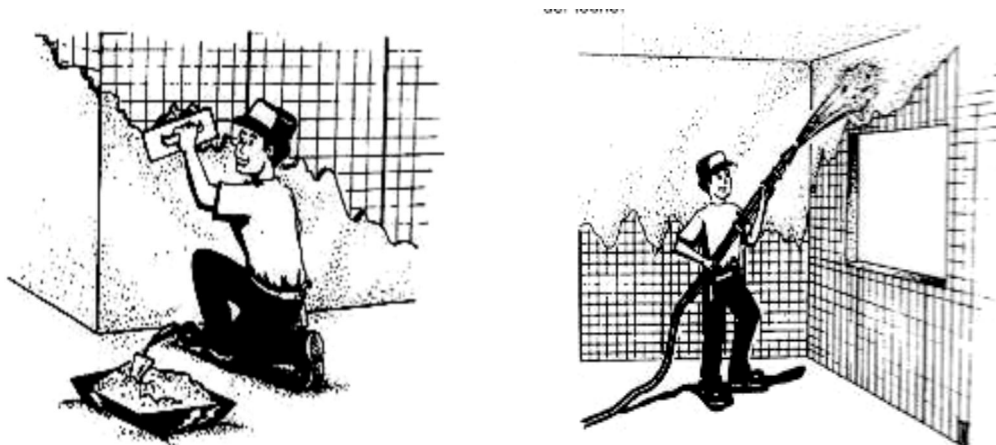
Anexo No.23. Refuerzo en claro de ventanas y puertas.



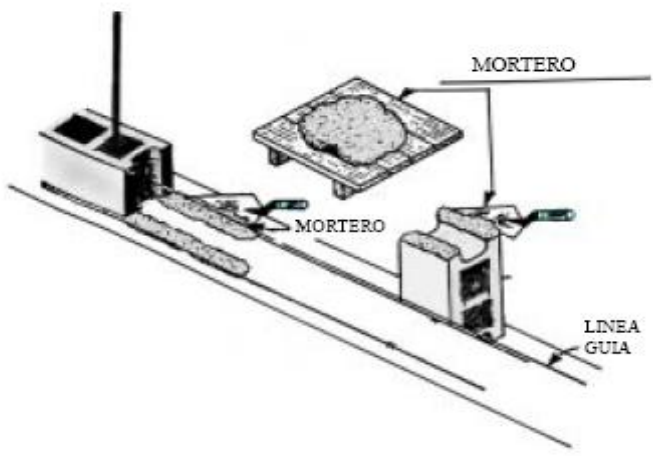
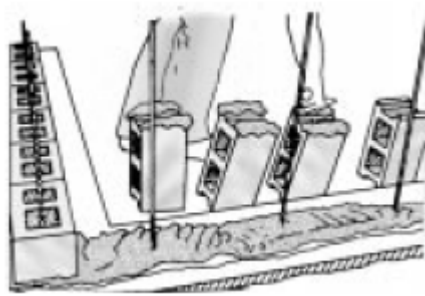
Anexo No.24. Colocación de instalaciones hidráulicas y sanitarias entre el poliestireno y electromalla.



Anexo No.25. Colocación de instalación eléctrica entre le poliestireno y electromalla.

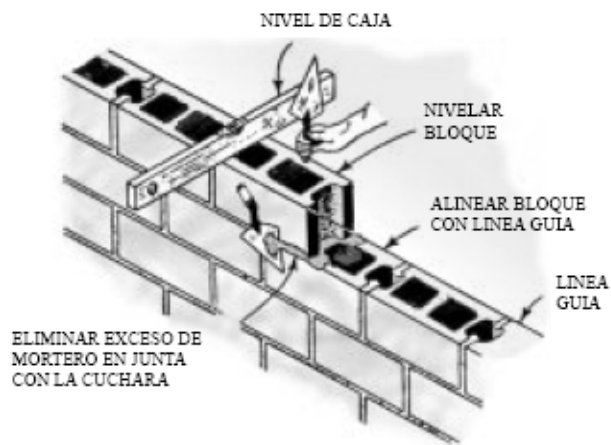


Anexo No.26. Recubrimiento de paredes en forma manual o con equipo.

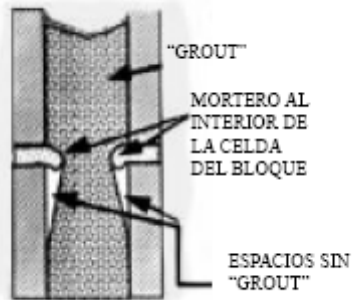


Anexo No.27 Colocación de mortero.



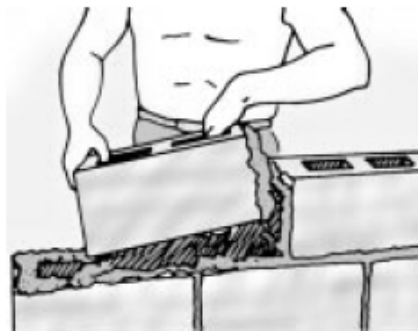


Anexo No.28 Colocación de bloques.



Anexo No 29 Grout.

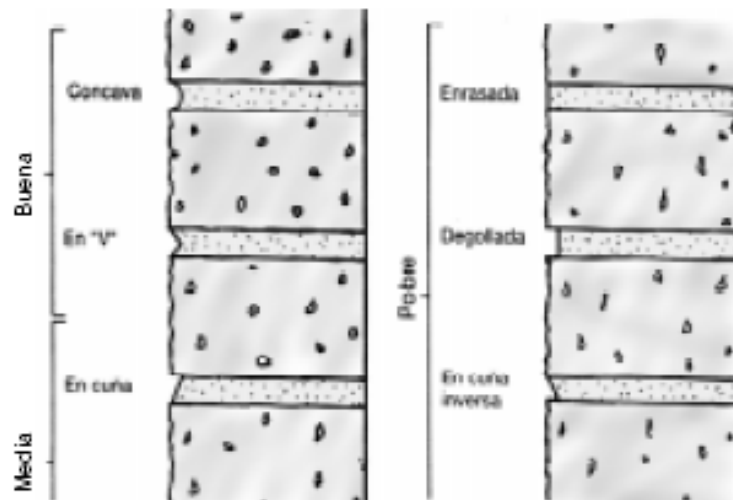
<sup>1</sup> al mencionar grout, se hace equivalente a la lechada



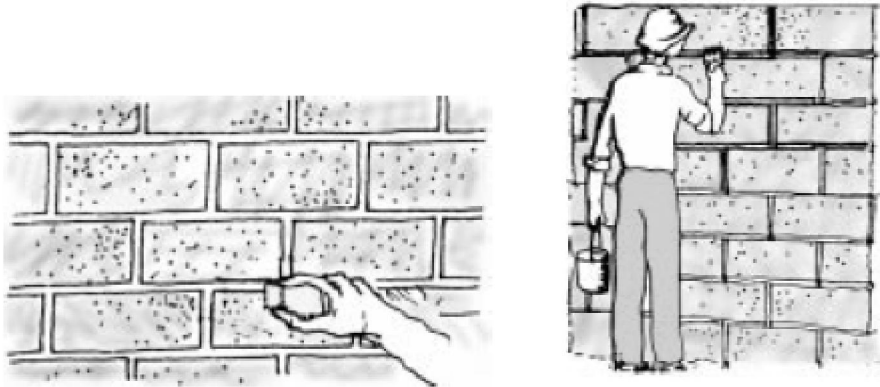
Anexo. No.30 Pegamento de bloques.



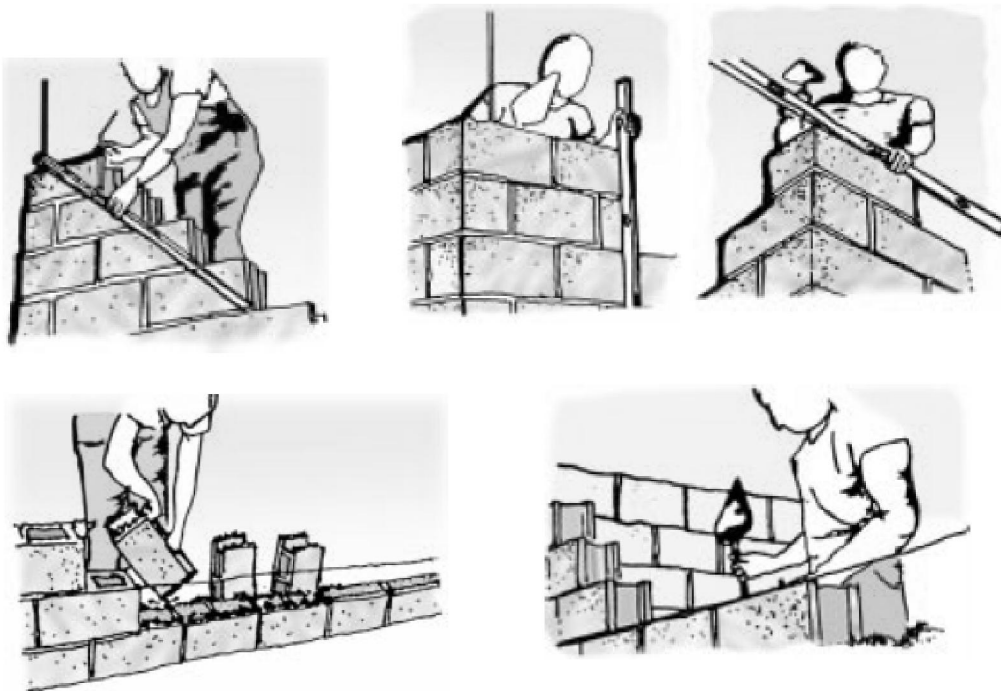
Anexo No.31 Quitando el exceso de mortero.



Anexo No.32. Tipos de juntas de acuerdo con su resistencia a la intemperie.



Anexo No.33 Acabados en pared de bloque de concreto.



Anexo No.34 Nivelación de paredes de bloque de concreto estándar.

Anexos del capítulo III.

Anexo No.35 Análisis de factor de prestaciones.

Ítem	Factores	Unidad	Cantidad	Subtotal
	Auxiliares			
1.00	salario diario	día	\$8.45	
2.00	salario en un año	dia	365.00	\$3,084.25
3.00	cuota patronal ISSS	%	7.50	\$231.32
4.00	cuota patronal AFP	%	6.25	\$192.77
5.00	Vacaciones y aguinaldos	%	14.00	\$431.80
6.00	Prima de seguro	\$/mes	\$1.5x12	\$18.00
	TOTAL			\$3,958.13
PARA UN AÑO DE TRABAJO				
	DIAS		TOTAL	
	Domingos		52	
	Sábados		26	
	Asuetos		15	
	Incapacidad ISSS		6	
	Día del Sindicato		1	
	Permisos		6	
	Imprevistos		6	
	Total		112	

- Días efectivamente laborales:  
 $365 - 112 = 253$  días

- Salario efectivo por día:  

$$\text{Salario} = \frac{\$3958.13}{253 \text{ días}} = \$15.64$$

- Factor de prestaciones:  

$$\frac{15.64}{8.45} = 1.85$$

Ocuparemos el factor: 1.85

Anexos del capítulo IV.

Anexo No. 36 Norma especial para diseño y construcción de viviendas.



































Anexo. No, 37 Norma ASTM C94/C 94M – 03. Standard specification for ready-mixed concrete.





















Anexo No. 38. Norma ASTM D1557 – 00. Standard test methods for laboratory compaction characteristics of soil using modified effort (56,000ft-lb/ft<sup>3</sup> (2,700 kN-m/m<sup>3</sup>))<sup>1</sup>.























Anexos del capítulo V.

Anexo No.39 Métodos de mínimos cuadrados.

El procedimiento mas objetivo para ajustar una recta a un conjunto de datos presentados en un diagrama de dispersión se conoce como "el método de los mínimos cuadrados".

El cual se implemento para formular una curva que proporcionara datos de proyección de costos futuros en cuatro periodos venideros en cada una de las gráficas que presentaban una serie de datos los cuales no formulaban a un inicio una tendencia lineal.















## Standard Specification for Ready-Mixed Concrete<sup>1</sup>

This standard is issued under the fixed designation C 94/C 94M; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon ( $\epsilon$ ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

*This standard has been approved for use by agencies of the Department of Defense.*

### 1. Scope

1.1 This specification covers ready-mixed concrete manufactured and delivered to a purchaser in a freshly mixed and unhardened state as hereinafter specified. Requirements for quality of concrete shall be either as hereinafter specified or as specified by the purchaser. In any case where the requirements of the purchaser differ from these in this specification, the purchaser's specification shall govern. This specification does not cover the placement, consolidation, curing, or protection of the concrete after delivery to the purchaser.

1.2 The values stated in either SI units, shown in brackets, or inch-pound units are to be regarded separately as standard. The values stated in each system may not be exact equivalents; therefore, each system shall be used independently of the other. Combining values from the two systems may result in non-conformance with the standard.

1.3 As used throughout this specification the manufacturer shall be the contractor, subcontractor, supplier, or producer who furnishes the ready-mixed concrete. The purchaser shall be the owner or representative thereof.

1.4 The text of this standard references notes and footnotes which provide explanatory material. These notes and footnotes (excluding those in tables and figures) shall not be considered as requirements of the standard.

### 2. Referenced Documents

#### 2.1 *ASTM Standards:*

- C 31/C 31M Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field<sup>2</sup>
- C 33 Specification for Concrete Aggregates<sup>2</sup>
- C 39/C 39M Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens<sup>2</sup>
- C 109/C 109M Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in. or 50-mm Cube Specimens)<sup>3</sup>

- C 138 Test Method for Unit Weight, Yield, and Air Content (Gravimetric) of Concrete<sup>2</sup>
  - C 143/C 143M Test Method for Slump of Hydraulic Cement Concrete<sup>2</sup>
  - C 150 Specification for Portland Cement<sup>3</sup>
  - C 172 Practice for Sampling Freshly Mixed Concrete<sup>2</sup>
  - C 173 Test Method for Air Content of Freshly Mixed Concrete by the Volumetric Method<sup>2</sup>
  - C 191 Test Method for Time of Setting of Hydraulic Cement by Vicat Needle<sup>3</sup>
  - C 231 Test Method for Air Content of Freshly Mixed Concrete by the Pressure Method<sup>2</sup>
  - C 260 Specification for Air-Entraining Admixtures for Concrete<sup>2</sup>
  - C 330 Specification for Lightweight Aggregates for Structural Concrete<sup>2</sup>
  - C 494 Specification for Chemical Admixtures for Concrete<sup>2</sup>
  - C 567 Test Method for Unit Weight of Structural Lightweight Concrete<sup>2</sup>
  - C 595 Specification for Blended Hydraulic Cements<sup>3</sup>
  - C 618 Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use as a Mineral Admixture in Concrete<sup>2</sup>
  - C 989 Specification for Ground Granulated Blast-Furnace Slag for Use in Concrete and Mortars<sup>2</sup>
  - C 1017 Specification for Chemical Admixtures for Use in Producing Flowing Concrete<sup>2</sup>
  - C 1064 Test Method for Temperature of Freshly Mixed Portland-Cement Concrete<sup>2</sup>
  - C 1077 Practice for Laboratories Testing Concrete and Concrete Aggregates for Use in Construction and Criteria for Laboratory Evaluation<sup>2</sup>
  - C 1157 Performance Specification for Hydraulic Cement<sup>3</sup>
  - D 512 Test Methods for Chloride Ion in Water<sup>4</sup>
  - D 516 Test Method for Sulfate Ion in Water<sup>4</sup>
- #### 2.2 *ACI Documents:*<sup>5</sup>
- CP-1 Technician Workbook for ACI Certification of Concrete Field Testing Technician—Grade I

<sup>1</sup> This specification is under the jurisdiction of ASTM Committee C09 on Concrete and Concrete Aggregates and is the direct responsibility of Subcommittee C09.40 on Ready-Mixed Concrete.

Current edition approved Apr. 10, 2003. Published June 2003. Originally approved in 1933. Last previous edition approved in 2001 as C 94/C 94M-00 $\epsilon$ 2.

<sup>2</sup> *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 04.02.

<sup>3</sup> *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 04.01.

<sup>4</sup> *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 11.01.

<sup>5</sup> Available from American Concrete Institute, 38800 Country Club Drive, Farmington Hills, MI 48331.



**TABLE 1 Recommended Total Air Content for Air-Entrained Concrete<sup>A,B</sup>**

Exposure Condition <sup>C</sup>	Total Air Content, %						
	Nominal Maximum Sizes of Aggregate, in. [mm]						
	3/8 [9.5]	1/2 [12.5]	3/4 [19.0]	1 [25.0]	1 1/2 [37.5]	2 [50.0]	3 [75.0]
Mild	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5
Moderate	6.0	5.5	5.0	4.5	4.5	4.0	3.5
Severe	7.5	7.0	6.0	6.0	5.5	5.0	4.5

<sup>A</sup> For air-entrained concrete, when specified.

<sup>B</sup> Unless exposure conditions dictate otherwise, it is permissible to reduce air contents recommended above by up to 1 % for concretes with specified compressive strength,  $f'_{ci}$ , of 5000 psi [35 MPa] or above.

<sup>C</sup> For description of exposure conditions, refer to Standard Practice ACI 211.1, Section 6.3.3, with attention to accompanying footnotes.

211.1 Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete

211.2 Standard Practice for Selecting Proportions for Structural Lightweight Concrete

301 Standard Specifications for Structural Concrete

305R Hot Weather Concreting

306R Cold Weather Concreting

318 Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary

2.3 Other Documents:

Bureau of Reclamation Concrete Manual<sup>6</sup>

AASHTO T26 Method of Test for Quality of Water to be Used in Concrete<sup>7</sup>

### 3. Basis of Purchase

3.1 The basis of purchase shall be the cubic yard or cubic metre of freshly mixed and unhardened concrete as discharged from the mixer.

3.2 The volume of freshly mixed and unhardened concrete in a given batch shall be determined from the total mass of the batch divided by the mass per unit volume of the concrete. The total mass of the batch shall be calculated either as the sum of the masses of all materials, including water, entering the batch or as the net mass of the concrete in the batch as delivered. The mass per unit volume shall be determined in accordance with Test Method C 138 from the average of at least three measurements, each on a different sample using a 1/2-ft<sup>3</sup> [14-L<sup>3</sup>] container. Each sample shall be taken from the midpoint of each of three different truck loads by the procedure outlined in Practice C 172.

NOTE 1—It should be understood that the volume of hardened concrete may be, or appear to be, less than expected due to waste and spillage, over-excavation, spreading forms, some loss of entrained air, or settlement of wet mixtures, none of which are the responsibility of the producer.

### 4. Ordering Information

4.1 In the absence of designated applicable general specifications, the purchaser shall specify the following:

4.1.1 Designated size, or sizes, of coarse aggregate,

4.1.2 Slump, or slumps, desired at the point of delivery (see Section 6 for acceptable tolerances),

4.1.3 When air-entrained concrete is specified, the air content of the samples taken at the point of discharge from the

transportation unit (see Section 7 and Table 1 for the total air content and tolerances) (Note 2),

4.1.4 Which of Options A, B, or C shall be used as a basis for determining the proportions of the concrete to produce the required quality, and

4.1.5 When structural lightweight concrete is specified, the mass per unit volume as wet mass, air-dry mass, or oven-dry mass (Note 3).

NOTE 2—In selecting the specified air content, the purchaser should consider the exposure conditions to which the concrete will be subjected. Air contents less than shown in Table 1 may not give the required resistance to freezing and thawing, which is the primary purpose of air-entrained concrete. Air contents higher than the levels shown may reduce strength without contributing any further improvement of durability.

NOTE 3—The mass per unit volume of fresh concrete, which is the only unit mass determinable at the time of delivery, is always higher than the air-dry or oven-dry mass. Definitions of, and methods for determining or calculating air-dry and oven-dry masses, are covered by Test Method C 567.

#### 4.2 Option A:

4.2.1 When the purchaser requires the manufacturer to assume full responsibility for the selection of the proportions for the concrete mixture (Note 4), the purchaser shall also specify the following:

4.2.1.1 Requirements for compressive strength as determined on samples taken from the transportation unit at the point of discharge evaluated in accordance with Section 17. The purchaser shall specify the requirements in terms of the compressive strength of standard specimens cured under standard laboratory conditions for moist curing (see Section 17). Unless otherwise specified the age at test shall be 28 days.

NOTE 4—The purchaser, in selecting requirements for which he assumes responsibility should give consideration to requirements for workability, placeability, durability, surface texture, and density, in addition to those for structural design. The purchaser is referred to Standard Practice ACI 211.1 and Standard Practice ACI 211.2 for the selection of proportions that will result in concrete suitable for various types of structures and conditions of exposure. The water-cement ratio of most structural lightweight concretes cannot be determined with sufficient accuracy for use as a specification basis.

4.2.2 At the request of the purchaser, the manufacturer shall, prior to the actual delivery of the concrete, furnish a statement to the purchaser, giving the dry masses of cement and saturated surface-dry-masses of fine and coarse aggregate and quantities, type, and name of admixtures (if any) and of water per cubic yard or cubic metre of concrete that will be used in the manufacture of each class of concrete ordered by the purchaser. He shall also furnish evidence satisfactory to the purchaser that

<sup>6</sup> Available from Superintendent of Documents, U. S. Government Printing Office, Washington, DC 20402.

<sup>7</sup> Available from the American Association of State Highway and Transportation Officials, 444 N. Capitol St., NW, Suite 225, Washington, DC 20001.

the materials to be used and proportions selected will produce concrete of the quality specified.

**4.3 Option B:**

4.3.1 When the purchaser assumes responsibility for the proportioning of the concrete mixture, he shall also specify the following:

4.3.1.1 Cement content in bags or pounds per cubic yard [kilograms per cubic metre] of concrete,

4.3.1.2 Maximum allowable water content in gallons per cubic yard [litres per cubic metre] of concrete, including surface moisture on the aggregates, but excluding water of absorption (Note 4), and

4.3.1.3 If admixtures are required, the type, name, and dosage to be used. The cement content shall not be reduced when admixtures are used under this option without the written approval of the purchaser.

4.3.2 At the request of the purchaser, the manufacturer shall, prior to the actual delivery of the concrete, furnish a statement to the purchaser giving the sources, densities, and sieve analyses of the aggregates and the dry masses of cement and saturated-surface-dry masses of fine and coarse aggregate and quantities, type and name of admixture (if any) and of water per cubic yard or cubic metre of concrete that will be used in the manufacture of each class of concrete ordered by the purchaser.

**4.4 Option C:**

4.4.1 When the purchaser requires the manufacturer to assume responsibility for the selection of the proportions for the concrete mixture with the minimum allowable cement content specified (Note 5), the purchaser shall also specify the following:

4.4.1.1 Required compressive strength as determined on samples taken from the transportation unit at the point of discharge evaluated in accordance with Section 17. The purchaser shall specify the requirements for strength in terms of tests of standard specimens cured under standard laboratory conditions for moist curing (see Section 17). Unless otherwise specified the age at test shall be 28 days.

4.4.1.2 Minimum cement content in bags or pounds per cubic yard [kilograms per cubic metre] of concrete.

4.4.1.3 If admixtures are required, the type, name, and dosage to be used. The cement content shall not be reduced when admixtures are used.

NOTE 5—Option C can be distinctive and useful only if the designated minimum cement content is at about the same level that would ordinarily be required for the strength, aggregate size, and slump specified. At the same time, it must be an amount that will be sufficient to ensure durability under expected service conditions, as well as satisfactory surface texture and density, in the event specified strength is attained with it. For additional information refer to Standard Practice ACI 211.1 and Standard Practice 211.2 referred to in Note 4.

4.4.2 At the request of the purchaser, the manufacturer shall, prior to the actual delivery of the concrete, furnish a statement

to the purchaser, giving the dry masses of cement and saturated surface-dry masses of fine and coarse aggregate and quantities, type, and name of admixture (if any) and of water per cubic yard or cubic metre of concrete that will be used in the manufacture of each class of concrete ordered by the purchaser. He shall also furnish evidence satisfactory to the purchaser that the materials to be used and proportions selected will produce concrete of the quality specified. Whatever strengths are attained the quantity of cement used shall not be less than the minimum specified.

4.5 The proportions arrived at by Options A, B, C for each class of concrete and approved for use in a project shall be assigned a designation to facilitate identification of each concrete mixture delivered to the project. This is the designation required in 13.1.7 and supplies information on concrete proportions when they are not given separately on each delivery ticket as outlined in 13.2. A certified copy of all proportions as established in Options A, B, or C shall be on file at the batch plant.

4.6 The purchaser shall ensure that the manufacturer is provided copies of all reports of tests performed on concrete samples taken to determine compliance with specification requirements. Reports shall be provided on a timely basis.

**5. Materials**

5.1 In the absence of designated applicable specifications covering requirements for quality of materials, the following specifications shall govern:

5.1.1 *Cement*—Cement shall conform to Specification C 150, Specification C 595, or Specification C 1157 (see Note 6). The purchaser shall specify the type or types required, but if no type is specified, the requirements of Type I as prescribed in Specification C 150 shall apply.

NOTE 6—These different cements will produce concretes of different properties and should not be used interchangeably.

5.1.2 *Aggregates*—Aggregates shall conform to Specification C 33 or Specification C 330 if lightweight concrete is specified by the purchaser.

**5.1.3 Water:**

5.1.3.1 The mixing water shall be clear and apparently clean. If it contains quantities of substances which discolor it or make it smell or taste unusual or objectionable or cause suspicion, it shall not be used unless service records of concrete made with it or other information indicates that it is not injurious to the quality of the concrete. Water of questionable quality shall be subject to the acceptance criteria of Table 2.

5.1.3.2 Wash water from mixer washout operations is permitted to be used for mixing concrete provided tests of wash water comply with the physical test limits of Table 2. Wash water shall be tested at a weekly interval for approximately 4 weeks, and thereafter at a monthly interval provided no single

**TABLE 2 Acceptance Criteria for Questionable Water Supplies**

	Limits	Test Method
Compressive strength, min % control at 7 days	90	C 109/C 109M <sup>A</sup>
Time of set, deviation from control, h: min	from 1:00 early to 1:30 later	C 191 <sup>A</sup>

<sup>A</sup> Comparisons shall be based on fixed proportions and the same volume of test water compared to control mix using city water or distilled water.

test exceeds the applicable limit (Note 7). Optional chemical limits in Table 3 shall be specified by the purchaser when appropriate for the construction. The testing frequency for chemical limits shall be as given above or as specified by the purchaser.

NOTE 7—When recycled wash water is used, attention should be given to effects on the dosage rate and batching sequence of air-entraining and other chemical admixtures, and a uniform amount should be used in consecutive batches.

5.1.4 *Mineral Admixtures*—Coal fly ash and raw or calcined natural pozzolan shall conform to Specification C 618 as applicable.

5.1.5 *Ground Granulated Blast-Furnace Slag*—Ground granulated blast-furnace slag shall conform to Specification C 989.

5.1.6 *Air-Entraining Admixtures*—Air-entraining admixtures shall conform to Specification C 260 (Note 8).

5.1.7 *Chemical Admixtures*—Chemical admixtures shall conform to either Specification C 494 or C 1017 as applicable (Note 8).

NOTE 8—In any given instance, the required dosage of air-entraining, accelerating, and retarding admixtures may vary. Therefore, a range of dosages should be allowed which will permit obtaining the desired effect.

## 6. Tolerances in Slump

6.1 Unless other tolerances are included in the project specifications, the following shall apply.

6.1.1 When the project specifications for slump are written as a “maximum” or “not to exceed” requirement:

	Specified slump:	
	If 3 in. [75 mm] or less	If more than 3 in. [75 mm]
Plus tolerance:	0	0
Minus tolerance:	1½ in. [40 mm]	2½ in. [65 mm]

This option is to be used only if one addition of water is permitted on the job provided such addition does not increase the water-cement ratio above the maximum permitted by the specifications.

6.1.2 When the project specifications for slump are *not* written as a “maximum” or “not to exceed” requirement:

## Tolerances for Nominal Slumps

For Specified Slump of:	Tolerance
2 in. [50 mm] and less	±½ in. [15 mm]
More than 2 through 4 in. [50 to 100 mm]	±1 in. [25 mm]
More than 4 in. [100 mm]	±1½ in. [40 mm]

6.2 Concrete shall be available within the permissible range of slump for a period of 30 min starting either on arrival at the job site or after the initial slump adjustment permitted in 11.7, whichever is later. The first and last ¼ yd<sup>3</sup> or ¼ m<sup>3</sup> discharged are exempt from this requirement. If the user is unprepared for discharge of the concrete from the vehicle, the producer shall not be responsible for the limitation of minimum slump after 30 min have elapsed starting either on arrival of the vehicle at the prescribed destination or at the requested delivery time, whichever is later.

## 7. Air-Entrained Concrete

7.1 When air-entrained concrete is desired the purchaser shall specify the total air content of the concrete. See Table 1 for recommended total air contents (Note 8).

7.2 The air content of air-entrained concrete when sampled from the transportation unit at the point of discharge shall be within a tolerance of ± 1.5 of the specified value.

7.3 When a preliminary sample taken within the time limits of 11.7 and prior to discharge for placement shows an air content below the specified level by more than the allowable tolerance in accordance with 7.2, the manufacturer may use additional air entraining admixture to achieve the desired air content level, followed by a minimum of 30 revolutions at mixing speed, so long as the revolution limit of 11.7 is not exceeded (see Note 9).

NOTE 9—Acceptance sampling and testing in accordance with Practice C 172 is not obviated by this provision.

## 8. Measuring Materials

8.1 Except as otherwise specifically permitted, cement shall be measured by mass. When mineral admixtures (including ground granulated blast-furnace slag, coal fly ash, silica fume, or other pozzolans) are specified in the concrete proportions, the cumulative mass is permitted to be measured with cement, but in a batch hopper and on a scale which is separate and distinct from those used for other materials. The mass of the

**TABLE 3 Optional Chemical Limits for Wash Water**

	Limits	Test Method <sup>A</sup>
Chemical requirements, maximum concentration in mixing water, ppm <sup>B</sup>		
Chloride as Cl, ppm:		D 512
Prestressed concrete or in bridge decks	500 <sup>C</sup>	
Other reinforced concrete in moist environments or containing aluminum embedments or dissimilar metals or with stay-in-place galvanized metal forms	1000 <sup>C</sup>	
Sulfate as SO <sub>4</sub> , ppm	3000	D 516
Alkalies as (Na <sub>2</sub> O + 0.658 K <sub>2</sub> O), ppm	600	
Total solids, ppm	50 000	AASHTO T26

<sup>A</sup> Other test methods that have been demonstrated to yield comparable results are permitted to be used.

<sup>B</sup> Wash water used as mixing water in concrete is allowed to exceed the listed concentrations if it can be shown that the concentration calculated in the total mixing water, including mixing water on the aggregates and other sources does not exceed the stated limits.

<sup>C</sup> For conditions allowing use of CaCl<sub>2</sub> accelerator as an admixture, the chloride limitation is permitted to be waived by the purchaser.

cement shall be measured before mineral admixtures. When the quantity of cement exceeds 30 % of the full capacity of the scale, the quantity of the cement shall be within  $\pm 1$  % of the required mass, and the cumulative quantity of cement plus mineral admixtures shall also be within  $\pm 1$  % of the required mass. For smaller batches to a minimum of 1 yd<sup>3</sup> [1 m<sup>3</sup>], the quantity of the cement and the cumulative quantity of cement plus mineral admixture used shall be not less than the required amount nor more than 4 % in excess. Under special circumstances approved by the purchaser, cement is permitted to be measured in bags of standard mass (Note 10). No fraction of a bag of cement shall be used unless its mass has been determined.

NOTE 10—In the United States the standard mass of a bag of portland cement is 94 lb [42.6 kg]  $\pm 3$  %.

8.2 Aggregate shall be measured by mass. Batch mass measurements shall be based on dry materials and shall be the required masses of dry materials plus the total mass of moisture (both absorbed and surface) contained in the aggregate. The quantity of aggregate used in any batch of concrete as indicated by the scale shall be within  $\pm 2$  % of the required mass when the mass is measured in individual aggregate weigh batchers. In a cumulative aggregate weigh batcher, the cumulative weight after each successive weighing shall be within  $\pm 1$  % of the required cumulative amount up to that point when the scale is used in excess of 30 % of its capacity. For cumulative weights for less than 30 % of scale capacity, the tolerance shall be  $\pm 0.3$  % of scale capacity or  $\pm 3$  % of the required cumulative weight, whichever is less.

8.3 Mixing water shall consist of water added to the batch, ice added to the batch, water occurring as surface moisture on the aggregates, and water introduced in the form of admixtures. The added water shall be measured by weight or volume to an accuracy of 1 % of the required total mixing water. Added ice shall be measured by weight. In the case of truck mixers, any wash water retained in the drum for use in the next batch of concrete shall be accurately measured; if this proves impractical or impossible the wash water shall be discharged prior to loading the next batch of concrete. Total water (including any wash water) shall be measured or weighed to an accuracy of  $\pm 3$  % of the specified total amount.

8.4 Admixtures in powdered form shall be measured by mass. Liquid admixtures shall be batched by mass or volume. Admixtures, except mineral admixtures (see 8.1), measured by either mass or volume, shall be batched with an accuracy of  $\pm 3$  % of the total amount required or plus or minus the amount or dosage required for 100 lb [50 kg] of cement, whichever is greater.

NOTE 11—Admixture dispensers of the mechanical type capable of adjustment for variation of dosage, and of simple calibration, are recommended.

## 9. Batching Plant

9.1 Bins with adequate separate compartments shall be provided in the batching plant for fine and for each required size of coarse aggregate. Each bin compartment shall be designed and operated so as to discharge efficiently and freely, with minimum segregation, into the weighing hopper. Means

of control shall be provided so that, as the quantity desired in the weighing hopper is approached, the material shall be shut off with precision. Weighing hoppers shall be constructed so as to eliminate accumulations of tare materials and to discharge fully.

9.2 Indicating devices shall be in full view and near enough to be read accurately by the operator while charging the hopper. The operator shall have convenient access to all controls.

9.3 Scales shall be considered accurate when at least one static load test within each quarter of the scale capacity can be shown to be within  $\pm 0.2$  % of the total capacity of the scale.

9.4 Adequate standard test weights shall be available for checking accuracy. All exposed fulcrums, clevises, and similar working parts of scales shall be kept clean. Beam scales shall be equipped with a balance indicator sensitive enough to show movement when a weight equal to 0.1 % of the nominal capacity of the scale is placed in the batch hopper. Pointer travel shall be a minimum of 5 % of the net-rated capacity of the largest weigh beam for underweight and 4 % for overweight.

9.5 The device for the measurement of the added water shall be capable of delivering to the batch the quantity required within the accuracy required in 8.3. The device shall be so arranged that the measurements will not be affected by variable pressures in the water supply line. Measuring tanks shall be equipped with outside taps and valves to provide for checking their calibration unless other means are provided for readily and accurately determining the amount of water in the tank.

NOTE 12—The scale accuracy limitations of the National Ready Mixed Concrete Association Plant Certification meet the requirements of this specification.

## 10. Mixers and Agitators

10.1 Mixers will be stationary mixers or truck mixers. Agitators will be truck mixers or truck agitators.

10.1.1 Stationary mixers shall be equipped with a metal plate or plates on which are plainly marked the mixing speed of the drum or paddles, and the maximum capacity in terms of the volume of mixed concrete. When used for the complete mixing of concrete, stationary mixers shall be equipped with an acceptable timing device that will not permit the batch to be discharged until the specified mixing time has elapsed.

10.1.2 Each truck mixer or agitator shall have attached thereto in a prominent place a metal plate or plates on which are plainly marked the gross volume of the drum, the capacity of the drum or container in terms of the volume of mixed concrete, and the minimum and maximum mixing speeds of rotation of the drum, blades, or paddles. When the concrete is truck mixed as described in 11.5, or shrink mixed as described in 11.4, the volume of mixed concrete shall not exceed 63 % of the total volume of the drum or container. When the concrete is central mixed as described in 11.3, the volume of concrete in the truck mixer or agitator shall not exceed 80 % of the total volume of the drum or container. Truck mixers and agitators shall be equipped with means to readily verify the number of revolutions of the drum, blades, or paddles.

10.2 All stationary and truck mixers shall be capable of combining the ingredients of the concrete within the specified

time or the number of revolutions specified in 10.5, into a thoroughly mixed and uniform mass and of discharging the concrete so that not less than five of the six requirements shown in Table A1.1 shall have been met.

NOTE 13—The sequence or method of charging the mixer will have an important effect on the uniformity of the concrete.

10.3 The agitator shall be capable of maintaining the mixed concrete in a thoroughly mixed and uniform mass and of discharging the concrete with a satisfactory degree of uniformity as defined by Annex A1.

10.4 Slump tests of individual samples taken after discharge of approximately 15 % and 85 % of the load will provide a quick check of the probable degree of uniformity (Note 14). These two samples shall be obtained within an elapsed time of not more than 15 min. If these slumps differ more than that specified in Annex A1, the mixer or agitator shall not be used unless the condition is corrected, except as provided in 10.5.

NOTE 14—No samples should be taken before 10 % or after 90 % of the batch has been discharged. Due to the difficulty of determining the actual quantity of concrete discharged, the intent is to provide samples that are representative of widely separated portions, but not the beginning and end of the load.

10.5 Use of the equipment is permitted when operation with a longer mixing time, a smaller load, or a more efficient charging sequence will permit the requirements of Annex A1 to be met.

10.6 Mixers and agitators shall be examined or their mass determined as frequently as necessary to detect changes in condition due to accumulations of hardened concrete or mortar and examined to detect wear of blades. When such changes are extensive enough to affect the mixer performance, the proof-tests described in Annex A1 shall be performed to show whether the correction of deficiencies is required.

## 11. Mixing and Delivery

11.1 Ready-mixed concrete shall be mixed and delivered to the point designated by the purchaser by means of one of the following combinations of operations:

11.1.1 *Central-Mixed Concrete.*

11.1.2 *Shrink-Mixed Concrete.*

11.1.3 *Truck-Mixed Concrete.*

11.2 Mixers and agitators shall be operated within the limits of capacity and speed of rotation designated by the manufacturer of the equipment.

11.3 *Central-Mixed Concrete*—Concrete that is mixed completely in a stationary mixer and transported to the point of delivery either in a truck agitator, or a truck mixer operating at agitating speed, or in nonagitating equipment approved by the purchaser and meeting the requirements of Section 12, shall conform to the following: The mixing time shall be counted from the time all the solid materials are in the drum. The batch shall be so charged into the mixer that some water will enter in advance of the cement and aggregate, and all water shall be in the drum by the end of the first one fourth of the specified mixing time.

11.3.1 Where no mixer performance tests are made, the acceptable mixing time for mixers having capacities of 1 yd<sup>3</sup> [0.76 m<sup>3</sup>] or less shall be not less than 1 min. For mixers of

greater capacity, this minimum shall be increased 15 s for each cubic yard [cubic metre] or fraction thereof of additional capacity.

11.3.2 Where mixer performance tests have been made on given concrete mixtures in accordance with the testing program set forth in the following paragraphs, and the mixers have been charged to their rated capacity, the acceptable mixing time is permitted to be reduced for those particular circumstances to a point at which satisfactory mixing defined in 11.3.3 shall have been accomplished. When the mixing time is so reduced the maximum time of mixing shall not exceed this reduced time by more than 60 s for air-entrained concrete.

11.3.3 *Sampling for Uniformity Tests of Stationary Mixers*—Samples of concrete for comparative purposes shall be obtained immediately after arbitrarily designated mixing times, in accordance with one of the following procedures:

11.3.3.1 *Alternative Procedure 1*—The mixer shall be stopped, and the required samples removed by any suitable means from the concrete at approximately equal distances from the front and back of the drum, or

11.3.3.2 *Alternative Procedure 2*—As the mixer is being emptied, individual samples shall be taken after discharge of approximately 15 % and 85 % of the load. The method of sampling shall provide that the samples are representative of widely separated portions, but not from the very ends of the batch (Note 14).

11.3.3.3 The samples of concrete shall be tested in accordance with Section 17, and differences in test results for the two samples shall not exceed those given in Annex A1. Mixer performance tests shall be repeated whenever the appearance of the concrete or the coarse aggregate content of samples selected as outlined in this section indicates that adequate mixing has not been accomplished.

11.4 *Shrink-Mixed Concrete*—Concrete that is first partially mixed in a stationary mixer, and then mixed completely in a truck mixer, shall conform to the following: The time of partial mixing shall be minimum required to intermingle the ingredients. After transfer to a truck mixer the amount of mixing at the designated mixing speed will be that necessary to meet the requirements for uniformity of concrete as indicated in Annex A1. Tests to confirm such performance shall be made in accordance with 11.3.3 and 11.3.3.3. Additional turning of the mixer, if any, shall be at a designated agitating speed.

11.5 *Truck-Mixed Concrete*—Concrete that is completely mixed in a truck mixer, 70 to 100 revolutions at the mixing speed designated by the manufacturer to produce the uniformity of concrete indicated in Annex A1. Concrete uniformity tests shall be made in accordance with 11.5.1 and if requirements for uniformity of concrete indicated in Annex A1 are not met with 100 revolutions of mixing, after all ingredients including water, are in the drum, that mixer shall not be used until the condition is corrected, except as provided in 10.5. When satisfactory performance is found in one truck mixer, the performance of mixers of substantially the same design and condition of blades are permitted to be regarded as satisfactory. Additional revolutions of the mixer beyond the number found to produce the required uniformity of concrete shall be at a designated agitating speed.

11.5.1 *Sampling for Uniformity of Concrete Produced in Truck Mixers*—The concrete shall be discharged at the normal operating rate for the mixer being tested, with care being exercised not to obstruct or retard the discharge by an incompletely opened gate or seal. Separate samples, each consisting of approximately 2 ft<sup>3</sup> [0.1 m<sup>3</sup> approximately] shall be taken after discharge of approximately 15 % and 85 % of the load (Note 14). These samples shall be obtained within an elapsed time of not more than 15 min. The samples shall be secured in accordance with Practice C 172, but shall be kept separate to represent specific points in the batch rather than combined to form a composite sample. Between samples, where necessary to maintain slump, the mixer shall be turned in mixing direction at agitating speed. During sampling the receptacle shall receive the full discharge of the chute. Sufficient personnel must be available to perform the required tests promptly. Segregation during sampling and handling must be avoided. Each sample shall be remixed the minimum amount to ensure uniformity before specimens are molded for a particular test.

11.6 When a truck mixer or truck agitator is used for transporting concrete that has been completely mixed in a stationary mixer, any turning during transportation shall be at the speed designated by the manufacturer of the equipment as agitating speed.

11.7 When a truck mixer or agitator is approved for mixing or delivery of concrete, no water from the truck water system or elsewhere shall be added after the initial introduction of mixing water for the batch except when on arrival at the job site the slump of the concrete is less than that specified. Such additional water to bring the slump within required limits shall be injected into the mixer under such pressure and direction of flow that the requirements for uniformity specified in Annex A1 are met. The drum or blades shall be turned an additional 30 revolutions or more if necessary, at mixing speed, until the uniformity of the concrete is within these limits. Water shall not be added to the batch at any later time. Discharge of the concrete shall be completed within 1½ h, or before the drum has revolved 300 revolutions, whichever comes first, after the introduction of the mixing water to the cement and aggregates or the introduction of the cement to the aggregates. These limitations are permitted to be waived by the purchaser if the concrete is of such slump after the 1½-h time or 300-revolution limit has been reached that it can be placed, without the addition of water, to the batch. In hot weather, or under conditions contributing to quick stiffening of the concrete, a time less than 1½ h is permitted to be specified by the purchaser.

11.8 Concrete delivered in cold weather shall have the applicable minimum temperature indicated in the following table. (The purchaser shall inform the producer as to the type of construction for which the concrete is intended.)

Minimum Concrete Temperature as Placed	
Section Size, in. [mm]	Temperature, min, °F [C]
<12 [<300]	55 [13]
12–36 [300–900]	50 [10]
36–72 [900–1800]	45 [7]
>72 [>1800]	40 [5]

The maximum temperature of concrete produced with heated aggregates, heated water, or both, shall at no time during its production or transportation exceed 90°F [32°C].

NOTE 15—When hot water is used rapid stiffening may occur if hot water is brought in direct contact with the cement. Additional information on cold weather concreting is contained in ACI 306R.

11.9 The producer shall deliver the ready mixed concrete during hot weather at concrete temperatures as low as practicable, subject to the approval of the purchaser.

NOTE 16—In some situations difficulty may be encountered when concrete temperatures approach 90°F [32°C]. Additional information may be found in the Bureau of Reclamation Concrete Manual and in ACI 305R.

## 12. Use of Nonagitating Equipment

12.1 Central-mixed concrete shall be transported in suitable nonagitating equipment approved by the purchaser. The proportions of the concrete shall be approved by the purchaser and the following limitations shall apply:

12.2 Bodies of nonagitating equipment shall be smooth, watertight, metal containers equipped with gates that will permit control of the discharge of the concrete. Covers shall be provided for protection against the weather when required by the purchaser.

12.3 The concrete shall be delivered to the site of the work in a thoroughly mixed and uniform mass and discharged with a satisfactory degree of uniformity as prescribed in Annex A1.

12.4 Slump tests of individual samples taken after discharge of approximately 15 % and 85 % of the load will provide for a quick check of the probable degree of uniformity (Note 14). These two samples shall be obtained within an elapsed time of not more than 15 min. If these slumps differ more than that specified in Table A1.1, the nonagitating equipment shall not be used unless the conditions are corrected as provided in 12.5.

12.5 If the requirements of Annex A1 are not met when the nonagitating equipment is operated for the maximum time of haul, and with the concrete mixed the minimum time, the equipment shall only be used when operated using shorter hauls, or longer mixing times, or combinations thereof that will result in the requirements of Annex A1 being met.

## 13. Batch Ticket Information

13.1 The manufacturer of the concrete shall furnish to the purchaser with each batch of concrete before unloading at the site, a delivery ticket on which is printed, stamped, or written, information concerning said concrete as follows:

13.1.1 Name of ready-mix company and batch plant, or batch plant number,

13.1.2 Serial number of ticket,

13.1.3 Date,

13.1.4 Truck number,

13.1.5 Name of purchaser,

13.1.6 Specific designation of job (name and location),

13.1.7 Specific class or designation of the concrete in conformance with that employed in job specifications,

13.1.8 Amount of concrete in cubic yards (or cubic metres),

13.1.9 Time loaded or of first mixing of cement and aggregates, and

13.1.10 Water added by receiver of concrete and his initials.

13.2 Additional information for certification purposes as designated by the purchaser and required by the job specifications shall be furnished when requested; such information as:

13.2.1 Reading of revolution counter at the first addition of water,

13.2.2 Type, brand, and amount of cement,

13.2.3 Class, brand, and amount of coal fly ash, or raw or calcined natural pozzolans,

13.2.4 Grade, brand, and amount of ground granulated blast-furnace slag,

13.2.5 Type, brand, and amount of silica fume,

13.2.6 Type, brand, and amount of admixtures

13.2.7 Type, brand, and amount of fiber reinforcement,

13.2.8 Source and amount of each metered or weighed water or recycled slurry,

13.2.9 Information necessary to calculate the total mixing water. Total mixing water includes free water on aggregates, batch water (metered or weighed) including ice batched at the plant, wash water retained in the mixing drum, and water added by the truck operator from the mixer tank,

13.2.10 Maximum size of aggregate,

13.2.11 Mass (amount) of fine and coarse aggregate,

13.2.12 Ingredients certified as being previously approved, and

13.2.13 Signature or initials of producer's representative.

#### 14. Plant Inspection

14.1 The manufacturer shall afford the inspector all reasonable access, without charge, for making necessary checks of the production facilities and for securing necessary samples to determine if the concrete is being produced in accordance with this specification. All tests and inspection shall be so conducted as not to interfere unnecessarily with the manufacture and delivery of concrete.

#### 15. Practices, Test Methods, and Reporting

15.1 Test ready-mixed concrete in accordance with the following methods:

15.1.1 *Compression Test Specimens*—Practice C 31/C 31M, using standard moist curing in accordance with the applicable provisions of Practice C 31/C 31M.

15.1.2 *Compression Tests*—Test Method C 39/C 39M.

15.1.3 *Yield, Mass per Cubic Foot*—Test Method C 138.

15.1.4 *Air Content*—Test Method C 138; Test Method C 173 or Test Method C 231.

15.1.5 *Slump*—Test Method C 143/C 143M.

15.1.6 *Sampling Fresh Concrete*—Practice C 172.

15.1.7 *Temperature*—Test Method C 1064.

15.2 The testing laboratory performing acceptance tests of concrete shall meet the requirements of Practice C 1077.

15.3 Laboratory reports of concrete test results used to determine compliance with this specification shall include a statement that all tests performed by the laboratory or its agents were in accordance with the applicable test methods or shall note all known deviations from the prescribed procedures (Note 17). The reports shall also list any part of the test methods not performed by the laboratory.

NOTE 17—Deviation from standard test methods may adversely affect test results.

NOTE 18—Deviation from standard moisture and temperature curing conditions is often a reason for low strength test results. Such deviations may invalidate the use of such test results as a basis for rejection of the concrete.

#### 16. Sampling and Testing Fresh Concrete

16.1 The contractor shall afford the inspector all reasonable access and assistance, without charge, for the procurement of samples of fresh concrete at time of placement to determine conformance of it to this specification.

16.2 Tests of concrete required to determine compliance with this specification shall be made by a certified ACI Concrete Field Testing Technician, Grade I or equivalent. Equivalent personnel certification programs shall include both written and performance examinations as outlined in ACI CP-1.

16.3 Samples of concrete shall be obtained in accordance with Practice C 172, except when taken to determine uniformity of slump within any one batch or load of concrete (10.4, 11.3.3, 11.5.1, and 12.4).

16.4 Slump, air-content, density, and temperature tests shall be made at the time of placement at the option of the inspector as often as is necessary for control checks. In addition, these tests shall be made when specified and always when strength specimens are made.

16.5 Strength tests as well as slump, temperature, density, and air content tests shall generally be made with a frequency of not less than one test for each 150 yd<sup>3</sup> (115 m<sup>3</sup>). Each test shall be made from a separate batch. On each day concrete is delivered, at least one strength test shall be made for each class of concrete.

16.6 If preliminary checks of slump or air content are made, a single sample shall be taken after the discharge of not less than ¼ yd<sup>3</sup> [¼ m<sup>3</sup>]. All other requirements of Practice C 172 shall be retained. If the preliminary measurement of slump (11.7) or air content (7.3) falls outside the specified limits, address as indicated in section 16.6.1 or 16.6.2 as appropriate.

16.6.1 If the measured slump or air content, or both is greater than the specified upper limit, a check test shall be made immediately on a new test sample. In the event the check test fails, the concrete shall be considered to have failed the requirements of the specification.

16.6.2 If the measured slump or air content, or both is less than the lower limit, permit adjustments in accordance with 11.7 or 7.3 or both, as appropriate, and obtain a new sample. If the sample of the adjusted concrete fails, a check test shall be made immediately on a new sample of the adjusted concrete. In the event the check test fails, the concrete shall be considered to have failed the requirements of the specification.

#### 17. Strength

17.1 When strength is used as a basis for acceptance of concrete, standard specimens shall be made in accordance to Practice C 31/C 31M. The specimens shall be cured under standard moisture and temperature conditions in accordance with the applicable provisions of Practice C 31/C 31M. The technician performing the strength test shall be certified as an

ACI Concrete Strength Testing Technician, Concrete Laboratory Testing Technician—Grade II or by an equivalent written and performance test program covering the relevant test methods. If acceptance is based upon compressive strength test results, the certification requirement is satisfied by certification as an ACI Concrete Laboratory Testing Technician—Grade I or by an equivalent written and performance test program.

17.2 For a strength test, at least two standard test specimens shall be made from a composite sample secured as required in Section 16. A test shall be the average of the strengths of the specimens tested at the age specified in 4.2.1.1 or 4.4.1.1 (Note 19). If a specimen shows definite evidence other than low strength, of improper sampling, molding, handling, curing, or testing, it shall be discarded and the strength of the remaining cylinder shall then be considered the test result.

NOTE 19—Additional tests may be made at other ages to obtain information for determining form removal time or when a structure may be put in service. Specimens for such tests are cured according to the section on Field Curing in Practice C 31/C 31M.

17.3 The representative of the purchaser shall ascertain and record the delivery-ticket number for the concrete and the exact location in the work at which each load represented by a strength test is deposited.

17.4 To conform to the requirements of this specification, strength tests representing each class of concrete must meet the following two requirements (Note 20):

17.4.1 The average of any three consecutive strength tests shall be equal to, or greater than, the specified strength,  $f'_{cs}$ , and

17.4.2 No individual strength test shall be more than 500 psi [3.5 MPa] below the specified strength,  $f'_{cs}$ .

NOTE 20—Due to variations in materials, operations, and testing, the average strength necessary to meet these requirements will be substantially higher than the specified strength. The amount higher depends upon the standard deviation of the test results and the accuracy with which that value can be estimated from prior data as explained in ACI 318 and ACI 301. Pertinent data are given in Table 4.

**TABLE 4 Overdesign Necessary to Meet Strength Requirements<sup>A</sup>**

Number of Tests <sup>B</sup>	Standard Deviation, psi					Unknown
	300	400	500	600	700	
15	466	622	851	1122	1392	<sup>C</sup>
20	434	579	758	1010	1261	<sup>C</sup>
30 or more	402	526	665	898	1131	<sup>C</sup>
	Standard Deviation, MPa					Unknown
	2.0	3.0	4.0	5.0	Unknown	
15	3.1	4.7	7.3	10.0	<sup>C</sup>	
20	2.9	4.3	6.6	9.1	<sup>C</sup>	
30 or more	2.7	4.0	5.8	8.2	<sup>C</sup>	

<sup>A</sup> Add the tabulated amounts to the specified strength to obtain the required average strengths.

<sup>B</sup> Number of tests of a concrete mixture used to estimate the standard deviation of a concrete production facility. The mixture used must have a strength within 1000 psi [7.0 MPa] of that specified and be made with similar materials. See ACI 318.

<sup>C</sup> If less than 15 prior tests are available, the overdesign should be 1000 psi [7.0 MPa] for specified strength less than 3000 psi [20 MPa], 1200 psi [8.5 MPa] for specified strengths from 3000 to 5000 psi [20 to 35 MPa] and 1400 psi [10.0 MPa] for specified strengths greater than 5000 psi [35 MPa].

## 18. Failure to Meet Strength Requirements

18.1 In the event that concrete tested in accordance with the requirements of Section 17 fails to meet the strength requirements of this specification, the manufacturer of the ready-mixed concrete and the purchaser shall confer to determine whether agreement can be reached as to what adjustment, if any, shall be made. If an agreement on a mutually satisfactory adjustment cannot be reached by the manufacturer and the purchaser, a decision shall be made by a panel of three qualified engineers, one of whom shall be designated by the purchaser, one by the manufacturer, and the third chosen by these two members of the panel. The question of responsibility for the cost of such arbitration shall be determined by the panel. Its decision shall be binding, except as modified by a court decision.

## 19. Keywords

19.1 accuracy; blended hydraulic cement; certification; ready-mixed concrete; scales; testing

## ANNEX

### (Mandatory Information)

#### A1. CONCRETE UNIFORMITY REQUIREMENTS

A1.1 The variation within a batch as provided in Table A1.1 shall be determined for each property listed as the difference between the highest value and the lowest value obtained from the different portions of the same batch. For this specification the comparison will be between two samples, representing the first and last portions of the batch being tested. Test results conforming to the limits of five of the six tests listed in Table A1.1 shall indicate uniform concrete within the limits of this specification.

A1.2 *Coarse Aggregate Content*, using the washout test, shall be computed from the following relations:

$$P = (c/b) \times 100 \quad (A1.1)$$

where:

- $P$  = mass % of coarse aggregate in concrete,
- $c$  = saturated-surface-dry mass in lb [kg] of aggregate retained on the No. 4 [4.75-mm] sieve, resulting from washing all material finer than this sieve from the fresh concrete, and
- $b$  = mass of sample of fresh concrete in mass per unit volume container, lb [kg].



**TABLE A1.1 Requirements for Uniformity of Concrete**

Test	Requirement, Expressed as Maximum Permissible Difference in Results of Tests of Samples Taken from Two Locations in the Concrete Batch
Mass per cubic foot [mass per cubic meter] calculated to an air-free basis, lb/ft <sup>3</sup> [kg/m <sup>3</sup> ]	1.0 [16]
Air content, volume % of concrete	1.0
Slump:	
If average slump is 4 in. [100 mm] or less, in. [mm]	1.0 [25]
If average slump is 4 to 6 in. [100 to 150 mm], in. [mm]	1.5 [40]
Coarse aggregate content, portion by mass of each sample retained on No. 4 [4.75-mm] sieve, %	6.0
Mass per unit volume of air-free mortar <sup>A</sup> based on average for all comparative samples tested, %	1.6
Average compressive strength at 7 days for each sample, <sup>B</sup> based on average strength of all comparative test specimens, %	7.5 <sup>C</sup>

<sup>A</sup> "Test for Variability of Constituents in Concrete," Designation 26, *Bureau of Reclamation Concrete Manual*, 7th Edition.<sup>6</sup>

<sup>B</sup> Not less than 3 cylinders will be molded and tested from each of the samples.

<sup>C</sup> Approval of the mixer shall be tentative, pending results of the 7-day compressive strength tests.

A1.3 *Mass per Unit Volume of Air Free Mortar* shall be calculated as follows:

*Inch-pound units:*

$$M = \frac{b - c}{V - \left( \frac{V \times A}{100} + \frac{c}{G} \right)} \quad (\text{A1.2})$$

*SI units:*

$$M = \frac{b - c}{V - \left( \frac{V \times A}{100} + \frac{c}{G} \right)} \quad (\text{A1.3})$$

where:

$M$  = mass per unit volume of air-free mortar, lb/ft<sup>3</sup> [kg/m<sup>3</sup>],

$b$  = mass of concrete sample in mass container, lb [kg],

$c$  = saturated-surface-dry mass of aggregate retained on No. 4 [4.75-mm] sieve, lb [kg],

$V$  = volume of mass per unit volume container, ft<sup>3</sup> [m<sup>3</sup>],

$A$  = air content of concrete, %, measured in accordance with 15.1.4 on the sample being tested, and

$G$  = density of coarse aggregate (SSD).

*ASTM International takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.*

*This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM International Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, at the address shown below.*

*This standard is copyrighted by ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-832-9585 (phone), 610-832-9555 (fax), or service@astm.org (e-mail); or through the ASTM website (www.astm.org).*



## Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort (56,000 ft-lbf/ft<sup>3</sup> (2,700 kN-m/m<sup>3</sup>))<sup>1</sup>

This standard is issued under the fixed designation D 1557; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon ( $\epsilon$ ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

### 1. Scope \*

1.1 These test methods cover laboratory compaction methods used to determine the relationship between water content and dry unit weight of soils (compaction curve) compacted in a 4- or 6-in. (101.6 or 152.4 mm) diameter mold with a 10-lbf. (44.5-N) rammer dropped from a height of 18 in. (457 mm) producing a compactive effort of 56,000 ft-lbf/ft<sup>3</sup> (2,700 kN-m/m<sup>3</sup>).

NOTE 1—Soils and soil-aggregate mixtures should be regarded as natural occurring fine- or coarse-grained soils or composites or mixtures of natural soils, or mixtures of natural and processed soils or aggregates such as silt, gravel, or crushed rock.

NOTE 2—The equipment and procedures are the same as proposed by the U.S. Corps of Engineers in 1945. The modified effort test (see 3.2.2) is sometimes referred to as the Modified Proctor Compaction Test.

1.2 These test methods apply only to soils (materials) that have 30 % or less by mass of their particles retained on the 3/4-in. (19.0-mm) sieve.

NOTE 3—For relationships between unit weights and water contents of soils with 30 % or less by weight of material retained on the 3/4-in. (19.0-mm) sieve to unit weights and water contents of the fraction passing the 3/4-in. (19.0-mm) sieve, see Practice D 4718.

1.3 Three alternative methods are provided. The method used shall be as indicated in the specification for the material being tested. If no method is specified, the choice should be based on the material gradation.

#### 1.3.1 Method A:

1.3.1.1 *Mold*—4-in. (101.6-mm) diameter.

1.3.1.2 *Material*—Passing No. 4 (4.75-mm) sieve.

1.3.1.3 *Layers*—Five.

1.3.1.4 *Blows per layer*—25.

1.3.1.5 *Use*—May be used if 20 % or less by mass of the material is retained on the No. 4 (4.75-mm) sieve.

1.3.1.6 *Other Use*—If this method is not specified, materials that meet these gradation requirements may be tested using Methods B or C.

#### 1.3.2 Method B:

1.3.2.1 *Mold*—4-in. (101.6-mm) diameter.

1.3.2.2 *Material*—Passing 3/8-in. (9.5-mm) sieve.

1.3.2.3 *Layers*—Five.

1.3.2.4 *Blows per layer*—25.

1.3.2.5 *Use*—Shall be used if more than 20 % by mass of the material is retained on the No. 4 (4.75-mm) sieve and 20 % or less by mass of the material is retained on the 3/8-in. (9.5-mm) sieve.

1.3.2.6 *Other Use*—If this method is not specified, materials that meet these gradation requirements may be tested using Method C.

#### 1.3.3 Method C:

1.3.3.1 *Mold*—6-in. (152.4-mm) diameter.

1.3.3.2 *Material*—Passing 3/4-in. (19.0-mm) sieve.

1.3.3.3 *Layers*—Five.

1.3.3.4 *Blows per layer*—56.

1.3.3.5 *Use*—Shall be used if more than 20 % by mass of the material is retained on the 3/8-in. (9.53-mm) sieve and less than 30 % by mass of the material is retained on the 3/4-in. (19.0-mm) sieve.

1.3.4 The 6-in. (152.4-mm) diameter mold shall not be used with Method A or B.

NOTE 4—Results have been found to vary slightly when a material is tested at the same compactive effort in different size molds.

1.4 If the test specimen contains more than 5 % by mass of oversize fraction (coarse fraction) and the material will not be included in the test, corrections must be made to the unit weight and water content of the test specimen or to the appropriate field in place density test specimen using Practice D 4718.

1.5 This test method will generally produce well defined maximum dry unit weight for non-free draining soils. If this test method is used for free draining soils the maximum unit weight may not be well defined, and can be less than obtained using Test Methods D 4253.

1.6 The values in inch-pound units are to be regarded as the standard. The values stated in SI units are provided for information only.

1.6.1 In the engineering profession it is customary practice to use, interchangeably, units representing both mass and force, unless dynamic calculations ( $F = Ma$ ) are involved. This implicitly combines two separate systems of units, that is, the

<sup>1</sup> This standard is under the jurisdiction of ASTM Committee D18 on Soil and Rock and is the direct responsibility of Subcommittee D18.03 on Texture, Plasticity and Density Characteristics of Soils.

Current edition approved March 10, 2000. Published September 2000. Originally published as D 1557 – 58. Last previous edition D 1557 – 91 (1998).

absolute system and the gravimetric system. It is scientifically undesirable to combine the use of two separate systems within a single standard. This test method has been written using inch-pound units (gravimetric system) where the pound (lbf) represents a unit of force. The use of mass (lbm) is for convenience of units and is not intended to convey the use is scientifically correct. Conversions are given in the SI system in accordance with IEEE/ASTM SI 10. The use of balances or scales recording pounds of mass (lbm), or the recording of density in lbm/ft<sup>3</sup> should not be regarded as nonconformance with this standard.

1.7 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.*

## 2. Referenced Documents

### 2.1 ASTM Standards:

- C 127 Test Method for Specific Gravity and Absorption of Coarse Aggregate<sup>2</sup>
- C 136 Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates<sup>2</sup>
- D 422 Test Method for Particle-Size Analysis of Soils<sup>3</sup>
- D 653 Terminology Relating to Soil, Rock, and Contained Fluids<sup>3</sup>
- D 698 Test Method for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Standard Effort [12,400 ft-lbf/ft<sup>3</sup> (600 kN-m/m<sup>3</sup>)]<sup>3</sup>
- D 854 Test Method for Specific Gravity of Soils<sup>3</sup>
- D 2168 Test Methods for Calibration of Laboratory Mechanical-Rammer Soil Compactors<sup>3</sup>
- D 2216 Test Method for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass<sup>3</sup>
- D 2487 Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System)<sup>3</sup>
- D 2488 Practice for Description and Identification of Soils (Visual-Manual Procedure)<sup>3</sup>
- D 4220 Practices for Preserving and Transporting Soil Samples<sup>3</sup>
- D 4253 Test Methods for Maximum Index Density of Soils Using a Vibratory Table<sup>3</sup>
- D 4718 Practice for Correction of Unit Weight and Water Content for Soils Containing Oversize Particles<sup>3</sup>
- D 4753 Specification for Evaluating, Selecting and Specifying Balances and Scales For Use in Soil, Rock, and Construction Materials Testing<sup>3</sup>
- D 4914 Test Methods for Density of Soil and Rock in Place by the Sand Replacement Method in a Test Pit<sup>3</sup>
- D 5030 Test Method for Density of Soil and Rock in Place by the Water Replacement Method in a Test Pit<sup>4</sup>
- E 1 Specification for ASTM Thermometers<sup>5</sup>
- E 11 Specification for Wire-Cloth Sieves for Testing Purposes<sup>5</sup>

E 319 Practice for the Evaluation of Single-Pan Mechanical Balances<sup>5</sup>

IEEE/ASTM SI 10 Standard for Use of the International System of Units (SI): The Modern Metric System

## 3. Terminology

3.1 *Definitions*—See Terminology D 653 for general definitions.

3.2 *Definitions of Terms Specific to This Standard:*

3.2.1 *modified effort*—the term for the 56 000 ft-lbf/ft<sup>3</sup> (2700 kN-m/m<sup>3</sup>) compactive effort applied by the equipment and methods of this test.

3.2.2 *modified maximum dry unit weight,  $\gamma_{dmax}$*  (lbf/ft<sup>3</sup> (kN/m<sup>3</sup>))—the maximum value defined by the compaction curve for a compaction test using modified effort.

3.2.3 *modified optimum water content,  $w_o$*  (%)—the water content at which the soil can be compacted to the maximum dry unit weight using modified compactive effort.

3.2.4 *oversize fraction (coarse fraction),  $P_c$*  (%)—the portion of total sample not used in performing the compaction test; it may be the portion of total sample retained on the No. 4 (4.75-mm),  $\frac{3}{8}$ -in. (9.5-mm), or  $\frac{3}{4}$ -in. (19.0-mm) sieve.

3.2.5 *test fraction (finer fraction),  $P_F$*  (%)—the portion of the total sample used in performing the compaction test; it may be fraction passing the No. 4 (4.75-mm) sieve in Method A, minus  $\frac{3}{8}$ -in. (9.5-mm) sieve in Method B, or minus  $\frac{3}{4}$ -in. (19.0-mm) sieve in Method C.

## 4. Summary of Test Method

4.1 A soil at a selected water content is placed in five layers into a mold of given dimensions, with each layer compacted by 25 or 56 blows of a 10-lbf (44.5-N) rammer dropped from a distance of 18-in. (457-mm), subjecting the soil to a total compactive effort of about 56 000 ft-lbf/ft<sup>3</sup> (2700 kN-m/m<sup>3</sup>). The resulting dry unit weight is determined. The procedure is repeated for a sufficient number of water contents to establish a relationship between the dry unit weight and the water content for the soil. This data, when plotted, represent a curvilinear relationship known as the compaction curve. The values of optimum water content and modified maximum dry unit weight are determined from the compaction curve.

## 5. Significance and Use

5.1 Soil placed as engineering fill (embankments, foundation pads, road bases) is compacted to a dense state to obtain satisfactory engineering properties such as, shear strength, compressibility, or permeability. Also, foundation soils are often compacted to improve their engineering properties. Laboratory compaction tests provide the basis for determining the percent compaction and water content needed to achieve the required engineering properties, and for controlling construction to assure that the required compaction and water contents are achieved.

5.2 During design of an engineered fill, shear, consolidation, permeability, or other tests require preparation of test specimens by compacting at some water content to some unit weight. It is common practice to first determine the optimum water content ( $w_o$ ) and maximum dry unit weight ( $\gamma_{dmax}$ ) by means of a compaction test. Test specimens are compacted at

<sup>2</sup> Annual Book of ASTM Standards, Vol 04.02.

<sup>3</sup> Annual Book of ASTM Standards, Vol 04.08.

<sup>4</sup> Annual Book of ASTM Standards, Vol 04.09.

<sup>5</sup> Annual Book of ASTM Standards, Vol 14.02.

a selected water content ( $w$ ), either wet or dry of optimum ( $w_o$ ) or at optimum ( $w_o$ ), and at a selected dry unit weight related to a percentage of maximum dry unit weight ( $\gamma_{dmax}$ ). The selection of water content ( $w$ ), either wet or dry of optimum ( $w_o$ ) or at optimum ( $w_o$ ) and the dry unit weight ( $\gamma_{dmax}$ ) may be based on past experience, or a range of values may be investigated to determine the necessary percent of compaction.

5.3 Experience indicates that the methods outlined in 5.2 or the construction control aspects discussed in 5.1 are extremely difficult to implement or yield erroneous results when dealing with some soils. The following subsections describe typical problem soils, the problems encountered when dealing with such soils and possible solutions for these problems.

5.3.1 *Oversize Fraction*—Soils containing more than 30 % oversize fraction (material retained on the 3/4-in. (19-mm) sieve) are a problem. For such soils, there is no ASTM test method to control their compaction and very few laboratories are equipped to determine the laboratory maximum unit weight (density) of such soils (USDI Bureau of Reclamation, Denver, CO and U.S. Army Corps of Engineers, Vicksburg, MS). Although Test Methods D 4914 and D 5030 determine the “field” dry unit weight of such soils, they are difficult and expensive to perform.

5.3.1.1 One method to design and control the compaction of such soils is to use a test fill to determine the required degree of compaction and the method to obtain that compaction. Then use a method specification to control the compaction. Components of a method specification typically contain the type and size of compaction equipment to use, the lift thickness, and number of passes.

NOTE 5—Success in executing the compaction control of an earthwork project, especially when a method specification is used, is highly dependent upon the quality and experience of the “contractor” and “inspector”.

5.3.1.2 Another method is to apply the use of density correction factors developed by the USDI Bureau of Reclamation (1,2)<sup>6</sup> and U.S. Corps of Engineers (3). These correction factors may be applied for soils containing up to about 50

70 % oversize fraction. Both agencies use a different term for these density correction factors. The USDI Bureau of Reclamation uses  $D$  ratio (or  $D$  – VALUE), while the U.S. Corps of Engineers uses Density Interference Coefficient ( $I_c$ ).

5.3.1.3 The use of the replacement technique (Test Method D 1557–78, Method D), in which the oversize fraction is replaced with a finer fraction, is inappropriate to determine the maximum dry unit weight,  $\gamma_{dmax}$ , of soils containing oversize fractions (3).

5.3.2 *Degradation*—Soils containing particles that degrade during compaction are a problem, especially when more degradation occurs during laboratory compaction than field compaction, the typical case. Degradation typically occurs during the compaction of a granular-residual soil or aggregate. When degradation occurs, the maximum dry-unit weight increases (4) so that the resulting laboratory maximum value is not representative of field conditions. Often, in these cases, the maximum dry unit weight is impossible to achieve in the field.

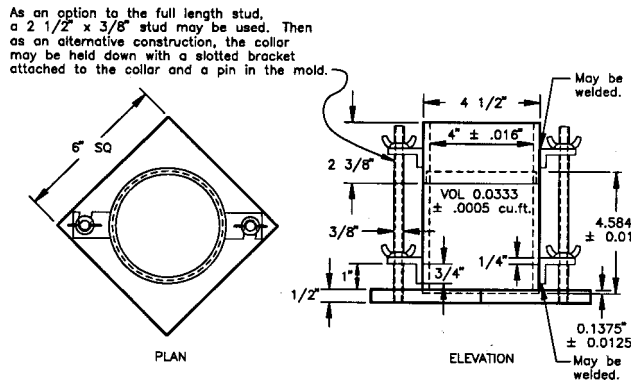
5.3.2.1 Again for soils subject to degradation, the use of test fills and method specifications may help. Use of replacement techniques is not correct.

5.3.3 *Gap Graded*—Gap-graded soils (soils containing many large particles with limited small particles) are a problem because the compacted soil will have larger voids than usual. To handle these large voids, standard test methods (laboratory or field) typically have to be modified using engineering judgement.

6. Apparatus

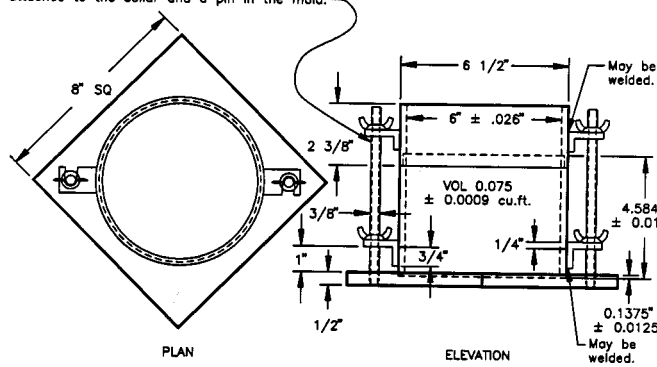
6.1 *Mold Assembly*—The molds shall be cylindrical in shape, made of rigid metal and be within the capacity and dimensions indicated in 6.1.1 or 6.1.2 and Fig. 1 and Fig. 2. The walls of the mold may be solid, split, or tapered. The “split” type, may consist of two half-round sections, or a section of pipe split along one element, which can be securely locked together to form a cylinder meeting the requirements of this section. The “tapered” type shall an internal diameter taper that is uniform and not more than 0.200 in./ft (16.7 mm/m) of mold height. Each mold shall have a base plate and an extension collar assembly, both made of rigid metal and constructed so they can be securely attached and easily detached from the mold. The extension collar assembly shall

<sup>6</sup> The boldface numbers in parentheses refer to the list of references at the end of this standard.



NOTE 1—See Table 2 for metric equivalents.  
**FIG. 1 Cylindrical Mold, 4.0-in.**

As an option to the full length stud, a 2 1/2" x 3/8" stud may be used. Then as an alternative construction, the collar may be held down with a slotted bracket attached to the collar and a pin in the mold.



NOTE 1—See Table 2 for metric equivalents.

FIG. 2 Cylindrical Mold, 6.0-in.

have a height extending above the top of the mold of at least 2.0 in. (50.8 mm) which may include an upper section that flares out to form a funnel provided there is at least a 0.75-in. (19.0-mm) straight cylindrical section beneath it. The extension collar shall align with the inside of the mold. The bottom of the base plate and bottom of the centrally recessed area that accepts the cylindrical mold shall be planar.

6.1.1 *Mold, 4 in.*—A mold having a  $4.000 \pm 0.016$ -in. ( $101.6 \pm 0.4$ -mm) average inside diameter, a height of  $4.584 \pm 0.018$  in. ( $116.4 \pm 0.5$  mm) and a volume of  $0.0333 \pm 0.0005$  ft<sup>3</sup> ( $944 \pm 14$  cm<sup>3</sup>). A mold assembly having the minimum required features is shown in Fig. 1.

6.1.2 *Mold, 6 in.*—A mold having a  $6.000 \pm 0.026$  in. ( $152.4 \pm 0.7$  mm) average inside diameter, a height of  $4.584 \pm 0.018$  in. ( $116.4 \pm 0.5$  mm), and a volume of  $0.075 \pm 0.0009$  ft<sup>3</sup> ( $2124 \pm 25$  cm<sup>3</sup>). A mold assembly having the minimum required features is shown in Fig. 2.

6.2 *Rammer*—A rammer, either manually operated as described further in 6.2.1 or mechanically operated as described in 6.2.2. The rammer shall fall freely through a distance of  $18 \pm 0.05$  in. ( $457.2 \pm 1.6$  mm) from the surface of the specimen. The mass of the rammer shall be  $10 \pm 0.02$  lbm ( $4.54 \pm 0.01$  kg), except that the mass of the mechanical rammers may be adjusted as described in Test Methods D 2168 (see Note 6). The striking face of the rammer shall be planar and circular, except as noted in 6.2.2.1, with a diameter when new of  $2.000 \pm 0.005$  in. ( $50.80 \pm 0.13$  mm). The rammer shall be replaced if the striking face becomes worn or bellied to the extent that the diameter exceeds  $2.000 \pm 0.01$  in. ( $50.80 \pm 0.25$  mm).

NOTE 6—It is a common and acceptable practice in the inch-pound system to assume that the mass of the rammer is equal to its mass determined using either a kilogram or pound balance and 1 lbf is equal to 1 lbm or 0.4536 kg or 1 N is equal to 0.2248 lbm or 0.1020 kg.

6.2.1 *Manual Rammer*—The rammer shall be equipped with a guide sleeve that has sufficient clearance that the free fall of the rammer shaft and head is not restricted. The guide sleeve shall have at least four vent holes at each end (eight holes total) located with centers  $3/4 \pm 1/16$  in. ( $19.0 \pm 1.6$  mm) from each end and spaced 90° apart. The minimum diameter of the vent holes shall be  $3/8$  in. (9.5 mm). Additional holes or slots may be incorporated in the guide sleeve.

6.2.2 *Mechanical Rammer-Circular Face*—The rammer shall operate mechanically in such a manner as to provide uniform and complete coverage of the specimen surface. There shall be  $0.10 \pm 0.03$ -in. ( $2.5 \pm 0.8$ -mm) clearance between the rammer and the inside surface of the mold at its smallest diameter. The mechanical rammer shall meet the calibration requirements of Test Methods D 2168. The mechanical rammer shall be equipped with a positive mechanical means to support the rammer when not in operation.

6.2.2.1 *Mechanical Rammer-Sector Face*—When used with the 6.0-in. (152.4-mm) mold, a sector face rammer may be used in place of the circular face rammer. The specimen contact face shall have the shape of a sector of a circle of radius equal to  $2.90 \pm 0.02$  in. ( $73.7 \pm 0.5$  mm). The rammer shall operate in such a manner that the vertex of the sector is positioned at the center of the specimen.

6.3 *Sample Extruder (optional)*—A jack, frame or other device adapted for the purpose of extruding compacted specimens from the mold.

6.4 *Balance*—A class GP5 balance meeting the requirements of Specification D 4753 for a balance of 1-g readability.

6.5 *Drying Oven*—Thermostatically controlled, preferably of a forced-draft type and capable of maintaining a uniform temperature of  $230 \pm 9^\circ\text{F}$  ( $110 \pm 5^\circ\text{C}$ ) throughout the drying chamber.

6.6 *Straightedge*—A stiff metal straightedge of any convenient length but not less than 10 in. (254 mm). The total length of the straightedge shall be machined straight to a tolerance of  $\pm 0.005$  in. ( $\pm 0.1$  mm). The scraping edge shall be beveled if it is thicker than  $1/8$  in. (3 mm).

6.7 *Sieves*— $3/4$  in. (19.0 mm),  $3/8$  in. (9.5 mm), and No. 4 (4.75 mm), conforming to the requirements of Specification E 11.

6.8 *Mixing Tools*—Miscellaneous tools such as mixing pan, spoon, trowel, spatula, spray bottle, etc., or a suitable mechanical device for thoroughly mixing the sample of soil with increments of water.

## 7. Calibration

7.1 Perform calibrations before initial use, after repairs or other occurrences that might affect the test results, at intervals

not exceeding 1000 test specimens, or annually, whichever occurs first, for the following apparatus:

7.1.1 *Balance*—Evaluate in accordance with Specification D 4753.

7.1.2 *Molds*—Determine the volume as described in Annex A1.

7.1.3 *Manual Rammer*—Verify the free fall distance, rammer mass, and rammer face in accordance with 6.2. Verify the guide sleeve requirements in accordance with 6.2.1.

7.1.4 *Mechanical Rammer*—Calibrate and adjust the mechanical rammer in accordance with Test Methods D 2168. In addition, the clearance between the rammer and the inside surface of the mold shall be verified in accordance with 6.2.2.

## 8. Test Sample

8.1 The required sample mass for Methods A and B is approximately 35 lbm (16 kg), and for Method C is approximately 65 lbm (29 kg) of dry soil. Therefore, the field sample should have a moist mass of at least 50 lbm (23 kg) and 100 lbm (45 kg), respectively.

8.2 Determine the percentage of material (by mass) retained on the No. 4 (4.75-mm),  $\frac{3}{8}$ -in. (9.5-mm), or  $\frac{3}{4}$ -in. (19.0-mm) sieve as appropriate for choosing Method A, B, or C. Make this determination by separating out a representative portion from the total sample and determining the percentages passing the sieves of interest by Test Methods D 422 or C 136. It is only necessary to calculate percentages for the sieve or sieves for which information is desired.

## 9. Preparation of Apparatus

9.1 Select the proper compaction mold in accordance with the Method (A, B, or C) being used. Determine and record its mass to the nearest gram. Assemble the mold, base and extension collar. Check the alignment of the inner wall of the mold and mold extension collar. Adjust if necessary.

9.2 Check that the rammer assembly is in good working condition and that parts are not loose or worn. Make any necessary adjustments or repairs. If adjustments or repairs are made, the rammer must be recalibrated.

## 10. Procedure

### 10.1 Soils:

10.1.1 Do not reuse soil that has been previously compacted in the laboratory.

10.1.2 When using this test method for soils containing hydrated halloysite, or where past experience with a particular soil indicates that results will be altered by air drying, use the moist preparation method (see 10.2).

10.1.3 Prepare the soil specimens for testing in accordance with 10.2 (preferred) or with 10.3.

10.2 *Moist Preparation Method (preferred)*—Without previously drying the sample, pass it through a No. 4 (4.75-mm),  $\frac{3}{8}$ -in. (9.5-mm), or  $\frac{3}{4}$ -in. (19.0-mm) sieve, depending on the Method (A, B, or C) being used. Determine the water content of the processed soil.

10.2.1 Prepare at least four (preferably five) specimens having water contents such that they bracket the estimated optimum water content. A specimen having a water content close to optimum should be prepared first by trial additions of

water and mixing (see Note 7). Select water contents for the rest of the specimens to provide at least two specimens wet and two specimens dry of optimum, and water contents varying by about 2 %. At least two water contents are necessary on the wet and dry side of optimum to accurately define the dry unit weight compaction curve (see 10.5). Some soils with very high optimum water content or a relatively flat compaction curve may require larger water content increments to obtain a well defined maximum dry unit weight. Water content increments should not exceed 4 %.

NOTE 7—With practice it is usually possible to visually judge a point near optimum water content. Typically, soil at optimum water content can be squeezed into a lump that sticks together when hand pressure is released, but will break cleanly into two sections when “bent”. At water contents dry of optimum soils tend to crumble; wet of optimum soils tend to stick together in a sticky cohesive mass. Optimum water content is typically slightly less than the plastic limit.

10.2.2 Use approximately 5 lbm (2.3 kg) of the sieved soil for each specimen to be compacted using Method A or B, or 13 lbm (5.9 kg) using Method C. To obtain the specimen water contents selected in 10.2.1, add or remove the required amounts of water as follows: to add water, spray it into the soil during mixing; to remove water, allow the soil to dry in air at ambient temperature or in a drying apparatus such that the temperature of the sample does not exceed 140°F (60°C). Mix the soil frequently during drying to maintain even water content distribution. Thoroughly mix each specimen to ensure even distribution of water throughout and then place in a separate covered container and allow to stand in accordance with Table 1 prior to compaction. For the purpose of selecting a standing time, the soil may be classified by Test Method D 2487, Practice D 2488 or data on other samples from the same material source. For referee testing, classification shall be by Test Method D 2487.

10.3 *Dry Preparation Method*—If the sample is too damp to be friable, reduce the water content by air drying until the material is friable. Drying may be in air or by the use of drying apparatus such that the temperature of the sample does not exceed 140°F (60°C). Thoroughly break up the aggregations in such a manner as to avoid breaking individual particles. Pass the material through the appropriate sieve: No. 4 (4.75 mm),  $\frac{3}{8}$  in. (9.5 mm), or  $\frac{3}{4}$  in. (19.0-mm). When preparing the material by passing over the  $\frac{3}{4}$ -in. sieve for compaction in the 6 in.-mold, break up aggregations sufficiently to at least pass the  $\frac{3}{8}$  in. sieve in order to facilitate the distribution of water throughout the soil in later mixing.

10.3.1 Prepare at least four (preferably five) specimens in accordance with 10.2.1.

10.3.2 Use approximately 5 lbm (2.3 kg) of the sieved soil for each specimen to be compacted using Procedure A or B, or 13 lbm (5.9 kg) using Method C. Add the required amounts of water to bring the water contents of the specimens to the values

**TABLE 1 Required Standing Times of Moisturized Specimens**

Classification	Minimum Standing Time, h
GW, GP, SW, SP	no requirement
GM, SM	3
All other soils	16

**TABLE 2 Metric Equivalents for Figs. 1 and 2**

in.	mm
0.016	0.41
0.026	0.66
0.032	0.81
0.028	0.71
1/2	12.70
2 1/2	63.50
2 5/8	66.70
4	101.60
4 1/2	114.30
4.584	116.43
4 3/4	120.60
6	152.40
6 1/2	165.10
6 5/8	168.30
6 3/4	171.40
8 1/4	208.60
ft <sup>3</sup>	cm <sup>3</sup>
1/30 (0.0333)	943
0.0005	14
1/13.333 (0.0750)	2,124
0.0011	31

selected in 10.3.1. Follow the specimen preparation procedure specified in 10.2.2 for drying the soil or adding water into the soil and curing each test specimen.

**10.4 Compaction**—After curing, if required, each specimen shall be compacted as follows:

**10.4.1** Determine and record the mass of the mold or mold and base plate.

**10.4.2** Assemble and secure the mold and collar to the base plate. The mold shall rest on a uniform rigid foundation, such as provided by a cylinder or cube of concrete with a mass of not less than 200 lbm (91 kg). Secure the base plate to the rigid foundation. The method of attachment to the rigid foundation shall allow easy removal of the assembled mold, collar and base plate after compaction is completed.

**10.4.3** Compact the specimen in five layers. After compaction, each layer should be approximately equal in thickness. Prior to compaction, place the loose soil into the mold and spread into a layer of uniform thickness. Lightly tamp the soil prior to compaction until it is not in a fluffy or loose state, using either the manual compaction rammer or a 2 in. (5 mm) diameter cylinder. Following compaction of each of the first four layers, any soil adjacent to the mold walls that has not been compacted or extends above the compacted surface shall be trimmed. The trimmed soil may be included with the additional soil for the next layer. A knife or other suitable device may be used. The total amount of soil used shall be such that the fifth compacted layer slightly extends into the collar, but does not exceed 1/4 in. (6 mm) above the top of the mold. If the fifth layer does extend above the top of the mold by more than 1/4 in. (6 mm), the specimen shall be discarded. The specimen shall be discarded when the last blow on the rammer for the fifth layer results in the bottom of the rammer extending below the top of the compaction mold.

**10.4.4** Compact each layer with 25 blows for the 4 in. (101.6 mm) mold or with 56 blows for the 6 in. (152.4 mm) mold.

**NOTE 8**—When compacting specimens wetter than optimum water content, uneven compacted surfaces can occur and operator judgment is

required as to the average height of the specimen.

**10.4.5** In operating the manual rammer, take care to avoid lifting the guide sleeve during the rammer upstroke. Hold the guide sleeve steady and within 5° of vertical. Apply the blows at a uniform rate of approximately 25 blows/min and in such a manner as to provide complete, uniform coverage of the specimen surface.

**10.4.6** Following compaction of the last layer, remove the collar and base plate from the mold, except as noted in 10.4.7. A knife may be used to trim the soil adjacent to the collar to loosen the soil from the collar before removal to avoid disrupting the soil below the top of the mold.

**10.4.7** Carefully trim the compacted specimen even with the top and bottom of the mold by means of the straightedge scraped across the top and bottom of the mold to form a plane surface even with the top and bottom of the mold. Initial trimming of the specimen above the top of the mold with a knife may prevent tearing out soil below the top of the mold. Fill any holes in either surface with unused or trimmed soil from the specimen, press in with the fingers, and again scrape the straightedge across the top and bottom of the mold. Repeat the appropriate preceding operations on the bottom of the specimen when the mold volume was determined without the base plate. For very wet or dry soils, soil or water may be lost if the base plate is removed. For these situations, leave the base plate attached to the mold. When the base plate is left attached, the volume of the mold must be calibrated with the base plate attached to the mold rather than a plastic or glass plate as noted in Annex A1 (A1.4.1).

**10.4.8** Determine and record the mass of the specimen and mold to the nearest gram. When the base plate is left attached, determine and record the mass of the specimen, mold and base plate to the nearest gram.

**10.4.9** Remove the material from the mold. Obtain a specimen for water content by using either the whole specimen (preferred method) or a representative portion. When the entire specimen is used, break it up to facilitate drying. Otherwise, obtain a portion by slicing the compacted specimen axially through the center and removing about 500 g of material from the cut faces. Obtain the water content in accordance with Test Method D 2216.

**10.5** Following compaction of the last specimen, compare the wet unit weights to ensure that a desired pattern of obtaining data on each side of the optimum water content will be attained for the dry unit weight compaction curve. Plotting the wet unit weight and water content of each compacted specimen can be an aid in making the above evaluation. If the desired pattern is not obtained, additional compacted specimens will be required. Generally, one water content value wet of the water content defining the maximum wet unit weight is sufficient to ensure data on the wet side of optimum water content for the maximum dry unit weight.

## 11. Calculation

**11.1** Calculate the dry unit weight and water content of each compacted specimen as explained in 11.3 and 11.4. Plot the values and draw the compaction curve as a smooth curve through the points (see example, Fig. 3). Plot dry unit weight to the nearest 0.1 lbf/ft<sup>3</sup> (0.2 kN/m<sup>3</sup>) and water content to the

COMPACTION TEST

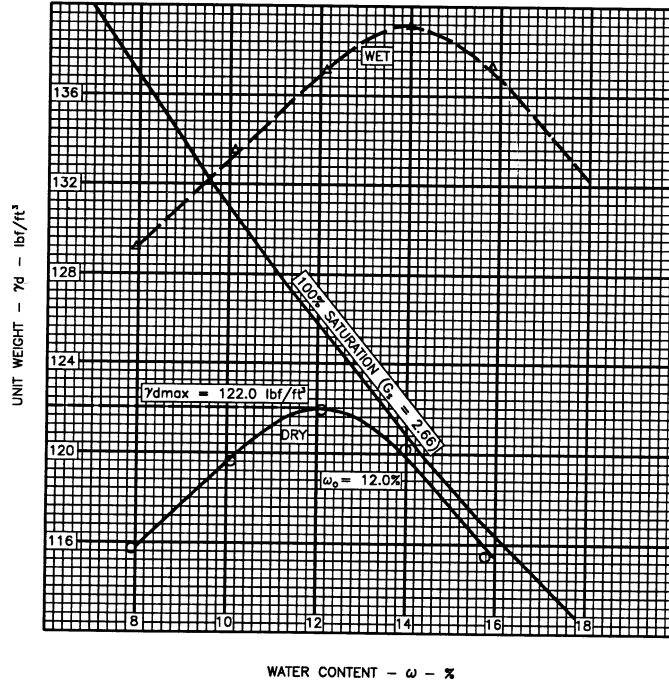


FIG. 3 Example Compaction Curve Plotting

nearest 0.1 %. From the compaction curve, determine the optimum water content and maximum dry unit weight. If more than 5 % by weight of oversize material was removed from the sample, calculate the corrected optimum water content and corrected maximum dry unit weight of the total material using Practice D 4718. This correction may be made to the appropriate field in place density test specimen rather than to the laboratory test specimen.

11.2 Plot the 100 % saturation curve. Values of water content for the condition of 100 % saturation can be calculated as explained in 11.5 (see example, Fig. 3).

NOTE 9—The 100 % saturation curve is an aid in drawing the compaction curve. For soils containing more than approximately 10 % fines at water contents well above optimum, the two curves generally become roughly parallel with the wet side of the compaction curve between 92 % to 95 % saturation. Theoretically, the compaction curve cannot plot to the right of the 100 % saturation curve. If it does, there is an error in specific gravity, in measurements, in testing, or in plotting.

NOTE 10—The 100 % saturation curve is sometimes referred to as the zero air voids curve or the complete saturation curve.

11.3 *Water Content, w*—Calculate in accordance with Test Method D 2216.

11.4 *Dry Unit Weights*—Calculate the moist density (Eq 1), the dry density (Eq 2), and then the dry unit weight (Eq 3) as follows:

$$\rho_m = \frac{(M_t - M_{md})}{1000 V} \quad (1)$$

where:

- $\rho_m$  = moist density of compacted specimen, Mg/m<sup>3</sup>,
- $M_t$  = mass of moist specimen and mold, kg,
- $M_{md}$  = mass of compaction mold, kg, and
- $V$  = volume of compaction mold, m<sup>3</sup>(see Annex A1).

$$\rho_d = \frac{\rho_m}{1 + \frac{w}{100}} \quad (2)$$

where:

- $\rho_d$  = dry density of compacted specimen, Mg/m<sup>3</sup>, and
- $w$  = water content, % .

$$\gamma_d = 62.43 \rho_d \text{ in lb/ft}^3 \quad (3)$$

or

$$\gamma_d = 9.807 \rho_d \text{ in kN/m}^3$$

where:

- $\gamma_d$  = dry unit weight of compacted specimen.

11.5 To calculate points for plotting the 100 % saturation curve or zero air voids curve select values of dry unit weight, calculate corresponding values of water content corresponding to the condition of 100 % saturation as follows:

$$w_{sat} = \frac{(\gamma_w)G_s - \gamma_d}{(\gamma_d)(G_s)} \times 100 \quad (4)$$

where:

- $w_{sat}$  = water content for complete saturation, %,
- $\gamma_w$  = unit weight of water, 62.32 lb/ft<sup>3</sup>(9.789 kN/m<sup>3</sup>) at 20°C,
- $\gamma_d$  = dry unit weight of soil, lb/ft<sup>3</sup>(kN/m<sup>3</sup>), and
- $G_s$  = specific gravity of soil.

NOTE 11—Specific gravity may be estimated for the test specimen on the basis of test data from other samples of the same soil classification and source. Otherwise, a specific gravity test (Test Method D 854) is necessary.

## 12. Report

12.1 Report the following information:



- 12.1.1 Method used (A, B, or C).
- 12.1.2 Preparation method used (moist or dry).
- 12.1.3 As-received water content, if determined.
- 12.1.4 Modified optimum water content, to the nearest 0.5 %.
- 12.1.5 Modified maximum (optimum) dry unit weight, to the nearest 0.5 lbf/ft<sup>3</sup>.
- 12.1.6 Description of rammer (manual or mechanical).
- 12.1.7 Soil sieve data when applicable for determination of Method (A, B, or C) used.
- 12.1.8 Description of material used in test, by Practice D 2488, or classification by Test Method D 2487.
- 12.1.9 Specific gravity and method of determination.
- 12.1.10 Origin of material used in test, for example, project, location, depth, and the like.
- 12.1.11 Compaction curve plot showing compaction points used to establish compaction curve, and 100 % saturation curve, point of maximum dry unit weight and optimum water content.

12.1.12 Oversize correction data if used, including the oversize fraction (coarse fraction),  $P_c$  in %.

### 13. Precision and Bias

13.1 *Precision*—Data are being evaluated to determine the precision of this test method. In addition, pertinent data is being solicited from users of the test method.

13.2 *Bias*—It is not possible to obtain information on bias because there is no other method of determining the values of modified maximum dry unit weight and optimum water content.

### 14. Keywords

14.1 compaction characteristics; density; impact compaction using modified effort; laboratory tests; modified proctor test; moisture-density curves; soil compaction

## ANNEX

### (Mandatory Information)

#### A1. VOLUME OF COMPACTION MOLD

##### A1.1 Scope

A1.1.1 This annex describes the method for determining the volume of a compaction mold.

A1.1.2 The volume is determined by a water-filled method and checked by a linear-measurement method.

##### A1.2 Apparatus

A1.2.1 In addition to the apparatus listed in Section 6, the following items are required:

A1.2.1.1 *Vernier or Dial Caliper*, having a measuring range of at least 0 to 6 in. (0 to 150 mm) and readable to at least 0.001 in. (0.02 mm).

A1.2.1.2 *Inside Micrometer*, having a measuring range of at least 2 to 12 in. (50 to 300 mm) and readable to at least 0.001 in. (0.02 mm).

A1.2.1.3 *Plastic or Glass Plates*—Two plastic or glass plates about 8 in.<sup>2</sup> by ¼ in. thick (200 mm<sup>2</sup> by 6 mm).

A1.2.1.4 *Thermometer*—0 to 50°C range, 0.5°C graduations, conforming to the requirements of Specification E 1.

A1.2.1.5 *Stopcock Grease* or similar sealant.

A1.2.1.6 *Miscellaneous equipment*—Bulb syringe, towels, etc.

##### A1.3 Precautions

A1.3.1 Perform this method in an area isolated from drafts or extreme temperature fluctuations.

##### A1.4 Procedure

A1.4.1 *Water-Filling Method*:

A1.4.1.1 Lightly grease the bottom of the compaction mold and place it on one of the plastic or glass plates. Lightly grease

the top of the mold. Be careful not to get grease on the inside of the mold. If it is necessary to use the base plate, as noted in 10.4.7, place the greased mold onto the base plate and secure with the locking studs.

A1.4.1.2 Determine the mass of the greased mold and both plastic or glass plates to the nearest 0.01 lbm (1 g) and record. When the base plate is being used in lieu of the bottom plastic or glass plate determine the mass of the mold, base plate and a single plastic or glass plate to be used on top of the mold to the nearest 0.01 lbm (1 g) and record.

A1.4.1.3 Place the mold and the bottom plate on a firm, level surface and fill the mold with water to slightly above its rim.

A1.4.1.4 Slide the second plate over the top surface of the mold so that the mold remains completely filled with water and air bubbles are not entrapped. Add or remove water as necessary with a bulb syringe.

A1.4.1.5 Completely dry any excess water from the outside of the mold and plates.

A1.4.1.6 Determine the mass of the mold, plates and water and record to the nearest 0.01 lbm (1 g).

A1.4.1.7 Determine the temperature of the water in the mold to the nearest 1°C and record. Determine and record the absolute density of water from Table A1.1.

A1.4.1.8 Calculate the mass of water in the mold by subtracting the mass determined in A1.4.1.2 from the mass determined in A1.4.1.6.

A1.4.1.9 Calculate the volume of water by dividing the mass of water by the density of water and record to the nearest 0.0001 ft<sup>3</sup> (1 cm<sup>3</sup>).

A1.4.1.10 When the base plate is used for the calibration of

**TABLE A1.1 Density of Water<sup>A</sup>**

Temperature, °C (°F)	Density of Water, g/mL or g/cm <sup>3</sup>
18 (64.4)	0.99860
19 (66.2)	0.99841
20 (68.0)	0.99821
21 (69.8)	0.99799
22 (71.6)	0.99777
23 (73.4)	0.99754
24 (75.2)	0.99730
25 (77.0)	0.99705
26 (78.8)	0.99679

<sup>A</sup>Values other than shown may be obtained (5).

the mold volume repeat steps A1.4.1.3-A1.4.1.9.

#### A1.4.2 Linear Measurement Method:

A1.4.2.1 Using either the vernier caliper or the inside micrometer, measure the diameter of the mold six times at the top of the mold and six times at the bottom of the mold spacing each of the six top and bottom measurements equally around the circumference of the mold. Record the values to the nearest 0.001 in. (0.02 mm).

A1.4.2.2 Using the vernier caliper, measure the inside height of the mold by making three measurements equally spaced around the circumference of the mold. Record values to the nearest 0.001 in. (0.02 mm).

A1.4.2.3 Calculate the average top diameter, average bottom diameter and average height.

A1.4.2.4 Calculate the volume of the mold and record to the nearest 0.0001 ft<sup>3</sup> (1 cm<sup>3</sup>) using Eq A1.1 (for inch-pound) or Eq A1.2 (for SI):

$$V = \frac{(\pi)(h)(d_t + d_b)^2}{(16)(1728)} \quad (A1.1)$$

$$V = \frac{(\pi)(h)(d_t + d_b)^2}{(16)(10^3)} \quad (A1.2)$$

where:

$V$  = volume of mold, ft<sup>3</sup> (cm<sup>3</sup>),

$h$  = average height, in. (mm),

$d_t$  = average top diameter, in. (mm),

$d_b$  = average bottom diameter, in. (mm),

$^{1/1728}$  = constant to convert in<sup>3</sup> to ft<sup>3</sup>, and

$^{1/1000}$  = constant to convert mm<sup>3</sup> to cm<sup>3</sup>.

### A1.5 Comparison of Results

A1.5.1 The volume obtained by either method should be within the volume tolerance requirements of 6.1.1 and 6.1.2.

A1.5.2 The difference between the two methods should not exceed 0.5 % of the nominal volume of the mold.

A1.5.3 Repeat the determination of volume if these criteria are not met.

A1.5.4 Failure to obtain satisfactory agreement between the two methods, even after several trials, is an indication that the mold is badly deformed and should be replaced.

A1.5.5 Use the volume of the mold determined using the water-filling method as the assigned volume value for calculating the moist and dry density (see 11.4).

## REFERENCES

- (1) *Earth Manual*, United States Bureau of Reclamation, Part 1, Third Edition, 1998, pp. 255-260.
- (2) *Earth Manual*, United States Bureau of Reclamation, Part 2, Third Edition, 1990.
- (3) Torrey, V.H., and Donaghe, R.T., "Compaction Control of Earth-Rock Mixtures: A New Approach," *Geotechnical Testing Journal*, GTJODJ, Vol 17, No 3, September 1994, pp. 371-386.
- (4) Johnson, A.W., and Sallberg, J.R., *Factors Influencing Compaction Test Results*, Highway Research Board, Bulletin 318, Publication 967, National Academy of Sciences-National Research Council, Washington, DC, 1962, p. 73.
- (5) *CRC Handbook of Chemistry and Physics*, David R. Lide, Editor-in-Chief, 74<sup>th</sup> Edition, 1993-1994

## SUMMARY OF CHANGES

In accordance with Committee D18 policy, this section identifies the location of changes to this standard since the last edition (91(Reapproved1998)) that may impact the use of this standard.

- (1) The Summary of Changes section was added.
- (2) Changed "Method" to "Methods" in the title to reflect multiple methods. Replaced "Procedure A, B, C" with "Method A, B, or C", and "procedure(s)" with "method(s)", where applicable. Replaced the terms "by weight" with "by mass", where applicable.
- (3) In 1.6.1, replaced reference to Practice E 380 with IEEE/ASTM SI 10.
- (4) In Section 2, replaced E 380 with IEEE/ASTM SI 10, and added D 4914 and D 5030.
- (5) In the Significance and Use section, added subsections 5.3-5.3.3 along with two references. These subsections discuss the problems in applying Test Methods D 1557 when dealing with soils containing oversize fractions, in which degradation occurs, and soils which are gap graded.
- (6) Relocated the "Calibration" section so it follows the "Apparatus" section. Therefore, the sequence of the sections in this standard is the same as in Test Methods D 698.
- (7) In Table A1.1, the density values were updated to agree with Test Methods D 854.



## D 1557

*ASTM International takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.*

*This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM International Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, at the address shown below.*

*This standard is copyrighted by ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-832-9585 (phone), 610-832-9555 (fax), or [service@astm.org](mailto:service@astm.org) (e-mail); or through the ASTM website ([www.astm.org](http://www.astm.org)).*

**asia**

asociación salvadoreña de  
ingenieros y arquitectos

**MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS**

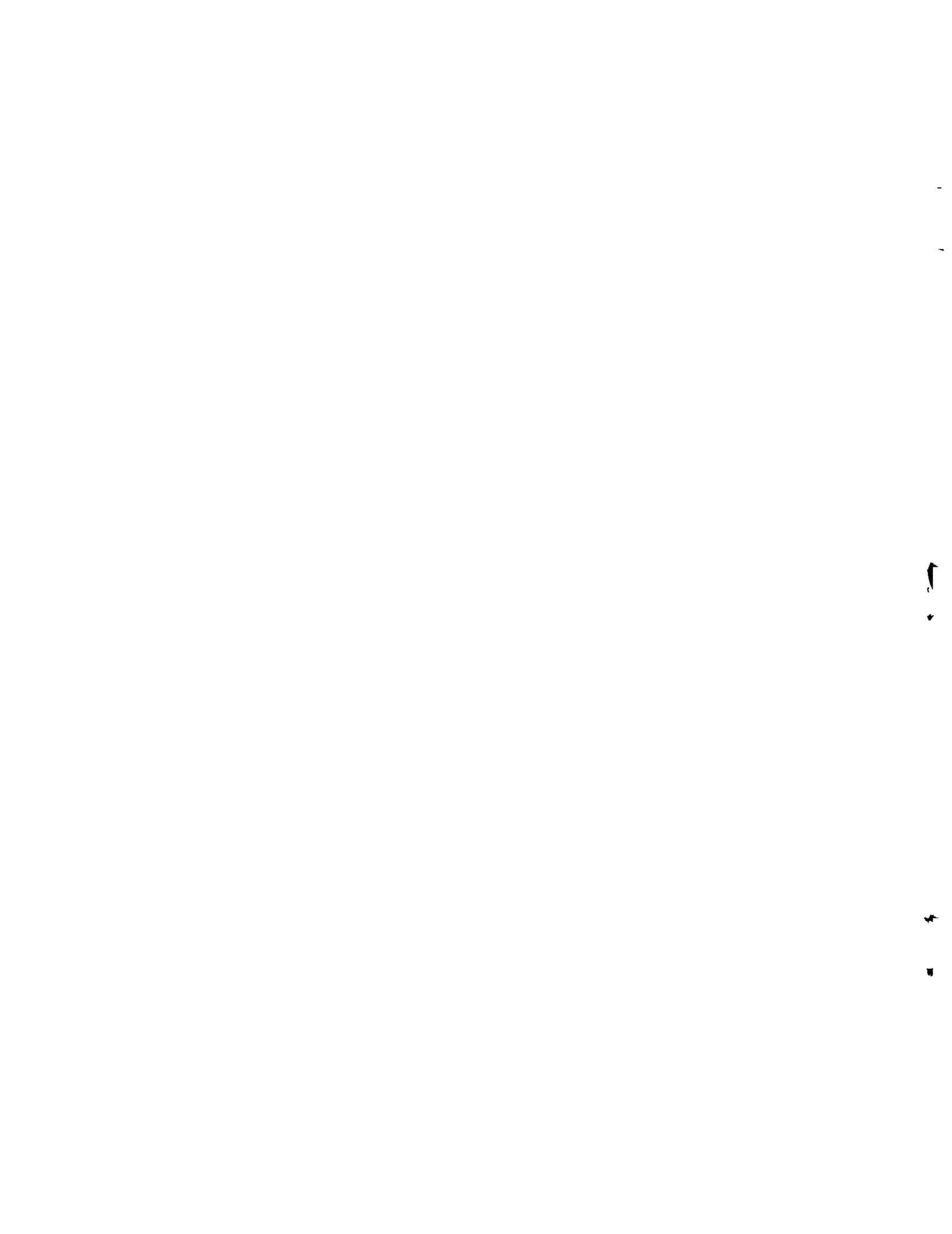
REPUBLICA DE EL SALVADOR

**NORMA ESPECIAL**

**PARA DISEÑO Y CONSTRUCCION**

**DE VIVIENDAS**

**SAN SALVADOR, MAYO DE 1997**



**MIEMBROS DEL COMITE TECNICO**

**PRESIDENTE**

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS  
Ing. Jorge A. Rodríguez Deras

**SECRETARIO EJECUTIVO**

Ing. Guillermo Calderón Ibáñez

**REPRESENTANTES DE:**

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS  
Ing. Mario Ernesto Jovel Galindo

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

Ing. Luis Rodolfo Nosiglia

UNIVERSIDAD CENTROAMERICANA "JOSE SIMEON CAÑAS"

Ing. Ricardo Castellanos

UNIVERSIDAD ALBERT EINSTEIN

Arq. Ivo Osegueda

ASOCIACION SALVADOREÑA DE INGENIEROS  
Y ARQUITECTOS (ASIA)

Ing. Eduardo Graniello

Ing. Víctor Arnoldo Figueroa

CAMARA SALVADOREÑA DE LA INDUSTRIA DE

LA CONSTRUCCION (CASALCO)

Ing. Darío E. Sánchez Córdova

Ing. Ernesto Arturo Lara

SOCIEDAD SALVADOREÑA DE INGENIERIA SISMICA (SSIS)

Ing. Leónidas Delgado

COLEGIO DE ARQUITECTOS DE EL SALVADOR (CADES)

Arq. Luis René Dada

COORDINADORES AREA DE ESTUDIO

Ing. Gustavo Alejandro Calderón

Ing. Rubén Umaña

MIEMBROS DEL GRUPO DE TRABAJO

Ing. Mario Angel Guzmán Urbina

Ing. Gerarado Rivas Durán

Ing. Juan Carlos Figueroa

Ing. Jean Christian Guerra Majorel

Ing. Ricardo Burgos Oviedo

Ing. Daniel Hernández

ASESORES NACIONALES

Dr. Héctor David Hernández F.

Ing. José Antonio González

Ing. Enrique E. Melara M.SCE

Ing. Rolando Amaya de León

ASESORES INTERNACIONALES

Dr. Emilio Rosenblueth

Dr. Roberto Meli Piralla

Dr. Gerardo Suárez Reinoso

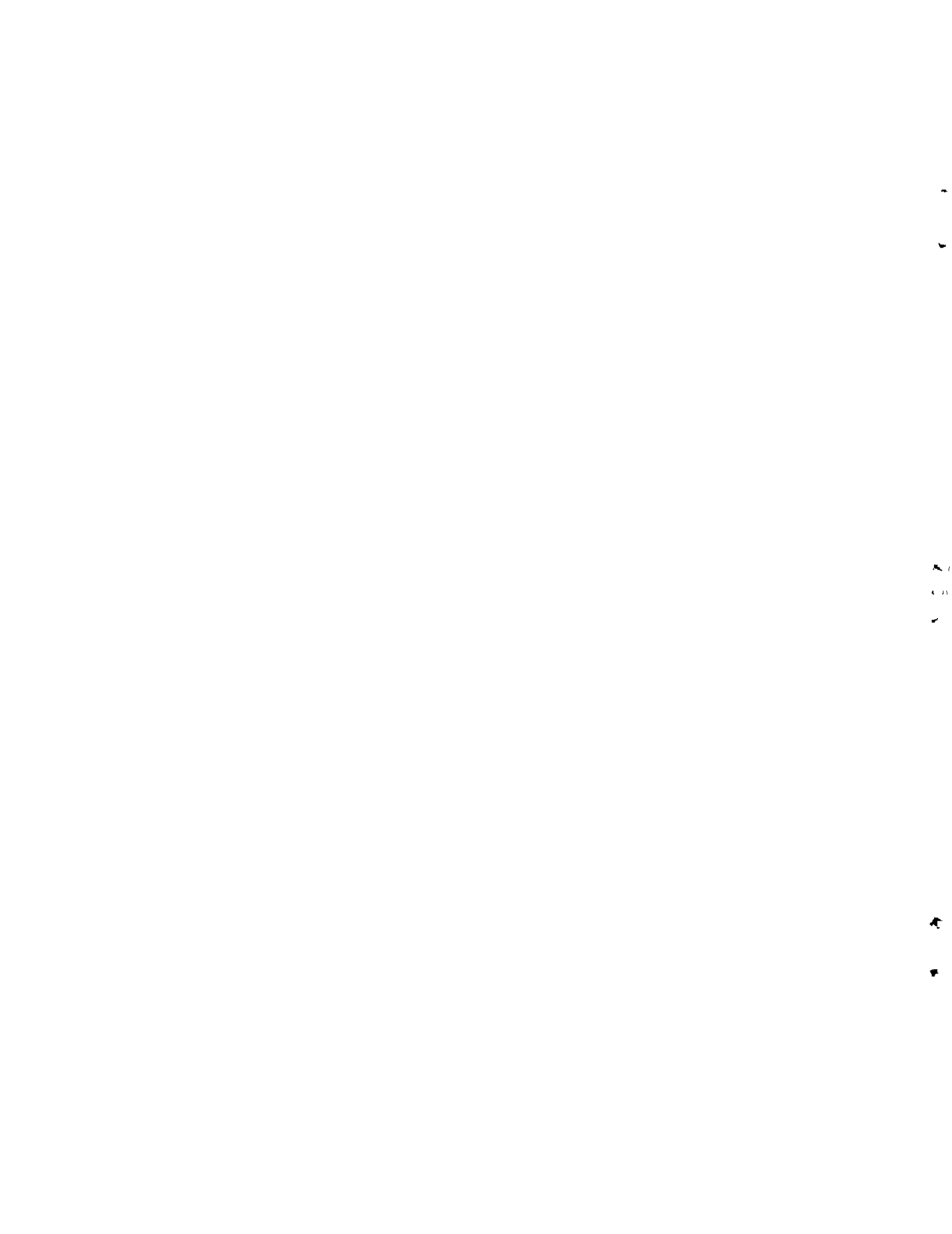
Dr. Mario Ordáz Schroeder

M.I Manuel Mendoza

M.I Lorenzo Daniel Sánchez

COORDINADOR GENERAL

Ing. Luis E. López Barahona



**LEY DE URBANISMO Y CONSTRUCCION**

**REGLAMENTO PARA LA SEGURIDAD  
ESTRUCTURAL DE LAS CONSTRUCCIONES**

**NORMAS TECNICAS**

**DISEÑO POR SISMO**

**DISEÑO POR VIENTO**

**DISEÑO Y CONSTRUCCION DE  
ESTRUCTURAS DE CONCRETO**

**DISEÑO Y CONSTRUCCION DE  
ESTRUCTURAS DE ACERO**

**DISEÑO Y CONSTRUCCION DE  
ESTRUCTURAS DE MAMPOSTERIA**

**DISEÑO Y CONSTRUCCION DE  
ESTRUCTURAS DE MADERA**

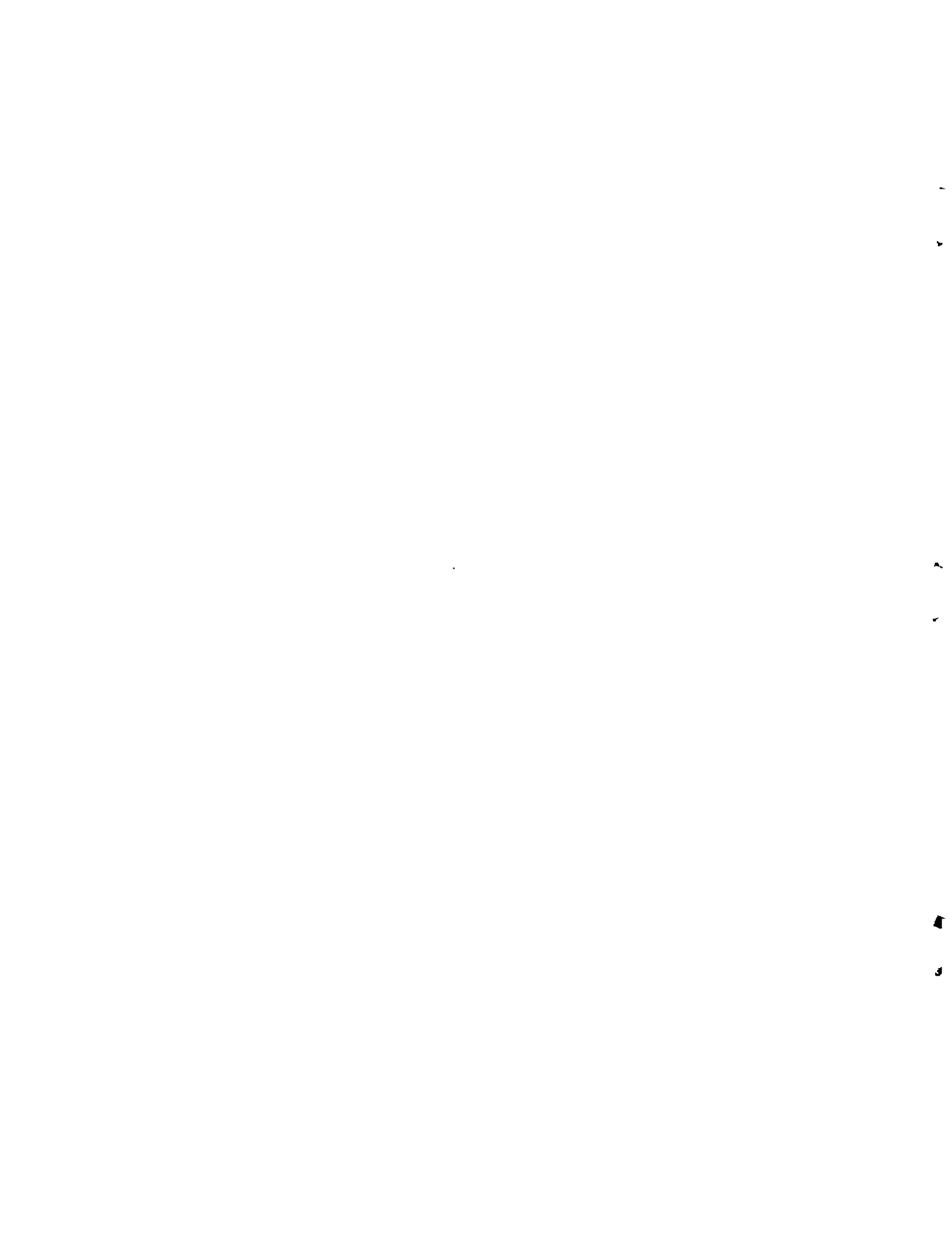
**DISEÑO DE CIMENTACIONES Y  
ESTABILIDAD DE TALUDES**

**CONTROL DE CALIDAD DE LOS  
MATERIALES ESTRUCTURALES**

**NORMA ESPECIAL PARA DISEÑO  
Y CONSTRUCCION DE VIVIENDAS**

**ORGANIGRAMA DEL REGLAMENTO**





# INDICE

## NORMA ESPECIAL PARA DISEÑO Y CONSTRUCCION DE VIVIENDAS

<b>CAPITULO 1</b>	<b>: DISPOSICIONES GENERALES.</b>	<b>1</b>
1.1	OBJETIVOS Y ALCANCES.	1
1.2	ESTABILIDAD ESTRUCTURAL.	1
1.3	SISTEMASS Y MATERIALES DE CONSTRUCCION.	1
1.4	DISEÑO.	1
<b>CAPITULO 2</b>	<b>: DEFINICIONES Y NOTACIONES.</b>	<b>2</b>
2.1	DEFINICIONES.	2
2.2	NOTACION.	2
<b>CAPITULO 3</b>	<b>: LIMITACIONES DE APLICACION</b>	<b>3</b>
3.1	LIMITACIONES.	3
3.1.1	Limitaciones generales.	
3.1.2	Limitaciones geométricas.	
3.1.3	Limitaciones estructurales.	
<b>CAPITULO 4</b>	<b>: TIPOS DE ESTRUCTURAS CONSIDERADAS</b>	<b>4</b>
4.1	TIPOS DE DIAFRAGMAS	4
4.1.1	Diafragma rígido.	
4.1.2	Diafragma flexible.	
4.2	TIPOS DE ESTRUCTURAS.	4
4.2.1	Estructuras de un piso.	
4.2.2	Estructuras de dos pisos.	
4.3	TIPOS DE PAREDES.	4
4.3.1	Paredes de concreto reforzado.	
4.3.2	Paredes de mampostería con refuerzo integral.	
4.3.3	Paredes de mampostería confinada.	
<b>CAPITULO 5</b>	<b>: CRITERIOS DE ANALISIS.</b>	<b>5</b>
5.1	CARGAS DE DISEÑO.	5

5.2	ANALISIS. . . . .	5
5.2.1	Análisis por cargas gravitacionales para paredes de concreto.	
5.2.2	Análisis por cargas gravitacionales para paredes de mampostería.	
5.2.3	Análisis por cargas sísmicas	
CAPITULO 6 : CRITERIOS DE DISEÑO Y REQUISITOS MINIMOS. . .		7
6.4	PAREDES DE CONCRETO REFORZADO. . . . .	7
TABLA 6.1	ESFUERZOS PERMISIBLES BAJO CARGAS DE SERVICIO. . . . .	8
TABLA 6.2	LOGITUDES DE ANCLAJE. . . . .	9
6.5	PAREDES DE MAMPOSTERIA. . . . .	9
6.5.3	Paredes confinadas.	
6.5.4	Paredes con refuerzo integral	
6.6	CIMENTACIONES. . . . .	10
APENDICE : FOLLETO COMPLEMENTARIO		
"LINEAMIENTOS PARA CONSTRUCCION EN ADOBE"		

## CAPITULO 1

### DISPOSICIONES GENERALES

#### 1.1 OBJETIVOS Y ALCANCES.

Esta Norma Especial forma parte del "Reglamento para la Seguridad Estructural de las Construcciones de la República de El Salvador" y tiene por objeto definir los criterios estructurales y los detalles constructivos que deben cumplir aquellas viviendas, a las cuales pueden aplicarse procedimientos simplificados de análisis, diseño y construcción.

La Norma Especial será aplicable a viviendas de uno o dos pisos, rurales o urbanas, que cumplan con lo indicado en el capítulo 3 de esta Norma Especial.

#### 1.2 ESTABILIDAD ESTRUCTURAL.

La vivienda debe poseer un sistema estructural que proporcione estabilidad lateral y resistencia adecuadas ante las acciones sísmicas. La comprobación de resistencia y estabilidad debe realizarse al menos en dos direcciones ortogonales, pudiendo efectuarse el análisis para cada dirección en forma independiente.

Deberá comprobarse la estabilidad del sistema estructural ante la acción de las cargas gravitacionales que especifica el Título II del Reglamento. Todas las conexiones entre elementos deben

tener la capacidad para transmitir los momentos y fuerzas.

#### 1.3 SISTEMAS Y MATERIALES DE CONSTRUCCION.

Esta Norma Especial está limitada a sistemas estructurales a base de paredes de carga y al uso de mampostería o concreto como materiales constructivos; sin embargo, se puede utilizar cualquier otro sistema o material, siempre que se compruebe su resistencia y estabilidad ante la "Comisión Técnica de Seguridad Estructural" creada por Decreto Ejecutivo N° 119 de fecha veintiocho de noviembre de mil novecientos noventa y seis

#### 1.4 DISEÑO.

El diseño de elementos estructurales en viviendas, se efectuará de acuerdo con los métodos recomendados en las Normas Técnicas para los distintos tipos de materiales. Aunque en la "Norma Técnica para Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto" para el diseño de estructuras principales se establece el Método por Resistencia, en esta Norma Especial, para estructuras de concreto, se permite el diseño por el Método de Esfuerzos de Trabajo, el cual se expone en el Capítulo 6; quedando a criterio del diseñador el uso de cualquiera de los dos métodos propuestos.

## CAPITULO 2

## DEFINICIONES Y NOTACION

## 2.1 DEFINICIONES.

**AREA BRUTA:** Area total de una pieza de mampostería, incluyendo las celdas.

**AREA NETA:** Area bruta menos el área de todas las celdas de una pieza de mampostería.

**PARED DE CARGA:** Toda pared que soporte cualquier tipo de entrepiso o techo de concreto u otro material, o que lleve una carga mayor o igual a 100 kg por metro lineal de pared, adicional a su propio peso.

## 2.2 NOTACION.

**Cs** = Coeficiente sísmico.

**f'c** = Resistencia última a la compresión del concreto, medida en cilindros de 15 x 30 Cm a los 28 días, según especificación ASTM C-39, última revisión.

**f'm** = Resistencia última a la compresión de la mampostería, medida sobre el área neta de un prisma a los 28 días, según especificación ASTM E-447, última revisión.

**H** = Altura de la pared.

**L** = Longitud de la pared.

**W** = Peso por metro lineal de pared.

**CAPITULO 3**

**LIMITACIONES DE APLICACION**

**3.1 LIMITACIONES.**

Esta Norma Especial es aplicable exclusivamente a viviendas que cumplen todas las limitaciones que se indican a continuación.

**3.1.1 Limitaciones generales.**

- 1) La construcción estará limitada a viviendas aisladas.
- 2) El número máximo de pisos será dos.
- 3) En el caso de aplicar una solución determinada a unidades repetitivas, deberá cumplirse con la "Ley de Urbanismo y Construcción" en lo relativo a la responsabilidad estructural de la obra, pueden aplicarse los requisitos mínimos especificados en esta Norma Especial.

**3.1.2 Limitaciones geométricas.**

- 1) La construcción será de forma sensiblemente rectangular en planta y la relación de mayor a menor dimensión de dicha planta no excederá de 3.
- 2) La altura máxima de la construcción será de 3.5 m para un piso y de 6.5 m para dos pisos.

**3.1.3 Limitaciones estructurales.**

- 1) La planta será sensiblemente simétrica con respecto a dos ejes ortogonales en la distribución de masas y paredes resistentes.
- 2) En cada piso, las cargas gravitacionales serán soportadas esencialmente por paredes.
- 3) En el caso de construcciones de dos pisos, los salientes del piso superior no deben exceder 1.20 m. la dimensión en planta del primer piso, medida en la dirección del saliente.
- 4) En ningún piso existirán aberturas cuya área total exceda el 20% del área de la planta.
- 5) Cuando el piso o techo posea características de diafragma rígido, deberán existir al menos dos paredes perimetrales de carga, paralelas o que formen entre sí un ángulo no mayor de 20°, estando cada pared ligada al diafragma en una longitud no menor del 50% de la dimensión en planta medida en la dirección de las paredes.

## CAPITULO 4

### TIPOS DE ESTRUCTURAS CONSIDERADAS

#### 4.1 TIPOS DE DIAFRAGMAS.

Para efectos de esta Norma Especial, los pisos y techos se definen como sigue:

##### 4.1.1 Diafragma rígido.

Se considera que un techo o piso constituye un diafragma rígido cuando es capaz de transmitir fuerzas laterales directas y de torsión a elementos resistentes de diferente rigidez.

Clasifican como tales los siguientes sistemas:

- 1) Losas sólidas de concreto reforzado.
- 2) Losas de concreto reforzado nervadas en una o dos direcciones.
- 3) Sistemas a base de viguetas en una dirección, prefabricadas, de concreto o acero, en combinación con una losa de concreto reforzado colada en el sitio y con un espesor mínimo de 5 cm. El requisito de la losa colada en sitio podrá omitirse si se demuestra que el sistema se comporta como diafragma rígido.

##### 4.1.2 Diafragma flexible.

Se considera que un techo es flexible cuando no es capaz de transmitir fuerzas laterales directas y de torsión a elementos resistentes de diferente rigidez.

Clasifican como tales los sistemas de cubiertas de fibro-cemento o metálicas apoyadas sobre armaduras, vigas o polines metálicos o de madera.

#### 4.2 TIPOS DE ESTRUCTURAS

En esta Norma Especial se consideran los siguientes tipos de estructuras de acuerdo con los sistemas de piso y techo que los caracterizan:

##### 4.2.1 Estructuras de un piso.

- 1) Sistemas con diafragma rígido de techo.
- 2) Sistemas con diafragma flexible de techo.

##### 4.2.2 Estructuras de dos pisos.

- 1) Sistemas con diafragmas rígidos de primer piso y techo.
- 2) Sistemas con diafragma rígido en el primer piso y estructura flexible en el techo.

#### 4.3 TIPOS DE PAREDES.

##### 4.3.1 Paredes de concreto reforzado.

4.3.2 Paredes de mampostería reforzada.

4.3.3 Paredes de mampostería confinada.

## CAPITULO 5

### CRITERIOS DE ANALISIS

#### 5.1 CARGAS DE DISEÑO.

5.1.1 Los valores de las cargas gravitacionales muertas y vivas así como otras cargas permanentes y/o variables, se determinarán según se especifica en el Título II del Reglamento.

5.1.2 Los valores de las cargas sísmicas se determinarán utilizando la totalidad de las cargas muertas y los valores de las cargas vivas instantáneas definidas en la "Tabla de Cargas Vivas Unitarias Mínimas", contenida en el Título II del Reglamento.

5.1.3 La estabilidad lateral de las construcciones comprendidas en esta Norma Especial, deberá ser revisada ante la acción de las cargas sísmicas definidas en 5.2.3. No será necesario revisar la acción de otras cargas accidentales, excepto los efectos locales de viento en los techos flexibles.

#### 5.2 ANALISIS.

##### 5.2.1 Análisis por cargas gravitacionales para paredes de concreto.

- 1) En el caso de paredes que soportan un techo flexible, las cargas gravitacionales que actúan sobre cada pared, pueden determinarse de acuerdo a sus áreas tributarias.
- 2) En el caso de paredes que soportan pisos que constituyen diafragma rígido, el análisis deberá basarse en métodos que consideren la continuidad entre paredes y pisos y el diseño de las paredes se llevará a cabo de acuerdo a las fuerzas y momentos que resulten de

dicho análisis y según lo especificado en el Capítulo 6 de esta Norma Especial.

##### 5.2.2 Análisis por cargas gravitacionales para paredes de mampostería.

- 1) En paredes que soportan techos flexibles será admisible determinar las cargas gravitacionales que actúan sobre cada pared en base a sus áreas tributarias.
- 2) En el caso de paredes que soportan pisos que constituyen diafragma rígido, el análisis por cargas gravitacionales puede efectuarse considerando que, para efectos de la distribución de momentos en el nudo, la rigidez de las paredes es nula.
- 3) Los efectos de excentricidad y esbeltez se tomarán en consideración reduciendo la carga axial admisible de la pared en los siguientes porcentajes:
  - 30% para paredes interiores que soportan claros que no difieren entre sí más de 50%.
  - 40% para paredes extremas o para paredes interiores con claros que difieren entre sí más del 50% y para los casos en que la relación entre carga viva a carga muerta de diseño excede la unidad.

Para el diseño de las paredes, adicionalmente a las reducciones de la carga axial admisible, se tomarán en cuenta los momentos que deben ser resistidos por condiciones de estática y que no pueden ser redistribuidos por



la rotación del nudo, como son los momentos debidos a un voladizo que se empotre en la pared.

### 5.2.3 Análisis por cargas sísmicas.

1) La fuerza sísmica de la estructura o sus partes se calculará como:

$$F_s = C_s W \quad (5.1)$$

En donde:

Para diafragma rígido,

$C_s = 0.20$  para la zona I.

$C_s = 0.15$  para la zona II.

Para diafragma flexible,

$C_s = 0.30$  para la zona I.

$C_s = 0.22$  para la zona II.

Las zonas sísmicas I y II se definen en el "Mapa de Zonificación Sísmica de El Salvador" contenido en la "Norma Técnica para Diseño por Sismo".

2) El análisis sísmico de la estructura puede simplificarse de la siguiente manera:

a) Estructura de un piso con techo flexible. Las paredes se analizarán en base a sus cargas tributarias, como elementos individuales sometidos a fuerzas normales a su plano.

b) Estructuras de uno y dos pisos con diafragma rígido en techo y piso. Las cargas se considerarán concentradas a nivel de cada uno de los diafragmas rígidos.

c) Estructuras de dos pisos con diafragma rígido en el primer piso y flexible en el techo. Se considerarán con una sólo carga concentrada a nivel del diafragma rígido del primer piso, excepto que las paredes del segundo piso se diseñarán en base a sus cargas tributarias, como elementos individuales sometidos a fuerzas normales a su plano, con el coeficiente sísmico correspondiente y los efectos de flexión en la base de las paredes superiores deben trasladarse al diafragma rígido del primer piso.

3) En el caso de pisos con diafragma rígido, se verificará en cada entrepiso que la suma de las resistencias al cortante de las paredes, en ambas direcciones ortogonales, sea mayor o igual al 150% de los cortantes calculados según 5.2.3, sin que sea necesario revisar desplazamientos horizontales, torsiones y momentos de volteo.

## CAPITULO 6

### CRITERIOS DE DISEÑO Y REQUISITOS MINIMOS

6.1 En el proceso de diseño de viviendas, deberán aplicarse los criterios y requisitos establecidos para cada material en las Normas Técnicas correspondientes del Reglamento, excepto por lo modificado en esta Norma Especial.

6.2 En paredes sin restricción lateral y que no soportan cargas gravitacionales, exceptuando su propio peso, la relación de altura a espesor no excederá 20.

6.3 En paredes con suficiente restricción lateral y que soportan cargas gravitacionales adicionales a su propio peso, la relación de altura a espesor no excederá 25 y la relación de altura a longitud restringida será menor o igual a 0.5. Se considera suficiente restricción lateral la presencia de elementos estructurales, ligados a la pared, cuya dimensión perpendicular al plano de la pared no sea menor de 3 veces el espesor de la misma.

#### 6.4 PAREDES DE CONCRETO REFORZADO.

En esta Norma Especial, para estructuras de concreto se permite el diseño por el método de esfuerzos de trabajo, el cual se resume en los siguientes términos:

##### 1) Esfuerzos permisibles.

En el método de diseño por esfuerzos de trabajo, un elemento estructural es diseñado para que los esfuerzos inducidos por las sollicitaciones de servicio o de trabajo, calculados mediante un análisis elástico, se mantengan por debajo de ciertos esfuerzos permisibles que se

consideran aceptables. La ecuación básica a satisfacer es:

$$\text{ESFUERZOS PERMISIBLES} > \text{ESFUERZOS DEBIDO A LAS CARGAS DE SERVICIO}$$

Los esfuerzos permisibles se consideran como fracciones fijas de la resistencia máxima de los materiales.

En la Tabla 6.1, se presentan algunos esfuerzos permisibles.

##### 2) Longitudes de anclaje.

Las longitudes de anclaje serán las que se establecen en la Tabla 6.2.

6.4.1 La resistencia a la compresión  $f'c$  del concreto no debe ser menor de: 140 kg/cm<sup>2</sup>.

6.4.2 Las cargas concentradas en paredes se considerarán distribuidas en un ancho efectivo igual a 6 veces el espesor de la pared.

6.4.3 La contribución a la resistencia a fuerza cortante en su plano, de las paredes cuya relación de altura de entrepiso a longitud es mayor que 1.33, se reducirá afectándola por el factor  $(1.33 L/H)^2$ .

6.4.4 El espesor mínimo en paredes de concreto reforzado será de 10 cms.

6.4.5 El área mínima del refuerzo, tanto horizontal como vertical, debe ser 0.0025 veces el área de la sección transversal de la pared y la separación máxima entre varillas de refuerzo será de 30 cms.

6.4.6 En todos los bordes de vanos

**NORMA ESPECIAL PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCION  
DE VIVIENDAS**

(puertas, ventanas y otros) debe colocarse, como mínimo, una varilla N° 3 adicional al refuerzo de la pared. Este refuerzo debe extenderse por lo menos 60 cms. más allá de la esquina del vano.

**TABLA 6.1      ESFUERZOS PERMISIBLES BAJO CARGAS DE SERVICIO**

C O N C R E T O	
TIPO DE ESFUERZO EN EL CONCRETO	ESFUERZOS PERMISIBLES
a) Compresión axial . . . . .	0.20 $f'_c$
b) Flexión. Esfuerzo en la fibra extrema a compresión . . . . .	0.45 $f'_c$
c) Cortante. Vigas y Losas en una dirección. Esfuerzo cortante soportado por el concreto. . . . .	0.29 $\sqrt{f'_c}$
ACERO DE REFUERZO	
ESFUERZO DE TENSION EN EL ACERO DE REFUERZO	ESFUERZOS PERMISIBLES
a) Refuerzo Grado 40 y 50 . . . . .	1400kg/cm <sup>2</sup>
b) Refuerzo Grado 60 ó mayores . . . . .	1700kg/cm <sup>2</sup>

Nota: Todos los esfuerzos indicados en la Tabla 6.2 pueden aumentarse en un 33% para la combinación de cargas sísmicas y gravitacionales.

**TABLA 6.2 LONGITUDES DE ANCLAJE**

Diámetro en pulgadas	Número de la varilla	Longitud de anclaje
1/4	2	30
3/8	3	40
1/2	4	40
5/8	5	50
3/4	6	65
7/8	7	70

**6.5 PAREDES DE MAMPOSTERIA.**

Los esfuerzos en la mampostería, calculados mediante un análisis elástico, no deberán exceder:

**a) MAMPOSTERIA REFORZADA. ( f'm 95 Kg/cm<sup>2</sup> )**

Compresión Axial	20 Kg/cm <sup>2</sup>	0.20 f'm
Compresión en Flexión	30 Kg/cm <sup>2</sup>	0.33 f'm
Cortante	2 Kg/cm <sup>2</sup>	0.23 √f'm

**b) MAMPOSTERIA CONFINADA**

**Unidades Huecas**

Compresión Axial y en Flexión	10 Kg/cm <sup>2</sup>
Tensión, Flexión Vertical	0.4 Kg/cm <sup>2</sup>
Tensión, Flexión Horizontal	0.8 Kg/cm <sup>2</sup>
Cortante	0.8 Kg/cm <sup>2</sup>

**Unidades Sólidas**

Compresión Axial y en Flexión	10 Kg/cm <sup>2</sup>
Tensión en Flexión Vertical	0.7 Kg/cm <sup>2</sup>
Tensión en Flexión Horizontal	1.4 Kg/cm <sup>2</sup>
Cortante	1.0 Kg/cm <sup>2</sup>

Todos los esfuerzos indicados anteriormente pueden aumentarse en un 33% para la combinación de cargas sísmicas y gravitacionales.

**NOTA 1.** Todos los esfuerzos indicados para unidades de mampostería se refiere a fuerzas sobre el área neta.

**NOTA 2.** Los esfuerzos indicados para mampostería reforzada son válidos para un valor de f'm = 95 kg/cm<sup>2</sup>. Si mediante pruebas se logra determinar una mayor resistencia del prisma de

mampostería, los valores se pueden modificar de acuerdo a las fórmulas dadas.

**6.5.1** Una carga concentrada en una pared se considerará distribuida en un ancho efectivo igual a 4 veces el espesor de la pared.

**6.5.2** La contribución a la resistencia a fuerza cortante en su plano, de las paredes cuya relación de altura de entrepiso a longitud es mayor que 1.33, se reducirá afectándola por el factor  $(1.33 L/H)^2$ .

**6.5.3 Mampostería confinada.**

1) El espesor mínimo para paredes de carga será de 14 cms. y de 10 cms. para el resto de paredes.

2) Todas las paredes deben ser confinadas por elementos de concreto reforzado (nervios y soleras) con los criterios que se fijan a continuación.

a) Deberán existir elementos de confinamiento de tal manera que se formen cuadros no mayores de 2.4 m de altura por 2.5 m de longitud.

b) Todos los elementos verticales se prolongarán hasta el borde superior de la pared, anclándose en la solera de coronamiento, la cual deberá ser continua.

c) Deberán colocarse elementos de confinamiento en los siguientes lugares:

- En intersecciones y esquinas de paredes.
- En ambos extremos de toda pared aislada.
- Alrededor de los huecos de puertas y ventanas.

d) Todos los elementos de confinamiento deberán tener, por lo menos, el mismo espesor de la pared que están confinando. Su altura no será menor de 10 cm. para soleras intermedias, 15 cm. para nervios y de 15 cm. para soleras de coronamiento.

El refuerzo longitudinal consistirá al menos de 2 varillas N° 3 para soleras intermedias y de 4 N° 3 para nervios y soleras de coronamiento confinados por refuerzo transversal N° 2 a 15 cm.

#### 6.5.4 Mampostería reforzada.

1) El espesor de las paredes de mampostería reforzada no será inferior a 10 cm para un piso y 15 cm para dos pisos.

2) La relación máxima de altura sin soporte lateral a espesor será de 20.

3) Independientemente del grado de acero que se vaya a utilizar, la suma de las áreas de refuerzo vertical y horizontal debe ser por lo menos 0.0013 veces el área bruta de la pared. El área de refuerzo en cualquier dirección no será menor de 0.0005 veces el área bruta.

4) El espaciamiento máximo de las varillas de refuerzo vertical será seis veces el espesor de la pared u 80 cm, el que sea menor, y el de las varillas de refuerzo horizontal será 40 cm.

5) El diámetro mínimo de refuerzo vertical será de 8 mm y el de refuerzo horizontal 6.4 mm.

6) Todas las paredes deberán llevar soleras, horizontales o inclinadas, en el borde superior, de 20 cms de altura como mínimo por el espesor de la pared. Estas soleras deberán armarse, por lo menos, con dos varillas N° 3 y grapas N° 2 a cada 20 cm. En los claros libres deberán diseñarse estos elementos como vigas para resistir las cargas impuestas.

En el caso de paredes que soportan losas se deberá diseñar la viga requerida.

7) Todas las celdas de los bloques adyacentes a huecos de puertas y ventanas, deben ir reforzadas, como mínimo con una varilla No. 3. En todas las repisas de ventana, deberá existir, por lo menos, un elemento de concreto de 10 cm de altura por el espesor de la pared, armado con dos varillas No. 3 y estribos No.2 a 20 cm, uniendo el refuerzo de los bordes verticales. Como alternativa, podrá usarse una solera de bloque reforzada con una varilla del No.3.

8) Todos los cargaderos de puertas y ventanas deberán ser de concreto reforzado o solera de bloque, diseñados para soportar las cargas verticales impuestas.

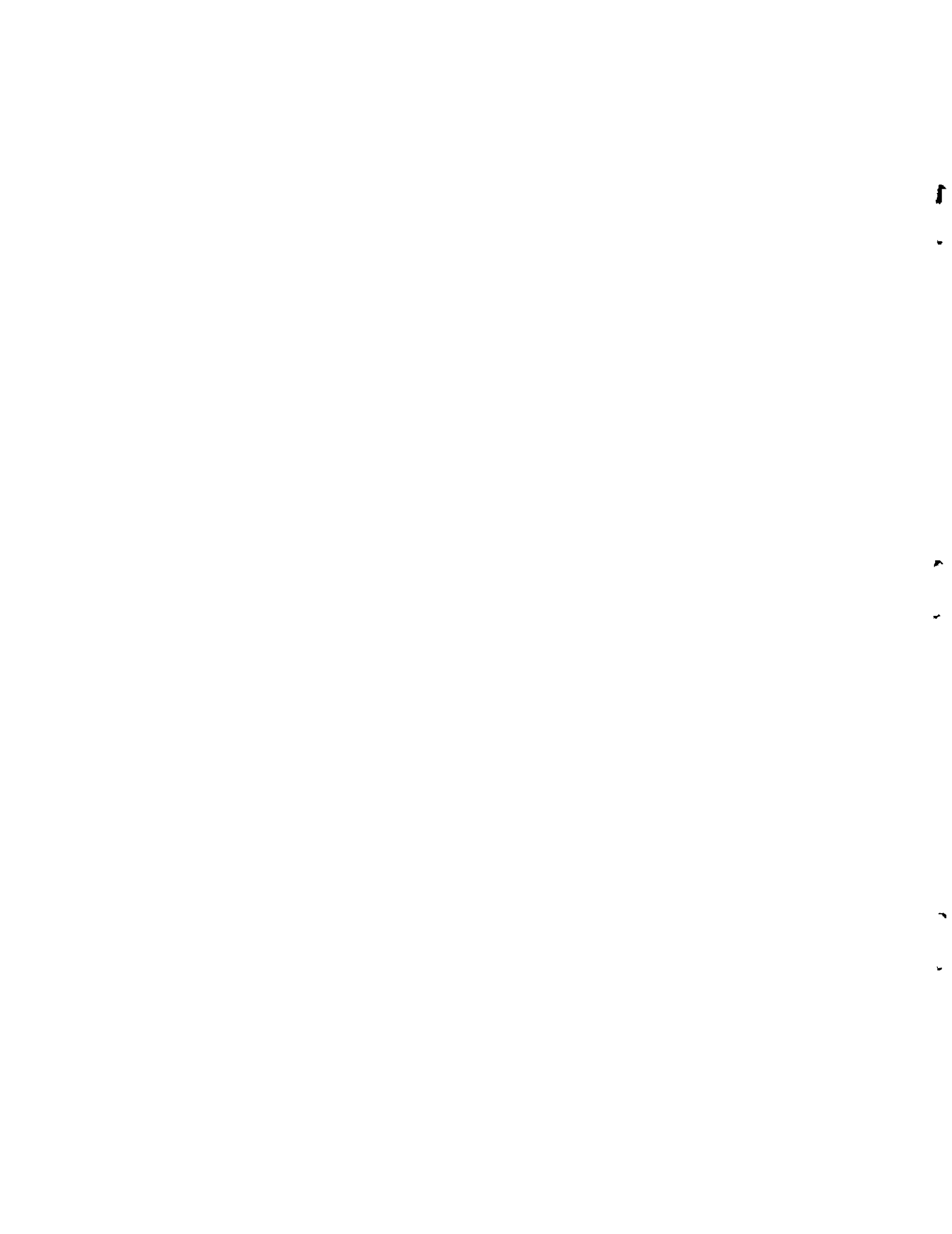
#### 6.6 CIMENTACIONES.

6.6.1 Las paredes deben cimentarse sobre una solera corrida de concreto reforzado, con un ancho mínimo de 30 cm. para viviendas de un piso y de 40 cm. para viviendas de dos pisos y una altura mínima de 20 cm, desplantándose a una profundidad no menor de 50 cm del nivel más bajo del piso.

El refuerzo de la solera será, como mínimo, de 3 varillas longitudinales No.3 y varillas transversales No.2 a un espaciamiento máximo de 20 cm. Todas las varillas de refuerzo vertical de la pared deben quedar ancladas en la solera de cimentación.

6.6.2 Todas las fundaciones deben colarse sobre suelo firme. Debe evitarse colar la cimentación sobre terreno orgánico. Si existiese terreno

orgánico, éste se removerá  
sustituyéndose por material adecuado  
debidamente compactado.



**asia**

asociación salvadoreña de  
ingenieros y arquitectos

**MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS**

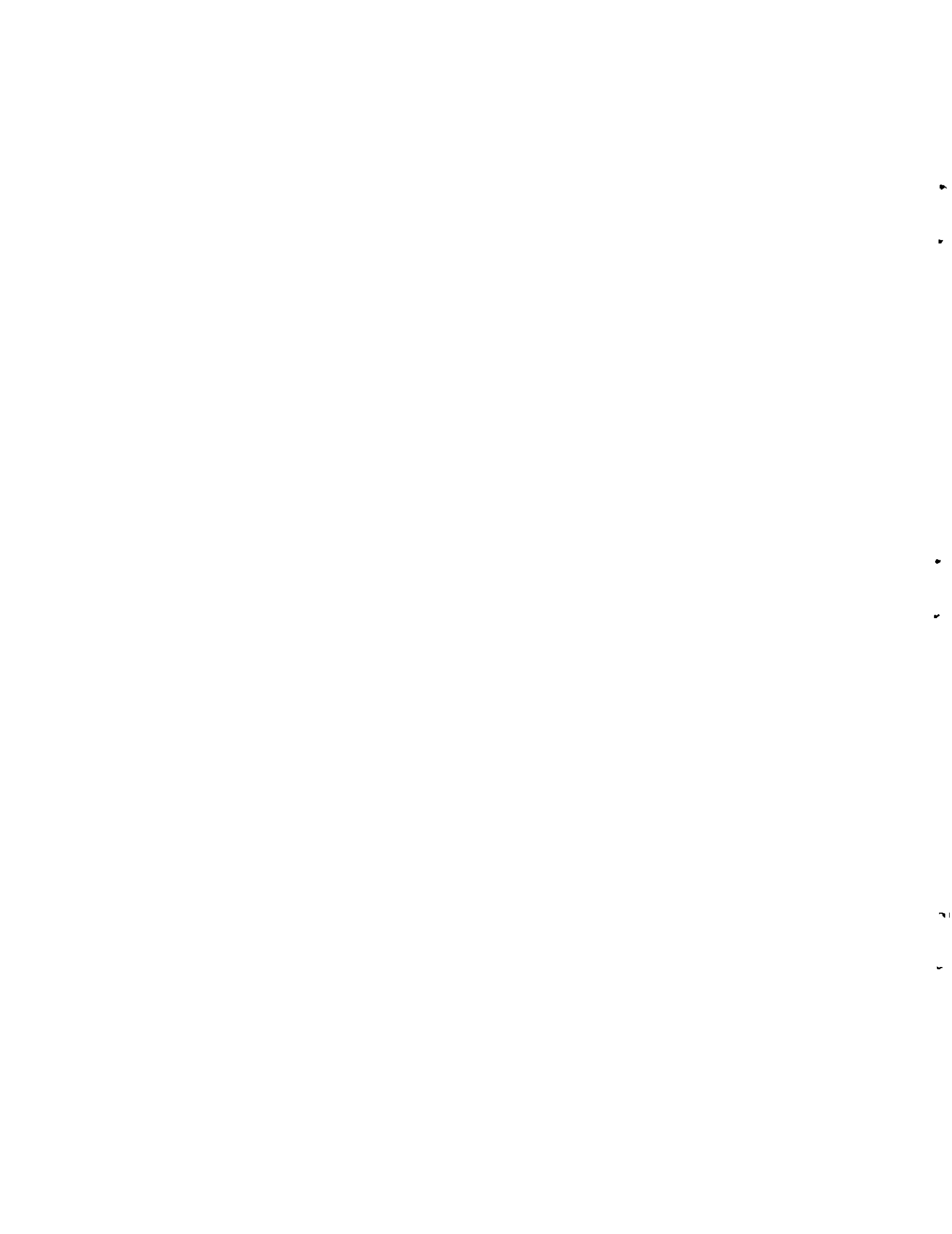
REPUBLICA DE EL SALVADOR

**FOLLETO COMPLEMENTARIO**

**ADOBE**

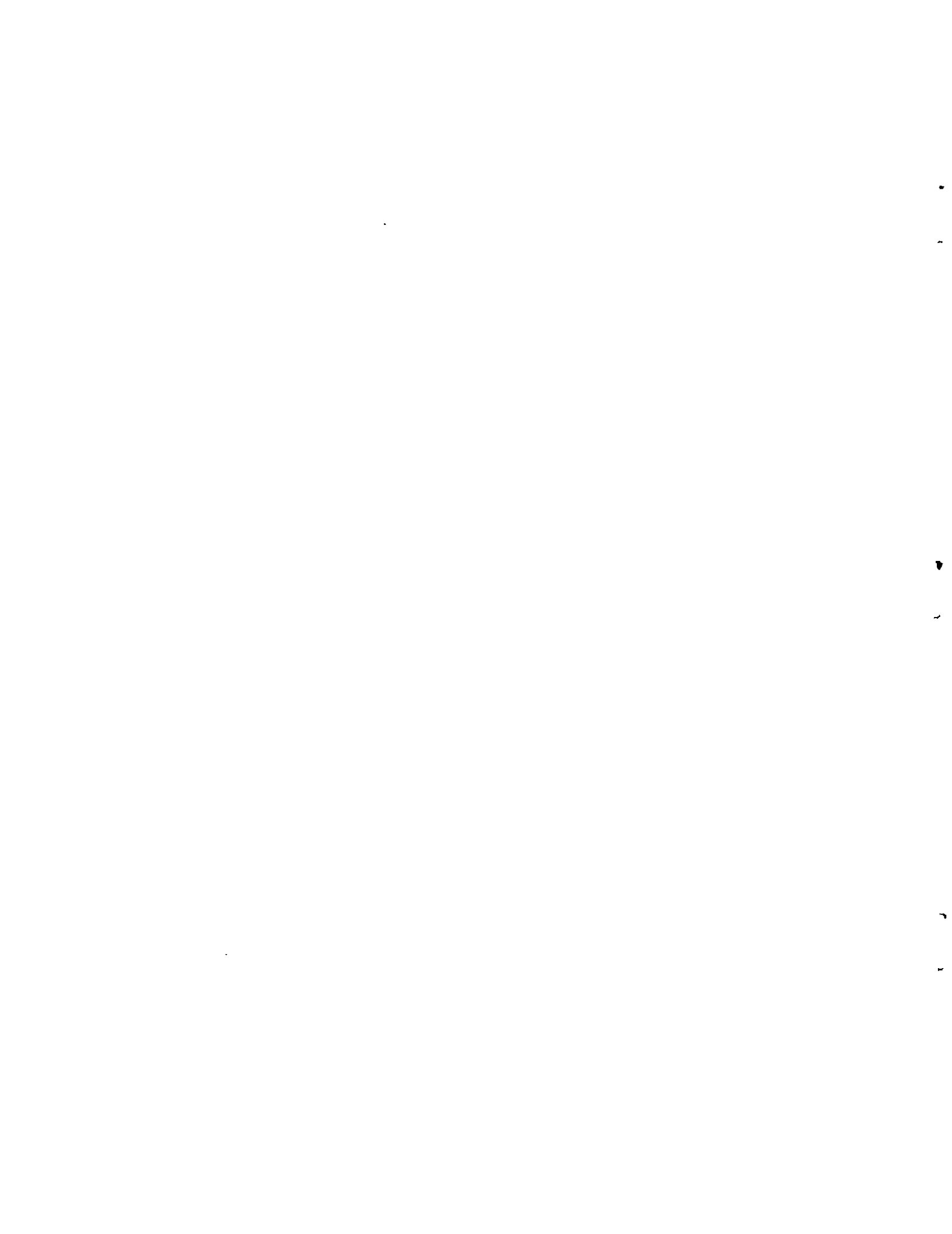
**REGLAMENTO PARA LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL DE LAS CONSTRUCCIONES  
SAN SALVADOR, MAYO DE 1997**





**LINEAMIENTOS PARA  
CONSTRUCCION EN ADOBE**

**FOLLETO COMPLEMENTARIO  
A LA NORMA ESPECIAL  
PARA DISEÑO Y CONSTRUCCION  
DE VIVIENDAS**



# INDICE

## APENDICE: FOLLETO COMPLEMENTARIO "LINEAMIENTO PARA CONSTRUCCION EN ADOBE"

<b>CAPITULO 1</b>	<b>: DISPOSICIONES GENERALES . . . . .</b>	<b>1</b>
1.1	INTRODUCCION. . . . .	1
1.2	ALCANCES. . . . .	1
<b>CAPITULO 2</b>	<b>: NOTACION. . . . .</b>	<b>2</b>
<b>CAPITULO 3</b>	<b>: CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO. . . . .</b>	<b>3</b>
3.1	ESTABILIDAD. . . . .	3
3.2	CONSIDERACIONES PARA SISMO . . . . .	3
3.2.1	Revisión de la seguridad estructural ante sismos	
<b>CAPITULO 4</b>	<b>: MATERIAL PARA LA FABRICACION DE ADOBE. . .</b>	<b>5</b>
4.1	CALIDAD DEL MATERIAL . . . . .	5
4.2	VERIFICACION DE LA COMPOSICION . . . . .	5
4.3	PREPARACION DEL MATERIAL . . . . .	5
4.4	ESTABILIZACION . . . . .	5
4.5	MORTEROS . . . . .	6
<b>CAPITULO 5</b>	<b>: CONSTRUCCION . . . . .</b>	<b>7</b>
5.1	FUNDACIONES. . . . .	7
5.2	COLOCACION DE UNIDADES . . . . .	7
5.3	RECOMENDACIONES. . . . .	7
5.3.1	Ejecución. Repellos	
5.4	ADOBE REFORZADO. . . . .	8
5.4.1	Refuerzos.	
5.4.2	Unión de paredes.	
<b>CAPITULO 6</b>	<b>: AYUDAS VISUALES. . . . .</b>	<b>9</b>
6.1	DIMENSIONES DE LAS UNIDADES DE ADOBE. . . . .	9
6.2	CALIDAD DEL MATERIAL. . . . .	10
6.3	PREPARACION DEL MATERIAL. . . . .	11
6.4	MOLDEADO DEL ADOBE. . . . .	12
6.5	SECADO Y ALMACENADO . . . . .	13

6.6	CONTROL DE CALIDAD. . . . .	14
6.7	UBICACION . . . . .	15
6.8	FUNDACIONES . . . . .	16
6.9	COLOCACION DE LAS UNIDADES. . . . .	19
6.10	UNION DE PAREDES. . . . .	20
6.11	LOGITUD DE PAREDES. . . . .	23
6.12	ALTURAS, VANOS Y CORONAMIENTOS. . . . .	24
6.13	SOLERA DE CORONAMIENTO. . . . .	25
6.14	DIVISIONES INTERIORES . . . . .	28
6.15	RIGIDIZACION DE PAREDES . . . . .	29
6.16	ADOBE REFORZADO . . . . .	30
6.17	MORTERO . . . . .	31
6.18	REFUERZO. . . . .	32
6.19	UNIONES DE PAREDES REFORZADAS . . . . .	33
6.20	COLOCACION DE LAS UNIDADES CON REFUERZO . . . . .	34
6.21	CLASES DE REPELLOS. . . . .	35

## CAPITULO 1

### DISPOSICIONES GENERALES

#### 1.1 INTRODUCCION

La inclusión de aspectos generales sobre construcción de tierra, en el "Reglamento para la Seguridad Estructural de las Construcciones", tiene como propósito fundamental, llenar el vacío existente en Reglamentos anteriores sobre este aspecto.

Alrededor del 60% de las edificaciones existentes en el país son de tierra y la mayor parte de las edificaciones en el área rural, así como muchas en el sector marginal, son construidas de igual forma.

En los últimos años, sectores comprometidos en la búsqueda de soluciones de vivienda coherentes con la estructura económica y cultural del país, han puesto de nuevo la atención en la tecnología de la tierra; lo que ha permitido conocer mucho de lo investigado en este campo tanto a nivel nacional como en el extranjero.

El contenido de este documento es una

síntesis de esa experiencia, obtenida de estudios a nivel nacional realizados por algunas Universidades del país, así como de investigaciones en otros países como México y Perú, presentada a nivel de recomendaciones, con la idea de brindar una guía para contribuir a mejorar la calidad y comportamiento sísmico de las construcciones de adobe.

#### 1.2 ALCANCES

1.2.1 Este Folleto Complementario establece los requisitos mínimos para el diseño y construcción de viviendas aisladas de una planta, construidas con adobe.

1.2.2 Estas disposiciones son aplicables a viviendas de adobe cuya construcción típica consta básicamente de un cuerpo de un solo piso y planta rectangular, con paredes divisorias. El techo será de cubierta liviana, y no constituye diafragma rígido.

**CAPITULO 2**

**NOTACION**

a =	Ancho mínimo de vanos.	L' =	Longitud para calcular la masa equivalente.
B =	Menor longitud en planta de la vivienda.	M =	Momento flexionante en la pared por unidad de longitud.
C <sub>s</sub> =	Coefficiente sísmico.	Pv =	Peso volumétrico del adobe (1.6 T/m <sup>3</sup> ).
d =	Distancia mínima de vanos a esquinas o apoyos laterales.	Q =	Factor de reducción por ductilidad.
e =	Espesor de la pared.	S =	Módulo de sección ( $s = e^2/6$ ).
f <sub>b</sub> =	Esfuerzo de flexión actuante en las paredes.	V =	Fuerza cortante que tomarán las paredes.
f <sub>br</sub> =	Esfuerzo resistente a la flexión.	V <sub>a</sub> =	Fuerza cortante actuante en las paredes.
H =	Altura de pared desde el nivel de piso terminado hasta la parte superior del coronamiento horizontal.	V <sub>r</sub> =	Esfuerzo cortante resistente de la pared. Tomar $V_r = 0.25$ kg/cm <sup>2</sup> .
H' =	Altura para calcular la masa equivalente.	W =	Peso por unidad de longitud, se determina considerando una franja de altura unitaria de la pared frontal más la mitad del peso del techo, y cuando exista, el peso de la solera de corona.
h' =	Altura del vano.	W' =	Masa equivalente para el cálculo de cortante.
K =	5 si existe solera de corona. 20 si no existe solera de corona.	x =	H ó L/2 , el menor.
l =	Longitud de la pared.		
L =	Mayor longitud en planta de la vivienda.		

### CAPITULO 3

## CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO

### 3.1 ESTABILIDAD.

La estabilidad de las construcciones de adobe se basa principalmente en la acción de contrafuertes que ejercen las paredes en dirección perpendicular entre sí.

Para que esta acción estabilizadora de contrafuerte se ejerza eficazmente, es preciso que se cumpla con una serie de condiciones. La práctica, a través de la observación del comportamiento de las construcciones de adobe en sismos pasados, permite establecer las condiciones más importantes que es preciso respetar.

3.1.1 La longitud de las paredes entre apoyos laterales (contrafuertes o paredes transversales), debe modularse cuidadosa y adecuadamente.

3.1.2 Se debe fijar un mínimo para la distancia entre el cruce de paredes y el vano de una puerta o ventana.

3.1.3 El espesor de las paredes se debe establecer de acuerdo con la distancia entre paredes transversales y la altura de la misma.

3.1.4 Para el buen comportamiento sísmico de las paredes, debe garantizarse la indeformabilidad del cruce entre ellas.

3.1.5 Las dimensiones de los adobes y sus proporciones son importantes. Así mismo, una buena unión en la intersección, se consigue con adobes colocados en forma cuatrapeada, de tal manera, que la superficie de traslape en el cruce, corresponda a medio adobe, que a su vez corresponde al espesor de la pared, esta condición conduce a adobes cuya longitud sea del orden del doble de su ancho, manteniendo esta unión en toda la altura de la pared.

Por otro lado el espesor de las

unidades debe ser pequeño con el objeto de proporcionar mayor eficiencia en la unión. Se recomienda utilizar espesores del orden de 10 a 15cm.

3.1.6 El peso propio de las paredes y un buen traslape de los adobes en la intersección, en la forma descrita anteriormente, asegura un buen comportamiento de la unión en su parte inferior. Sin embargo, la parte superior de las paredes, sin carga sobre ellas, hace que la unión no sea igualmente estable; por esta razón, en esta zona es preciso recurrir a la acción de un elemento de amarre (viga o solera de coronamiento), que sea lo suficientemente indeformable en el plano horizontal para que contribuya a la indeformabilidad de la unión entre las paredes.

Se recomienda que la solera de coronamiento sea de concreto, de madera o de metal. En el caso del concreto, la viga o solera deberá tener un espesor igual que el de la pared. En el caso de elementos de amarre de madera o metal, deberán de estar constituidos por elementos paralelos, a una distancia igual al espesor de la pared, conectados entre sí formando una celosía.

Esta disposición permite dar al conjunto la suficiente rigidez horizontal, que contribuya a la indeformabilidad superior de la unión entre paredes.

Resulta necesario dar peso a las soleras de madera o de metal, adicional al peso del techo; el peso anclado de 2 ó 3 hiladas por debajo de la solera, mediante amarres de alambre grueso galvanizado, próximas a las esquinas, contribuye eficientemente a lograrlo.

### 3.2 CONSIDERACIONES PARA SISMO.



Como condicionante para la seguridad estructural de la vivienda, es también necesario reducir el efecto del sismo; en este sentido, se recomienda realizar un dimensionamiento de las paredes de acuerdo a los criterios siguientes:

- 1) Establecer la altura de las paredes (de piso a parte superior del coronamiento horizontal).

$$h \text{ máx} = 3.00 \text{ m.}$$

$$h \text{ min} = 2.00 \text{ m.}$$

- 2) Determinar el espesor requerido de las paredes

$$e \geq \frac{1}{8} h$$

$$e \text{ min} = 0.30 \text{ m.}$$

- 3) Distancia entre apoyos laterales:

- a) Longitud libre de paredes entre apoyos laterales o contrafuertes.

$$l \text{ máx} \leq 10 e$$

- b) Distancia mínima de vanos (ventanas y puertas) a esquinas y/o apoyos laterales

$$d \geq 1.20 \text{ m.}$$

- 4) Ancho máximo de vanos (ventanas y/o puertas)

$$a \leq 1.20 \text{ m.}$$

- 5) Areas máximas de vanos en una pared entre apoyos laterales

$$A \text{ ventanas} + A \text{ puertas} \leq 0.30 \text{ Area total de la pared entre apoyos}$$

- 6) Definir dimensiones y material de solera de coronamiento, tipo y peso de techo.

- 7) Uso de techo liviano, preferiblemente a 4 aguas y de ser posible

sobre estructuras tipo tijera. (puede ser teja sobre madera).

### 3.2.1 Revisión de la Seguridad Estructural ante sismos.

- 1) La fuerza cortante se determinará por:

$$V = C_s W$$

en donde:

$$C_s = 0.5 \text{ (para la zona sísmica I)}$$

$$C_s = 0.4 \text{ (para la zona sísmica II)}$$

W = Peso por metro lineal de pared.

$V_r$  = Esfuerzo cortante resistente de la pared y puede tomarse igual a 0.25  $\text{kg/cm}^2$ .

- 2) Se deberá calcular V para cada muro independientemente, de acuerdo al peso W que le corresponda y hacer la revisión por separado.

Verificar si:

$$\frac{V}{\sum \text{Areas efectivas de las paredes}} \leq V_r$$

- 3) El momento flexionante perpendicular al plano se determinará por:

$$M = \frac{WX^2}{K}$$

- 4) Evaluar el esfuerzo actuante con la siguiente expresión:

$$f_b = \frac{M}{S} \text{ en donde } S = e^2/6$$

verificar que:

$$f_b < f_{br}$$

donde  $f_{br} = 0.5 \text{ kg/cm}^2$ , esfuerzo resistente a la flexión en el adobe. Peso volumétrico del adobe =  $1.6 \text{ T/m}^3$ .

CAPITULO 4

**MATERIAL PARA LA FABRICACION DE ADOBE**

**4.1 CALIDAD DEL MATERIAL.**

El material será suelo que no contenga partículas granulares mayores de 10 mm, raíces ni vegetales. Los suelos constituidos por arena, limo y arcilla, son los más aptos para la fabricación de adobe, de acuerdo a las proporciones indicadas en la tabla siguiente:

TABLA DE PROPORCIONES			
Arena	55	a	75%
Limos	10	a	28%
Arcilla	15	a	18%

NOTA: El contenido en materia orgánica deberá ser inferior al 3%.

**Verificación de la calidad del material.**

Deberá verificarse que el material cumpla con las proporciones indicadas en la Tabla anterior, con el objeto de evitar que no haya demasiada arcilla, arena o materia orgánica, lo que redundará en fisuras en las unidades de adobe durante el secado; la cohesión del conjunto será débil y las unidades de adobe se disgregarán o se generará una descomposición de la unidad de adobe que modifica su porosidad y resistencia al agua, respectivamente.

**4.2 VERIFICACION DE LA COMPOSICION.**

Las proporciones de material adecuadas pueden ser establecidas en laboratorio o evaluadas sobre el terreno por medio de métodos simples. Una prueba rápida que permite verificar si el suelo conviene o no para la fabricación de

unidades de adobe consiste en hacer con la palma de la mano un "rollo" de suelo en estado plástico (no debe pegarse a la mano), lo más largo posible cuya medida al romperse nos permitirá conocer aproximadamente las características de la muestra; observando la longitud que el rollo, en posición horizontal y sin apoyo, puede alcanzar antes de romperse:

- Si se rompe entre 5 y 15 cms., el suelo es bueno para fabricar unidades de adobe.
- Si se rompe antes de 5 cms.; es necesario agregar arcilla.
- si se rompe después de 15 cms., es necesario agregar arena.

**4.3 PREPARACION DEL MATERIAL.**

El material deberá hidratarse previamente para saturar las partículas arcillosas y deshacer los grumos del suelo. Para fabricar las unidades de adobe, el material saturado se dejará reposar durante 24 horas para facilitar la mezcla, la cual será plástica y homogénea. Se considera que el volumen de agua necesaria para la mezcla es de 1/3 del volumen total. Si fuese necesario, el material deberá tamizarse utilizando mallas de 6 a 10 mms.

**4.4 ESTABILIZACION.**

El material para la elaboración de las unidades de adobe deberá estabilizarse para obtener una adecuada resistencia.

**4.4.1** Para estabilizar el adobe, se podrán utilizar cualesquiera de los siguientes elementos dosificados adecuadamente:

- cemento portland
- cal

- fibras vegetales
- asfalto
- otros

#### 4.4.2 Incorporación de los estabilizantes.

1) Los estabilizantes en polvo, se mezclan con el suelo en seco, en las siguientes proporciones:

- Cemento portland 8% del volumen total.
- Cal 3% al 8% del volumen total.

2) Las fibras se agregarán al suelo saturado. Las fibras representarán entre el 20% y 30% del volumen total de las unidades de adobe.

3) El asfalto es un estabilizante costoso, por lo que se recomienda antes de usarlo hacer un estudio de las ventajas que pueda ofrecer.

#### 4.5 MORTEROS.

Las uniones o juntas horizontales y verticales entre las unidades de adobe se deben hacer utilizando un mortero con la misma composición o ligeramente más resistente que la de los adobes. El material no debe contener gravilla ni paja; debe ser suelo tamizado en malla de 3 mm.

- 1) Las uniones o juntas tendrán un espesor entre 1.5 y 2.5 cm. La acción de las cargas provoca una contracción vertical de la pared de aproximadamente 3 cms. por cada 3 mts. de altura; ésto se debe tener en cuenta para la colocación de los marcos de las puertas y ventanas.
- 2) Las caras de la unidad de adobe, en contacto con el mortero se deben ranurar para mejorar la adherencia.

## CAPITULO 5

### CONSTRUCCION

#### 5.1 FUNDACIONES.

Se deberá cumplir lo siguiente:

1) La excavación para las fundaciones tendrá fondo horizontal y la construcción se efectuará perfectamente nivelada y a plomo.

2) Las fundaciones y las paredes deben quedar perfectamente a escuadra.

3) El ancho de las excavaciones para la fundación debe ser  $1\frac{1}{2}$  vez el espesor de la pared y se debe de excavar 40 cm. como mínimo, penetrando 10 cm. en terreno firme; si no se logra encontrar terreno firme a la profundidad antes indicada, el suelo de la cimentación deberá estabilizarse adecuadamente con suelo-cemento.

4) La fundación y sobrefundación debe construirse preferiblemente de concreto pobre; cuando se disponga de piedra, la fundación podrá construirse con piedra pegada con mortero al 1:6 con una profundidad de 60 cm. como mínimo.

5) Se debe proteger de la erosión las primeras hiladas de adobe, para lo cual se recomienda:

a) Construir una sobrefundación del ancho de la pared y 0.20 m de altura a partir del piso terminado, de concreto pobre o piedra pegada.

b) Disponer de aleros en el techo que no permitan el azote directo de la lluvia ni el escurrimiento de la misma. De ser posible, se recomienda el uso de canales y bajadas de aguas lluvias.

c) Facilitar el escurrimiento de agua hacia el exterior, proporcionando una pendiente adecuada al terreno circundante.

#### 5.2 COLOCACION DE LAS UNIDADES.

Las unidades de adobe se colocarán en hiladas continuas, de manera que la construcción avance regularmente sobre toda la superficie. De esta manera, se reparten los esfuerzos a todo lo largo de los cimientos. Para evitar el asentamiento de las juntas frescas, la altura de la construcción no debe sobrepasar de 1.0 metro al día.

En la mampostería de adobe se puede utilizar el procedimiento clásico de colocación de hiladas del ladrillo cocido. Al igual que en estos, se deben respetar dos reglas principales: evitar la superposición de las juntas verticales en hiladas continuas; y unir sólidamente las unidades en las esquinas.

**Juntas o uniones:** Las juntas o uniones, tanto horizontales como verticales, tendrán un espesor de 1.5 a 2.5 cms., de acuerdo a lo establecido en 4.5.

Cuando se emplee un mortero de cemento, es importante humedecer la superficie de los adobes antes de colocarlos, a fin de impedir que "tomen" el agua del mortero necesaria para el fraguado del cemento.

#### 5.3 RECOMENDACIONES.

Ninguno de los criterios de diseño establecidos en el capítulo 3 de este folleto resultará eficaz si no va acompañado de una ejecución adecuada, tanto en la confección de unidades de adobe, como en la construcción misma, por ello se recomienda tomar en cuenta lo siguiente:

##### 5.3.1 Ejecución.

Llevar a cabo la ejecución en período de clima apropiado; proteger el material acumulado en obra, o proteger la obra misma, frente a lluvias imprevistas, son consideraciones que es preciso tener en cuenta al organizar la faena.

### 5.3.2 Repellos.

A efecto de proteger las paredes contra el intemperismo, se sugiere repellarlas; este repello se hará en tres capas; la primera debe ser tan resistente como la pared; la segunda de menor resistencia y la tercera deberá ser el acabado y puede contener una mayor proporción de estabilizante.

Los repellos podrán ser de los siguientes tipos:

#### 1) de tierra

Se utilizará una cantidad mayor de arena y se estabilizará con fibras vegetales.

#### 2) de cemento

Proporción: 1 de cemento por 10 de tierra.

#### 3) de cal

Proporción: 1 de cal por 5 a 10 de tierra.

#### 4) reforzado con fibras

Pueden ser naturales o artificiales. Por cada m<sup>3</sup> de tierra se agrega de 20 a 30 kg. de fibra.

### 5.4 ADOBE REFORZADO.

En tanto sea posible se recomienda utilizar adobe reforzado, para ello se utilizarán dos tipos de adobes con muescas semicirculares en la mitad de dos lados opuestos, y medios bloques con una muesca, con el objeto de introducir los refuerzos verticales y el mortero.

Las dimensiones pueden variar, sin embargo se recomienda utilizar moldes según las siguientes medidas en centímetros:

ADOBE ENTERO	MEDIO ADOBE
28 X 28 X 8	28 X 13 X 8
23 X 23 X 10.5	23 X 10.5 X 10.5
40 X 40 X 10	40 X 20 X 10

#### 5.4.1 Refuerzos.

Para los refuerzos horizontales y

verticales, se utilizará cañas cuyo diámetro puede variar de 2.5 a 3 cms., pudiendo ser: caña brava o vara de castilla, varas de eucalipto, bambú, carrizos, etc.

Para las esquinas y contrafuertes se recomiendan refuerzos en madera o metálicos, teniendo en cuenta que si es de metal el mortero debe ser estabilizado para su protección y lograr también así una mejor adherencia.

Los refuerzos verticales deben ser embebidos en la fundación, cada uno en un pedestal que protegerá la caña y la asegure; este pedestal puede ser de concreto simple.

Los empalmes entre cañas se deben evitar pero si es necesario, se deben superponer las dos cañas 40 cms. y amarrarlas con alambre en los dos extremos. Estos refuerzos se colocaran a una separación máxima de 80 cm. y deben anclarse a la viga de corona.

En cuanto a los refuerzos horizontales, se deben impermeabilizar colocando una vara cortada en dos, a lo largo, sobre el mortero, amarrándolas al refuerzo vertical antes de recubrirlas con mortero, el refuerzo horizontal se colocará a una separación máxima de cuatro hiladas.

Para el mojinete se colocará un poste en el eje de la pared, perfectamente unido con las unidades de adobe de la pared.

Si se utiliza concreto reforzado en la viga de corona, se recomienda que ésta descansa sobre una capa de tierra estabilizada para una mejor adherencia y protección del refuerzo.

#### 5.4.2 Unión de paredes.

Conviene asegurar la unión de las paredes a fin de proporcionar una estabilidad adecuada de las mismas. Se recomienda intersectar todas las paredes, incluso las divisorias, para formar contrafuertes. Es recomendable poner en éstas refuerzos más resistentes (madera rolliza o

cuartones).

La forma de los contrafuertes puede variar pudiendo hacerse con ángulos o redondeados.

## CAPITULO 6

### AYUDAS VISUALES

#### 6.1 DIMENSIONES DE LAS UNIDADES DE ADOBE

Es recomendable que las dimensiones de las unidades de adobe cumplan con las siguientes condiciones:

- La longitud del adobe debe ser aproximadamente el doble del espesor de la pared, considerando el espesor de la junta.
- La altura del adobe debe ser entre 10 y 15 cms.

#### Moldes

Los moldes son generalmente de madera, aunque pueden también fabricarse en metal. Se deben reforzar los ángulos por medio de escuadras o cualquier otro sistema. Una superficie muy lisa en el interior, evita

la adherencia del material al molde, facilitando el desenmolde y proporcionando buen acabado a las unidades de adobe. Algunas de las dimensiones, en centímetros de unidades de adobe utilizadas en nuestro país son:

Sacacoyo (Depto. La Libertad) 40x2-3x14

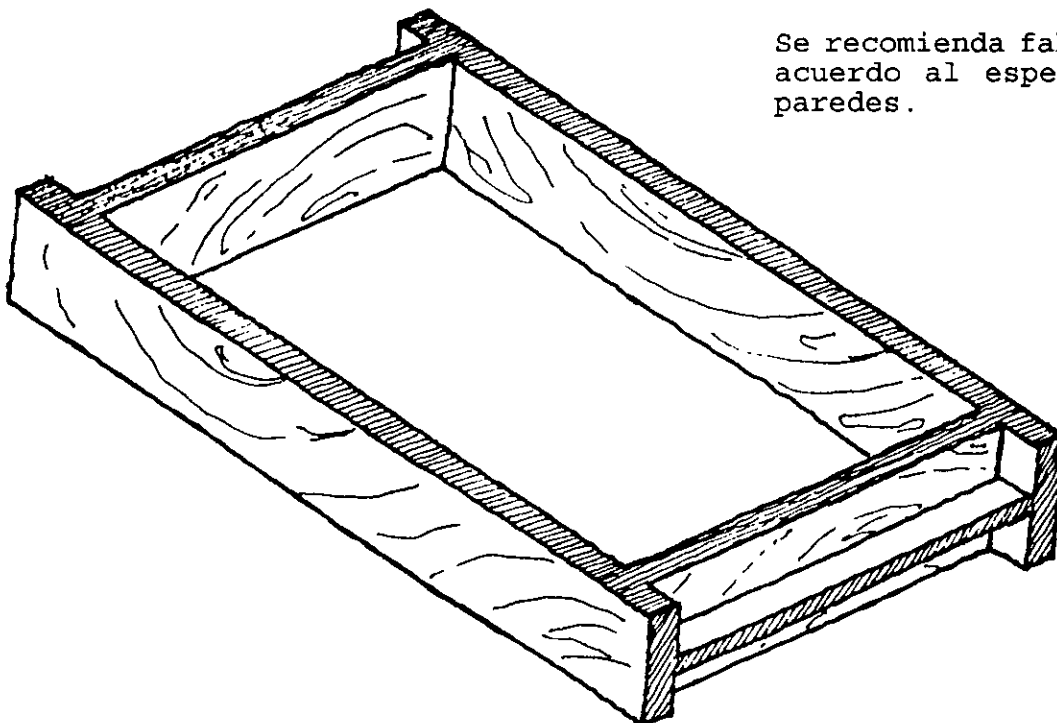
40x27x14

Conchagua (Depto. La Unión) 40x25x15

Proyecto La Presita  
40x20x15  
(Depto. San Miguel)  
40x25x12

23x23x10.5

Se recomienda fabricar las unidades de acuerdo al espesor de diseño de las paredes.



### 6.2 CALIDAD DEL MATERIAL

El material para la fabricación de adobes, debe ser limpio, no debe contener piedras ni residuos vegetales.

La tierra vegetal o de cultivo no es buena para hacer adobes.

#### **METODO SIMPLE DE VERIFICACION DE LA COMPOSICION DEL MATERIAL PARA HACER ADOBES.**

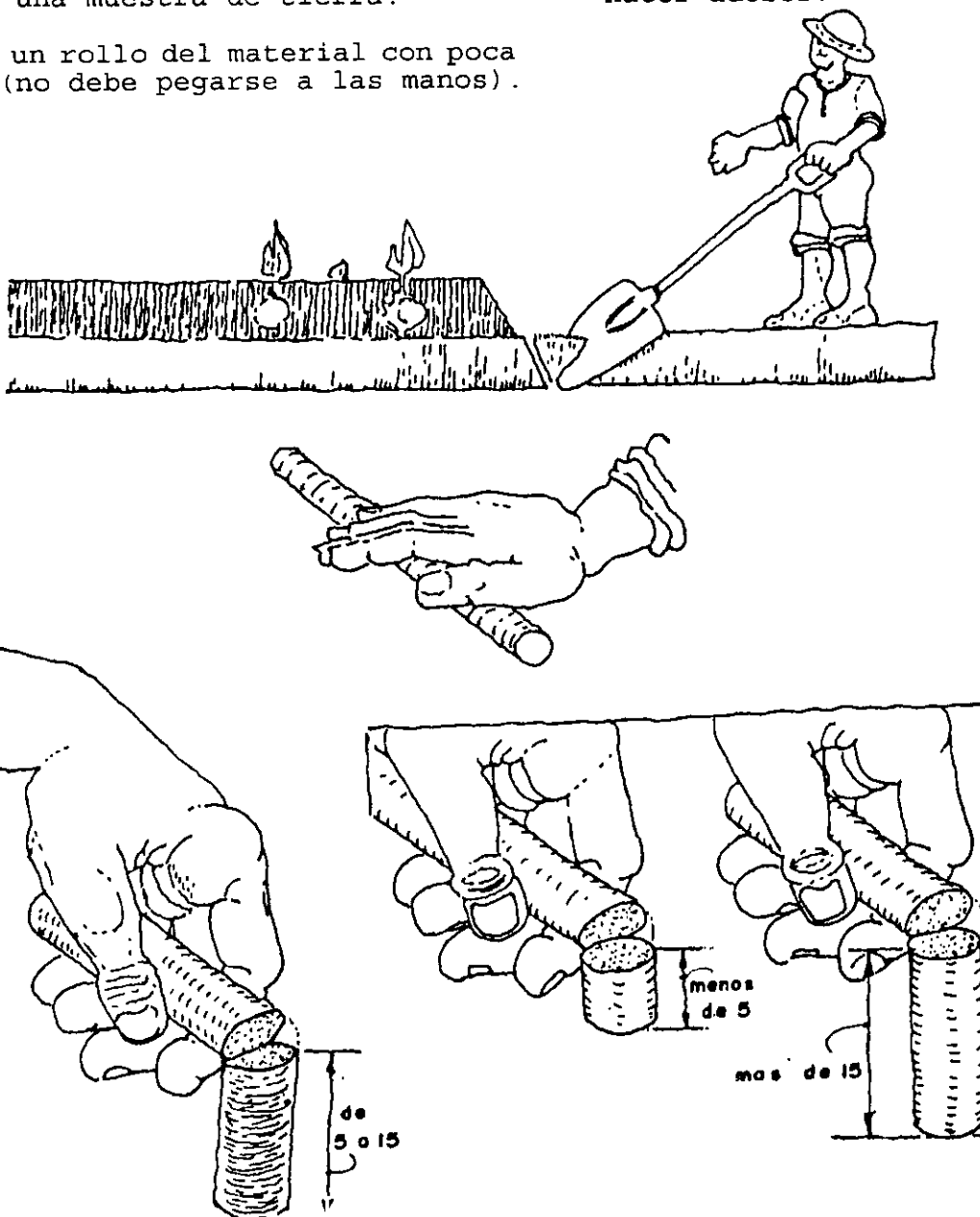
- Tomar una muestra de tierra.
- Hacer un rollo del material con poca agua (no debe pegarse a las manos).

- Con mucho cuidado, presionando con los dedos, hacer un rollo delgado, lo más largo posible.

- Observar que largo, sin apoyo, puede alcanzar el rollo sin romperse:

Si el rollo se rompe antes de 5 cms, o después de 15 cms la tierra no sirve para hacer adobes.

Si el rollo se rompe entre los 5 y los 15 cms la tierra es buena para hacer adobes.

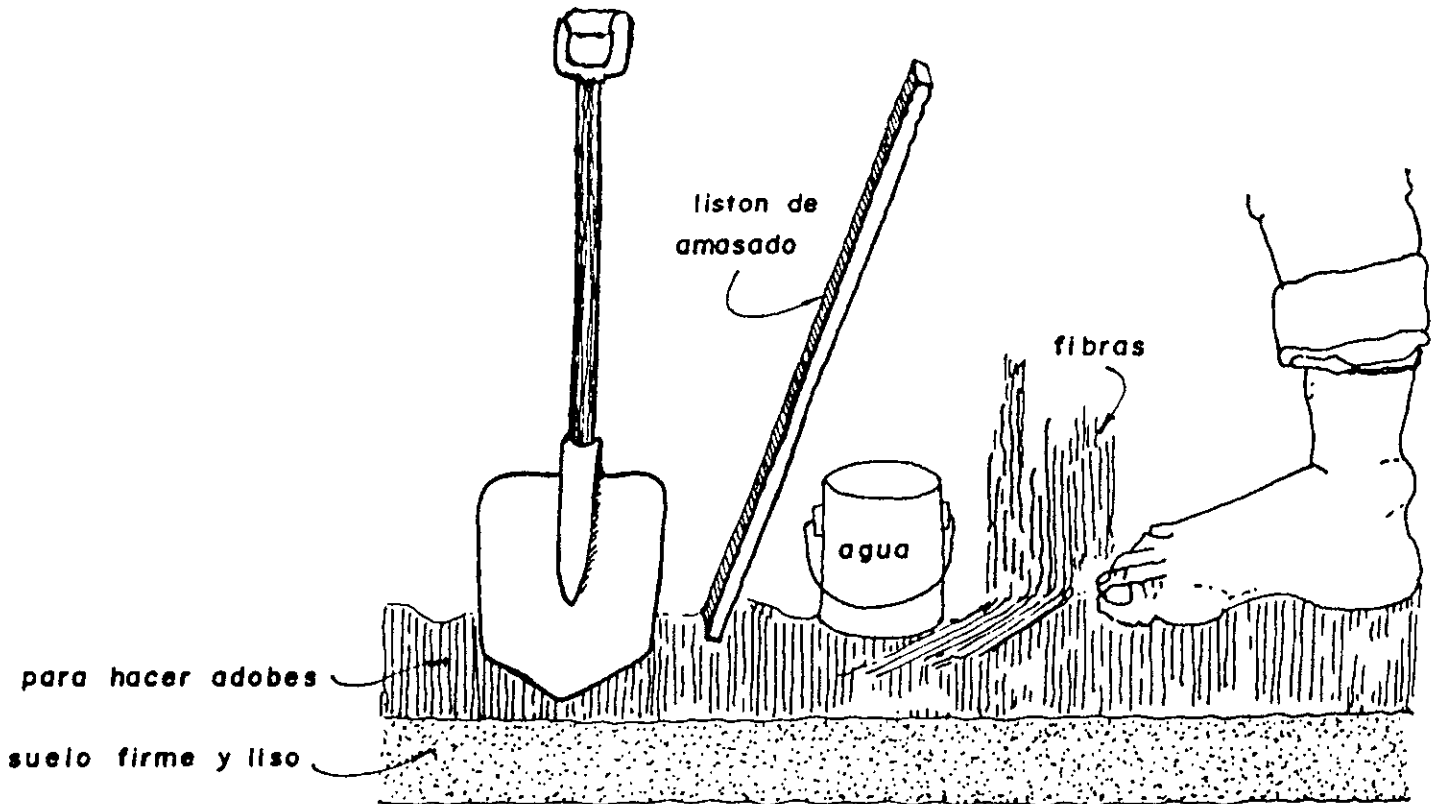


### 6.3 PREPARACION DEL MATERIAL

El material deberá hidratarse previamente para saturar las partículas arcillosas y deshacer los grumos del suelo. Para fabricar las unidades de adobe, el material saturado se dejará reposar durante 24 horas para facilitar la mezcla, la cual

será plástica y homogénea. Se considera que el volumen de agua necesaria para la mezcla es de  $\frac{1}{3}$  el volumen total.

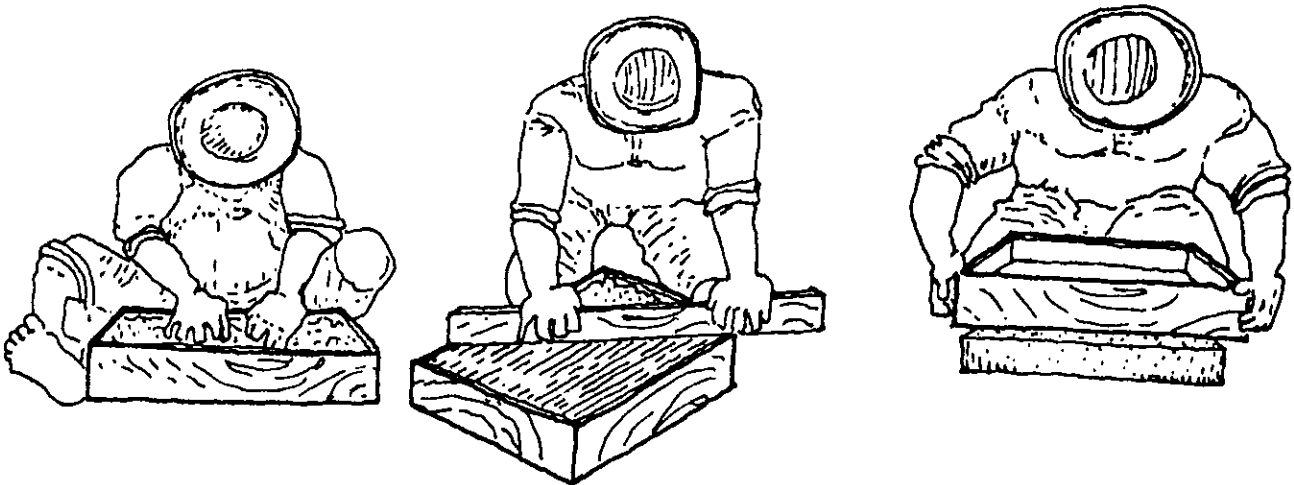
Si fuese necesario, el material deberá tamizarse utilizando mallas de 6 a 12 mms.





## 6.4 MOLDEADO DEL ADOBE

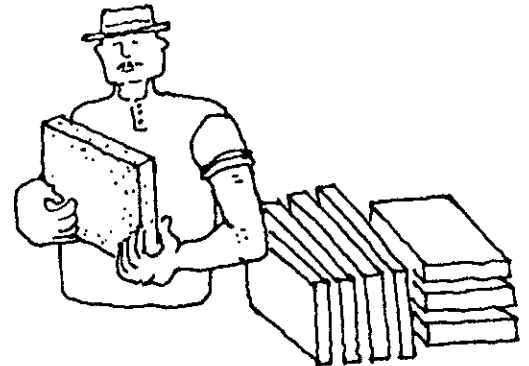
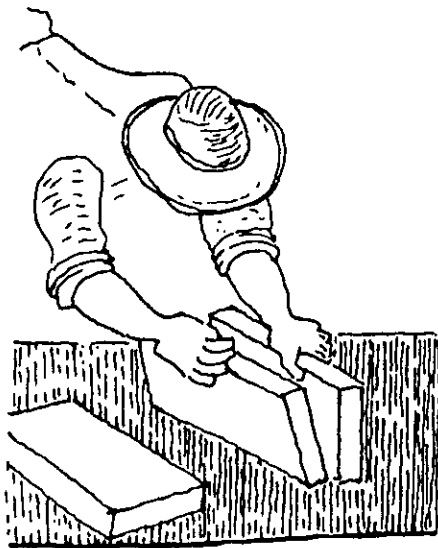
- El material se bate y se coloca en el molde, llenando bien las esquinas y compactando con las manos o con un pequeño pisón de madera.
  - Se enrasa la superficie con una regla de madera, cuidando que no queden depresiones.
  - Se retira el molde, lentamente y con cuidado.
- Para evitar que el material se pegue al molde, éste debe limpiarse con un trapo húmedo y espolvorearse con arena antes de cada uso.
- Si al retirar el molde, el adobe se deforma, es porque el material tiene mucha agua.
  - Si el adobe se fisura es porque el material está muy seco.



### 6.5 SECADO Y ALMACENAMIENTO

A los tres días después de desmoldar,  
se deberán parar los adobes para  
acelerar el proceso de secado.

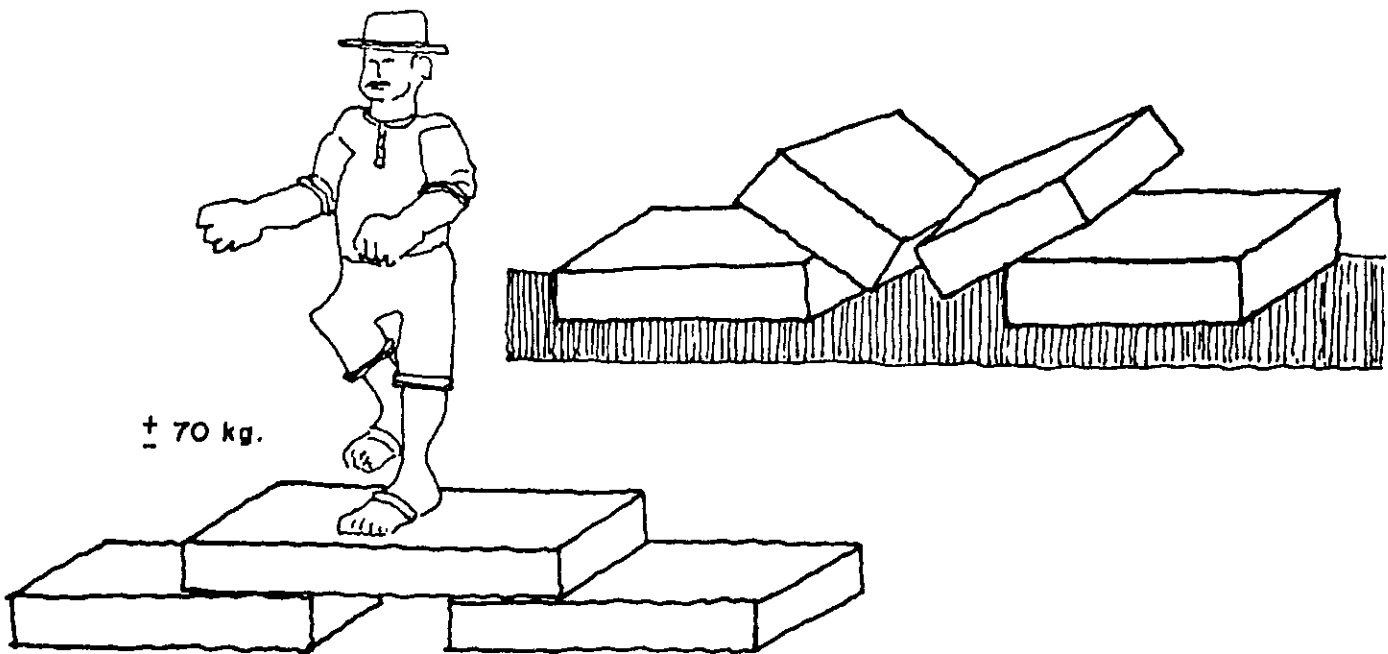
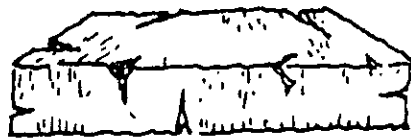
A las tres semanas se pueden cargar y  
apilar.



## 6.6 CONTROL DE CALIDAD

A las cuatro semanas, normalmente, el adobe estará seco y no deberá tener defectos aparentes, en este momento se le someterá a la prueba de resistencia; la cual consiste en pararse en un pie al centro

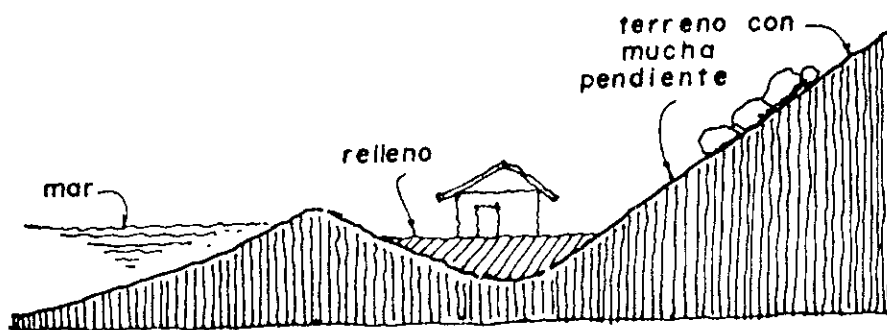
del adobe, estando éste simplemente apoyado en sus extremos. Si el adobe no resiste el peso de un hombre bajo estas condiciones significa que el material contiene poca arcilla y se le deberá desechar.



6.7 UBICACION

Debe elegirse, para localizar la vivienda, un terreno seco, firme y plano, de preferencia ligeramente elevado con respecto al terreno adyacente y fuera del sitio de posibles aludes e inundaciones.

Debe evitarse la proximidad de pantanos, ríos o mar, las zonas de relleno o antiguos basureros, las zonas bajas y los terrenos con mucha pendiente.



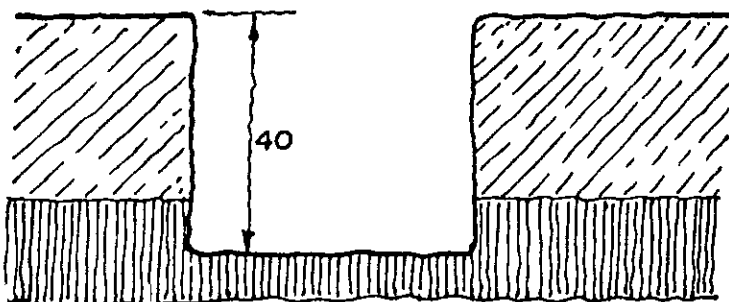
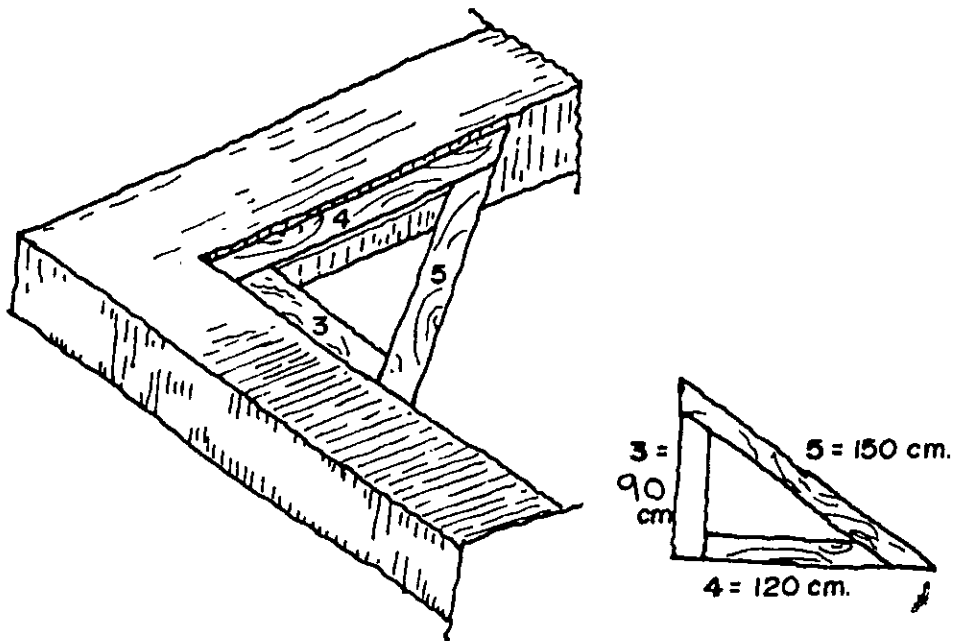
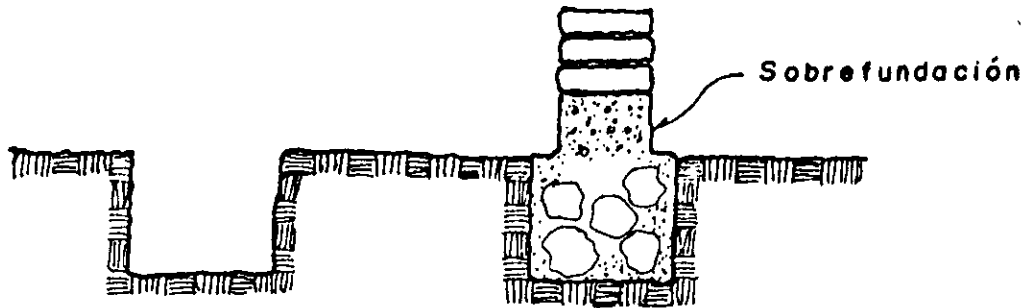
### 6.8 FUNDACIONES

Las excavaciones tendrán fondo horizontal y la construcción se efectuará perfectamente nivelada y aplomada.

El ancho de las excavaciones para fundaciones debe ser una vez y media el espesor de la pared.

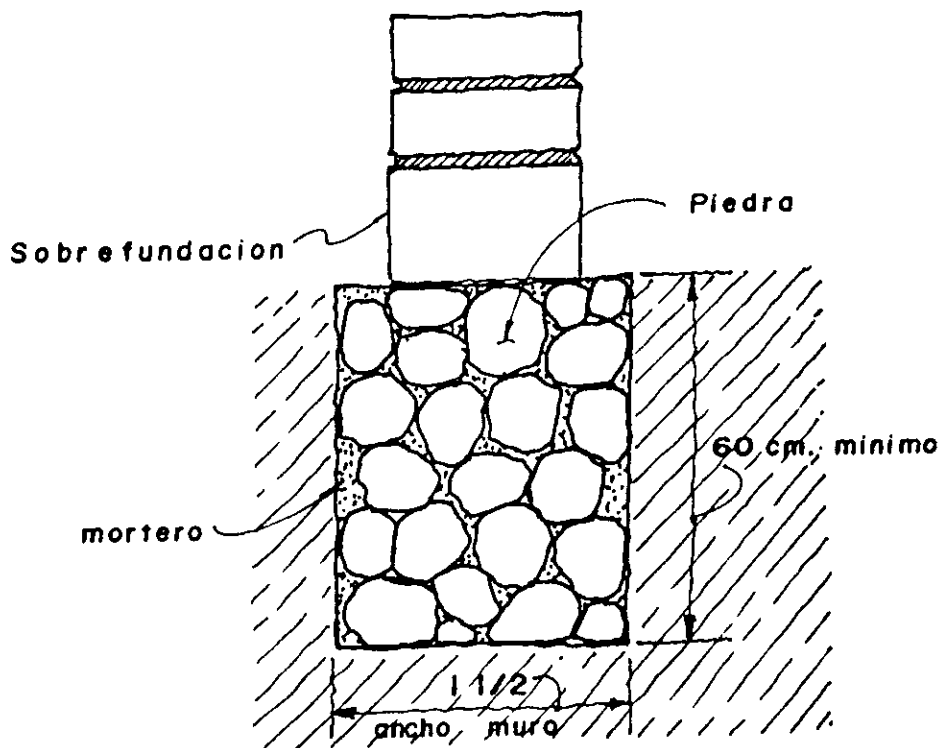
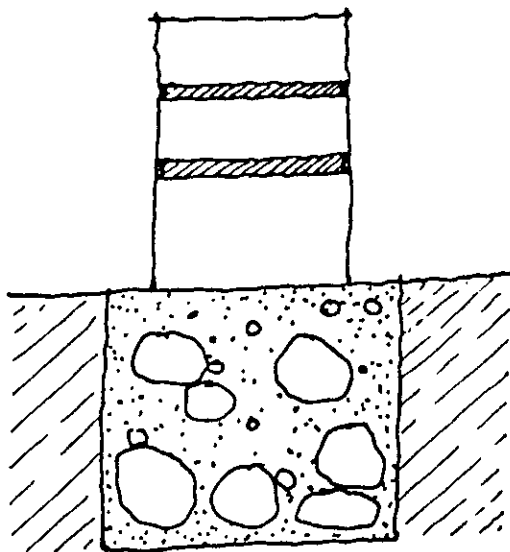
Las fundaciones, sobrefundaciones y paredes deben quedar perfectamente a escuadra.

Se debe excavar como mínimo cuarenta centímetros, penetrando diez cms. en terreno firme.



Las fundaciones y sobrefundaciones deben construirse, de preferencia, de concreto pobre.

Cuando se disponga de piedra de cantera las fundaciones pueden construirse de mampostería de piedra.



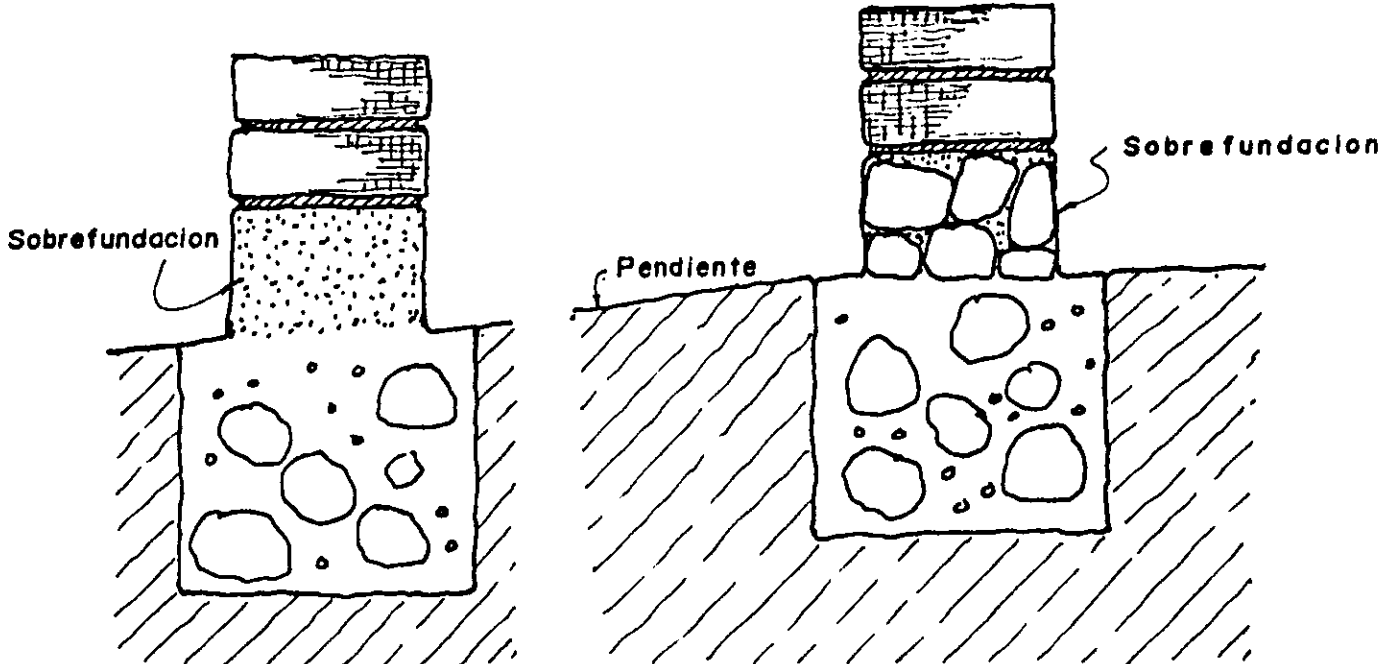
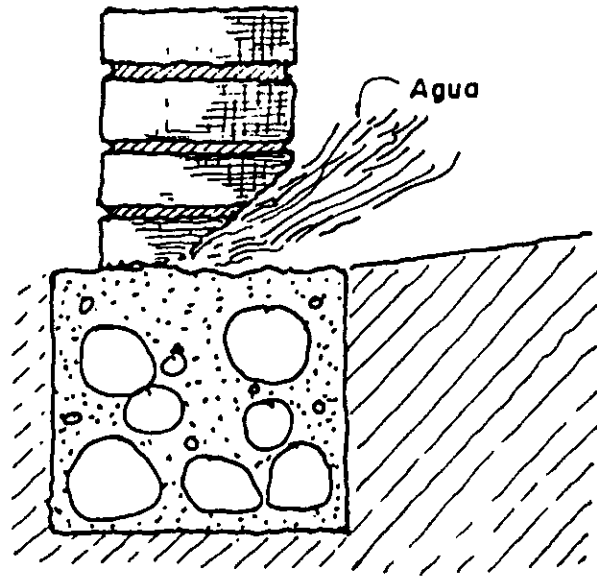
Hay que proteger de la erosión las primeras hiladas de adobe, lo cual se consigue:

Haciendo una sobrefundación de concreto pobre del ancho de la pared.

Haciendo una sobrefundación de mampostería de piedra.

Disponiendo de buenos aleros en el techo.

Facilitando el escurrimiento de agua lluvia hacia el exterior e introduciendo una pendiente adecuada al terreno circundante.



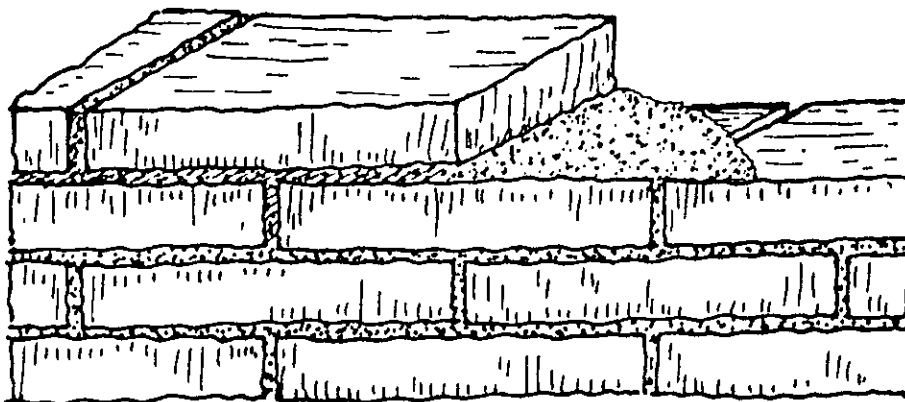
### 6.9 COLOCACION DE LAS UNIDADES

Las uniones o juntas entre los adobes, tanto horizontales como verticales, se hacen con el mismo material o ligeramente más resistentes que el utilizado para la elaboración de los adobes, su espesor debe ser entre 1.5 y 2.5 centímetros. Debe evitarse la presencia de piedrecitas en el material.

Todas las unidades deben quedar trabados con un traslape de medio adobe (cuatrapeado).

Los adobes se colocan en hiladas horizontales, siguiendo el contorno total que tendrá la vivienda, de modo que la construcción avance a nivel.

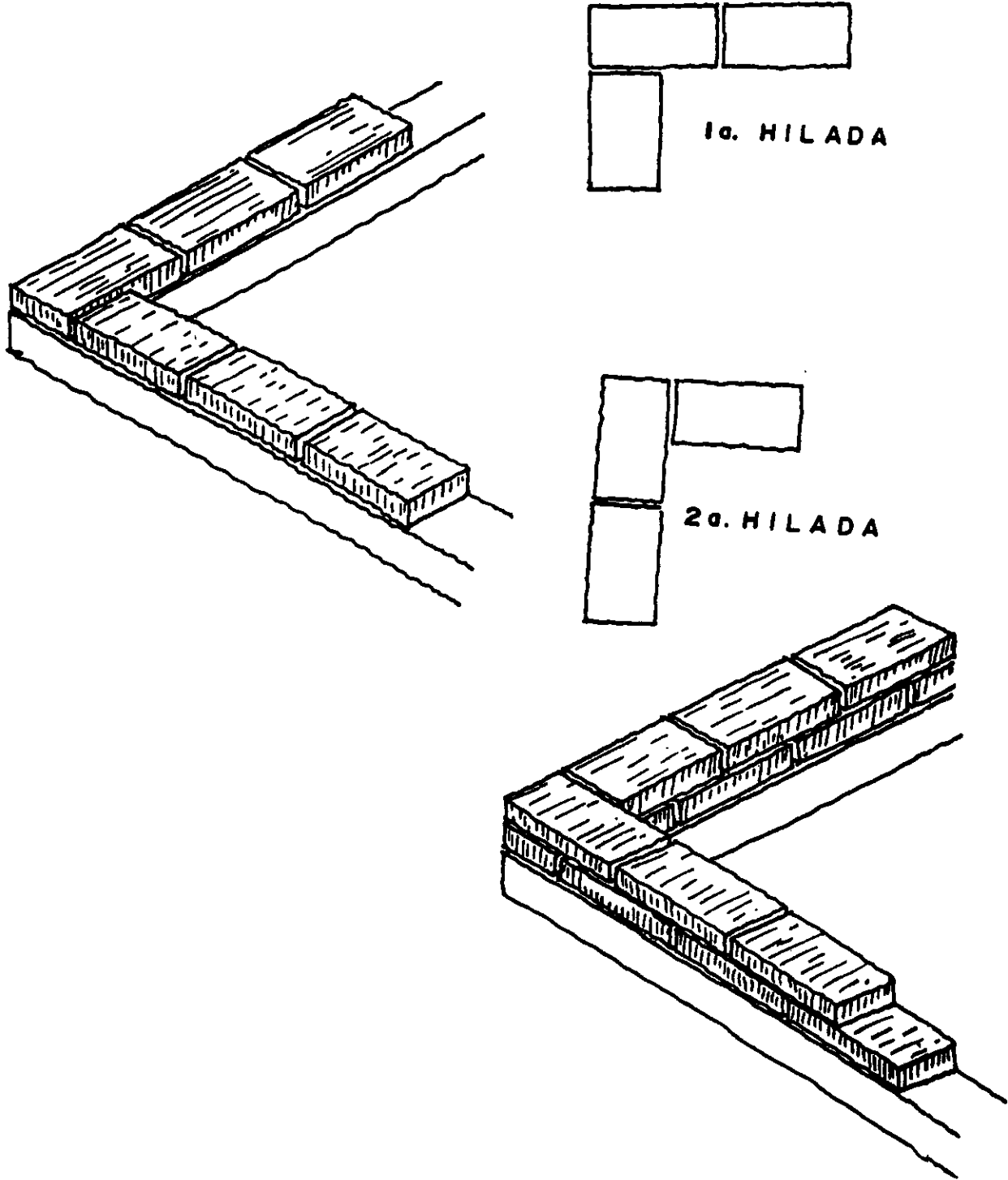
Para evitar el aplastamiento del muro por su propio peso, la altura máxima de avance por día no debe ser mayor que un metro.



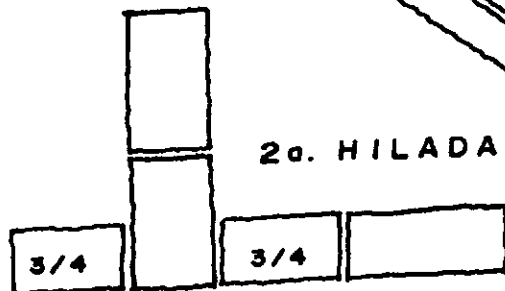
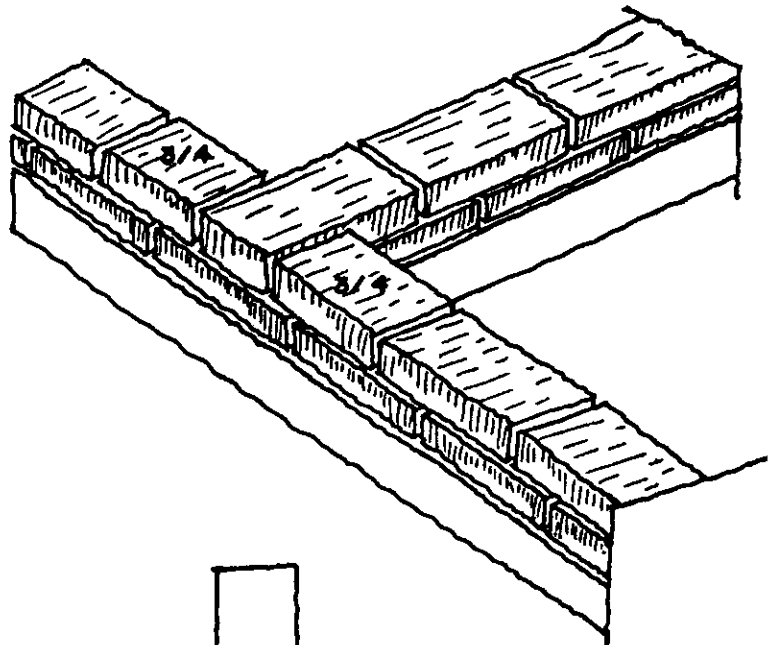
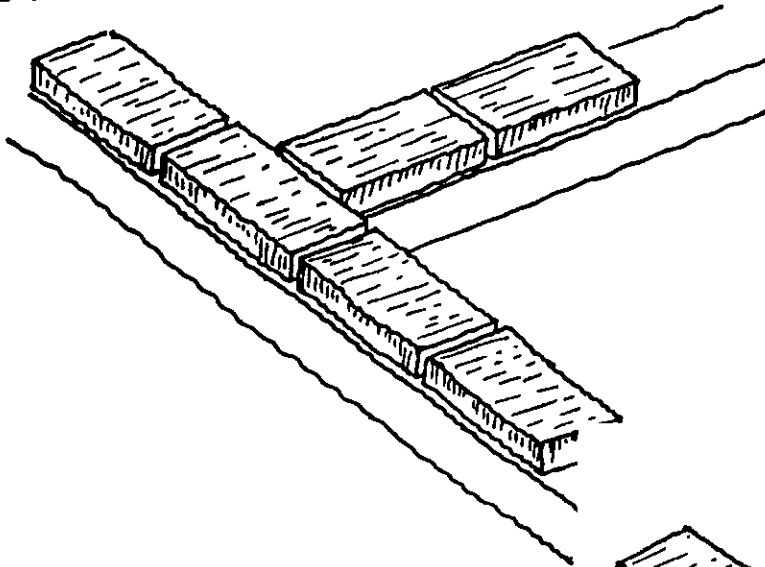
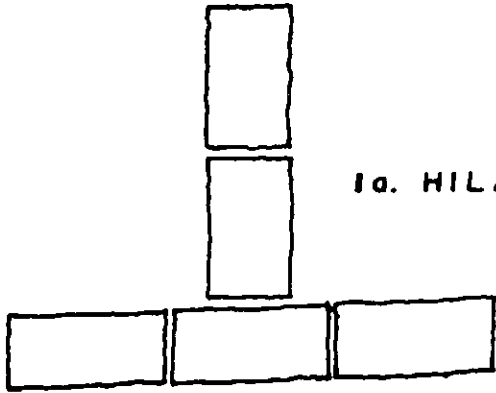


## 6.10 UNION DE PAREDES

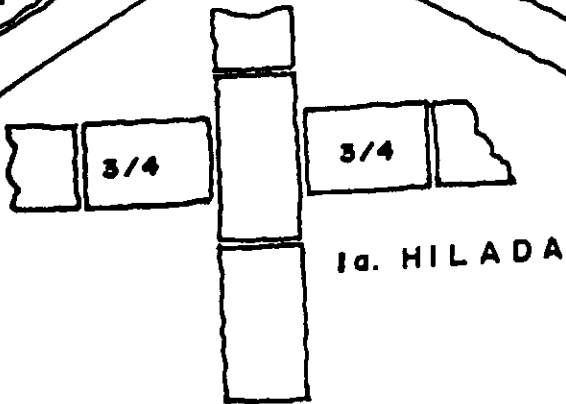
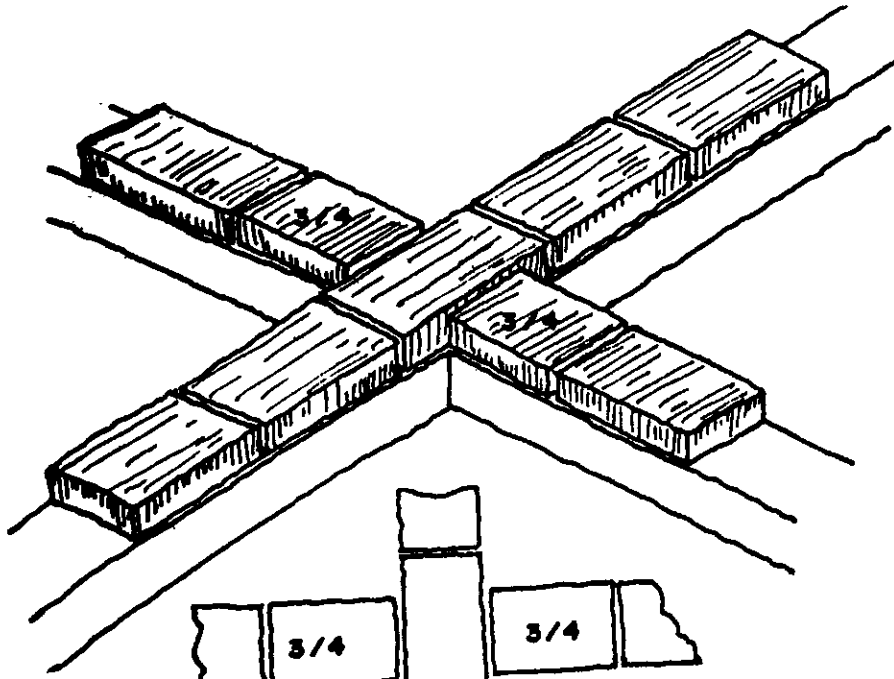
Los adobes deben quedar perfectamente trabados en todas las esquinas.



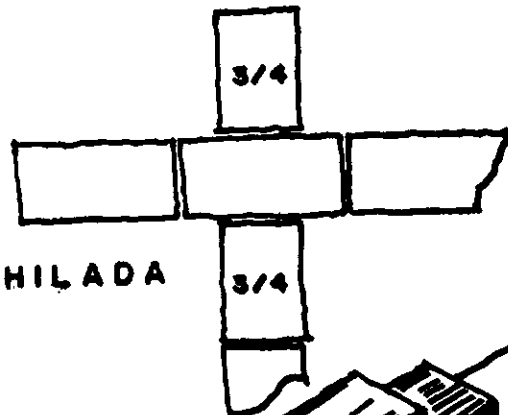
Intersecciones en T



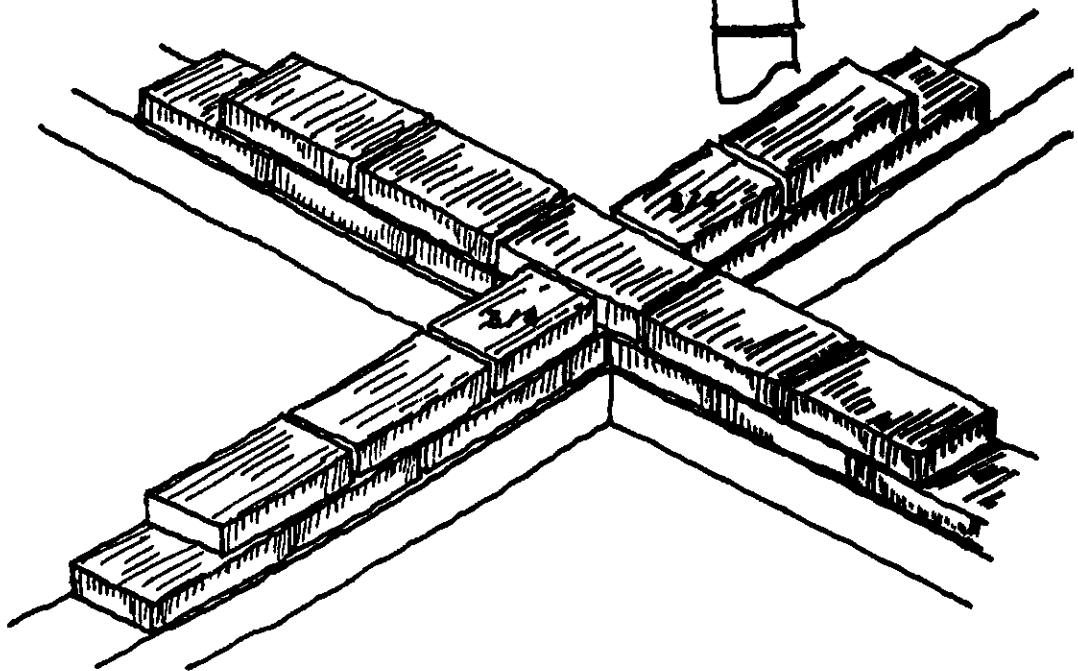
Intersecciones en "CRUZ"



1a. HILADA



2a. HILADA

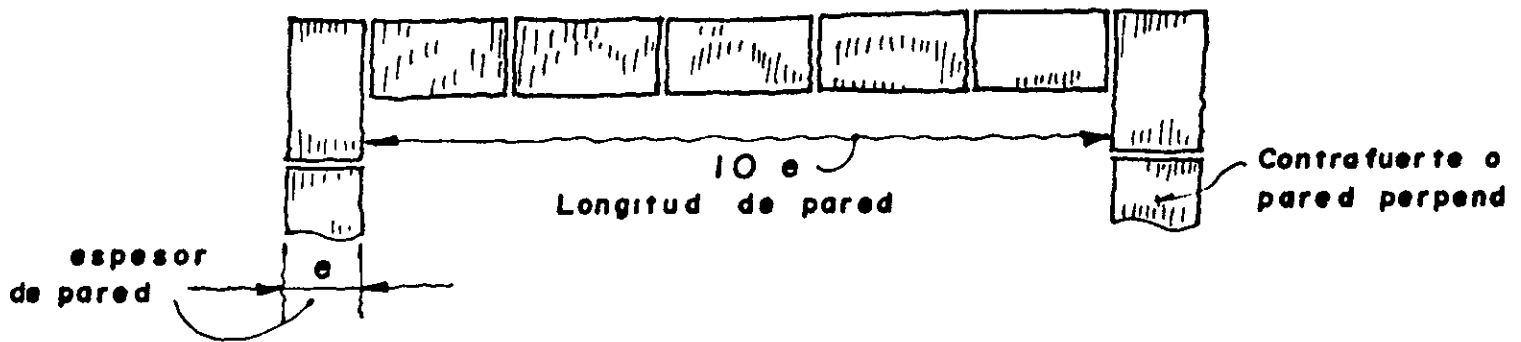
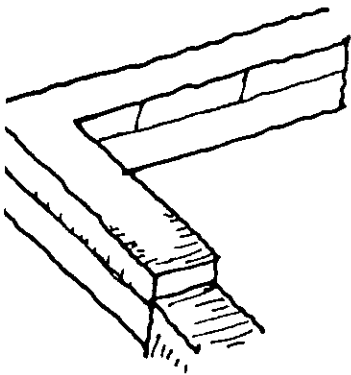
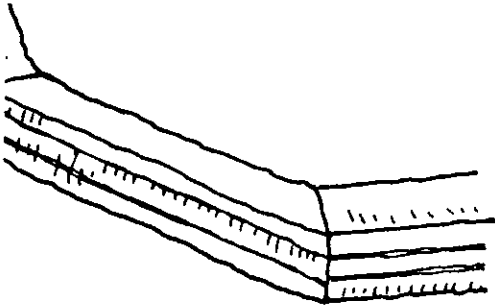


6.11 LONGITUD DE PAREDES

En las paredes, se deben tomar en cuenta las siguientes normas básicas:

- Las intersecciones de paredes deben ser ortogonales, las esquinas no se harán en ochavo.

La longitud de una pared, entre dos paredes perpendiculares a ella, no debe ser mayor que diez veces su espesor. Cuando se necesite una longitud de pared mayor, ésta se reforzará con un contrafuerte vertical intermedio.



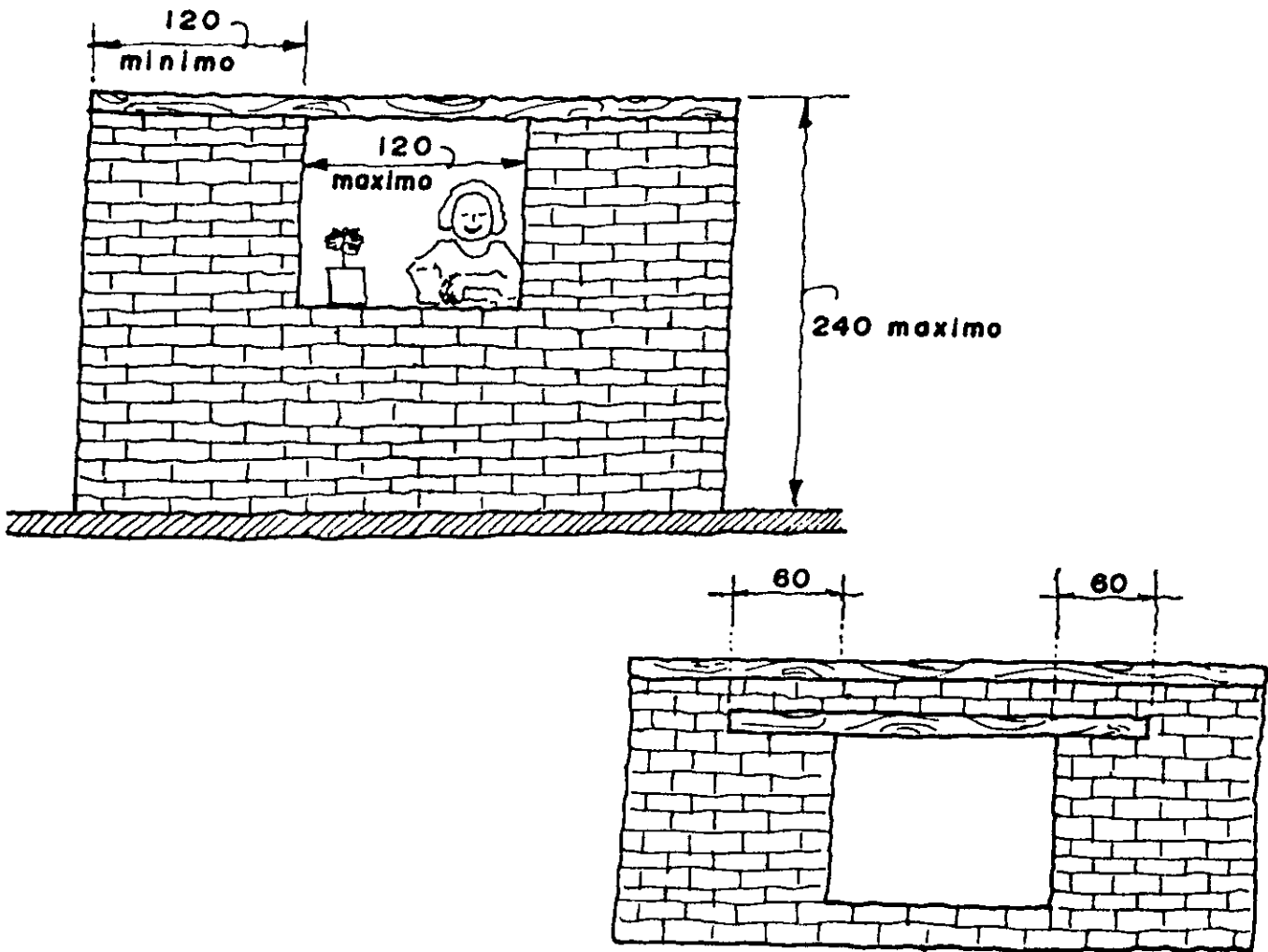
### 6.12 ALTURAS, VANOS Y CORONAMIENTOS

La altura máxima de una pared no debe ser mayor que ocho veces su espesor. Se recomienda no sobrepasar de 2.40 mts.

El ancho de un vano no debe ser mayor de 1.20 mts., la distancia entre una esquina y un vano no debe ser inferior a 1.20 mts.; y la suma de los anchos de vanos en una pared no debe ser mayor que la tercera parte de su longitud, entre dos cruces sucesivos. No se considerará como estructural una pared menor de 1.20 mts de longitud.

El empotramiento de un dintel aislado deberá ser como mínimo, 60 cms.

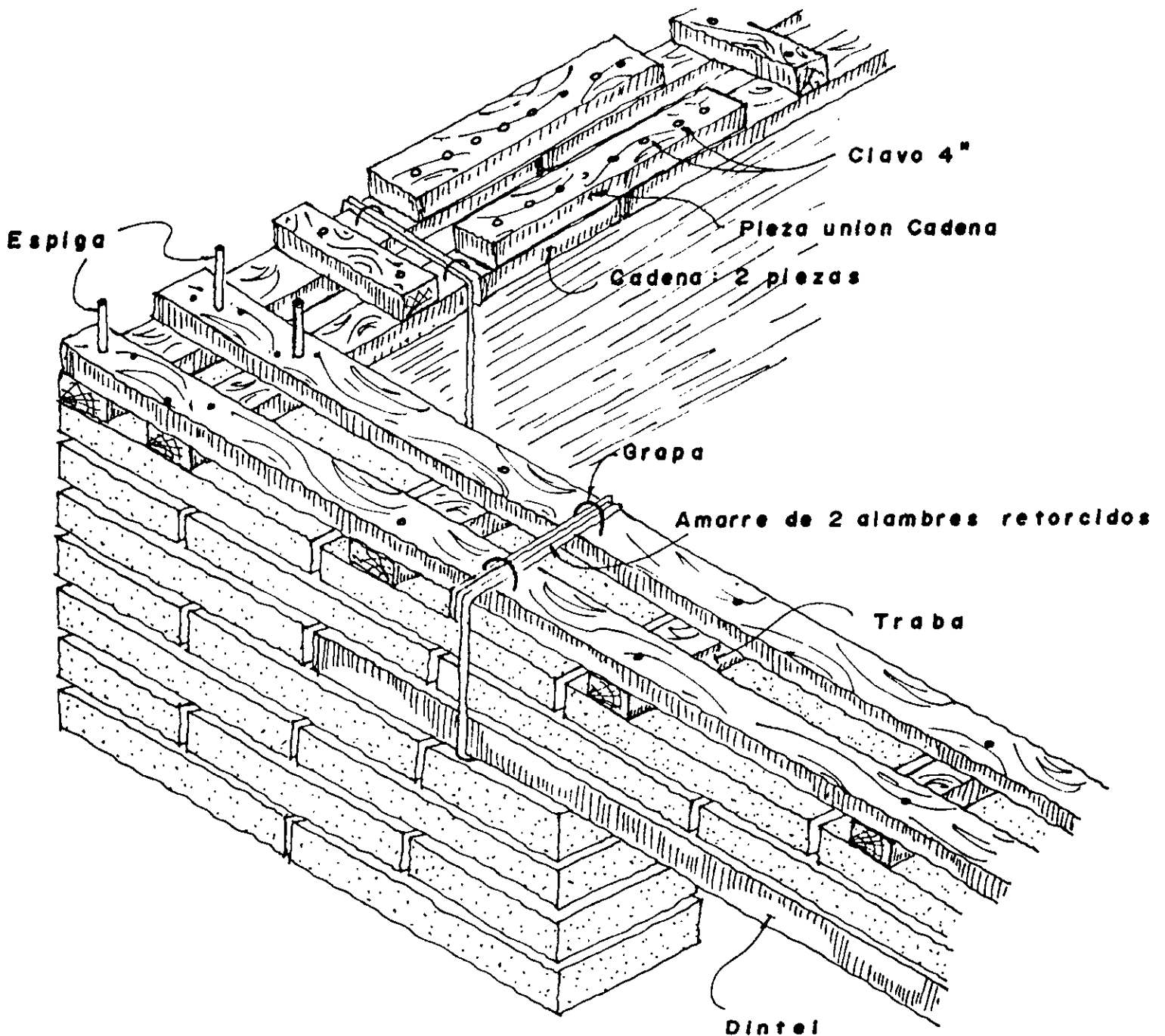
En la parte superior de las paredes, se debe colocar un refuerzo horizontal continuo: solera de corona. Podrá estar constituida por dos piezas paralelas separadas el ancho de la pared, unidas por elementos transversales de madera o metálicos o de concreto pobre. Todo este conjunto, que constituye la solera de corona, debe ir firmemente unido en las esquinas para evitar que se abra.



6.13 SOLERA DE CORONAMIENTO

La solera de coronamiento debe ser continua y quedar sujeta por el peso del techo y por amarres de alambre inoxidable, incluyendo dinteles y, por lo menos, tres hiladas de adobes.

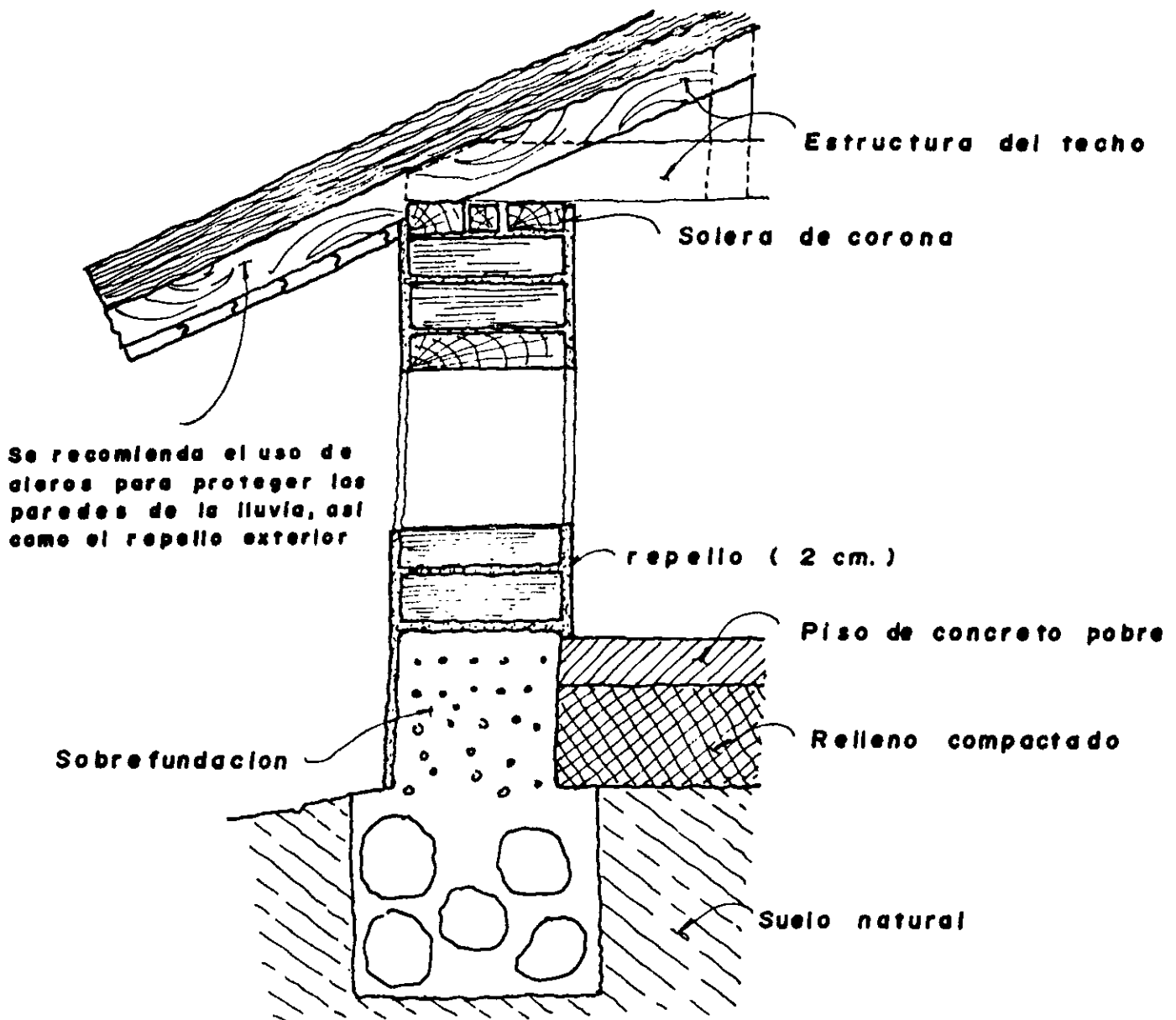
La esquina puede ser reforzada por una diagonal horizontal que asegure la escuadra.



Las soleras de coronamiento que soportan el peso del techo, irán directamente sobre la última hilada de adobes. La celosía de amarre se colocará sobre la solera. En las paredes bajo los mojinetes, se procede a la inversa, las celosías se colocan sobre la última hilada de adobes, encima irá la solera.

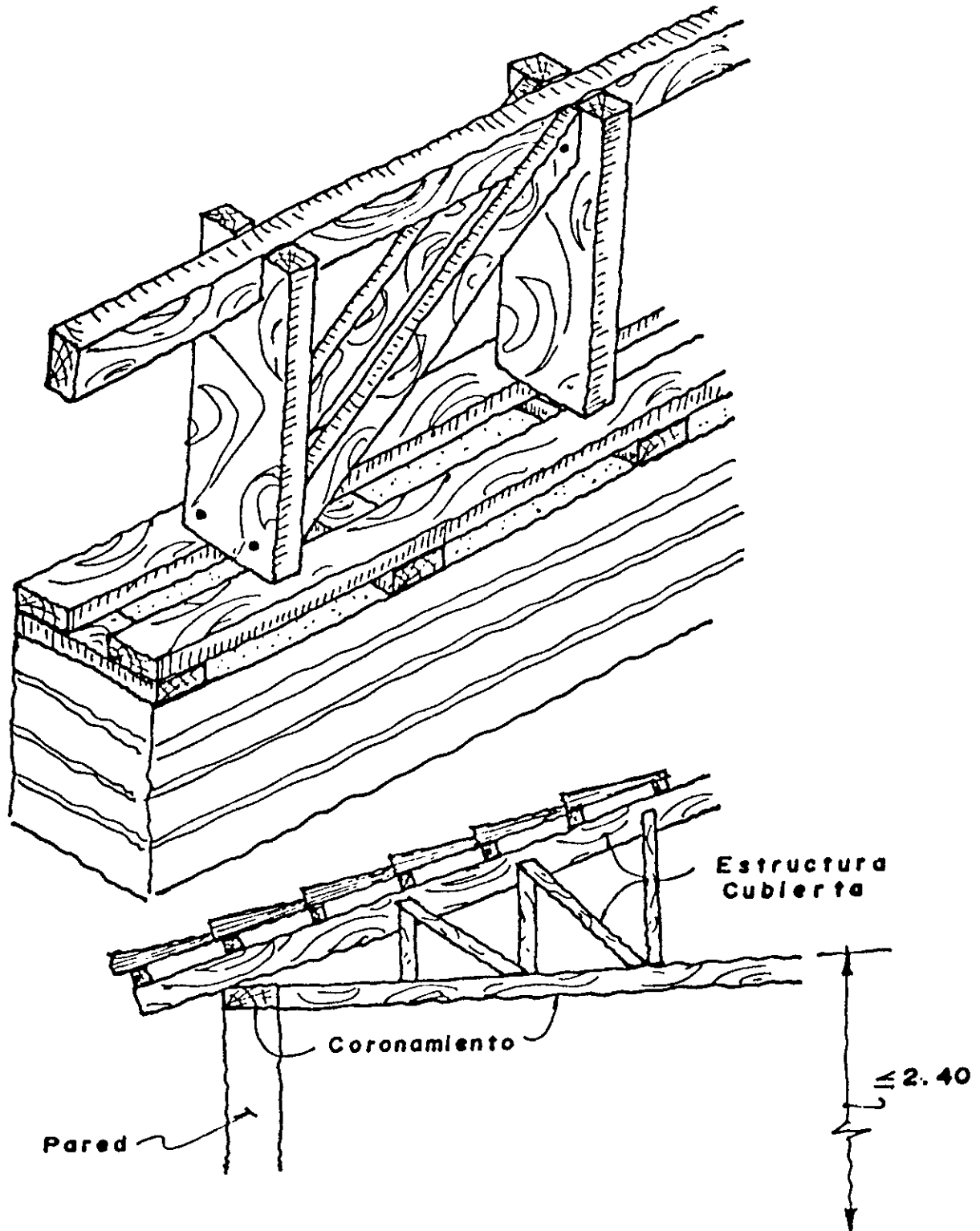
En lo posible, el techo debe ser liviano. En caso de que una viga del techo descansa sobre un vano de puerta o ventana, deberá reforzarse el dintel.

El techo se colocará apoyado directamente en la solera para facilitar repartición de carga sobre la pared de adobe.



Se debe evitar todo elemento suelto sobre la solera. No se permiten los antetechos y mojinetes de adobe; pero éstos pueden ser de material liviano y autoportante, por ejemplo de madera machiembada sobre bastidor de madera.

Cuando sobre las paredes interiores se necesite más de 2.40 mts de altura, no se subirá la pared sino que se dispondrá de un sistema de piezas de madera colocado sobre el coronamiento de la pared, como se muestra en la figura.





### 6.14 DIVISIONES INTERIORES

Las divisiones interiores pueden hacerse de cualquier material distinto al adobe, como por ejemplo de bahareque. Estas divisiones quedan unidas a la pared principal por medio de tacos cónicos de madera que se dejan colocados durante su construcción.

Las divisiones deben quedar firmemente ligadas a la pared de adobe y rigidizadas en sus cuatro bordes, para lo cual se recomienda:

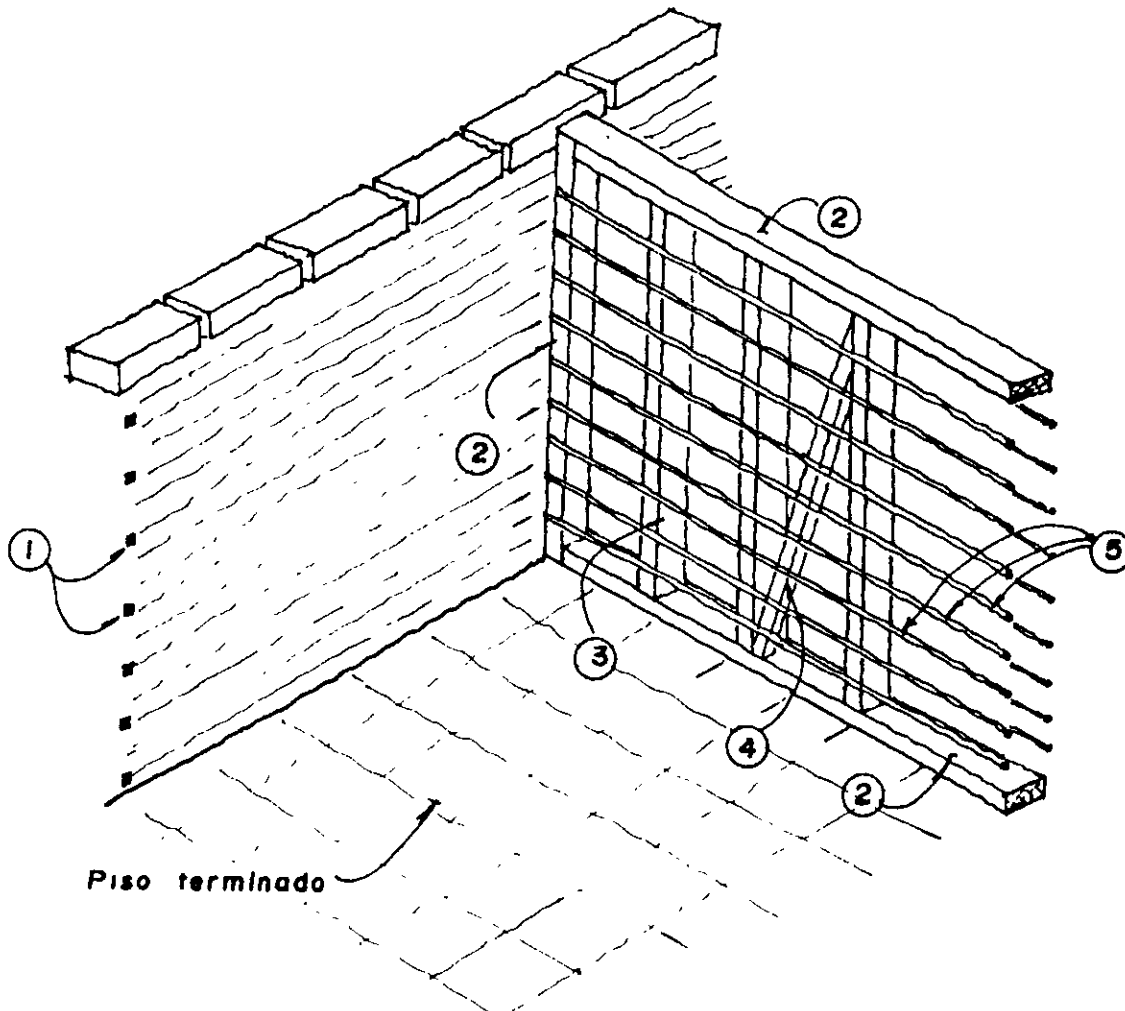
- a) Utilizar cuartones verticales, a una distancia no mayor de 1.0 mt, como se muestra en la figura. El primer cuartón irá ligado a los tacos cónicos.
- b) Utilizar diagonales de madera en los extremos del tablero.

c) Rellenar la pared con lodo y después repellarla o, forrarla con cualquier material liviano.

d) Usar maderas preservadas para evitar, en lo posible, su decomposición.

#### NOMENCLATURA:

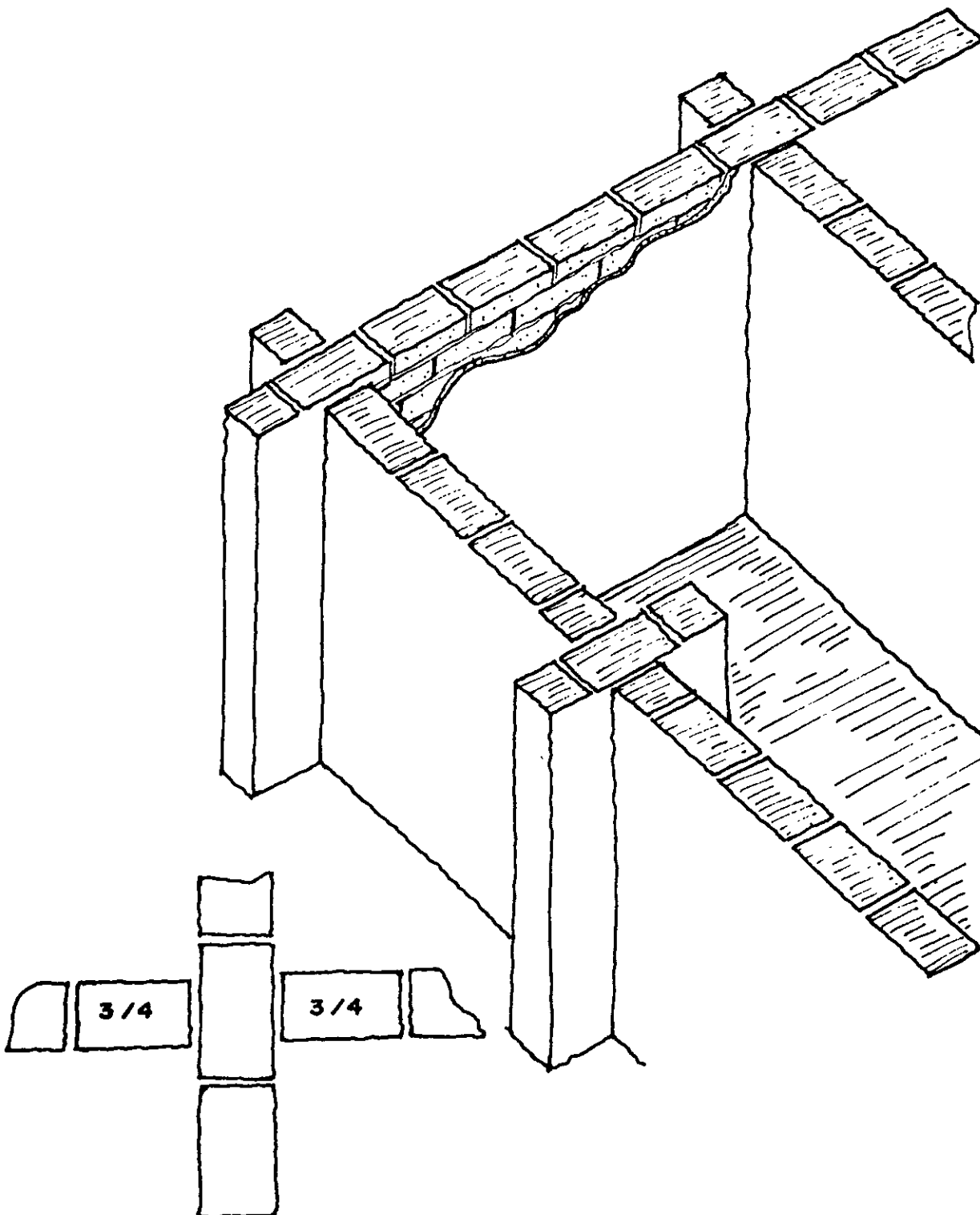
- 1- Taco cónico de madera para unión pared de adobe principal y división interior.
- 2- Cuartón vertical de madera preservada.
- 3- Diagonal de madera preservada.
- 4- Alambre 2 a 3 mm. inoxidable, a 45° y cada 20 cms.



6.15 RIGIDIZACION DE PAREDES

Si las paredes tienen un largo mayor que diez veces su espesor, se incorporarán contrafuertes. Estos se solucionan como un encuentro en cruz y dan mayor rigidez y

seguridad a la construcción. El contrafuerte de esquina permite materializar mejor el encuentro de dos soleras de coronamiento.

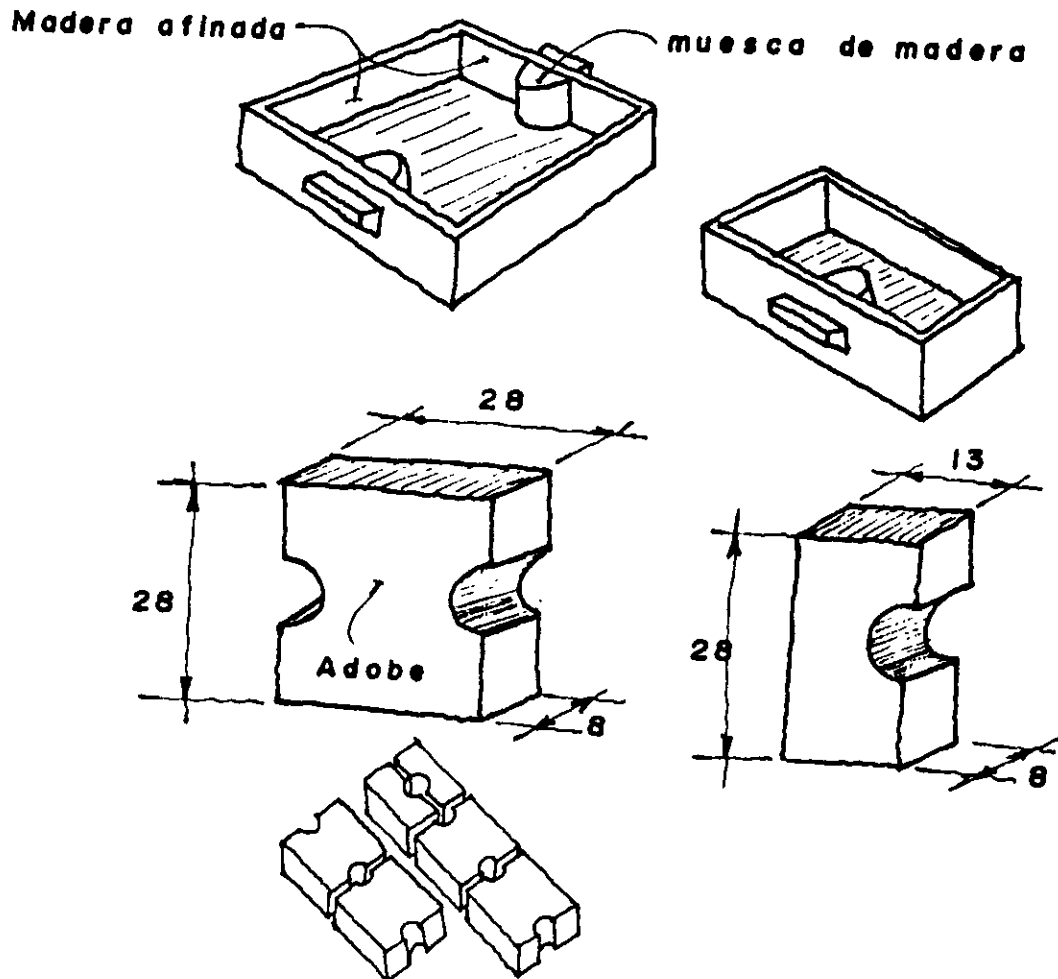


**6.16 ADOBE REFORZADO  
(Adobe parasísmico)**

Se utilizarán dos tipos de adobe con muescas semicirculares en la mitad de dos lados opuestos, y medios bloques con una muesca, con el objeto de introducir los refuerzos verticales y el mortero.

Las dimensiones pueden variar, sin embargo se recomienda utilizar moldes según las siguientes medidas en centímetros:

ADOBE ENTERO	MEDIO ADOBE
28 X 28 X 8	28 X 13 X 8
23 X 23 X 10.5	23 X 10.5 X 10.5
40 X 40 X 10	40 X 20 X 10



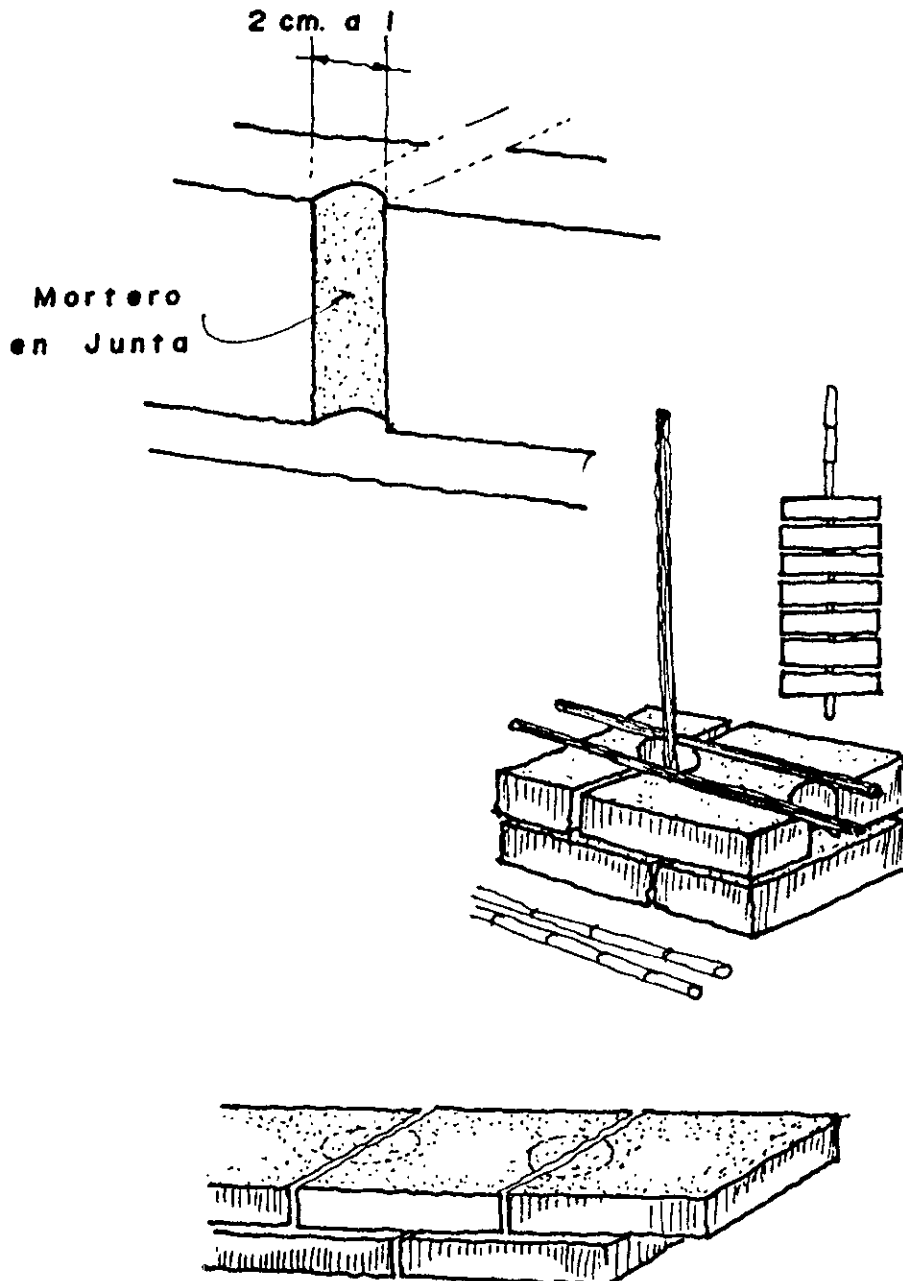
6.17 MORTERO

El mortero debe contener la misma composición que las unidades de adobe, o bien más resistente, con el objeto de contrarrestar la erosión y la corrosión. No debe contener gravilla, ni paja. La tierra utilizada debe ser tamizada en malla de 3 mm.

Las juntas deben estar entre la proporción de 1/4 a 1/5 del volumen del muro, y sus dimensiones pueden variar entre 1 a 2 cms. máximo.

Mortero 1	TIERRA Y PAJA	1:2
Mortero 2	CEMENTO Y ARENA	1+:5-10

La separación entre dos juntas verticales no debe ser menor que 1/4 de la longitud del adobe; hay que evitar las juntas superpuestas o continuas.



### 6.18 REFUERZO

Para el refuerzo horizontal y vertical, se utilizará caña cuyo diámetro puede variar de 2.5 a 3 cms., pudiendo ser: caña brava o vara de castilla, varas de eucalipto, bambú, carrizos, etc.

Para las esquinas y contrafuertes se recomienda refuerzo de madera o de metal.

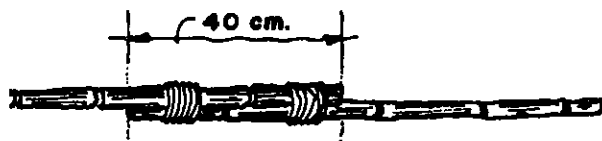
El refuerzo vertical debe ser empotrado en la fundación.

Los empalmes entre cañas se deben evitar pero si es necesario, se deben superponer las dos cañas 40 cm y amarrarlas con alambre en los dos extremos. El refuerzo se colocará como máximo a cada 80 cm y se anclará a la solera de coronamiento.

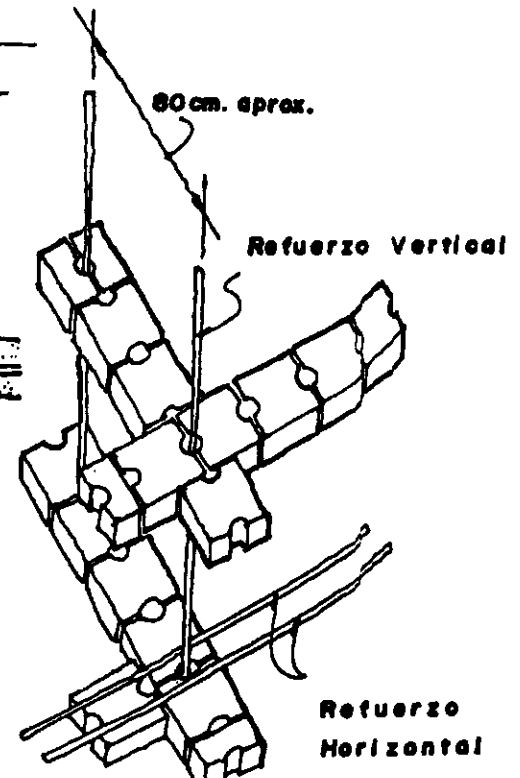
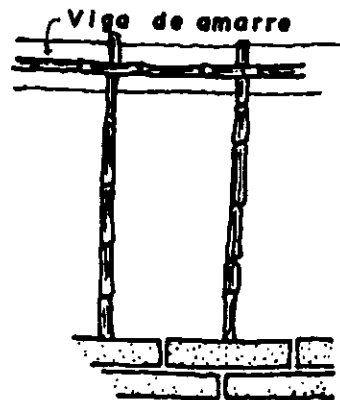
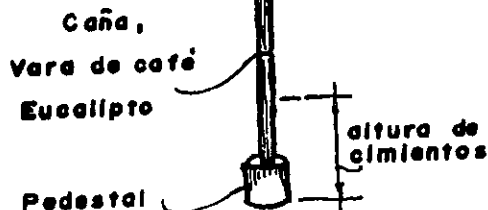
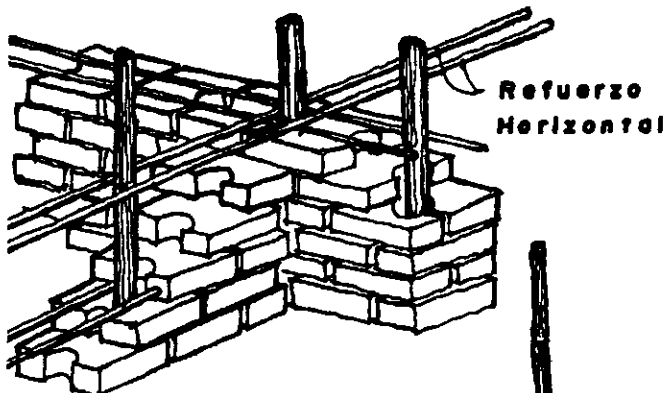
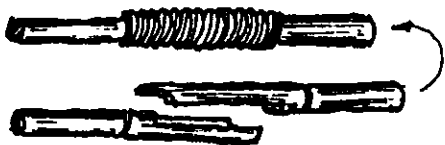
El refuerzo horizontal se impermeabilizará colocando una vara cortada en dos a lo largo, sobre el mortero, amarrándolo a cada caña vertical antes de recubrirlas con mortero. El refuerzo se espaciará a cada hilada, dos hiladas o cuatro hiladas como máximo.

Para la pared mojinete se proporcionará un poste en el eje de la pared, perfectamente unido con los adobes de la pared.

Si se utiliza concreto reforzado en la solera de coronamiento se recomienda que ésta descansa sobre una capa de tierra estabilizada para una buena adherencia y protección del acero de refuerzo.



**JUNTA DE CAÑAS**



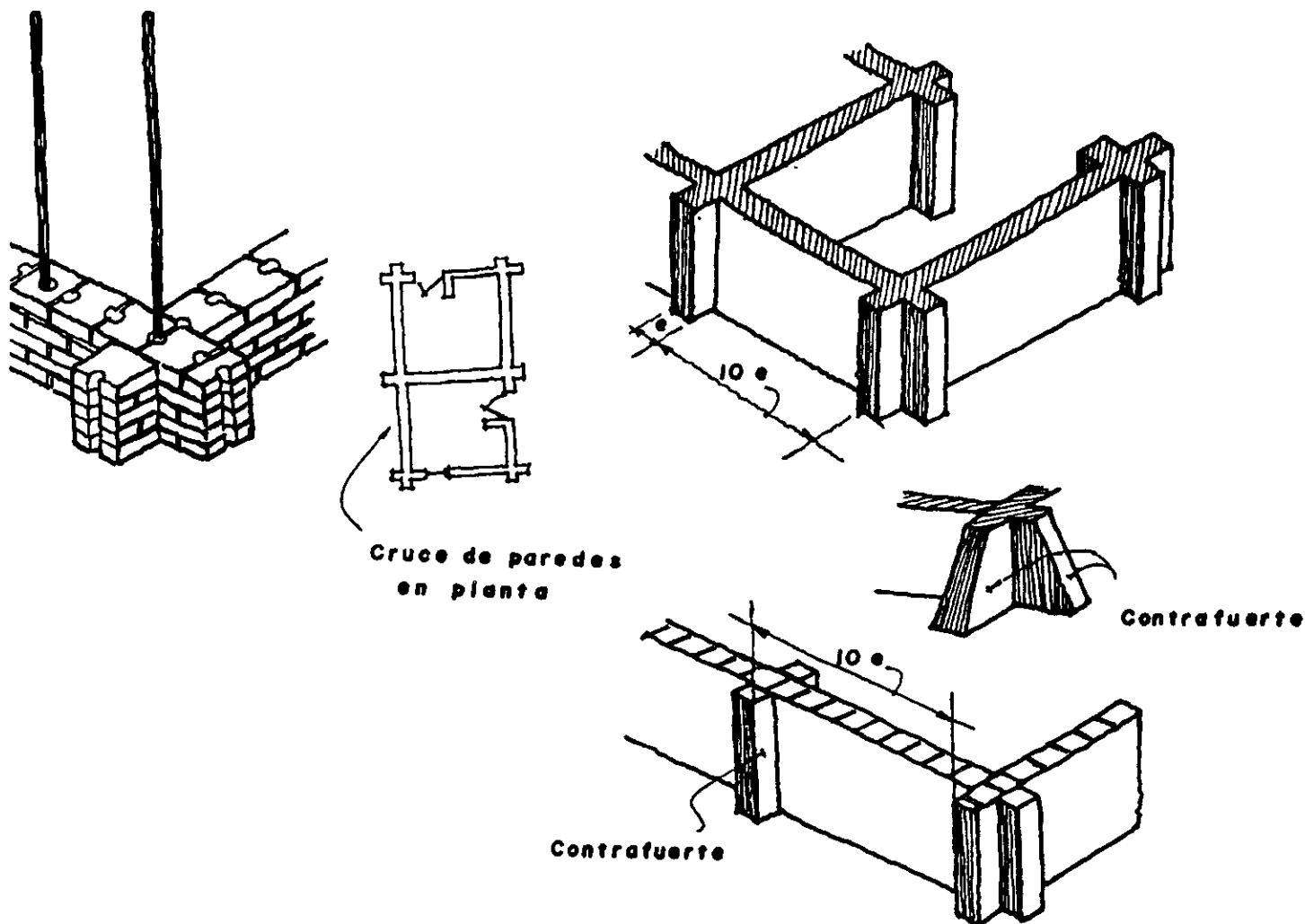
6.19 UNIONES DE PAREDES REFORZADAS

Conviene asegurar una buena unión estructural de las paredes a fin de que la estructura resista y que tenga una buena estabilidad.

Se recomienda cruzar todas las paredes, incluso las divisorias, para formar contrafuertes. De la misma manera colocar refuerzos más resistentes (madera rolliza o cuartones)

La forma de los contrafuertes puede variar pudiendo hacerse con ángulos y redondeados.

La longitud máxima entre dos ángulos o esquinas no deberá ser mayor que 6 mt o bien 10 veces el espesor de la pared.

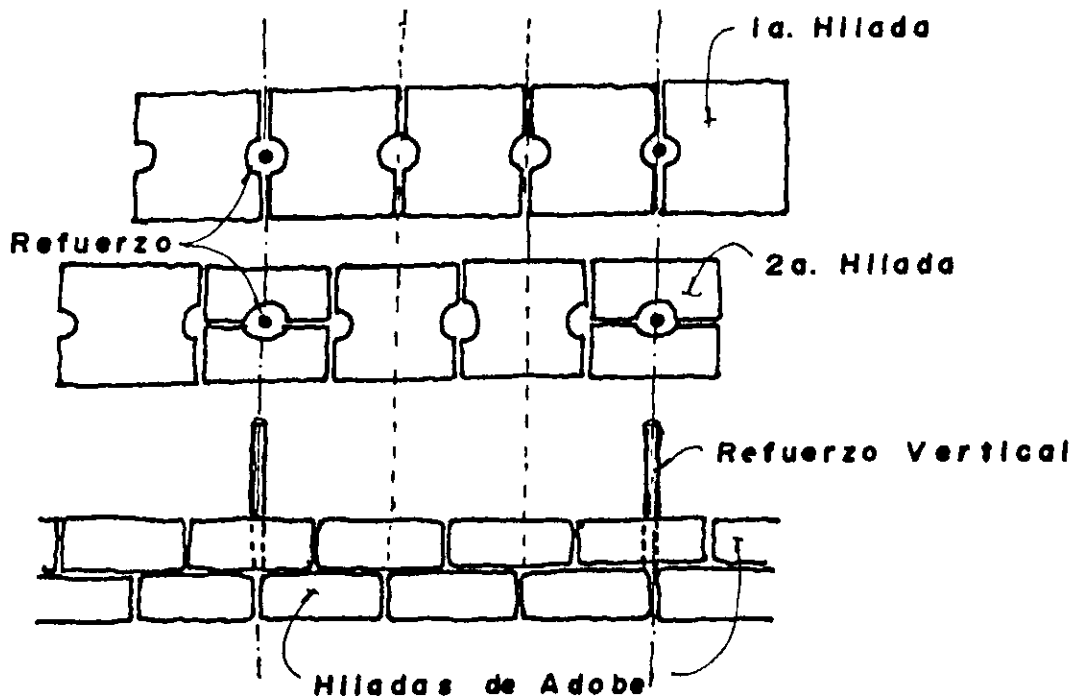


### 6.20 COLOCACION DE LAS UNIDADES CON REFUERZO

La forma de unir las unidades de adobe parasísmico es igual que si fueran ladrillos de tierra cocidos; la única diferencia es que la muesca debe quedar junto a la muesca de la siguiente unidad para poder darle así paso al refuerzo vertical (caña); estas muescas que ya colocados los adobes forman un orificio se rellenarán

con el mismo mortero que se ha utilizado para la unión de hiladas.

Para los contrafuertes y en otros casos en que sea necesario, se podrán utilizar los medios bloques o adobes parasísmicos.



### 6.21 CLASES DE REPELLOS

#### DE TIERRA

Se utilizará una cantidad mayor de arena y se estabilizará con fibras vegetales.

#### DE CEMENTO

Proporción: 1 de cemento por 10 de tierra.

#### DE CAL

Proporción: 1 de cal por 5 a 10 de tierra (para muros estabilizados).

#### REFORZADO CON FIBRAS

Pueden ser naturales o artificiales. A cada m<sup>3</sup> de tierra se agrega de 20 a 30 kg de fibra.

#### APLICACION

Una vez que la pared esté seca y estable, se limpia con una escoba y se raspa la superficie a repellar en diferentes direcciones.

Procurar que las juntas sean profundas (2 cms).

A continuación se humedece la pared y se procede a la primera fase del repello, colocando una capa, casi líquida.

Una vez que esté casi seca (de 8 a 10 días) se procederá a la segunda fase, colocando una o dos capas. Se recomienda hacer huecos oblicuos en la pared.

Para estos huecos se necesitará una herramienta de madera (en forma de mano), con dedos de 8 cm de largo y separados 7 cm uno del otro. Esta herramienta se debe insertar en la pared de una manera oblicua.

A continuación se procede a la tercera fase con la última capa, para luego efectuar el acabado final, que se puede hacer con llana o rodillo, o bien, dejar la superficie granulada, cepillada, etc.

#### OTROS REFUERZOS PARA EL REPELLO :

**ALAMBRE** Se colocan clavos de 7 a 10 cm y se unen con alambre galvanizado (0.05mm) para formar una red.

**CLAVOS** de 9 cm empotrados desordenadamente a cada 12 cm.

**MALLA** galvanizada de 5 cm fijada con ganchos de 7 cm. La calidad del repello radica en la efectividad de la adherencia, más que en la calidad de la mezcla.





NORMA ESPECIAL PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCION  
DE VIVIENDAS

---

BIBLIOGRAFIA

"CONSTRUCCION CON TIERRA". TESIS  
UNIVERSIDAD ALBERT EINSTEIN 1994  
Raúl Carrera Ruíz  
Alicia Tenze Siliézar  
Margarita Valenzuela Castro

"SEGURIDAD DE CASAS DE ADOBE ANTE  
SISMOS" ESTUDIOS ANALITICOS  
Enrique Bazán, Marciano Padilla y  
Roberto Meli.

"REFUERZO DE LA VIVIENDA ECONOMICA  
EN ZONAS SISMICAS" ESTUDIOS  
EXPERIMENTALES.  
Oscar Hernández B.  
Roberto Meli  
Marciano Padilla  
Eduardo Valencia

"CODIGOS SISMICOS DE COSTA RICA"  
1986.  
Colegio Federado de Ingenieros y  
Arquitectos de Costa Rica.

"REGLAMENTO DE EMERGENCIA DEL  
DISEÑO SISMICO DE LA REPUBLICA DE  
EL SALVADOR". Asociación  
Salvadoreña de Ingenieros y  
Arquitectos (ASIA) - Ministerio  
de Obras Públicas, Septiembre  
1989.

"ESTUDIO EXPERIMENTAL DE  
COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE LAS  
CONSTRUCCIONES DE ADOBE FRENTE A  
SOLICITACIONES SISMICAS".  
Departamento de Ingeniería,  
Pontificia Universidad Católica de  
Perú (1993).  
M. Corazao  
M. Blondet

"CARTILLA PARA REPARACION DE  
VIVIENDAS DE ADOBE DAÑADAS POR  
SISMOS". Universidad Nacional de  
San Antonio Abad del Cusco. Perú.  
Facultad de Ingeniería Civil e  
Ingeniería Geológica.

ESTUDIOS ANALITICOS Y DOCUMENTOS  
GRAFICOS PARA VIVIENDAS DE ADOBE  
ELABORADOS EN MEXICO Y EN PERU.

