UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERIA

OPCIONES DE TECHOS PARA VIVIENDA EN GUATEMALA

TESIS

PRESENTADA A LA
JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERIA DE LA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

POR

OCTAVIO ROBERTO PUAC ALVAREZ

AL CONFERIRSELE EL TITULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, JUNIO DE 1,996.

Honorable Tribunal Examinador

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de tesis titulado:

OPCIONES DE TECHOS PARA VIVIENDA EN GUATEMALA

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil con fecha 18 de noviembre de 1,993.

Octavio Roberto Puac Alvarez

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERIA

MIEMBROS DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO ..... Ing. Julio Ismael González Podszueck
VOCAL 1ro. ..... Ing. Miguel Angel Sánchez Guerra
VOCAL 2do. ..... Ing. Jack Douglas Ibarra Solórzano
VOCAL 3ro. ..... Ing. Juan Adolfo Echeverría Méndez
VOCAL 4to ..... Br. Fernando Waldemar de León
VOCAL 5to ..... Br. Pedro Ignacio Escalante Pastor
SECRETARIO ..... Ing. Francisco Javier González López

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO ..... Ing. Julio Ismael González Podszueck
EXAMINADOR ..... Ing. Francisco Javier Quiñónez de la Cruz
EXAMINADOR ..... Ing. Irvin Benjamín Martínez Quevedo
EXAMINADOR ..... Ing. Mercedes Ofelia García de Obregón
SECRETARIO ..... Ing. Francisco Javier González López

CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
DIRECCION GENERAL DE OBRAS PUBLICAS - MUNICIPALIDAD DE GUATEMALA

Guatemala, 22 de mayo de 1,996

Ingeniero Jack Douglas Ibarra,
Director de la Escuela
de Ingeniería Civil,
Facultad de Ingeniería.

Señor Director,

Informo a usted que he revisado el trabajo de tesis titulado **OPCIONES DE TECHOS PARA VIVIENDA EN GUATEMALA**, realizado por el estudiante universitario **Octavio Roberto Puac Alvarez,** quien contó con la asesoría del suscrito.

El trabajo cumple con los objetivos para los cuales fué planteado y aporta valiosa información para la Ingeniería Nacional, por lo que recomiendo su aprobación.

Atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Ing. Francisco Javier Quiñónez
Asesor y Coordinador Area de Materiales

FJQ/jma

FACULTAD DE INGENIERIA - USAC
Edificio T-5, Ciudad Universitaria Zona 12
Teléfono directo 763992 - Planta 760790-4 Ext.372 - FAX -502-2-763993

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERIA
Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería Mecánica Industrial, Ingeniería Química, Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica y Regional de Post-grado de Ingeniería Sanitaria.
Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

El Director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor y Coordinador del Area de Materiales Ing. Francisco Javier Quiñónez de la Cruz, sobre el trabajo de tesis del estudiante Octavio Roberto Puac Alvarez, titulado OPCIONES DE TECHOS PARA VIVIENDA EN GUATEMALA, da por este medio su aprobación a dicha tesis.

Ing. Jack Douglas Ibarra Solórzano

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
DIRECTOR
FACULTAD DE INGENIERIA

Guatemala, junio de 1,996.

JDIS/bbdeb.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería Mecánica Industrial, Ingeniería Química, Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica y Regional de Post-grado de Ingeniería Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

El Decano de la Facultad de Ingeniería, luego de conocer la autorización por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, Ing. Jack Douglas Ibarra Solórzano, al trabajo de tesis OPCIONES DE TECHOS PARA VIVIENDA EN GUATEMALA, del estudiante Octavio Roberto Puac Alvarez, procede a la autorización para la impresión de la misma.

IMPRIMASE:

Ing. Julio Ismael González Podszueck

DECANO

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DECANO
FACULTAD DE INGENIERIA
DE GUATEMALA

Guatemala, junio de 1,996

/bbdeb.

Agradecimiento especial

A Dios Todopoderoso

Porque por su infinita bondad y misericordia ha permitido que culmine esta etapa de mi vida. ¡A Él sea el Honor y la Gloria por siempre!

Al Ing. Francisco Javier Quiñónez, por su valiosa asesoría en el presente trabajo de tesis.

Al Ing. Juan Miguel Rubio, por su valiosa orientación prestada en todo momento.

A mis amigos, en especial a:

Ing. Oscar Quinto
Ing. Berta de Quinto
Ing. Nolo Domínguez
Ing. Néstor Del Valle
Ing. Carlos Monzón

Al personal de la Editorial Universitaria, USAC.

Acto que dedico a

Mi patria Guatemala

Mis padres

Nieves Puac Flores y María Julia Alvarez

Por su maravilloso ejemplo de vida que me ha guiado.

Mi amada esposa

Elizabeth Cristina Gudiel Carrillo

Por compartir conmigo su vida y apoyarme en todo momento.

Mis hijos

Josué Roberto, María de los Angeles y Noé Fernando

Porque viven en lo más profundo de mi corazón.

Mis hermanos

Delia, Jovita, Gloria, Alfredo, Gustavo y René.

Quienes siempre han estado conmigo en todos los momentos de mi vida.

Mis cuñados y cuñadas

Con especial cariño.

Mis sobrinos y sobrinas

Con cariño eterno.

Mi madre política

Dora Carrillo de Gudiel

Por su cariño y comprensión.

Al Grupo "Belén", Casa de Oración

Por la fortaleza que me han dado con su apoyo moral y solidaridad. Especialmente al Padre José María Delgado Varela, s.m. Coordinador General del Grupo.

La Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Templo glorioso del saber.

Indice

Página

Página

Capítulo 3
Estructuras y cubiertas. Tecnologías actuales

Página

Capítulo 4
Detalles constructivos

Capítulo 5
Costo de las opciones

Página

Página

Página

Lista de gráficas

Página

Lista de cuadros

Glosario

1. *Acero de refuerzo:* son elementos estructurales hechos de acero, que se usan asociados con el concreto para absorver cualquier clase de esfuerzo.

2. *Aditivo:* material que se usa mezclándolo en el concreto para modificar alguna de sus propiedades y darle mejores cualidades según el fin para el que se destine.

3. *Cemento:* es un aglomerante hidráulico que se obtiene pulverizando otro producto: clinker, que, a la vez, es la calcinación de una mezcla proporcionada de materiales sílicos, calcáreos y arcillosos.

4. *Clima:* estado medio del tiempo de un área determinada, calculado sobre observaciones durante períodos más o menos largos. Puede considerarse como el comportamiento combinado de los elementos: temperatura, humedad, lluvia y viento.

5. *Concreto:* piedra artificial resultante de la combinación de cemento, agua y agregados pétreos dosificados adecuadamente.

6. *Concreto preesforzado:* se da cuando a una pieza de concreto se le cortan los cables de preesfuerzo (destensado) y en ese momento el resto de cables que queda en el interior de la pieza, le transmiten la fuerza de tensión y la pieza entra en compresión básicamente.

7. *Confort, comodidad o bienestar:* condiciones adecuadas en que una persona puede trabajar eficientemente y descansar o dormir satisfactoriamente, de manera que pueda recuperar por entero las energías perdidas por el trabajo o actividad diarios.

8. *Cubierta de techo:* suministro e instalación de los elementos que cubren los distintos espacios de la edificación.

9. *Curado del concreto:* se refiere al mantenimiento de un ambiente favorable para las reacciones químicas del concreto; esto es la retención de humedad interior, o bien, suministrando humedad al concreto, de lo que depende el incremento de su resistencia.

10. *Desencofrado:* actividad que se realiza al quitar la formaleta de un elemento fundido, luego de haber cumplido con el tiempo requerido para su permanencia en el lugar en donde fue utilizada.

11. *Dilatación:* fenómeno que consiste en un aumento en las dimensiones de los materiales cuando son sometidos a un incremento de temperatura. Aumenta los esfuerzos en un conjunto estructural.

12. *Entrepiso:* estructura existente en una edificación, localizada entre dos niveles. Sirve de cubierta para la planta baja (primer nivel) y de piso a la planta alta (segundo nivel). El diseño varía según el tamaño y el destino de la obra. Puede ser de concreto reforzado, de madera o bien de metal.

13. *Especificaciones:* conjunto de normas, disposiciones, requisitos, condiciones e instrucciones que se estipulan para la ejecución de una obra (urbanización y/o edificación).

14. *Estructura de techo:* es la construcción de los elementos que soportan y fijan las cubiertas de los distintos ambientes del edificio.

15. *Formaleta:* conjunto de obra falsa y molde para una fundición o bien para la construcción de una mampostería.

16. *Fraguado del concreto:* la pasta que se forma cuando el cemento se mezcla con agua y agregados, permanece plástica durante un corto período de tiempo. Durante esta etapa, aún es posible alterar el material y mezclarlo sin dañarlo, pero a medida que las reacciones entre el cemento y el agua continúan, la masa pierde su plasticidad. Este período inicial de endurecimiento es llamado "período de fraguado", aunque no existe un punto bien definido de separación en el proceso de endurecimiento.

17. *Fundición:* serie de operaciones necesarias para depositar el concreto recién elaborado en los moldes (formaletas) o excavaciones preparadas con anticipación.

18. *Fundición "in situ":* fundición en el lugar de la obra.

19. *Fundición monolítica:* al fundir todas las piezas de una sola vez, el trabajo final se comporta como una sola pieza (monolítica).

20. *Humedad atmosférica.* cantidad de vapor de agua suspendida en el aire a una temperatura determinada.

21. *Impermeabilización:* tratamiento protector que se da a diferentes elementos constructivos con el objeto de preservarlas de la humedad, impidiendo el paso de líquidos o vapores.

22. *Instalación eléctrica:* es la ejecución de las instalaciones y conexiones correspondientes a fin de dotar al edificio de la energía eléctrica necesaria para fines de iluminación y fuerza.

23. *Láminas:* son elementos que, acompañados de una estructura de madera o de metal, se utilizan para cubrir una edificación. Existe variedad de ellas: zinc, fibras orgánicas naturales reforzadas con cemento, plásticas y otras fabricadas con materiales especiales.

24. ***Losa fundida:*** es una estructura de concreto reforzado, que se hace con el fin de cubrir una edificación o, bien, como entrepiso para segundo nivel.

25. ***Mortero o sabieta:*** mezcla plástica obtenida con un aglomerante, arena y agua, que sirve para unir las piedras y/o ladrillos que integran las obras de mampostería y/o para revestirlas con los acabados de albañilería.

26. ***Obra falsa:*** parte de la formaleta que sostiene a los moldes en su lugar. También se conoce como apoyo provisional.

27. ***Preesforzado:*** es la aplicación de fuerzas determinadas al elemento en cuestión, de tal forma que los esfuerzos que éste induzca, contrarreste total o parcialmente los esfuerzos de las cargas exteriores que se preven.

28. ***Pretensado:*** es el preesfuerzo que se logra tensando el acero antes de colocar el concreto; el anclaje del acero al concreto es por adherencia en toda su longitud.

29. ***Radiación solar:*** principal fuente de energía transmitida a la Tierra, la cual influencia en los climas.

30. ***Región:*** área del territorio sobre la que pueden identificarse marcadas unidades de características físicas, sociales o económicas relativamente homogéneas o con una tendencia en ese sentido.

31. ***Solera:*** elemento estructural horizontal de concreto, que tiene como función conectar monolíticamente, los elementos estructurales verticales, para dar mayor estabilidad a las estructuras y refuerzo de muros de mampostería. Dependiendo de su localización en el muro, puede recibir el nombre de solera inferior (de humedad), intermedia o superior (de corona).

32. *Techos de Microconcreto (TMC):* solución de cubierta basada en los trabajos de transferencia y mejoramiento de la tecnología de microconcreto, realizados por el CECAT (Centro de Estudios de Construcción y Arquitectura Tropical).

33. *Tejas:* conforman también la cubierta de un techo, y son productos fabricados de arcilla cocida, de cemento y otras con derivados del petróleo.

34. *Temperatura:* es el grado de calor presente en la atmósfera cercana al suelo. Es el calor existente en el interior de una edificación e incide en el confort de la misma, causada por la fricción de moléculas de aire. Se mide en grados centígrados.

35. *Tubería:* conducto formado por tubos (por lo general de sección circular) por donde se conducirá un fluido.

36. *Vernácula:* edificación informal caracterizada por la utilización de herramienta rudimentaria y en la cual ha habido una participación directa del usuario. Generalmente se carece de asistencia técnica profesional.

37. *Viento:* movimiento de aire causado por las diferencias de temperatura y presiones de aire frío o caliente. Se mide en km/hora o bien en metros/minuto.

38. *Viga:* es un elemento estructural horizontal que trabaja a flexión y flexocompresión y es capaz de distribuir momentos en sus apoyos para que éstos lleguen al suelo. Son las que normalmente soportan a las losas, cubiertas y entrepisos.

Introducción

El presente estudio de tesis recoge no sólo un valioso material que viene a enriquecer el conocimiento que sobre techos se tiene en la actualidad, sino que, principalmente, refleja el nuevo signo que se ha conformado con la implementación de nuevas tecnologías. Dichas tecnologías pretenden proporcionar al usuario de los distintos materiales de construcción una mejor respuesta de los mismos, a los factores determinantes de una cubierta como lo son la impermeabilidad, la duración, la aislación térmica y acústica, así como la seguridad que pueda proporcionar al interior del ambiente para lograr el bienestar de los habitantes.

No se pretende de ninguna manera ser exhaustivo ya que cada vez más, surgen nuevas opciones con uso de una gran variedad de materiales susceptibles de ser aprovechados para la fabricación de cubiertas.

Así también las opciones de techos para vivienda aquí presentadas, se enfocan, más que todo, bajo el punto de vista de los materiales de construcción, sin entrar propiamente a aspectos de diseño estructural, ya que en este caso, cada opción es digna de un estudio por separado.

Este trabajo contiene nociones claras, sencillas y de fácil comprensión sobre los materiales y técnicas constructivas, a efecto de que pueda ser consultado por obreros de la construcción, estudiantes y profesionales contribuyendo así, al desarrollo de la industria de la construcción en Guatemala.

Debido al poco desarrollo económico y social logrado en nuestro país, aún prevalecen, en un alto porcentaje, las condiciones de vida de hace dos décadas, especialmente en el área rural, donde todavía se manifiestan soluciones habitacionales basadas en las experiencias continuas transmitidas de una generación a otra y se siguen utilizando soluciones ingeniosas, en las cuales se ha tomado el medio ambiente como uno de los factores determinantes en el diseño e implementación de los techos.

En el desarrollo de este trabajo se presenta en el primer capítulo, las características geográficas que inciden en el tipo de techos como lo son el clima, la temperatura, la humedad y precipitación, los vientos, la incidencia solar y las condiciones sísmicas que deben ser tomadas en cuenta al momento de la edificación. Caso especial es el alto riesgo sísmico que tiene Guatemala y que debe ser tomado muy en cuenta en el diseño y construcción de los techos.

Luego se tiene que, para un mejor estudio de la vivienda, el país se ha dividido en regiones y subregiones aplicando metodologías que han permitido llegar a la regionalización y sobre esta base se obtuvo la tipología de vivienda que permite conocer los tipos, la forma y las estructuras prevalecientes en los techos, de acuerdo a la regionalización de la vivienda. Todo lo cual se presenta en el capítulo dos.

El uso de nuevas tecnologías ha significado un avance en las técnicas de la construcción utilizando distintos materiales con el fin de industrializar el proceso de construcción de las distintas opciones de techos. En el capítulo tres se presentan las estructuras y cubiertas que abarcan, tanto las tradicionales en nuestro medio, como las que han surgido con tecnologías innovativas que tienden a adaptarse mejor a las necesidades económicas y prácticas.

En el capítulo cuatro se enfocan los detalles constructivos de las opciones presentadas. Estos detalles se presentan en forma general, ya que cada obra en particular, conlleva sus propios detalles constructivos.

Luego vienen los costos de las opciones, los cuales también deben de ser propios de cada proyecto a realizar. Los costos que en este estudio se presentan están de acuerdo a las condiciones existentes, pero que en un momento dado pueden sufrir variación, por lo tanto, al igual que los detalles constructivos, los costos deben ser calculados para cada edificación y nunca pretender aplicar los mismos a obras diferentes.

Finalmente, se tiene la discusión de las opciones, las conclusiones y recomendaciones que se derivan de todo lo anteriormente expuesto. Se alienta la esperanza que este trabajo de tesis obtenga una favorable acogida por quienes les interesa el arte de la construcción, especialmente de los techos, ya que éstos conforman un sistema muy interesante e indispensable en toda buena edificación.

Objetivos

1. Compilar las opciones de techos para vivienda en Guatemala, a fin de facilitar la toma de una decisión.

2. Dar a conocer las cualidades y características de las opciones para que sobre esta base se tenga clara la alternativa que será adoptada para la solución de techo.

3. Contribuir al diseño y construcción de la alternativa que satisfaga las necesidades socioeconómicas del interesado.

Capítulo 1

Características geográficas que inciden en los tipos de techos

En los párrafos siguientes se enuncia, en forma general, las principales características geográficas, con el objeto de ubicar al lector dentro del contexto geográfico de la República de Guatemala.

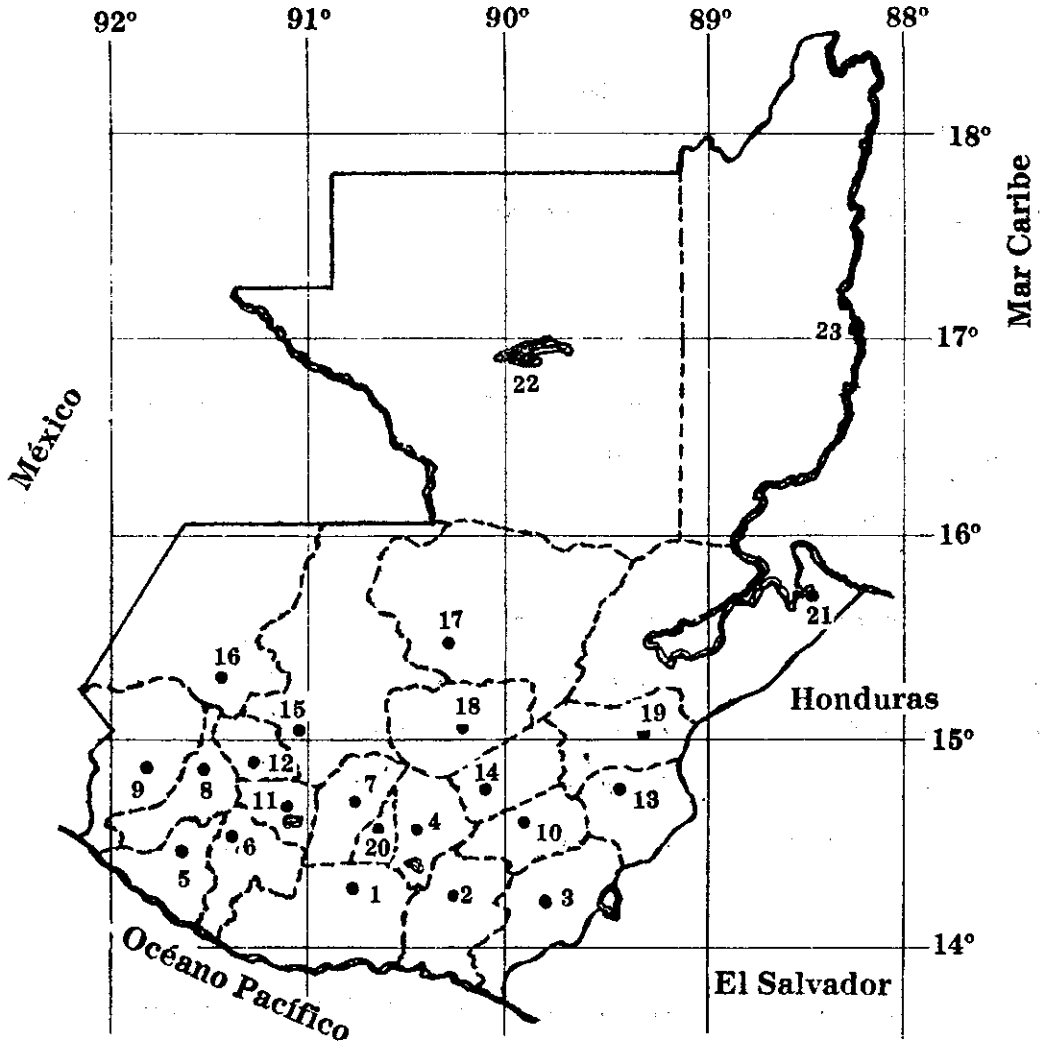
Es importante señalar que en Guatemala, país con capacidad técnica limitada o deficiente -principalmente en el interior de la república- se han construido viviendas sobre la base de experiencias y observaciones continuas sin considerar estudios sistemáticos y teóricos. No obstante lo anterior, el guatemalteco lucha por obtener un albergue cómodo, y trata de vencer los fenómenos de la naturaleza para lograr la seguridad y el bienestar para él y su familia.

Guatemala está situada en el centro del Continente Americano y tiene una superficie aproximada de 108,889 kilómetros cuadrados. Al Norte colinda con México; al Este con el Mar de las Antillas, con Honduras y con El Salvador; al Sur con el Océano Pacífico y, finalmente, al Oeste con México.

En la Gráfica 1, se puede apreciar la posición geográfica de las cabeceras departamentales y resumir que Guatemala se encuentra a una distancia que va de los 14 a los 18 grados del Ecuador Latitud Norte y a una distancia que va de los 88 a los 92 grados Longitud Oeste del Meridiano de Greenwich.

Gráfica 1

Posición geográfica de las cabeceras departamentales de la República de Guatemala[1]



CABECERAS DEPARTAMENTALES

No.	Nombre	Latitud Grados	No.	Nombre	Latitud Grados	No.	Nombre	Latitud Grados
1	Escuintla	14	9	San Marcos	15	17	Cobán	15
2	Cuilapa	14	10	Jalapa	15	18	Salamá	15
3	Jutiapa	14	11	Sololá	15	19	Zacapa	15
4	Guatemala	14	12	Totonicapán	15	20	Antigua Guatemala	15
5	Retalhuleu	14	13	Chiquimula	15	21	Puerto Barrios	16
6	Mazatenango	14	14	Guastatoya	15	22	Flores	17
7	Chimaltenango	14	15	Sta. Cruz El Quiché	15	23	Belmopán	17
8	Quetzaltenango	15	16	Huehuetenango	15			

[1] Hermes Marroquín y José Luis Gándara. **La vivienda popular en Guatemala, antes y después del terremoto de 1,976.** Tomo I. Editorial Universitaria, USAC. 1,982. pág. 38.

Es importante destacar también, que el territorio nacional está atravesado por dos grandes sistemas de montañas como lo son el sistema de la Sierra Madre que penetra por San Marcos y el otro sistema que penetra por Huehuetenango llamado de los Cuchumatanes.

El sistema de los Cuchumatanes atraviesa al país desde la frontera de México hasta el Océano Atlántico, pasando por los departamentos de Huehuetenango, El Quiché, Alta Verapaz e Izabal.

Por su parte, el sistema de montañas de la Sierra Madre atraviesa los departamentos de San Marcos, Quetzaltenango, Totonicapán, Sololá, Chimaltenango, Sacatepéquez, Guatemala, Santa Rosa, Jalapa y Chiquimula. Cabe resaltar, que la Sierra Madre en su parte central, posee una superficie muy plana conocida como Altiplanicie Central, en la cual se asientan importantes ciudades como Guatemala, Antigua Guatemala y Sololá.

Al transcurrir del tiempo y debido a los fenómenos tectónicos y dado a que Guatemala se asienta en una zona altamente sísmica, han emergido una gran cantidad de volcanes, sin embargo, "se considera que los que se mencionan a continuación son aquellos, que según la mayoría de los científicos, indican su índole volcánica: Tacaná, Tajumulco, San Antonio, Lacandón, Cerro Quemado, Zunil, Santa María, San Pedro, Santo Tomás, Chicabal, Atitlán, Cruz Quemada, Tolimán, Acatenango, Agua, Fuego, Pacaya, Cerro Redondo, Tecuamburro, Jumaitepeque, Moyuta, Amayo, Chingo, Culma, Ixtepeque, Suchitán, Alzatate, Tahual, Jumay, Tobón, Monte Rico, Ipala y Quezaltepeque"[2].

A su vez, Guatemala cuenta con dos regiones hidrográficas que se definen claramente; éstas comprenden los ríos que desembocan en el Océano Pacífico y los que vierten sus aguas en el Océano Atlántico.

---

2 Hermes Marroquín y José Luis Gándara. **Op. cit.** pág. 40.

Los ríos Suchiate, Salamá, Nahualate, Coyolate y Sis, debido a su naturaleza, pueden ser aprovechados para generar fuerza motriz, ya que su recorrido lo hace por despeñaderos y barrancos formando, con ello, saltos de agua que muy bien pueden aprovecharse.

Sin embargo, también existen ríos menos impetuosos y más tranquilos que incluso hacen posible su navegación, tales como: Motagua, Usumacinta, Polochic, Sarstún, Belice y Río Hondo.

Finalmente, se mencionan los principales lagos de Guatemala: Lago de Amatitlán, Lago de Atitlán, Lago de Güija, Lago de Izabal y Lago de Petén Itzá.

Para los propósitos de este capítulo, a continuación se enuncian las características que poseen los elementos que afectan directamente a los techos, ya que el techo es la parte de la vivienda que está, durante mucho más tiempo, expuesta a los fenómenos de la naturaleza.

1.1 Clima

El clima es el estado medio del tiempo para un área determinada. Se considera que el clima se deriva del comportamiento combinado de los factores climáticos como la radiación solar, la temperatura y el cambio de la misma, la humedad y el movimiento del aire.

A su vez estos factores dependen de las características de cada localidad, tales como: latitud, longitud, altura sobre el nivel del mar, accidentes geográficos y tipos de suelo y de vegetación.

Así pues, para lograr la construcción de un techo adecuado, es necesario tomar en cuenta las condiciones del medio, así como la naturaleza de los materiales utilizados en la construcción misma, con el objeto de aislar a los habitantes respecto de las variaciones climatológicas. Asimismo, el techo debe ser, en lo posible, de larga duración y de bajo costo, tanto de construcción como de mantenimiento.

1.1.1 Temperatura

La temperatura es el estado atmosférico del aire desde el punto de vista de su acción sobre los cuerpos. En el aspecto de vivienda, la temperatura "es el calor existente en una edificación e incide en el confort de la misma, y es causada por la fricción de moléculas de aire...".[3]

Dentro del territorio nacional las temperaturas son variadas a causa de los accidentes geográficos, principalmente por la altura de los sistemas de montañas que va de 1,500 hasta 4,000 metros sobre el nivel del mar.

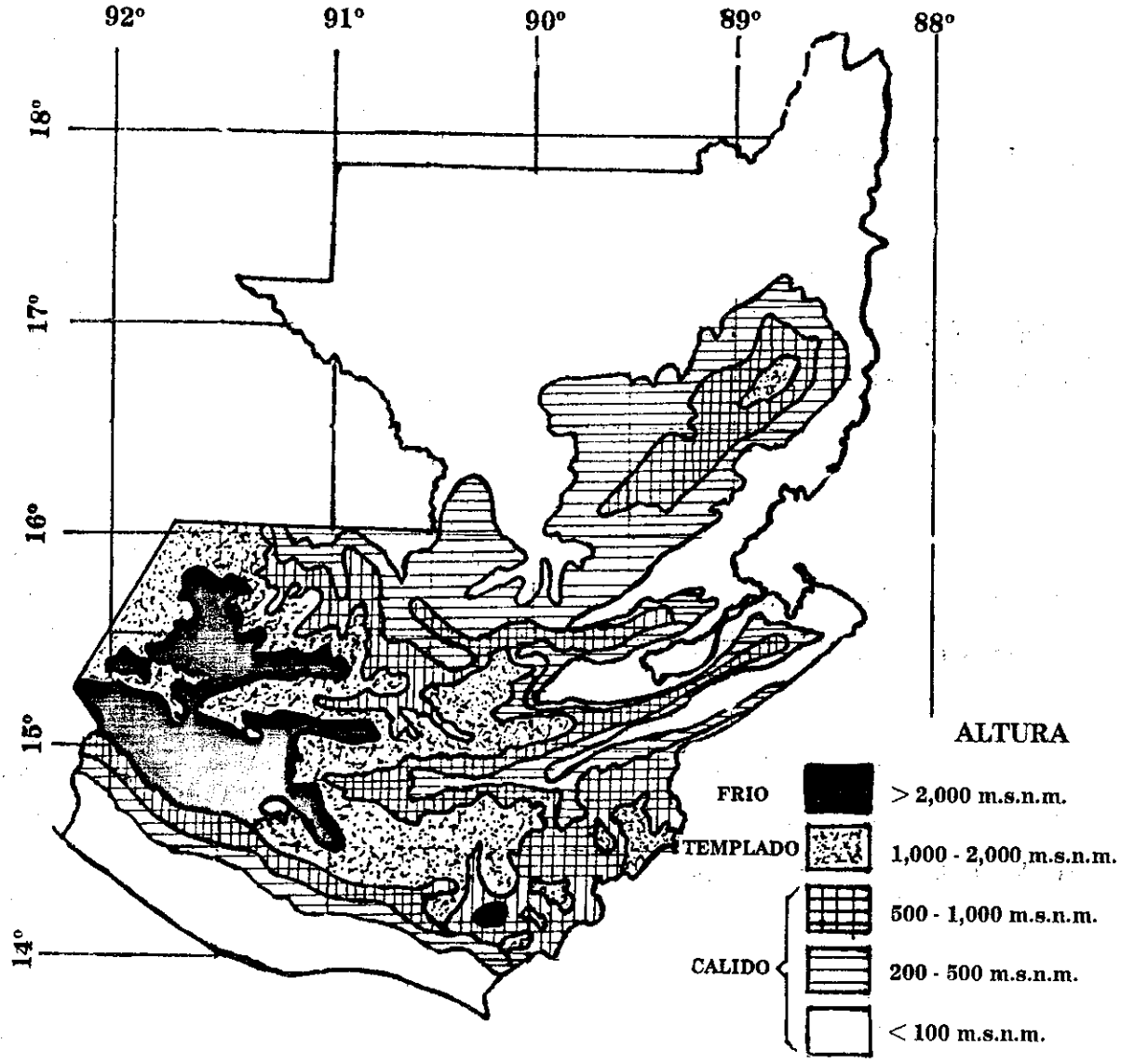
Por otra parte, estudios realizados han determinado el gradiente térmico medio para el país, cuyo valor es de 176 metros por cada grado centígrado. Sobre esta base se ha establecido la clasificación presentada en la Gráfica 2.

---

3 Manuel Antonio Andrade Valenzuela. **Diseño climático en las tierras altas sedimentarias.** Facultad de Arquitectura, 1,990, pág. 218.

Gráfica 2

Climas de la República de Guatemala[4]



4 Eduardo Aguilar Arrivillaga. **Estudio de la vivienda rural en Guatemala.** Editorial Universitaria, USAC. 1,980. pág. 16.

1.1.2 Humedad y precipitación

Eduardo Aguilar Arrivillaga[5] presenta los siguientes rangos vigentes y en ellos indica que "el régimen de lluvias en Guatemala es variado, presenta zonas como el altiplano con una precipitación media anual de 1,200 a 1,800 milímetros; zonas relativamente secas como en los llanos de La Fragua (Zacapa) cuyo promedio anual alcanza 400 a 600 milímetros; zonas sumamente húmedas de 4,000 a 4,500 milímetros, y zonas extremas, cuyas precipitaciones medias anuales sobrepasan los 6,000 milímetros.

En la extensa región central del territorio la época lluviosa dura, por lo general, seis meses (de mayo a octubre), mientras que en las zonas de El Petén y Belice se prolonga alrededor de nueve meses".

Guatemala no escapa de los efectos nocivos provocados por el desgaste de la capa de ozono, que traen consigo cambios en los patrones de lluvia y de temperatura; por ello, se esperan cambios o incrementos en la precipitación, la temperatura y la humedad.

Como consecuencia de lo anterior, se tiene que las pendientes de los techos así como los traslapes de la cubierta y el tipo de material, deben estar en función de la precipitación y la humedad que presenta una localidad en particular.

A continuación se tienen las principales características climáticas para cada uno de los meses del año.

---

5 Eduardo Aguilar Arrivillaga. **Op. cit.** pág. 13.

Cuadro 1

Principales características climáticas de Guatemala.[6]

(Correspondientes a los doce meses del año)[7]

ENERO	**Temperatura** mes más frío después de febrero. Oscilaciones diurnas de temperatura. **Vientos:** con fuerte intensidad. **Precipitación:** principios de mes con lloviznas ligeras. Generalmente la precipitación es nula. **Humedad:** estable con condiciones normales.
FEBRERO	**Temperatura:** mes más frío del año. Temperaturas bajas. **Vientos:** aumenta su intensidad. Cambiando dirección a fin de mes. **Precipitación:** escasez de lluvia. **Humedad:** pocas fluctuaciones. Mes seco.
MARZO	**Temperatura:** elevada. **Vientos:** se incrementa su velocidad. **Precipitación:** escasez de lluvia. **Humedad:** con valores mínimos. Neblinas y brumas al amanecer.
ABRIL	**Temperatura:** elevada. **Vientos:** variables con intensidad moderada. **Precipitación:** fuertes aguaceros aislados con valores máximos de evaporación. **Humedad:** estable al inicio del mes y con ascenso a finales. Condiciones brumosas.
MAYO	**Temperatura:** mes clásico de la primavera. Variación de temperatura. **Vientos:** variables con intensidad moderada. **Precipitación:** se inician las lluvias y desaparecen las brumas. **Humedad:** alta en regiones altas.
JUNIO	**Temperatura:** descenso de la temperatura. **Vientos:** variables con intensidad moderada. **Precipitación:** lluvia con cierta intensidad. Inicio de tormentas tropicales. **Humedad:** elevación relativa del aire. Calor húmedo. Aumenta la tensión del agua.
JULIO	**Temperatura:** poca representación de la variación del verano o astío. **Vientos:** variables con intensidad moderada. **Precipitación:** descenso de lluvias fuertes poco duraderas (tormentas tropicales). **Humedad:** descenso de humedad.

6 INSIVUMEH. Sección de Climatología. 1,995.

7 Actualmente la deforestación (tala inmoderada y quema de bosques tropicales) ha provocado cambios en las características climáticas del país.

AGOSTO	**Temperatura:** estable. **Vientos:** de poca intensidad. En la Costa Sur pueden darse vientos huracanados. **Precipitación:** aumentan las lluvias de larga duración y poca intensidad. **Humedad:** relativa. Alto porcentaje de la tensión del vapor de agua.
SEPTIEMBRE	**Temperatura:** sin variación. **Vientos:** de poca intensidad. **Precipitación:** lluvias con características de temporal con fuerte intensidad. **Humedad:** alta.
OCTUBRE	**Temperatura:** estable. **Vientos:** débiles (de poca intensidad). **Precipitación:** lloviznas con aguaceros aislados con tendencia a aflojar tormentas tropicales. **Humedad:** alta con tendencia a descenso. Evaporación con características mínimas.
NOVIEMBRE	**Temperatura:** estable. **Vientos:** fuertes y fríos en algunas regiones. **Precipitación:** escasa (lluvia más aire frío). Días diáfanos. **Humedad:** alta.
DICIEMBRE	**Temperatura:** con descensos. **Vientos:** fuertes. **Precipitación:** lloviznas ligeras y frías. **Humedad:** descenso de humedad.

1.1.3 Vientos

Los vientos que predominan sobre el territorio nacional son del Nor-Noreste al Sur-Suroeste siguiendo las características normales de los alisios, pero debido a las condiciones particulares de cada lugar, como por ejemplo, su configuración topográfica, esta dirección puede sufrir variaciones.

Según los datos proporcionados por el INSIVUMEH[8] respecto a los vientos, se tiene que la intensidad máxima de los vientos normalmente puede llegar a sobrepasar los 75 kilómetros por hora, y que en los llanos de La Fragua, los períodos de calma son

8 INSIVUMEH. Sección de Climatología, 1,996.

sensiblemente notorios, con índices de humedad relativa que raras veces llega al 50%. En cambio, en la planicie de Zaragoza (Chimaltenango) prevalecen durante todo el año, vientos de 40 a 50 kilómetros por hora.

Dado a los anteriores rasgos, es necesario verificar la incidencia de los vientos en los techos así como al interior de la vivienda, ya que el viento además de su intensidad, puede llevar consigo algún grado de humedad, lo cual implica que el material de construcción de las cubiertas deberá tener la capacidad de provocar una eficiente transmisión térmica, para lograr el bienestar deseado dentro de la habitación.

1.1.4 Incidencia solar

"Con respecto a la insolación, y las características climáticas del país, puede observarse que el Sol alumbra en el Este, haciendo su recorrido aproximadamente entre el 1 de mayo y el 13 de agosto, sobre el Norte, presentando su máxima declinación en esa posición el 22 de junio. Lógicamente el recorrido por el Sur afecta más, ya que la inclinación hacia el interior de los edificios es mayor del 13 de agosto de un año al 1 de mayo del año siguiente, aproximadamente, teniendo su máxima declinación en esa posición el 22 de diciembre. Siempre el ocaso del Sol durante todo el año se efectúa hacia el Oeste".[9] (Ver Gráfica 3).

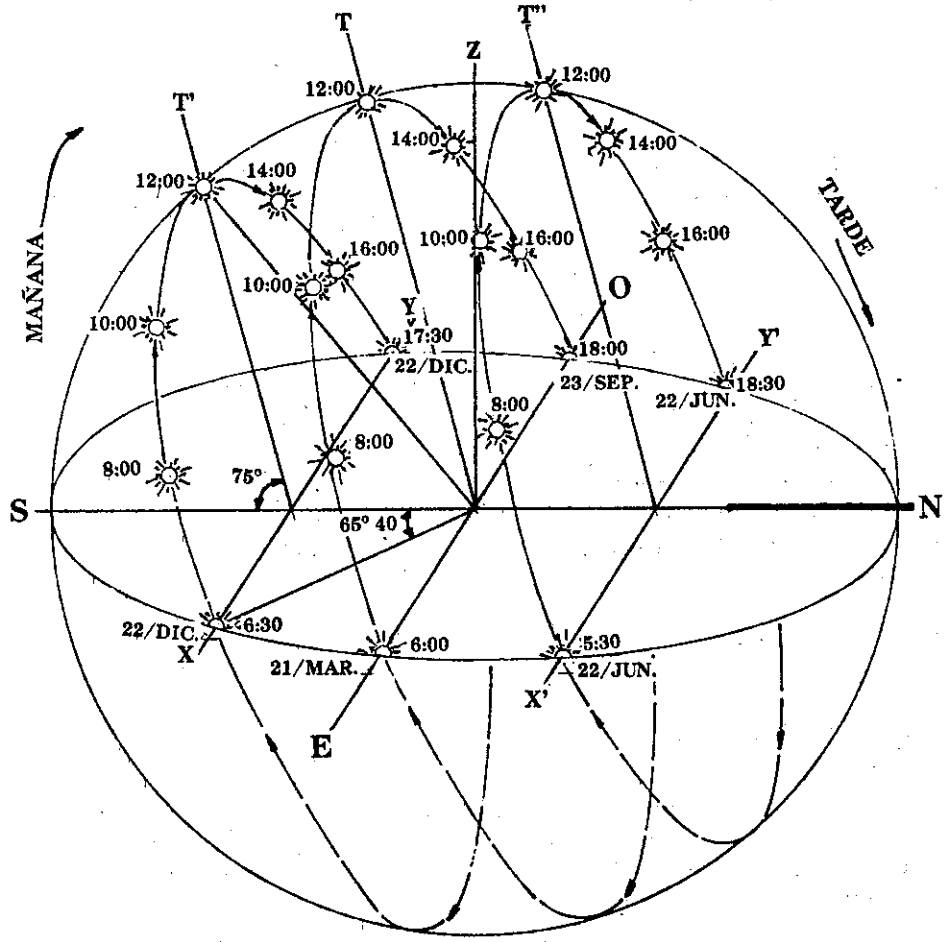
Luego se tiene que, existen criterios arquitectónicos que aconsejan tomar en cuenta la posición de la edificación con el objeto de aprovechar la orientación y el recorrido del Sol, evitando con ello, el descontrolado aumento o bien la disminución del calor en el interior de la vivienda. Según sea la pendiente de los techos así será la absorción de calor por radiación. (Ver Gráfica 4).

---

9 Hermes Marroquín y José Luis Gándara. **Op. cit.** pág. 51.

Gráfica 3

Trayectoria aparente diaria del Sol para Latitud 15° Norte en diferentes fechas (gráfica estimatica)[10]



X T' Y = SOLSTICIO DE INVIERNO. 22 DE DICIEMBRE.
E T O = EQUINOCCIOS: OTOÑO, PRIMAVERA. 21 DE MARZO Y 23 DE SEPTIEMBRE.
X' T''' T' = SOLSTICIO DE VERANO. 22 DE JUNIO.

SOL EN EL CENIT DE GUATEMALA: 29-30 DE ABRIL. 14-15 DE AGOSTO.

DECLINACIÓN MÁXIMA AL SUR, 22 DE DICIEMBRE (38° 27').

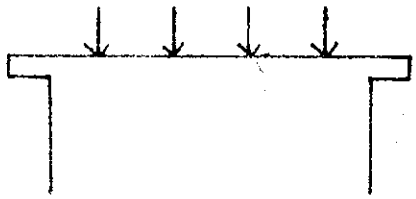
DECLINACIÓN MÁXIMA AL NORTE, 22 DE JUNIO (8° 27').

---

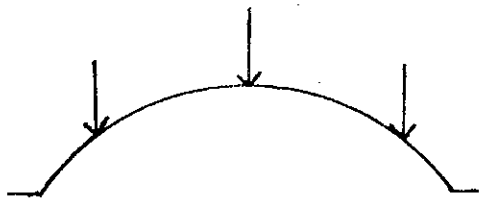
10 Hermes Marroquín y José Luis Gándara. **Op. cit.** pág. 55.

Gráfica 4

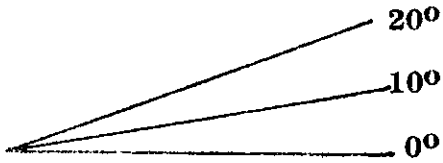
Consideraciones generales sobre algunos tipos de techos[11]



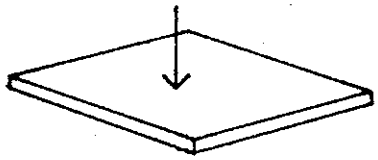
En los techos planos es mayor la absorción del calor por radiación solar.



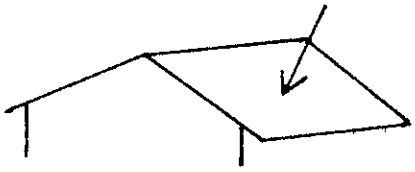
En los techos curvos es menor el calor por conducción debido a que la radiación solar es perpendicular a la bóveda en un sólo punto.



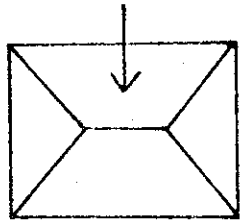
Cada 10 grados de inclinación del plano del techo representa del 10 al 15% de menor calor por radiación.



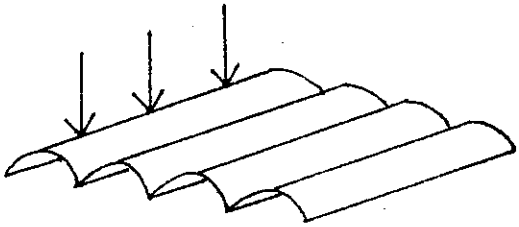
En el techo plano, los rayos solares son perpendiculares a toda la superficie.



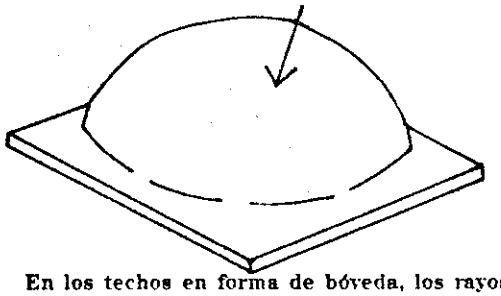
En el techo a DOS AGUAS, puede serlo sólo a la mitad.



En los techos a CUATRO AGUAS, los rayos son únicamente a la cuarta parte.



En los techos ondulados, los rayos solares son perpendiculares sólo a una línea



En los techos en forma de bóveda, los rayos solares son perpendiculares sólo a un punto.

---

11 Domingo Hernán Gutiérrez Puac. **Diseño climático para edificaciones.** Tesis Facultad de Arquitectura, USAC. 1,990. pág. 195.

1.2 Condiciones sísmicas

La superficie de la Tierra está compuesta por grandes secciones, las cuales se llaman placas o plataformas de la corteza terrestre. Estas placas se encuentran bajo los océanos y bajo continentes enteros como: América del Sur, América del Norte y el Mar Caribe.

Los movimientos sísmicos pueden ocurrir en cualquier parte del mundo en donde las orillas de dos placas se junten. Para el caso de Guatemala, se tiene que, debajo de su suelo se juntan tres placas: la Placa del Caribe, la Placa Norteamericana y la Placa de Cocos.

Todas las placas siempre se mantienen en movimiento, aunque se mueven solamente unos cuantos centímetros cada año. Por tal razón, las placas se chocan una contra la otra y cuando el movimiento de estas placas es muy rápido, provocan los movimientos sísmicos conocidos como terremotos.

1.2.1 Terremoto

Es el movimiento fuerte de la superficie terrestre ocasionado por el brusco choque de dos placas tectónicas, capaz de provocar severos daños y víctimas, tal y como ocurrió en Guatemala el 4 de febrero de 1,976, cuando la placa que está al Norte del río Motagua se movió rápidamente hacia el Oeste y la placa que está al Sur de este mismo río se movió rápidamente hacia el Este provocando con ello, la pérdida de miles de guatemaltecos aparte de los daños materiales que fueron cuantiosos.

Es importante hacer mención que Guatemala está atravesada por dos grandes sistemas de fallas: la falla del Motagua y la falla del Polochic donde lindan entre sí la Placa del

Caribe y la Placa Norteamericana produciendo continuamente destructores terremotos en este siglo. (Ver Gráfica 5).

En otro orden de ideas, cabe destacar que el daño que causa un terremoto en una vivienda depende de dos aspectos importantes como lo son la altura y el peso, tanto de las paredes, como del techo de la misma, además de los elementos estructurales necesarios en toda buena edificación.

En la Gráfica 6 se presenta una posible subdivisión de Guatemala en cinco zonas de cúmulo de siniestros, esto quiere decir que los departamentos que comprenden estas zonas pueden ser afectados por un solo sismo.

Como se puede apreciar, la zona 1 es la que comprende el mayor número de departamentos, y por lo tanto, puede deparar el máximo cúmulo siniestral.

Aguilar Arrivillaga[12] dice que "partiendo de los focos sísmicos probables, se puede dividir Guatemala en 5 zonas de cúmulo, afectadas por un solo sismo, siendo ellas:

Zona 1. La circundante a la ciudad de Guatemala.

Zona 2. El Centro Sur y Suroriente.

Zona 3. El Centro Occidente y Sur-Occidente.

Zona 4. El Centro Norte y Nor-Occidente.

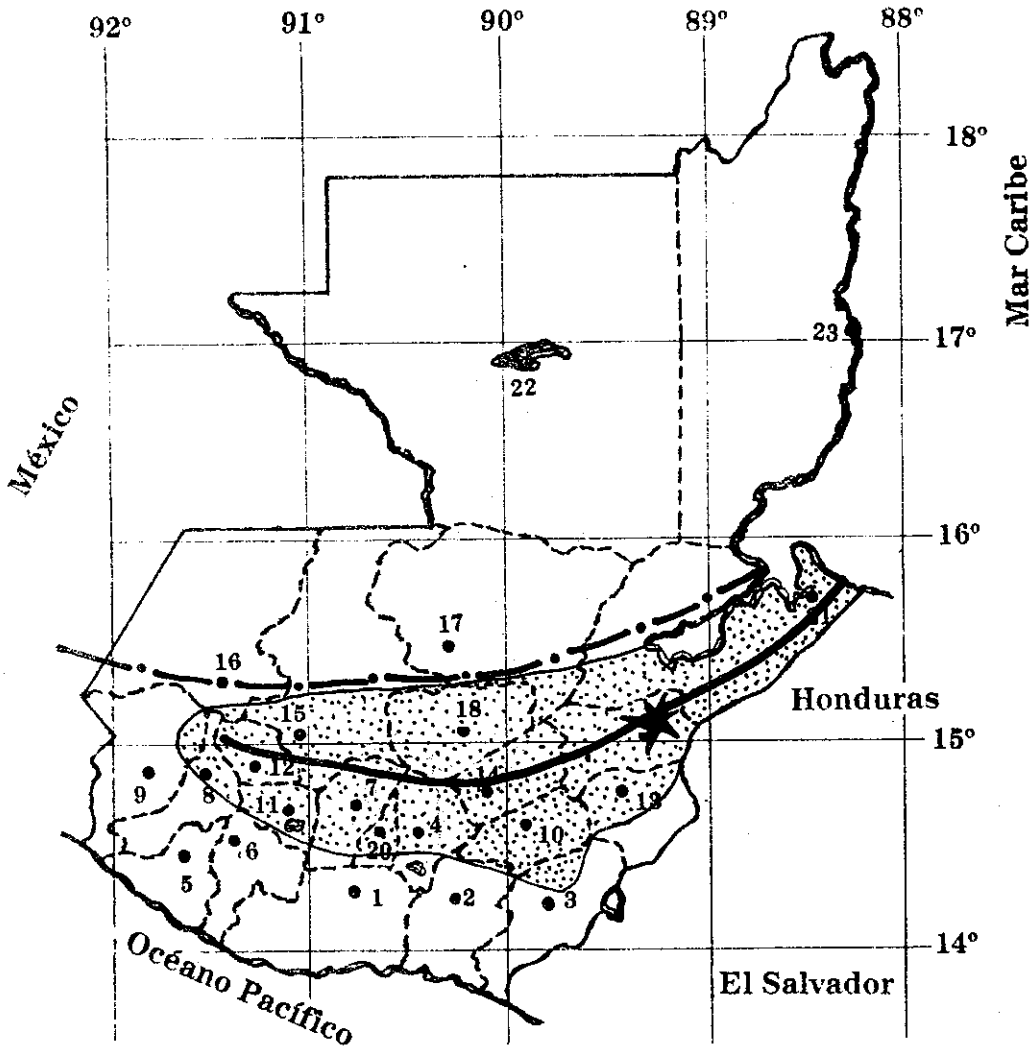
Zona 5. El Petén y Belice". (Ver Gráfica 6).

---

12 Ibidem. pág. 27.

Gráfica 5

Sistemas de fallas que atraviezan Guatemala y terremoto de 1,976[13]



Guatemala está atravesada de un extremo a otro por dos grandes sistemas de fallas, la falla del Motagua y la del Polochic. Aquí lindan entre sí la plataforma del Caribe y la Norteamericana produciendo continuamente destructores terremotos.

Falla del Motagua

Falla del Polochic

Epicentro del 4 de febrero de 1,976

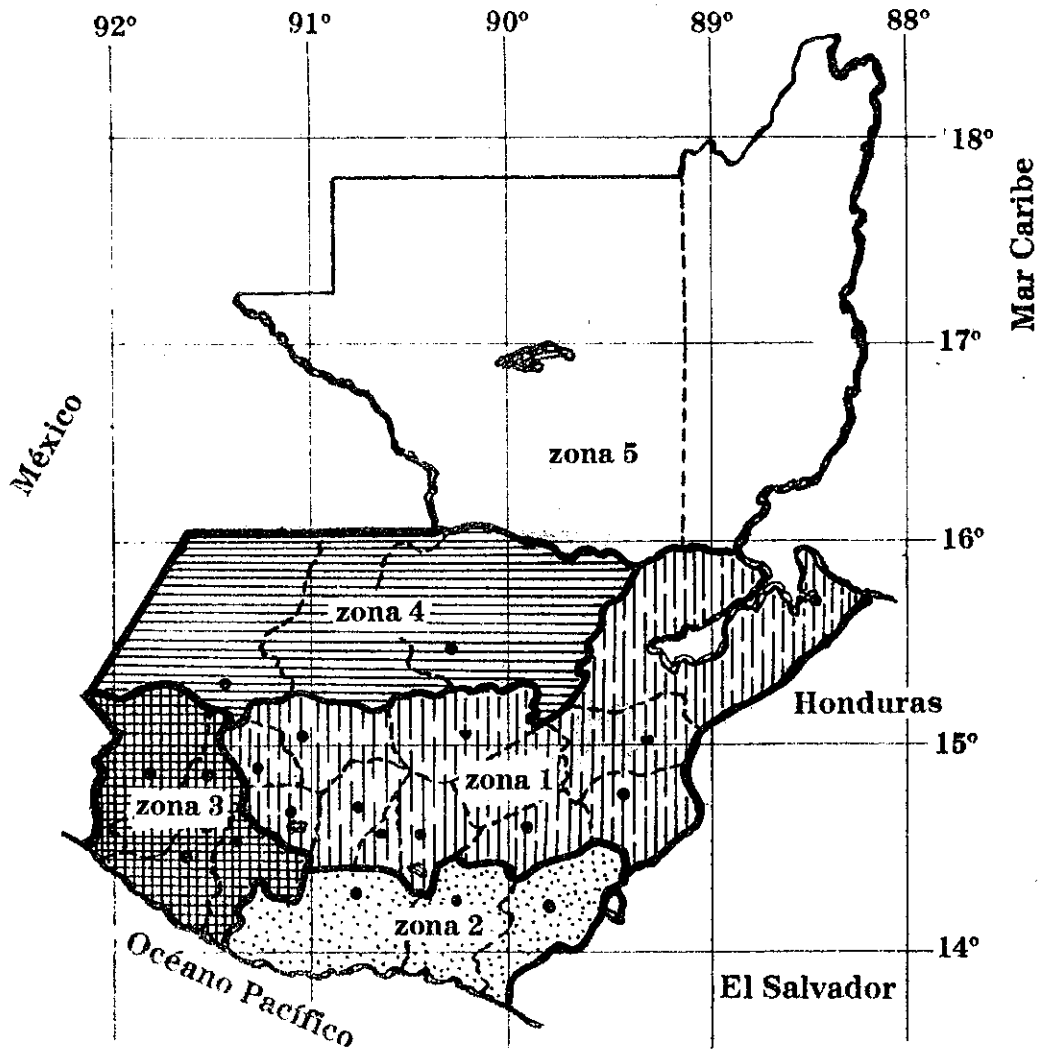
Zona siniestral, febrero de 1,976.

---

13 Elaboración propia sobre la base del Cuadro 11 de Eduardo Aguilar Arrivillaga. **Op. cit.** pág. 28.

Gráfica 6

Zonas de cúmulo de siniestros[14]



Partiendo de los focos sísmicos probables a lo largo de la costa del Pacífico o de la falla del Motagua, aquí se presenta una posible subdivisión de Guatemala en cinco zonas de cúmulo de siniestros, es decir, en zonas que pueden ser afectadas siniestralmente por un solo sismo. De importancia capital es la zona 1, que es la que puede deparar el máximo cúmulo siniestral...

---

14 Ibídem. pág. 31. Elaboración propia sobre la base del Cuadro 15.

En síntesis se afirma que, los factores geográficos que influyen en la construcción de un techo son:

a) **para el bienestar de los habitantes:**
la radiación solar, la temperatura y el cambio de la misma, la humedad y el movimiento del aire;

b) **riesgo sísmico:**
dado a que Guatemala se asienta en una zona propensa a terremotos, la posibilidad de que ocurra un movimiento sísmico, debe tomarse en cuenta en la edificación de los techos;

c) **transmisión térmica:**
también la transmisión térmica de los materiales de cubierta hacia el interior, debe satisfacer las necesidades de habitabilidad y bienestar humano, requeridas para una vivienda.

Capítulo 2

Tipos de techos de acuerdo a la regionalización del país

Como punto previo se considera conveniente esclarecer el significado de lo que representa, en sí, la regionalización del país. Eduardo Aguilar Arrivillaga[1] afirma que "la región comprende el lugar geográfico, o sea el pedazo de tierra y los hombres que lo habitan con características físicas y humanas similares, produciendo relaciones ambientales, una de cuyas consecuencias lo constituye el grupo de soluciones de vivienda que en ella se dan..."

Tomando en cuenta la anterior definición y aplicando una metodología adecuada, se ha llegado a la regionalización de la República de Guatemala, en cuanto a vivienda se refiere, basada en los factores ecológicos, climáticos, productivos y antropológicos para determinar una región o subregión.

Actualmente existen varias regionalizaciones en Guatemala; así tenemos que existe una regionalización de salud, de turismo, de educación, de estadística, etc. obedeciendo cada una de ellas, a los propósitos de las instituciones que las han elaborado.

---

1 Eduardo Aguilar Arrivillaga. **Estudio de la vivienda rural en Guatemala.** Editorial Universitaria, USAC. 1,980. pág. 70.

Para llegar a la regionalización de la vivienda, se analizaron dos tipos de componentes principales que, a su vez, comprenden los factores que identifican con suma claridad, las propiedades más importantes para una regionalización.

Los dos tipos de componentes estudiados son:

Componentes primarios:

Los componentes primarios comprenden los factores: clima, altitud, calidad del suelo, población y aspectos culturales.

Componentes secundarios:

Cuyos factores son: zonas de vida, tipo de cultivo, uso de la tierra, tenencia de la tierra y relaciones de producción.

2.1 Regiones y subregiones

Al analizar los componentes primarios e integrarlos con los componentes secundarios, se llegó a una aproximación de los patrones de vivienda que son una respuesta a las características propias de una región.

Dado lo anterior, los tipos de regiones y subregiones que se han clasificado son los siguientes:

1) Región Central

2) Región del Altiplano Occidental
   - 2a) Subregión Altiplano
   - 2b) Subregión Tierras Altas Sedimentarias
   - 2c) Subregión Nentón

3) Región del Altiplano Oriental
   - 3a) Subregión Jalapa
   - 3b) Subregión Chortí
   - 3c) Subregión Tierras Altas
   - 3d) Subregión del Motagua

4) Región Costera del Pacífico
   - 4a) Subregión Boca Costa
   - 4b) Subregión Costa

5) Región Seca Oriental

6) Región Norte
   - 6a) Subregión Cuenca del Polochic
   - 6b) Subregión del Lacandón
   - 6c) Subregión Planicie Baja
   - 6d) Subregión Plataforma del Yucatán[2].

En la Gráfica 7 se puede apreciar la forma en que están divididas las regiones y subregiones, y en el Cuadro 2, se presenta el resumen de los departamentos que las comprenden.

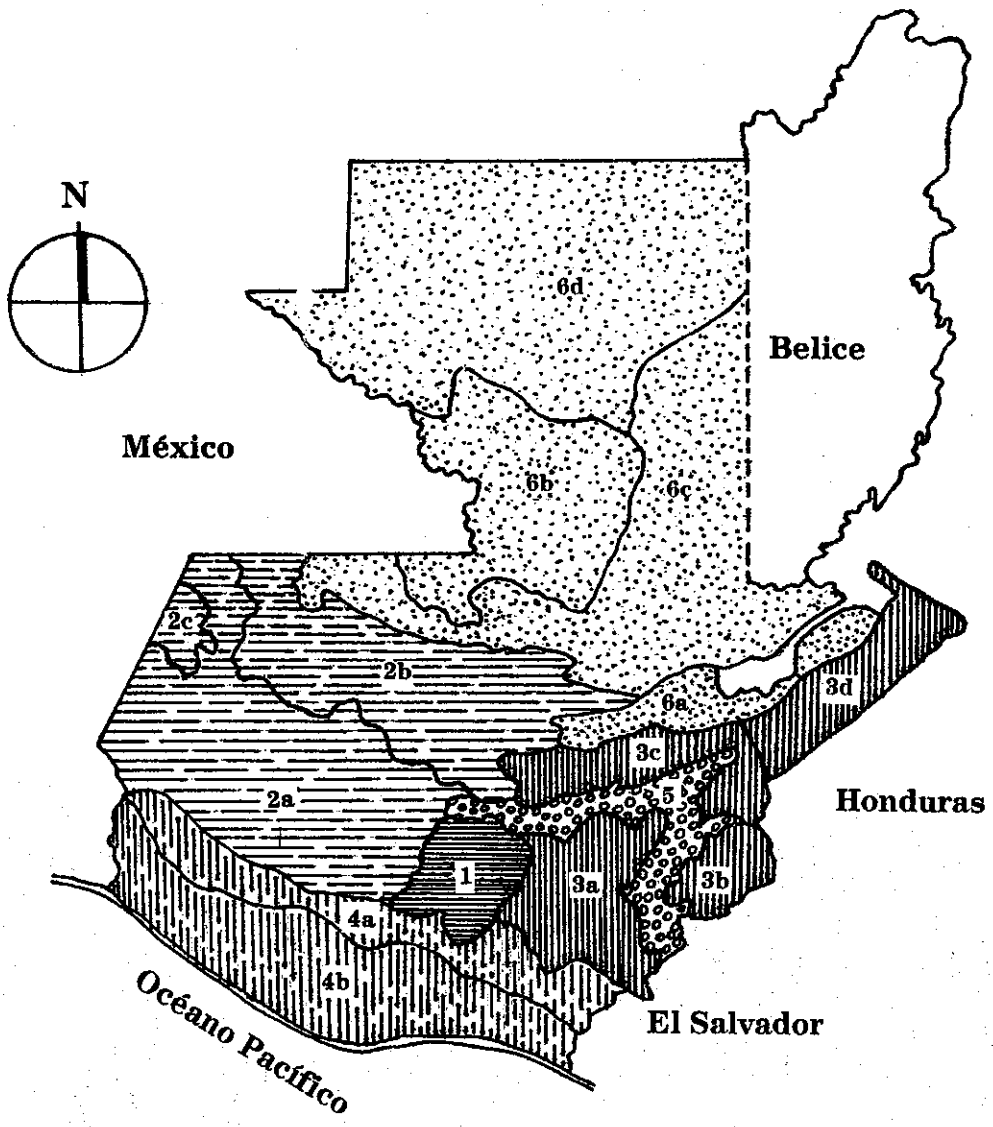
---

2 Hermes Marroquín y José Luis Gándara. **La vivienda popular en Guatemala, antes y después del terremoto de 1,976.** Tomo I, Editorial Universitaria, USAC, 1,982, pág. 106.

Gráfica 7

Mapa de regionalización de la República de Guatemala.

Regiones y subregiones[3]



3 Hermes Marroquín y José Luis Gándara. **Op. cit.** pág. 107.

Cuadro 2

Conformación de Regiones y Subregiones[4]

Región	Subregiones que comprende	Departamentos que abarca
1. Central		Guatemala y Sacatepéquez
2. Del Altiplano Occidental	2a. Altiplano	Noreste de Huehuetenango; zonas altas de San Marcos y Quetzaltenango; parte baja de El Quiché; Chimaltenango y Sololá.
	2b. Tierras Altas Sedimentarias	Noroeste de Huehuetenango; área central de El Quiché; zona Oriental de Baja Verapaz y parte baja de Alta Verapaz.
	2c. Nentón	Noroeste de Huehuetenango.
3. Del Altiplano Oriental	3a. Jalapa	Jalapa; parte Sur de El Progreso; Norte de Santa Rosa; Noroeste y Suroeste de Jutiapa.
	3b. Chortí	Zona Central y Oeste de Chiquimula.
	3c. Tierras Altas	Oeste y extremo Norte de Zacapa; extremo Norte de Chiquimula; Oeste de Baja Verapaz; extremo Norte de El Progreso y extremo Sur de Izabal.
	3d. Del Motagua	Suroeste de Puerto Barrios, Izabal.
4. Costera del Pacífico	4a. Boca Costa	Area Central de San Marcos y Quetzaltenango; extremo Norte de Suchitepéquez; Escuintla y Retalhuleu; extremo Sur de Chimaltenango; parte Central de Santa Rosa y el Sur de Jutiapa.
	4b. Costa	Extremo Sur de San Marcos y Quetzaltenango; casi todos los departamentos de Retalhuleu, Suchitepéquez y Escuintla; parte Sur de Santa Rosa y extremo Sur de Jutiapa.
5. Seca Oriental		Area Central de El Progreso; Suroeste de Zacapa; Noroeste de Chiquimula; Oeste de Jutiapa; extremo Este de Jalapa.
6. Norte	6a. Cuenca del Polochic	Area Central de Izabal; extremo Sureste de Alta Verapaz; área pequeña del Noreste de Baja Verapaz.
	6b. Del Lacandón	Suroeste de El Petén; extremo Norte de El Quiché y Alta Verapaz.
	6c. Planicie Baja	Extremo Noreste de Huehuetenango; extremo Norte de El Quiché; Area Central de Alta Verapaz; Norte de Izabal y Sureste de El Petén.
	6d. Plataforma de Yucatán	Norte de El Petén.

4 **Ibídem.** págs. 108, 109 y 110. Elaboración propia del autor.

2.2 Tipología de vivienda

Concluida la regionalización del país, se seleccionaron las localidades en función de la representatividad de cada región, y se obtuvo la tipología de vivienda.

Las características de las viviendas por regiones indican que existe una verdadera integración con los patrones culturales, económicos y sociales de cada lugar. Es necesario reconocer que, debido al estado de desarrollo del país, los materiales para cubierta prevalecientes son: lámina de zinc, teja y palma.

Tomando en cuenta los anteriores rasgos, se puede concluir con el Cuadro 3, en el cual se presentan los tipos de techos prevalecientes por regiones y subregiones en el país.

Además se tiene que existe una relación entre el material empleado como cubierta y la pendiente del techo, ya que cuando se trata de materiales vegetales (palma, paja, etc.) la pendiente debe ser mayor, debido a que estos materiales tienen lento escurrimiento. Por otra parte, también la precipitación pluvial de la región obliga a incrementar o disminuir el ángulo de inclinación de los techos.

En cuanto a la forma de los techos se tiene que las características climáticas de las regiones y subregiones, el uso espacial interno y los materiales utilizados en la cubierta, definen la forma del techo (1 agua, 2 aguas, etc.) (Ver Gráfica 8).

Cuadro 3

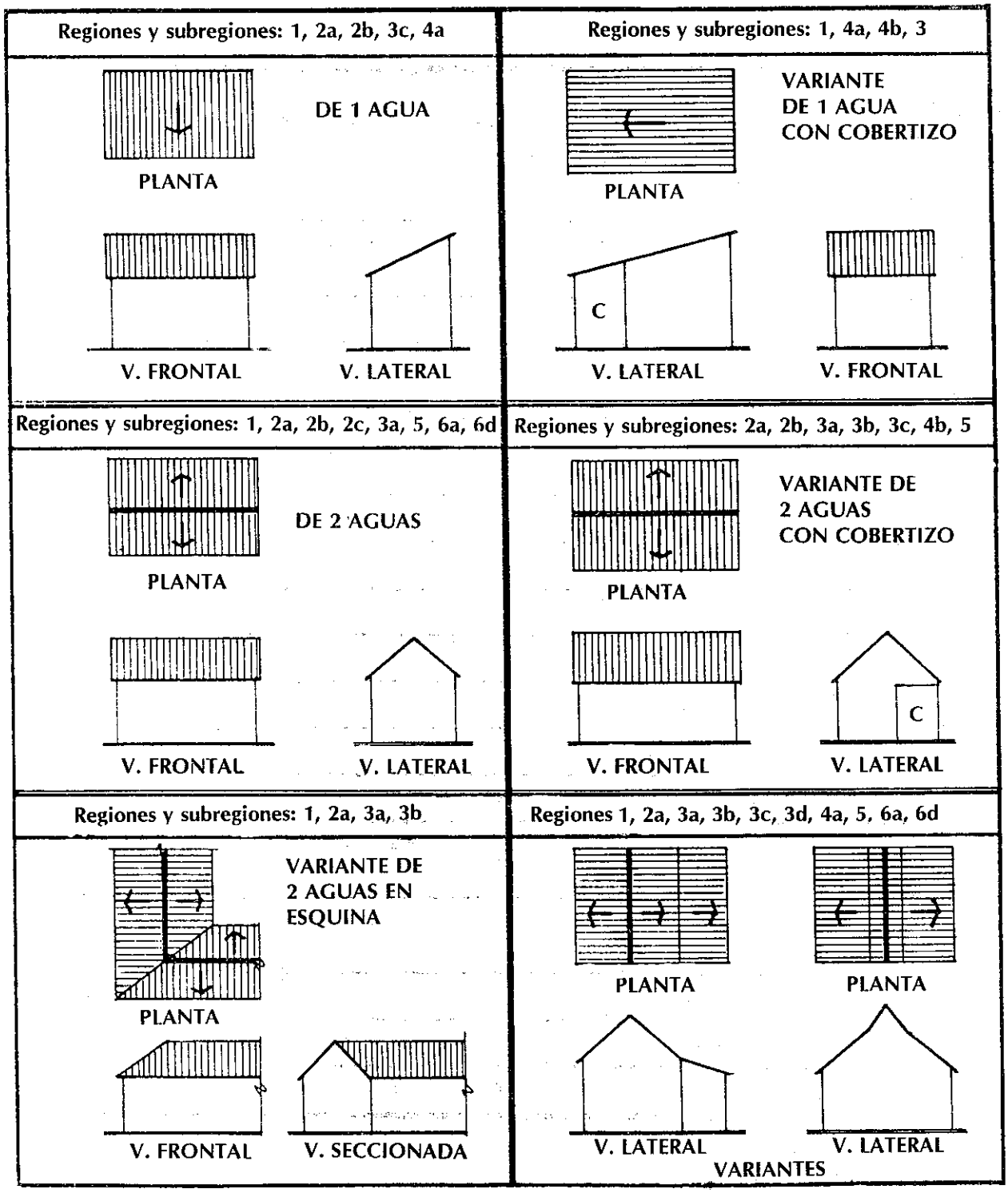
Tipos de techos por regiones y subregiones[5]

Región o Subregión	Material de cubierta	Estructura del techo		Material de estructura		Forma del techo
		Viga	Tijera	Madera rolliza	Madera aserrada	
1	lámina de zinc, teja	X	X		X	1 y 2 aguas
2a	tejamanil, teja, paja, lámina de zinc			X	X	2 aguas
2b	lámina de zinc, paja, teja, tejamanil	X	X	X	X	2 aguas
2c	lámina de zinc, teja		X	X		2 aguas
3a	teja		X	X	X	1, 2, 3 y 4 aguas
3b	lámina de zinc, teja		X	X	X	1 y 2 aguas
3c	lámina de zinc, palma		X	X	X	1, 2, 3 y 4 aguas
3d	lámina de zinc, teja	X	X	X	X	2 y 4 aguas
4a	lámina de zinc, palma, teja			X	X	1 y 2 aguas
4b	lámina de zinc, palma, teja		X	X	X	1, 2 y 4 aguas
5	lámina de zinc, palma, teja, hoja de caña	X	X	X	X	2 aguas
6a	lámina de zinc, palma, hoja de caña		X	X		2 aguas
6b	lámina de zinc, palma		X	X		4 aguas
6c	lámina de zinc, palma, teja		X	X	X	2 y 4 aguas
6d	lámina de zinc, palma		X	X	X	4 aguas

5 **Ibidem.** pág. 530. Elaboración propia del autor.

Gráfica 8

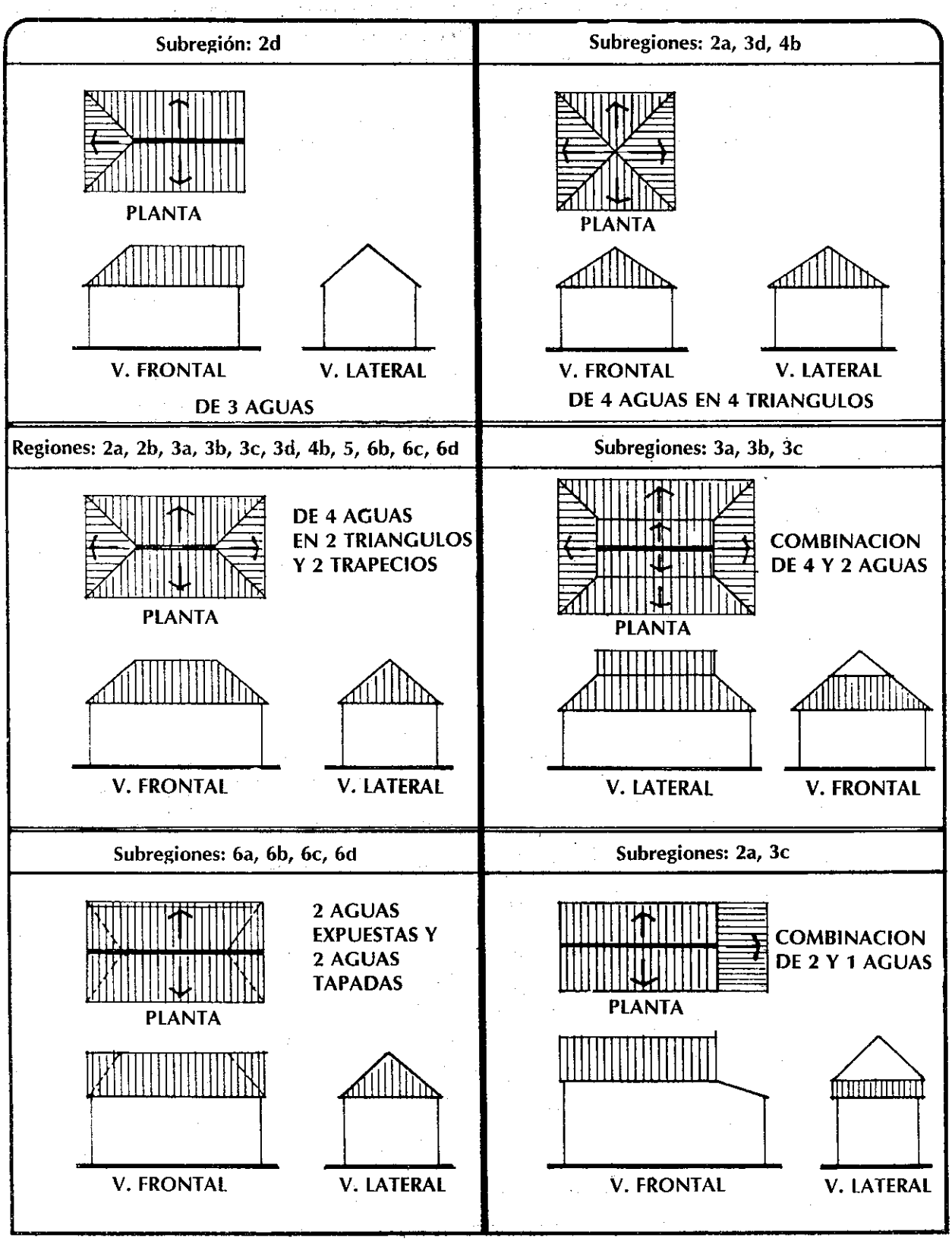
Forma de los techos[6]



6 Ibídem. págs. 538, 539 y 540.

Gráfica 8

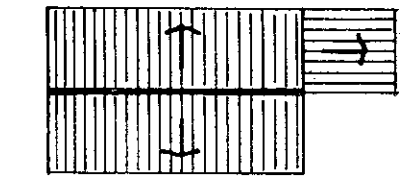
Forma de los techos



Gráfica 8

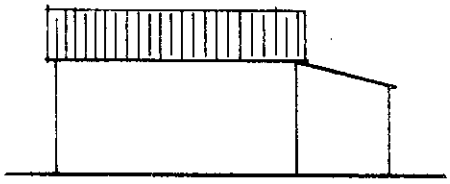
Forma de los techos

Regiones y subregiones: 2a, 3a, 3c, 5

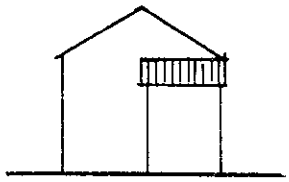


PLANTA

COMBINACION DE 2 AGUAS
CON COVERTIZO DE 1 AGUA

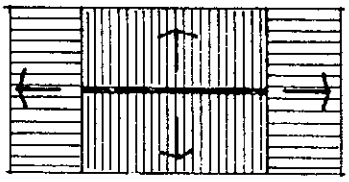


V. FRONTAL



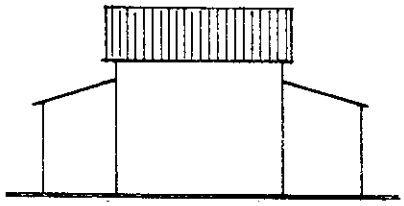
V. LATERAL

Regiones y subregiones: 3a, 5

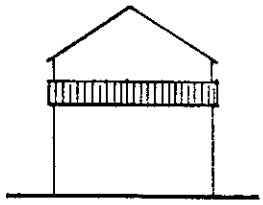


PLANTA

VARIANTE

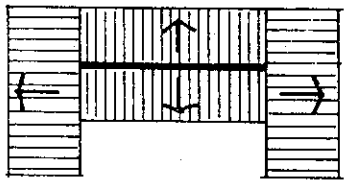


V. FRONTAL



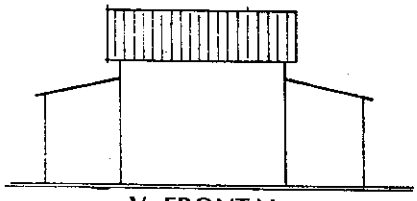
V. LATERAL

Subregión: 2c

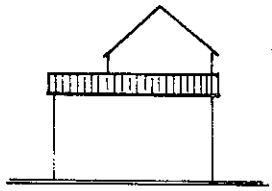


PLANTA

VARIANTE



V. FRONTAL



V. LATERAL

2.3 Estructura de techos prevalecientes

Respecto al sistema estructural utilizado, se puede decir que éste depende de la habilidad técnica lograda a través de la experiencia del mismo propietario, que es a la vez, en muchos casos, el constructor.

El material utilizado en las estructuras es fundamentalmente madera ya sea rolliza (rústica) o bien cepillada (fina).

Finalmente, se tiene que los elementos estructurales para un techo se componen principalmente de:

a) vigas simplemente apoyadas, de uno o varios tramos;

b) marcos más o menos rígidos; y,

c) tijeras (armaduras de madera).

En la Gráfica 9, presentada en la página siguiente, pueden apreciarse los tipos de estructura de techos, comprendiendo la gráfica los esquemas arquitectónicos, los esquemas estructurales correspondientes a cada esquema arquitectónico, sus características, así como, la luz de los ambientes en los que usualmente se utilizan estos tipos de estructura. Pueden apreciarse también, los códigos de las distintas reacciones y esfuerzos estructurales que se dan de acuerdo al esquema estructural.

Gráfica 9

Estructura de techos prevalecientes[7]

Esquema arquitectónico	Esquema estructural	Características	Luz usual	Código
		Viga simplemente apoyada en sus extremos. Esfuerzos: flexión y corte.	≤ 3.00 metros	↑ reacción
		2 vigas apoyadas en sus extremos. Esfuerzos: flexión y corte.	2.00 metros ≤ 5.00 metros	→← esfuerzo de compresión
		2 vigas continuas de 2 tramos. Esfuerzos: flexión y corte.	4.00 metros ≤ 6.00 metros	←→ esfuerzo de tracción o tensión
		Marco rígido. Esfuerzos: flexión a lo largo y momentos en el nudo.	2.00 metros ≤ 5.00 metros	momento en el nudo
		Tijera. Esfuerzos: tracción y compresión.	3.50 metros ≤ 5.00 metros	flexión
		Tijera. Esfuerzos: tracción y compresión.	3.00 metros ≤ 4.00 metros	compresión y tensión
		Tijera. Esfuerzos: tracción y compresión.	3.00 metros ≤ 5.00 metros	tensión y compresión
		Tijera. Esfuerzos: tracción y compresión.	3.00 metros ≤ 5.00 metros	
		Vigas y columnas. Esfuerzos: flexión y compresión.	3.00 metros ≤ 5.00 metros	

7 **Ibídem.** pág. 542.

Capítulo 3

Estructuras y cubiertas. Tecnologías actuales

En Guatemala persiste la necesidad habitacional, y específicamente, del tipo de vivienda popular. Según el Instituto Nacional de Estadística, INE, y la Secretaría General de Planificación Económica, SEGEPLAN, en el país persiste un déficit de más de un millón de viviendas.

Por otro lado se tiene que, los factores climáticos, los materiales locales, la cultura y especialmente las condicionantes económicas y sociales de los habitantes de una región, deciden las soluciones habitacionales.

Dado todo lo anterior, ha sido necesaria la implementación de métodos constructivos para lograr una optimización de funcionalidad y que los costos también permitan afrontar las necesidades de un techo adecuado.

El uso de nuevas tecnologías ha significado el avance en las técnicas de la construcción, que a su vez, han originado cambios en las formas y métodos de fabricación; producto de ello, es la serie de opciones de techos para vivienda con utilización de distintos materiales, ante las cuales, se escogerá la que mejor se adapte a las necesidades prácticas y económicas.

En el transcurso de este capítulo se irán dando a conocer generalidades sobre estructuras y cubiertas, abarcando las formas tradicionales, así como, las formas de construcción prefabricada, y otras tecnologías que buscan facilitar la construcción y mejorar la presentación de un techo para vivienda.

3.1 Estructuras y cubiertas

Como sistema, el techo contiene a los elementos: estructura y cubierta.

La estructura cumple las funciones de soporte, apoyándose en las paredes o vigas, a quienes transmite su peso propio y el de las sobrecargas que le son impuestas.

La cubierta cumple funciones de protección y aislamiento; es necesario señalar que, existe una inevitable movilidad de la cubierta (flexiones, contracciones y dilataciones). Por lo tanto, hacer compatible estos inevitables movimientos de la cubierta con la absoluta impermeabilidad que ha de caracterizarla, debe ser el objetivo que el constructor se proponga.

Por otra parte, existen casos en que estructura y cubierta se encuentran íntimamente vinculadas al extremo de constituir una cubierta estructural; ejemplo: la losa de concreto reforzado.

Finalmente, cubierta y estructura requieren, cada una, de materiales, formas, especificaciones y, en general, tratamientos diferentes para llegar a constituir el techo.

3.1.1 Estructura de madera

La madera es un valioso material de construcción utilizado, tanto como obra falsa, como en la fabricación de estructuras para soportar algún tipo de cubierta.

Para construir una estructura de madera, es necesario puntualizar en lo siguiente: a) la madera seca es mucho más resistente que la madera húmeda o verde; b) deben utilizarse piezas de madera que no estén torcidas, rajadas o apolilladas; y, c) las piezas deben protegerse contra termitas, polilla y humedad. Puede aplicarse pentaclorofenol, creosota, pintura de alquitrán, esmalte o barniz, diesel o aceite quemado; esto procura una mayor vida útil a la estructura.

Para estructuras de madera se tiene los métodos de artesonado siguientes: a) de tendales y costaneras; y, b) de tijeras o armaduras con costaneras.

La utilización de tendales y costaneras es económico y práctico. Su comportamiento estructural obedece a un estado de cargas que somete a los elementos de madera principalmente a esfuerzos de flexión.

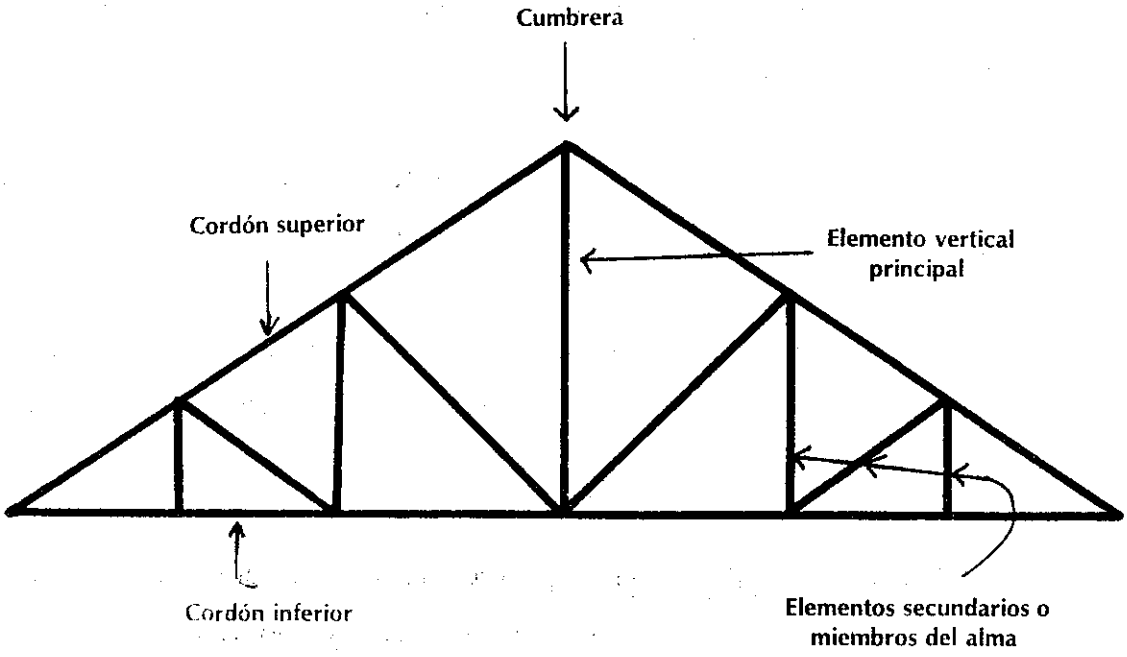
Las costaneras tendrán una distribución de cargas uniformemente repartida, la cual se deberá al peso de la cubierta que soporta y, por otra parte, los tendales tendrán una condición de carga puntual provocada por el peso de las costaneras. Este método tiene la desventaja de que, los tendales pueden resultar peligrosos, si las paredes no soportan el empuje derivado del uso del tendal.

Por lo anteriormente expuesto, es más aconsejable el uso de armaduras o tijeras, porque son estructuras que se construyen como elementos sólidos y que van firmemente unidas a los muros soportantes y "amarradas" entre sí, lo cual evita la tendencia al volcamiento.

Como puede observarse en la Gráfica 10, una armadura está compuesta por: cordón superior, cordón inferior, cumbrera, elemento vertical principal y elementos secundarios o miembros del alma.

Gráfica 10

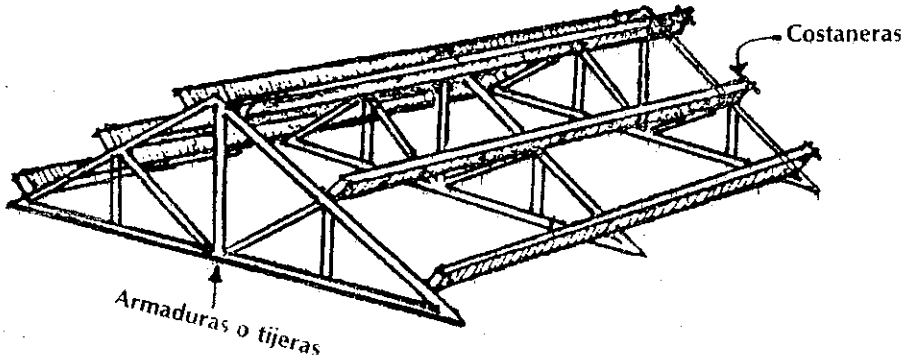
Elementos de una armadura de madera



Finalmente se tiene que, una estructura de madera está formada por armaduras y costaneras. En el siguiente capítulo se darán a conocer los detalles y las recomendaciones necesarias para su construcción.

Gráfica 11

Estructura de madera



3.1.2 Estructuras metálicas

El uso de estructuras metálicas en la construcción de techos para vivienda es, en muchos casos, práctica y económicamente posible, aunque con mayor frecuencia, este tipo de estructuras se utiliza para techos de bodegas, naves industriales y edificaciones de grandes luces.

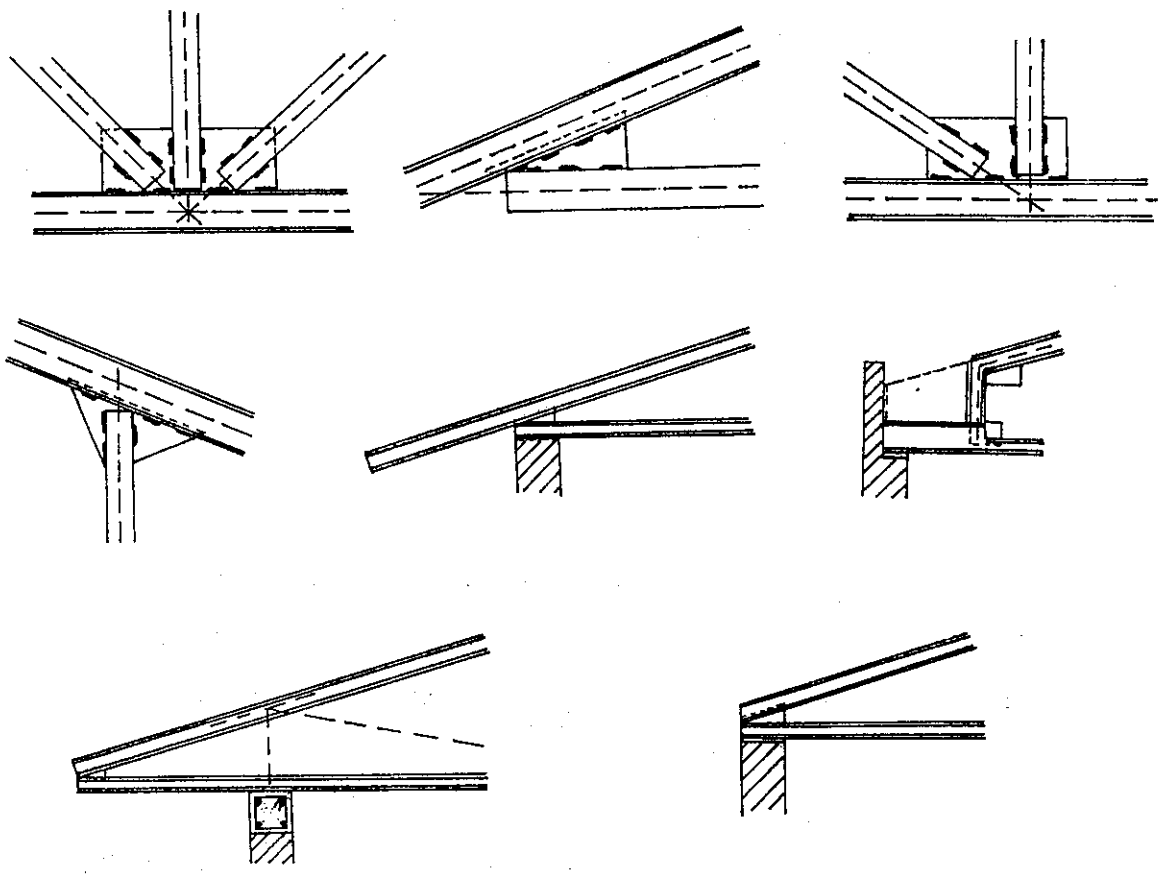
Para el techo de una vivienda debe tomarse en cuenta la facilidad de montaje y el costo de la estructura. El tipo de perfil más utilizado para vigas y costaneras es la sección "C", ya que es el perfil que más se ajusta a las características antes mencionadas.

En cuanto al comportamiento estructural de las vigas de sección "C" se puede decir que, son elementos constructivos sometidos a flexión, a esfuerzos de corte y, algunas veces, a esfuerzos de tracción y compresión simples debido a los cambios de temperatura.

En la gráfica siguiente pueden apreciarse los nudos más usuales y los aleros más comunes en estructuras metálicas para techos.

Gráfica 12

Nudos y aleros más usuales en estructuras metálicas



3.1.3 Estructura de acero (losa plana maciza)

La armadura de acero es la que le da resistencia a tensión al concreto, pues se sabe que, el concreto es fuerte en compresión, pero débil en tensión. Por ello, es muy

importante determinar la armadura que se necesita para resistir los esfuerzos de tensión que resulten de las cargas aplicadas. A mayor carga y mayor tamaño de una habitación, así será la cantidad de varillas de refuerzo necesarias.

El acero de refuerzo para una losa plana maciza consiste en varillas corrugadas, las cuales se fabrican de acuerdo con las normas ASTM A616-76 y cuyas propiedades más importantes son: a) módulo de Young, *Es;* b) resistencia de fluencia, *fy;* c) designación del grado de acero; d) tamaño o diámetro de la varilla.

El objeto de las corrugaciones en la superficie de las varillas, es incrementar la adherencia entre el concreto y el acero. Para el caso de la losa plana maciza, se utiliza, generalmente, varilla # 3 (⅜ de pulgada de diámetro).

Dentro de las normas algunas indican que, el acero debe limpiarse de toda clase de recubrimiento antes de fundir con concreto (Normas: COGUANOR. Propuesta: 36 011.ASTM) y que no debe dejarse que el acero se oxide; en este caso, es recomendable utilizar un cepillo de alambre para retirar todo el recubrimiento de óxido que exista.

Una vez determinado si la losa va reforzada en uno o en dos sentidos, se procederá a diseñar el armado de la estructura de acero de refuerzo. Independientemente del sentido del armado, éste está compuesto por:

a) **rieles.** Llamados así, porque son piezas de armadura que corren en línea recta a todo lo largo de una losa; se ubican en la parte baja de la losa;

b) **bastones.** Son piezas cortas que se colocan en la parte alta de la losa y sirven como refuerzo para los momentos negativos;

c) **tensiones.** Son varillas que se doblan a la quinta parte de la longitud de la losa, con el objeto de pasarse de la parte baja a la parte alta de la losa para recibir esfuerzos.

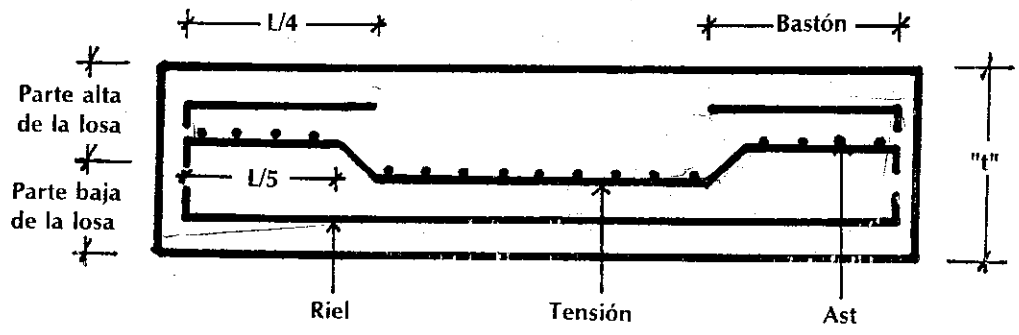
Por otra parte, una losa también lleva acero por temperatura, *Ast,* para lo cual se utiliza acero # 3 y cuya separación no puede ser mayor que tres veces el espesor calculado de la losa.

Todas las varillas deberán tener la longitud de desarrollo adecuada, para evitar su deslizamiento una vez que la losa haya sido fundida y desencofrada. También debe tomarse en cuenta que, si se refuerza la losa en ambos sentidos, las varillas que quedan debajo de la parrilla, se colocan a lo largo del lado más corto de la losa; y las que están encima, se colocan a lo largo del lado mayor.

Para lograr un mejor comportamiento estructural, cabe agregar las siguientes recomendaciones: a) las varillas deben amarrarse en cruces con alambre de amarre # 18; b) el espesor "t" de una losa plana debe estar entre 9 y 12 cm; c) el espaciamiento entre los elementos de la armadura no debe ser mayor que tres veces "t"; d) el recubrimiento mínimo es de 2 cm para proteger al refuerzo contra la corrosión.

Gráfica 13

Corte transversal de la losa. Elementos del armado



3.1.4 Estructuras prefabricadas

Como se verá con más detalles en el siguiente capítulo, para la construcción de una losa tradicional (plana maciza) se necesita una formaleta que debe soportar la losa durante la fundición y fraguado. Además debe utilizarse otra serie de piezas verticales para su sostenimiento. Generalmente, estos elementos son de madera, ello hace que el sistema de construcción, con el paso de los años, resulte desventajoso si se compara con métodos innovadores, que han industrializado la construcción, mediante la sustitución de trabajos realizados en obra, por métodos de producción en fábrica.

Las principales ventajas de la construcción con elementos prefabricados son: a) costo de mano de obra unitaria menor, debido a la producción mecanizada y en serie; y, b) tiempo de construcción menor, porque el trabajo en obra se reduce, en alto porcentaje, a la unión de las unidades prefabricadas.

Para el caso de las losas prefabricadas, el criterio de diseño es que éstas trabajan únicamente en un sentido.

3.1.4.1 Viguetas prefabricadas (losa tipo nervada)

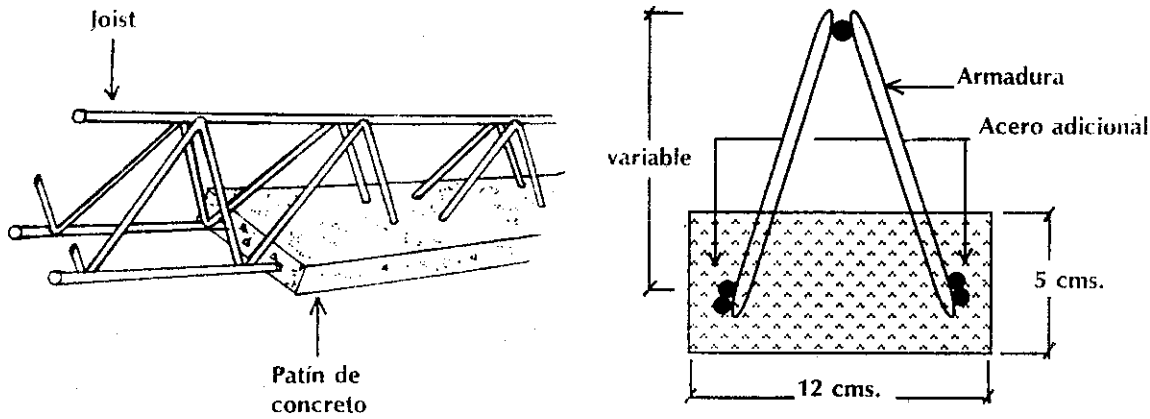
Estas viguetas forman la estructura de una losa prefabricada y van tendidas en el sentido más corto de la luz de la habitación y se apoyan en los muros o vigas. Tienen un tipo de apoyo empotrado, con anclaje monolítico entre losa y solera de corona o viga de apoyo. (Ver capítulo siguiente).

La vigueta está constituida por un joist de varilla corrugada, asegurando con ello, una mejor adherencia al concreto. La armadura lleva una doble diagonal en una geometría de sólido diseño tridimensional aprovechando muy eficientemente el refuerzo. Dicha vigueta también es elaborada y electrosoldada a máquina bajo condiciones repetitivas,

controladas. Además, el patín de concreto es fundido en mesa metálica vibratoria para asegurar su calidad.

Gráfica 14

Vigueta prefabricada



Se fabrican viguetas de diferentes medidas y peraltes, de acuerdo a la luz de los ambientes a techar. Cada fabricante utiliza distinta nomenclatura para tipificar sus viguetas en cuanto al peralte, espesor terminado de la losa y la longitud del patín de concreto.

Cabe agregar que, algunos fabricantes cuentan con la aprobación del Instituto de Fomento de Hipotecas Aseguradas, FHA, y del Centro de Investigaciones de Ingeniería, CII, de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Como parte de la losa, se tienen también los rigidizantes, los bastones y la estructomalla que terminan de conformar la estructura. La bovedilla es utilizada, únicamente, como material de relleno.

El rigidizante sirve para asegurar el comportamiento monolítico de la losa, en el sentido perpendicular a las viguetas, a cada 1.50 m y no es más que una costilla hecha en

obra con acero de alta resistencia conformada por dos varillas de diámetro igual a 6.2 mm y eslabones con diámetro de 4.5 mm colocados a cada 30 cm y su función es evitar rajaduras y goteras. Puede fabricarse también, con varillas # 3 y eslabones # 2 @ 30 cm.

Los bastones tendrán una longitud, que dependerá de que exista o no, continuidad en la losa; puede utilizarse varilla de alta resistencia de 6.2 mm de diámetro, o bien, varilla # 3.

La estructomalla, es el refuerzo por temperatura, formada por una malla de acero de alta resistencia y electrosoldada que forma cuadros de 6 x 6 pulgadas, o bien, puede fabricarse en obra con varilla # 2 @ 25 cm en ambos sentidos.

3.1.4.2 Viguetas pretensadas (losa tipo Freyssinet)

El concepto del preesfuerzo se le debe al ingeniero francés Eugene Freyssinet, quien en el año de 1,939, desarrolló los sistemas de anclajes mecánicos, gatos, etc. que dieron inicio a la producción de elementos de concreto preesforzado.

Fue en el año de 1,962 cuando se montó, en Guatemala, la primera planta de pretensado (Concreto Prefabricado de Centro América, COPRECA) la cual únicamente producía viguetas pretensadas. Luego extendió su producción a vigas para puentes y edificaciones de grandes luces.

En cuanto al pretensado, se puede decir que es un esfuerzo logrado a través de tensar el acero, antes de colocar el concreto en la formaleta. Consiste, pues, en un procedimiento mecánico controlado, que permite la tensión del acero, luego se espera que el concreto adquiera la resistencia deseada. Cuando esto sucede, se quita la tensión al acero y es cuando se le trasladan, al concreto, las cargas del preesfuerzo.

El comportamiento estructural de la losa tipo Freyssinet, se puede decir que se basa en una distribución de vigas pretensadas de sección "T" invertida que forman un sistema de nervios que se combinan con la bovedilla que sirve como material de relleno.

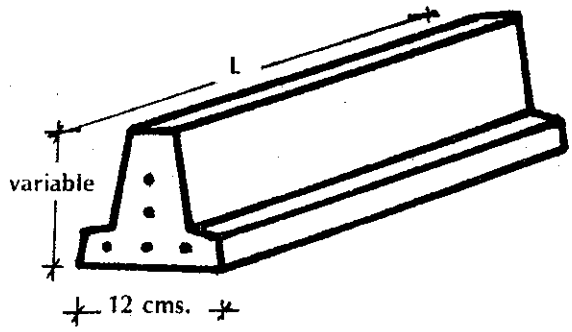
Cabe agregar que, este sistema de losa es una variante de la losa nervurada y se distingue de ésta por lo siguiente: a) debido al pretensado, las viguetas no llevarán parales como apoyo provisional, cuando la luz de los ambientes sea menor de 4 metros; b) cuando la luz esté entre 4 y 7 metros, llevará un apoyo provisional en el centro únicamente; c) no lleva rigidizante, pues los esfuerzos de corte los absorve el alma de la vigueta.

Lo anterior significa que con los elementos pretensados, se espera mejor resistencia a la corrosión, menores deflexiones a largo plazo y una resistencia estructural mucho mayor.

En cuanto al refuerzo por temperatura, se recomienda utilizar varilla # 2 en forma de parrilla, con un espaciamiento de 20 x 40 cm (la distancia menor en la dirección perpendicular a las viguetas). Además, se utilizará un eslabón de adherencia y bastón de refuerzo. (Ver detalles constructivos en el siguiente capítulo).

Gráfica 15

Vigueta pretensada



3.1.4.3 Planchas pretensadas (losa tipo Spancrete)

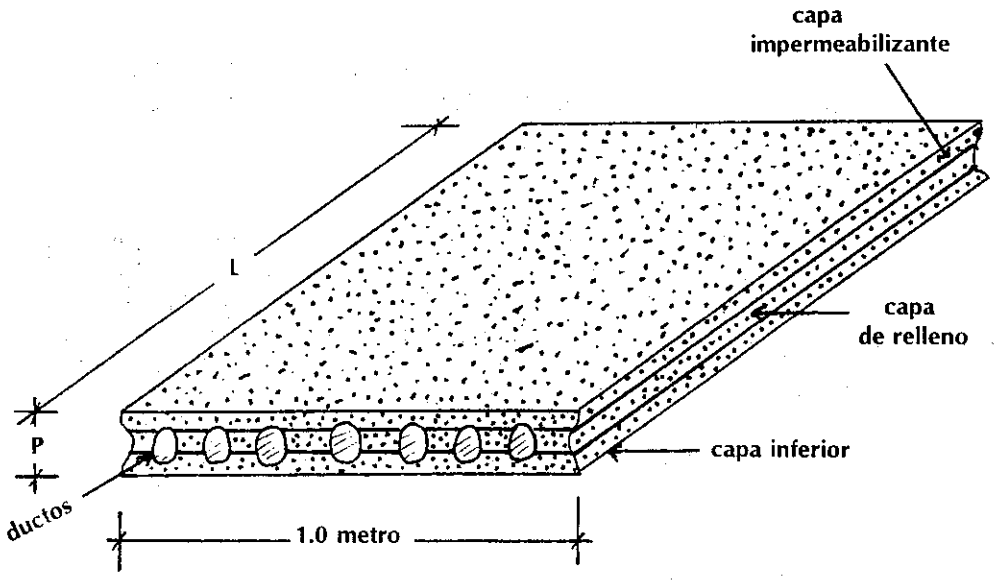
Las planchas Spancrete forman la estructura de un sistema de losa aligerada preesforzada, estas planchas también son prefabricadas y de concreto preesforzado.

Además de contar con los beneficios propios del pretensado, las planchas tienen unos ductos longitudinales que, reducen el peso muerto de la losa, aumentan la insulación térmica y acústica, y permiten el paso de las instalaciones eléctricas.

Su ancho estándar es de 1.0 m con peraltes "p" de 3, 4, 6, 8 y 10 pulgadas. Su longitud "L", varía de acuerdo a la luz de los ambientes a techar.

Gráfica 16

Plancha Spancrete



Como puede apreciarse en la gráfica anterior, cada plancha está formada por tres capas: capa inferior, capa de relleno y capa impermeabilizante.

La capa inferior está formada por una mezcla especial, con grava de ¼ de pulgada como máximo, con el fin de que el concreto adquiera mayor adherencia en el refuerzo longitudinal pretensado.

Luego, la capa de relleno está compuesta por un concreto poroso flexible. El objeto de esta capa es darle el peralte deseado a cada plancha.

Finalmente, la capa impermeabilizante, está formada por una mezcla con arena de río, cemento y agua; el objetivo de esta capa, es asegurar la impermeabilidad de cada plancha.

Durante el proceso de fabricación, se lleva a cabo un estricto control de calidad en todos los elementos, con el fin de garantizar la homogeneidad y calidad del producto terminado.

Una losa de este tipo, también llevará refuerzo por temperatura que puede ser una malla electrosoldada, o bien, varilla # 2 @ 25 cm.

El gran inconveniente, para la utilización de estas planchas, es que deben manipularse por medio de grúa y debe supervisarse que en la obra, existan condiciones óptimas para el desplazamiento de la maquinaria pesada que las instalará. Por ello, el uso de este sistema se hace más económico y posible, cuando se construyen casas en serie.

3.1.4.4 Panel estructural Covintec (losa sistema Covintec)

Los paneles Covintec son estructuras tridimensionales de alambre de acero calibre 14, están formados por armaduras verticales continuas de 76 mm de peralte,

separadas a cada 51 mm, con tiras de espuma de poliestireno (duropor) expandido, de 57 mm de espesor. Las armaduras están unidas a lo ancho de cada panel, por alambres horizontales calibre 14, electrosoldados a cada 51 mm; la retícula de alambre está separada 9.5 mm del poliestireno, ello permite, el agarre del mortero aplicado a cada cara del panel. (Ver Gráfica 17).

Los materiales Covintec necesarios para una losa final son: paneles estructurales de 2" x 4' x 8', fabrimalla de 8" y bolsas de fibra; para una losa de entrepiso se utilizan: paneles estructurales de 3" x 4' x 8', fabrimalla de 8" y bolsas de fibra. Además, estos paneles pueden ser utilizados en la construcción de: cimentaciones, muros interiores y exteriores de viviendas y edificaciones en general, dependiendo las dimensiones del material a utilizarse, del diseño propio de cada edificación. Cabe agregar que, son estructuras importadas del Estado de Veracruz, República de México.

Si se necesitan realizar cortes en los paneles, puede hacerse a cada 51 mm sin ninguna dificultad en ambos sentidos; si se desean unir paneles entre sí, deberán reforzarse las juntas con malla de alambre y sujetarse con grapas o alambre, para lograr formar muros, techos, entrepisos y otros elementos arquitectónicos. Cuando el peralte del panel (76 mm) es recubierto, por ambas caras, con una capa de 22 mm de mortero de cemento y arena, se convierte en un elemento de concreto reforzado con excelentes propiedades estructurales y aislantes (térmicas y acústicas).

El peso propio de cada hoja de panel es aproximadamente 12 kg, y su peso con un recubrimiento de 2.5 cm de mortero, por ambas caras, es de 100 kg/m^2 (220 lb/m^2 aproximadamente).

Como se señaló anteriormente, cada panel al ser aplanado por ambas caras, con mortero de cemento y arena, adquiere la resistencia y durabilidad del concreto reforzado,

lo cual representa una solución, en cuanto a la flexibilidad en diseños y parámetros constructivos.

Debido a su versatilidad, este producto se ofrece para diseñar sin límites en el sentido arquitectónico. Además tiene las ventajas siguientes:

a) es material térmico (ideal para construir en zonas cálidas);

b) es acústico, liviano, resistente y seguro;

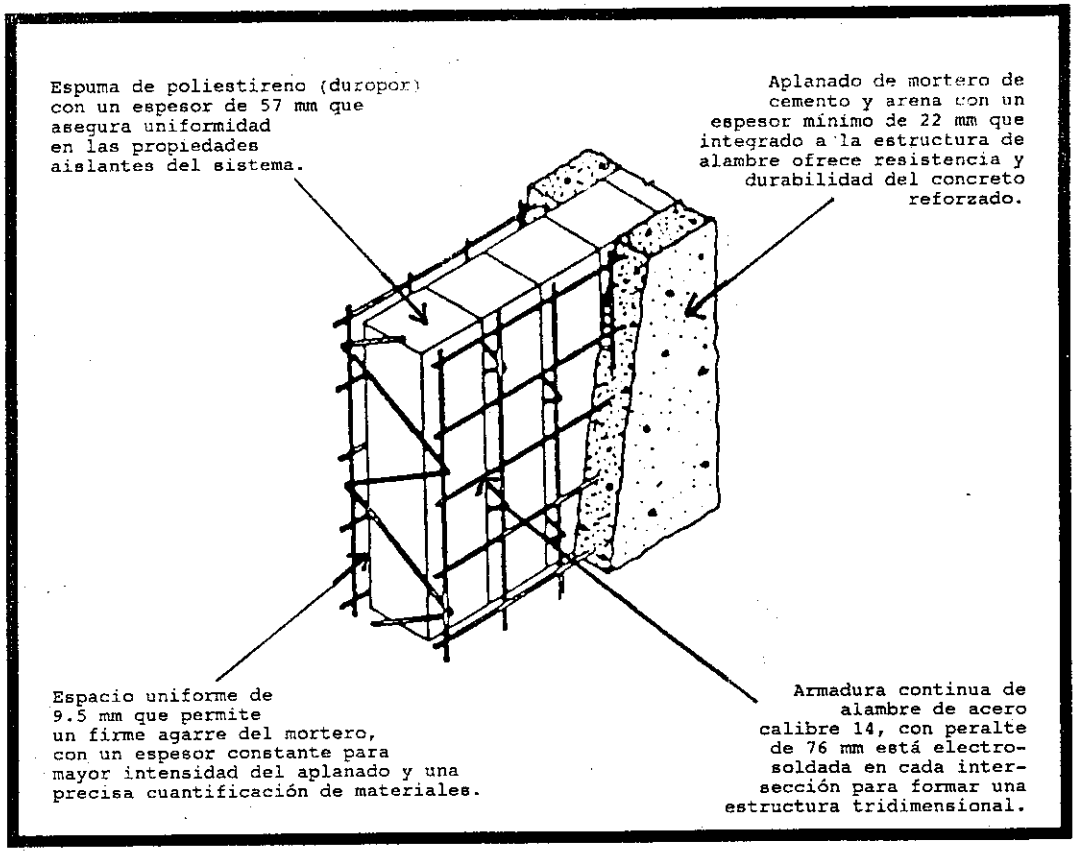
c) reduce los costos de estructura y de mano de obra, así como el tiempo de construcción; y

d) es compatible con estructuras de concreto y estructuras metálicas.

En cuanto a las pruebas de laboratorio, se tiene que panel Covintec cumple con todas las normas y especificaciones del ***ICBO Evaluation Service Inc. (a subsidiary corporation of the International Conference of Building Officials) Reporte No. 3509 y U. Laboratories. Resistencia transmisión de sonido en muros: Biacustical Engineering Corp., Santa Ana, California, EE.UU.*** También, cuenta con la aprobación del Centro de Investigaciones de Ingeniería, CII, de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Gráfica 17

Sistema Covintec



3.1.4.5 Viguetas zap (losa tipo zap)

Las viguetas zap, son estructuras formadas con bloques celulares de barro cocido moldeados al vacío, hierro y mortero en proporción adecuada para lograr una adherencia perfecta y asegurar, con ello, su comportamiento estructural.

Existe una diferencia importante entre el material de relleno de una losa nervurada, y los bloques zap. Consiste en que, las bovedillas no absorben ningún esfuerzo, mientras que los bloques zap sí trabajan para la resistencia del conjunto, contribuyendo a la transmisión y a la absorción de esfuerzos.

Cada bloque zap tiene espacios vacíos o células de aire que mantienen una cámara aislante, contra el calor durante el día, y contra el frío durante la noche.

En la parte inferior y a todo lo largo del bloque tiene una pestaña, de cada lado, que sirve para colocar el refuerzo de acero.

En la parte superior, tiene una ranura en forma de canal, en la cual va colocada una varilla de hierro, para asegurar su comportamiento estructural.

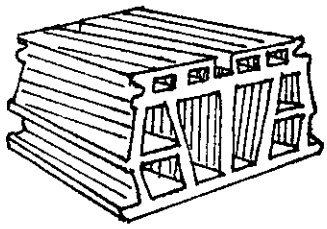
Las dimensiones de estos bloques son: largo, 25 cm; ancho, 25 cm; y, peraltes de 8, 12, 16 y 20 cm.

La superficie de los bloques es rugosa, con el objeto de lograr mejor adherencia con el concreto al momento de fundir la capa de recubrimiento.

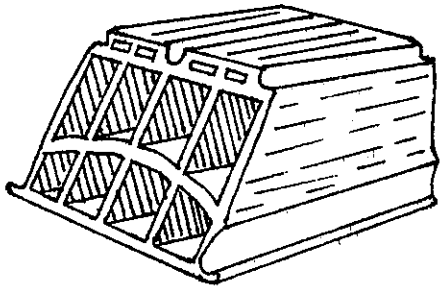
Existen también bloques terminales que van en los extremos de cada vigueta, se fabrican con un corte inclinado a 45 grados para proporcionar una sección mayor a la viga o solera de corona, también soportan el esfuerzo de corte en los apoyos.

Gráfica 18

Bloques zap



Bloque zap



Bloque terminal

La selección del tipo de bloque dependerá de la luz entre los apoyos, y de la carga a que estará sometida la losa. Existe la ventaja de que pueden fabricarse las viguetas necesarias, mientras se procede al levantado de las paredes, ahorrando con ello tiempo de construcción.

En el capítulo de detalles constructivos, se dará a conocer el procedimiento general de fabricación en obra, de las viguetas zap.

3.1.5 Cubiertas

3.1.5.1 Lámina galvanizada acanalada de zinc

Constituye uno de los productos de uso más generalizado entre la población guatemalteca (ver Anexos I y II). Fue incluso, una solución implementada y apoyada por instituciones internacionales en la reconstrucción del país posterremoto del año 1,976, aún en regiones de clima cálido.

La popularidad de esta cubierta se basa en que, es de fácil instalación, su peso es ligero, ofrece buena protección contra la lluvia y que, por ser producto nacional, su precio es accesible para la mayoría de la población.

La lámina de zinc es una plancha de acero, cubierta con una aleación de hierro y zinc; o una capa de plomo, revestida finalmente, con una capa de zinc. Estas características dependen de cada fabricante. En Guatemala, son varias las empresas que las fabrican.

Las cualidades de la lámina pueden resumirse de la siguiente forma: a) es fácil de transportar; b) es fácil de colocar como cubierta; c) es liviana; d) no se quiebra; y, e) es económica. Pero también tiene el inconveniente que: a) en la noche "suda" o "llora"; b) se

calienta mucho durante el día y se "pone como hielo" en la noche (no aisla del calor ni del frío); y, c) se cuida y se pica.

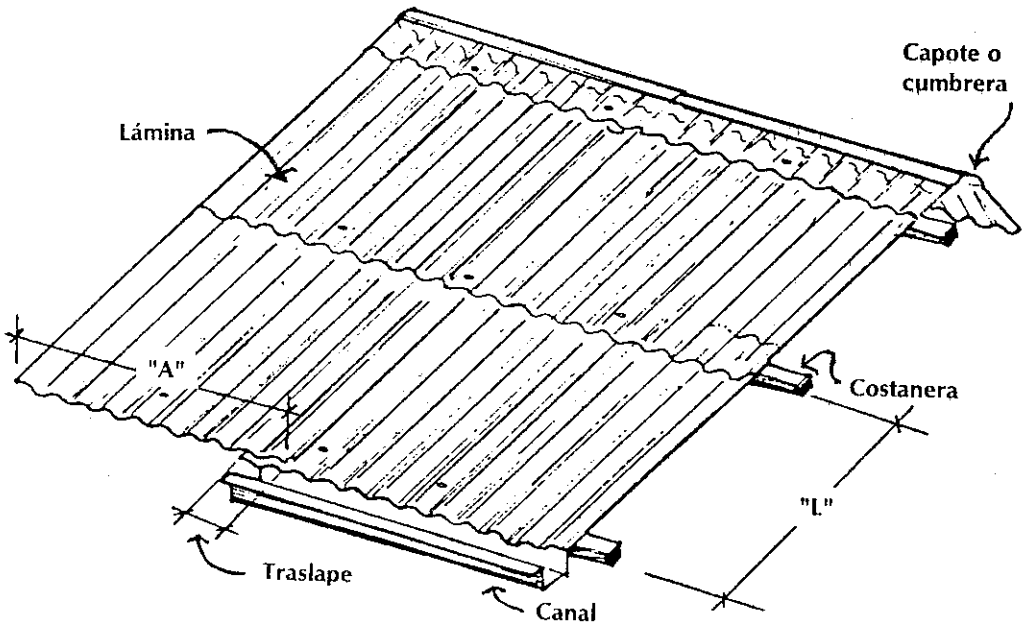
Al utilizar este tipo de cubierta, se hace necesario la implementación de cielo falso, con el fin de mejorar el ambiente en el interior de la vivienda.

Los principales accesorios para la cubierta de lámina son: capote o cumbrera, "clavo de lámina", o bien, perno galvanizado con arandela y tuerca galvanizada.

El traslape transversal debe ser como mínimo de 20 cm y el traslape longitudinal debe ser de onda y media.

Gráfica 19

Lámina galvanizada acanalada de zinc



Cuadro 4

Características generales de la lámina

Largo "L"		Ancho "A"		Peso lb	Sup útil m²	Calibres más comunes					
pies	m	pulg	m			N	22	24	26	28	29
7	2.13	32	0.812	14	1.52	espesor	más gruesa			más delgada	
8	2.44	32	0.812	16	1.74						
10	3.05	32	0.812	20	2.20						
12	3.66	32	0.812	24	2.67						

La pendiente mínima para la lámina de zinc, es del 10%. Pero es recomendable utilizar una pendiente entre el 20 y el 25%.

3.1.5.2 Lámina ondulada de cemento

Esta lámina presenta ventajas sobre la lámina de zinc, al emplearse como cubierta en el techo de una vivienda, debido a que es más durable y es mejor aislante de la temperatura. Se fabrica en dos tipos: Perfil 10 y Perfil 7. Sus componentes son: cemento reforzado con fibras orgánicas naturales mineralizadas.

Pueden resumirse sus cualidades en la forma siguiente: a) tiene poco peso; b) no conserva la humedad; c) no "suda" ni se "llora"; d) se calienta y se enfría muy poco en comparación con la lámina de zinc; y, e) no se oxida.

Debe tomarse en cuenta que requiere de mucho cuidado al transportarla y al momento de su instalación, ya que puede quebrarse o romperse al golpearla.

Esta lámina es de producción nacional, con tecnología suiza. Además, el fabricante cumple con las normas de la ***International Standard Organization, ISO.*** Las especificaciones técnicas son las siguientes:

Color ..... gris claro

Espesor ..... 6.8 mm

Tolerancia en espesores ..... ± 0.3 mm

Contenido normal de humedad ..... 9 a 12%

Densidad ..... 1.115 kg/dm³

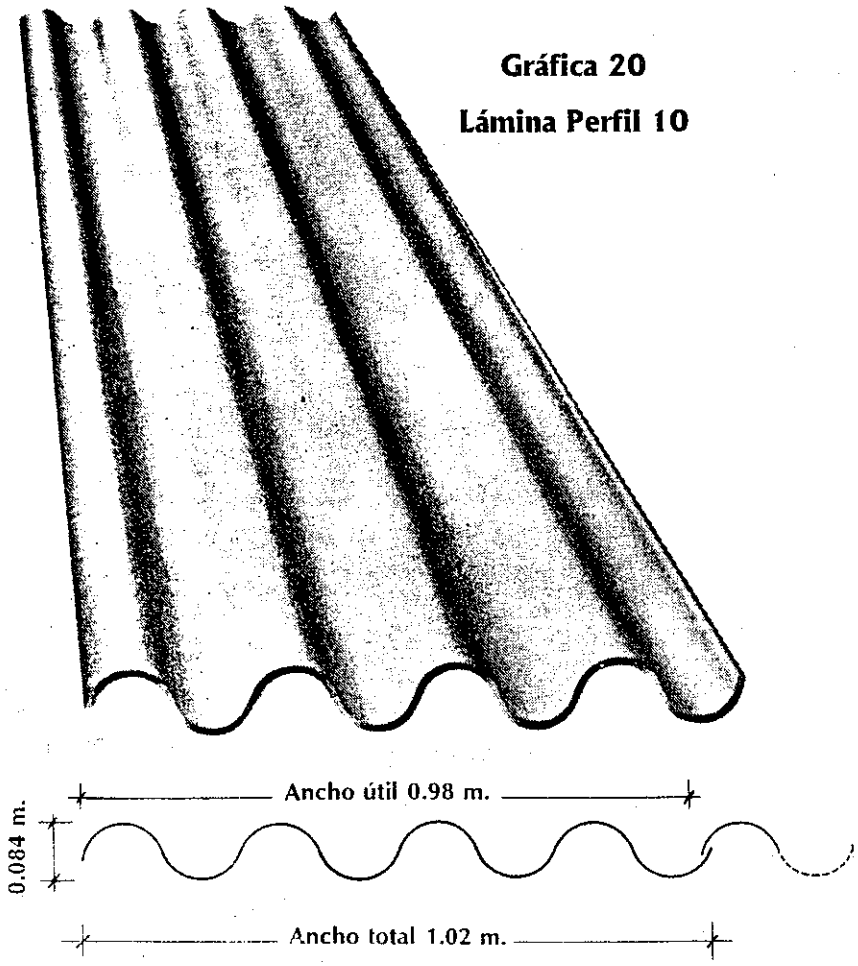
Carga de ruptura con distancia entre apoyos de 1.10 m. ..... > 500 kg

Distancia entre ondas ..... 2,554 mm (10 pulg)

Peso promedio por m² instalado ..... 11.5 kg

Contenido de asbesto cemento 0

La pendiente mínima es del 15%, con traslape transversal mínimo de 20 cm, pero se recomienda utilizar el 27%.



Gráfica 20

Lámina Perfil 10

Cuando se utiliza una pendiente del 35% o más, es necesario utilizar un gancho galvanizado recto por lámina, en la segunda onda baja, adicional a la fijación normal. (Ver detalles constructivos).

Cuadro 5

Dimensiones de lámina Perfil 10

Longitud			Peso	
largo		útil(*) metros	libras	kg
pies	metros			
3	0.91	0.76	21	9.54
4	1.22	1.07	28	12.72
5	1.52	1.37	35	15.90
6	1.83	1.68	42	19.09
8	2.44	2.29	56	25.45
10	3.05	2.90	73	33.18

Cuadro 6

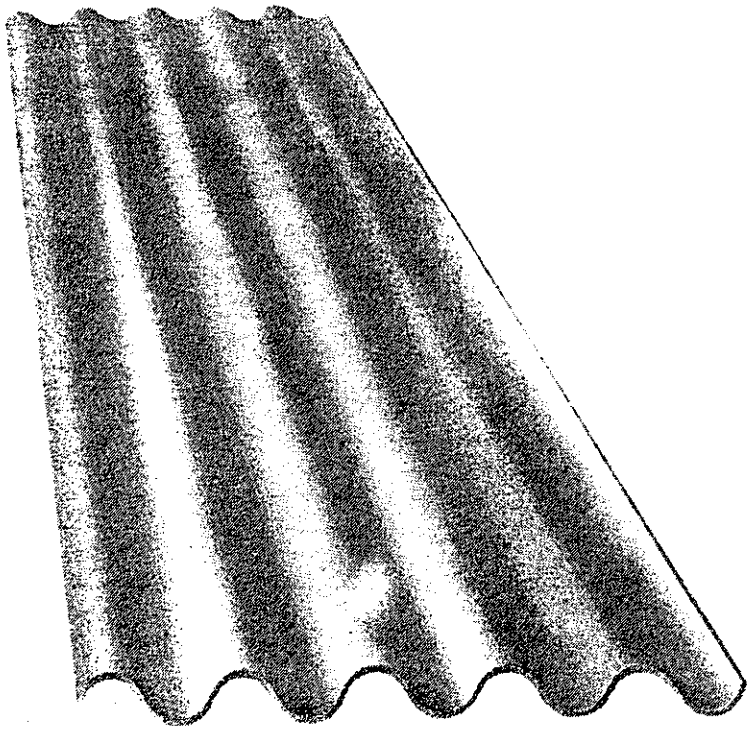
Dimensiones de lámina Perfil 7

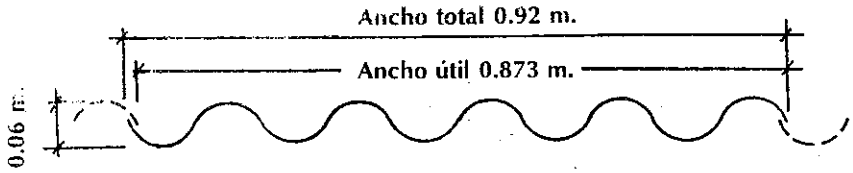
Longitud			Peso	
largo		útil(*) metros	libras	kg
pies	metros			
4	1.22	1.07	25	11.36
8	2.44	2.29	50	22.73

(*) con traslape transversal mínimo de 15 cm.

Gráfica 21

Lámina Perfil 7





Los accesorios necesarios al emplear esta cubierta son: caballete universal, tapón universal, caballete limatón, remate caballete limatón, tornillo de 6 ½ x ¼ pulgadas, tornillo de 5 ½ x ¼ pulgadas. Las herramientas básicas a utilizar son: trépano, martillo, broca 7/16 de pulgada, sierra acero/plata, hilo plástico.

Según el régimen de lluvias, se recomiendan las siguientes pendientes para el techo:

Cuadro 7

Pendientes recomendables

Región del país	Pendiente	Traslape
sin lluvias	15%	0.20 m
con lluvias moderadas	30%	0.15 m
	25%	0.20 m
con lluvias fuertes	35%	0.15 m
	27%	0.20 m

Respecto a la separación de las costaneras, según sea el tamaño de lámina, se tienen:

Cuadro 8

Distancia entre costaneras

Lámina (pies)	Costaneras	
	Cantidad	Separación (m)
4	2	1.07
5	2	1.37
6	2	1.68
8	3	1.42
10	3	1.45

Finalmente cabe agregar que, el traslape longitudinal debe ser de media onda. En cuanto al traslape transversal, se indica en el Cuadro 7.

3.1.5.3 Otros tipos de láminas

Existen en el mercado guatemalteco otros tipos de láminas que ofrecen ventajas adicionales en cuanto a sus componentes, lo que las hace más livianas, fáciles de transportar,

almacenar y montar. Además, pueden ser cortadas a la longitud deseada con el fin de evitar los traslapes transversales.

3.1.5.3.1 Lámina troquelada

Existen dos clases de lámina tipo Perflex: aluzinc calibres 24 y 26, y esmaltada también en calibres 24 y 26. La composición de las láminas aluzinc en ambos calibres es: 55% aluminio, 43% zinc y 1.5% silicio. Las esmaltadas por su parte son esmaltadas al horno en ambas caras y se encuentran disponibles en los colores blanco/blanco y blanco/beige. Las características generales de estas láminas se resumen en el cuadro siguiente:

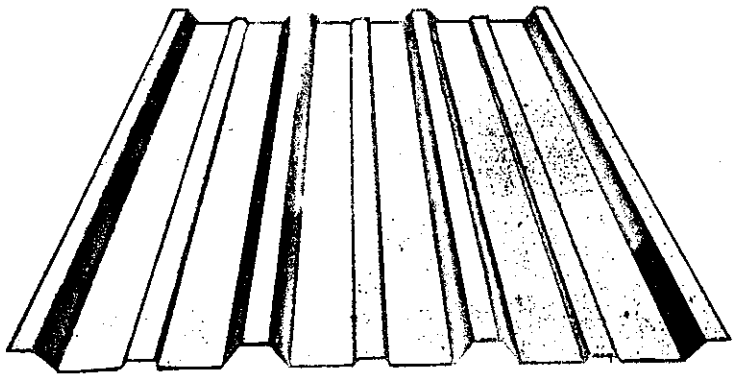
Cuadro 9

Láminas tipo Perflex: aluzinc y esmaltada

Aluzinc						
Calibre	**Ancho total (m)**	**Ancho útil (m)**	**Altura de ondas (mm)**	**Distancia máxima entre apoyos (m)**	**Longitud máxima (m)**	**Peso (kg/m²)**
26	1.07	1.00	41 y 12.5	1.65	14	3.66
24	1.07	1.00	41 y 12.5	1.80	14	4.88
Esmaltada						
26	1.07	1.00	41 y 12.5	1.65	14	3.70
24	1.07	1.00	41 y 12.5	1.80	14	4.93

Gráfica 22

Láminas tipo Pertlex: aluzinc y esmaltada



3.1.5.3.2 Láminas termoacústicas

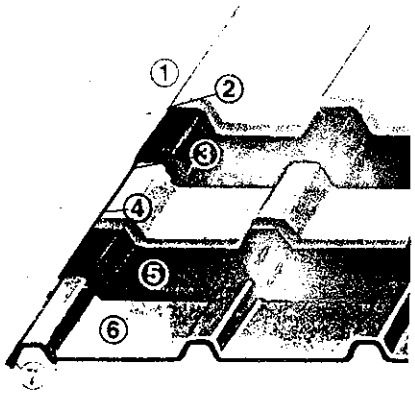
Estas láminas son fabricadas con tecnología italo/holandesa e importadas de Venezuela. Su característica principal es que son láminas climatizadas. Pueden fijarse en cualquier tipo de estructura y su longitud varía según sean las necesidades particulares de cada construcción.

Debido a la combinación de sus componentes: alma de acero, asfalto aislante y anticorrosivo, aluminio gofrado y esmaltes protectores, es que logran rechazar un porcentaje muy elevado de los rayos solares y, por lo tanto, mantienen la adecuada temperatura en el interior del ambiente a techar. A su vez, las dos capas de asfalto sobre el acero y el aluminio garantizan la protección anticorrosiva, así como, el aislamiento acústico.

Existen diferentes tipos de estas láminas entre las cuales se encuentran: Cindutec, Cindurib, Cinduteja, Acerotec y Acerolit. Todas están fabricadas con la misma tecnología y poseen características similares, las cuales se resumen en los cuadros 10 y 11.

Gráfica 27

Lámina termoacústica



COMPONENTES:

1 capa protectora
2 aluminio gofrado
3 asfalto aislante
4 alma de acero
5 asfalto anticorrosivo
6 aluminio gofrado
7 capa protectora

Cuadro 10

Características técnicas láminas termoacústicas

Lámina	# de módulos	# de ondas	Profundidad del módulo (cm)	Ancho del módulo (cm)	Ancho total (cm)	Ancho útil (cm)
Cindutec	5	--	3.4	19.6	87	79
Cindurib	5	--	3.4	19.6	87	79
Cinduteja	--	6.5	2.6	--	94	70
Acerotec	--	9.5	2.2	--	80	70
Acerolit	--	10.5	2.2	--	92	79

NOTA: todas las láminas Cindú poseen los colores, exteriores e interiores, siguientes: blanco, rojo ladrillo, rojo teja, azul pavo, verde ecológico, azul transparente y verde transparente.

Cuadro 11

Características técnicas láminas termoacústicas

Lámina	Volado máximo (cm)	Distancia entre apoyos (m)			Peso por m² (kg)	Pen-diente mínima	Traslape longi-tudinal	Traslape trans-versal (cm)
		de 1 claro	de 2 claros	≥ 3 claros				
Cindutec	30	1.40	1.60	1.70	5.30	10%	1 módulo	10-20
Cindurib	45	1.60	1.80	2.00	6.14	10%	1 módulo	10-20
Cinduteja	35	0.35	0.70	1.05	7.14	14%	1.5 ondas	10-20
Acerotec	25	1.20	1.40	1.50	5.75	10%	1.5 ondas	10-20
Acerolit	30	1.40	1.60	1.70	6.52	10%	1.5 ondas	10-20

3.1.5.4 Tejas

Existen en el medio una serie de tejas que, al utilizarse como cubierta, proporcionan techos decorados y vistosos. Se fabrican de arcilla y cemento. Como se verá más adelante, la teja de cemento es de contextura uniforme, compacta y ligera de peso comparada con la teja de arcilla. Al final de este capítulo, también se presenta otro tipo de teja importada de Estados Unidos de América, como lo es la teja asfáltica.

3.1.5.4.1 Teja de arcilla o artesanal

Comúnmente conocida como teja de barro. Como cubierta es confortable, económica y duradera aunque llega a constituir un techo muy pesado, que requiere una estructura sólida que la soporte. Por esta razón, su uso decreció después del terremoto del año de 1,976 ya que, la mayoría de muertes, -entre otras razones técnicas- fue provocada por techumbres muy pesadas con relación a la resistencia de la paredes. Las tejas de arcilla pueden llegar a pesar hasta 150 lb/m².

Para la fabricación de estas tejas, las arcillas utilizadas deben ser seleccionadas, y tener textura uniforme y ser de poros finos. Asimismo, su superficie debe ser lo más lisa posible para dificultar la adherencia de musgos y, a la vez, facilitar el desagüe de las aguas pluviales.

Para obtener lo anteriormente indicado, es necesario seguir un proceso de manufactura que consiste en una buena trituración, moldeado, secado previo, cocido y, finalmente, la selección de los especímenes; además la pasta para el moldeado debe ser de contextura suave.

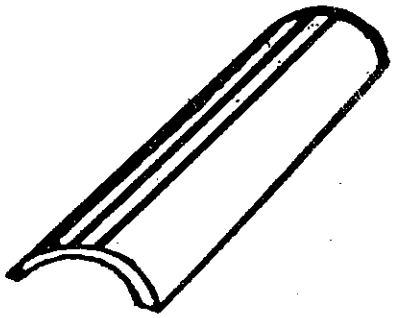
Aunque cada vez menos, las tejas de arcilla aún se fabrican en Chimaltenango, El Progreso y El Quiché, y el peso promedio es de 135 libras por metro cuadrado. Para los efectos de cálculo, pueden considerarse 30 tejas por metro cuadrado.

En cuanto a su forma, la teja de arcilla de uso corriente es la semicilíndrica, conocida como teja española o árabe. Teóricamente, el tamaño de la teja española tiene 40 cm de largo, 18 cm de ancho mayor y 14 cm de ancho menor. En Guatemala el tamaño promedio es de 45 cm de largo, 18 cm de ancho mayor, 14 cm de ancho menor y espesor de 1.3 cm.

La pendiente mínima recomendada para un techo de este tipo es del 30%.

Gráfica 24

Teja de arcilla o artesanal



3.1.5.4.2 Teja Arcitex

Son tejas importadas, estilo americano. Fabricadas con barro cristalizado y se ofrecen como opción ante las tejas artesanales. Sus características son las siguientes:

1. Alta resistencia a la quebradura.
2. Color rojizo que no sufre decoloración por los efectos del Sol.
3. Porcentaje de absorción del 8%.
4. Instalación directa sobre la estructura, sin necesidad de impermeabilizar superficie de apoyo.
5. Acabado liso sin porosidad.
6. Pendiente mínima recomendada: 30%.

Los estilos de teja son: árabe y romana. La primera es utilizada para techado o bien para caballete. La segunda se utiliza únicamente para techado.

En cuanto a sus dimensiones, se tiene lo siguiente:

Arabe:

40 cm de largo.

20 cm de ancho mayor.

16 cm de ancho menor.

Peso por unidad: 5.2 lb.

Unidades por metro lineal de caballete: 3.

Romana:

47 cm de largo.

30 cm de ancho (con aletón).

Peso por unidad: 6.5 lb.

Unidades por metro cuadrado: 10.

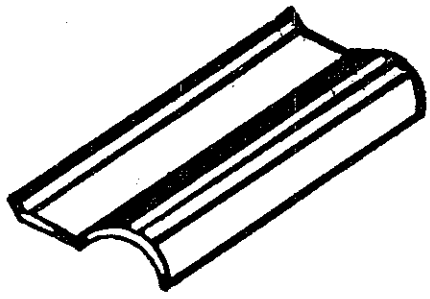
Peso por metro cuadrado: 65 lb.

Las tejas Arcitex pueden ser fijadas sobre estructuras metálicas, de madera y losa de concreto. Por su bajo peso (65 lb/m^2) y su alta resistencia, se puede utilizar como cubierta en estructuras más livianas que las recomendadas para teja de concreto o artesanal.

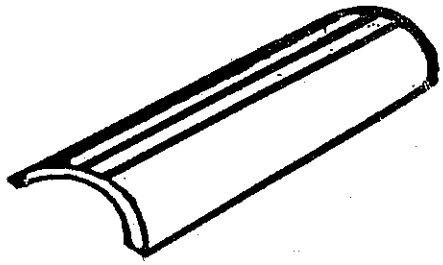
El material de fijación puede ser clavo galvanizado, alambre o tornillo de 1/8 de pulgada. Se instalan un promedio de 20 m^2 diarios con instaladores novatos y 50 m^2 diarios, con instaladores experimentados. Respecto al proceso de fabricación puede decirse que, por medio de un proceso químico al momento de hornear la teja, se logra garantizar que su color natural no sufra decoloración con el tiempo, es decir, su color natural es permanente.

Gráfica 25

Tejas árabe y romana



teja romana



teja árabe

3.1.5.4.3 Tejas TMC

Producto elaborado, con tecnología innovativa de tejas livianas de microconcreto, por PRODESSA, (Proyecto de Desarrollo Santiago) e introducido a Guatemala por el grupo Sofonías de Suiza. La tecnología se basa en los trabajos de transferencia y mejoramiento de la tecnología de TMC, (Techos de Microconcreto) realizado por el CECAT (Centro de Estudios de Construcción y Arquitectura Tropical).

Son diseñadas especialmente para climas tropical y templado, tienen una excelente presentación y han sido probadas hasta en huracanes. Aseguran techos de alta calidad, tanto para viviendas de todo tipo, como para edificaciones en general.

Por ser material liviano se logran cubiertas ligeras, económicas, estéticas, impermeables e instalación práctica.

Con las tejas de microconcreto pueden construirse techos de una o más aguas. Las pendientes permisibles son del 30 al 40%.

Este tipo de tejas se adapta fácilmente a todo tipo de estructuras, incluso a estructuras rústicas (varas, cañas, etc.) de más uso en el área rural.

Actualmente se fabrican tejas tipo romana, y tejas para caballete que son utilizadas para rematar los cambios de pendientes en los techos. El caballete se coloca sobre las tejas tipo romana con mortero.

Las características generales de las tejas TMC son las siguientes:

Tipo romana:

Largo	50 cm
Ancho	25 cm
Espesor	8 mm
Peso por unidad	5 lb
Cantidad por m^2	12.5 tejas
Distancia máxima entre apoyos	1.20 m
Pendiente del techo	30 - 40%

Teja para caballete:

Largo	50 cm
Ancho	25 cm

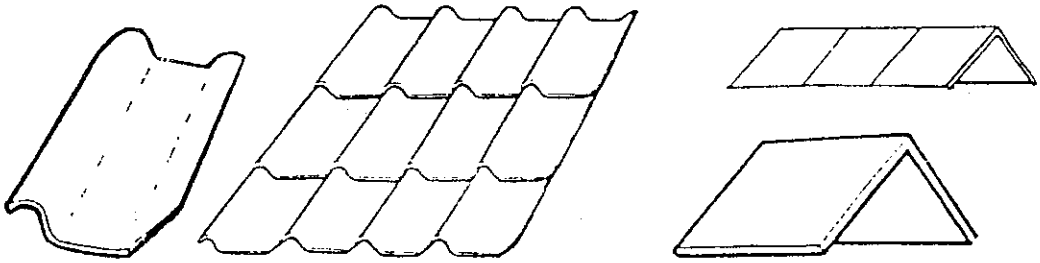
Espesor ..... 8 mm

Cantidad por metro ..... 2 tejas

Peso de una teja ..... 2.6 kg

Gráfica 26

Tejas TMC



teja tipo romana

teja para caballete

3.1.5.4.4 Tropiteja

Teja fabricada con microconcreto, tiene la facultad de atenuar el ruido que provoca la lluvia, tienen larga vida, son vistosas, soportan vientos fuertes y también mantienen un ambiente agradable en el interior de la vivienda.

Este tipo de teja tiene un espesor de 8 mm lo que las hace muy livianas. Tiene un ancho total de 25 cm y un largo de 50 cm. Doce tejas cubren un metro cuadrado, incluyendo los traslapes. Es de fácil instalación y es producto nacional. Sus especificaciones técnicas son las siguientes:

Material ..... concreto

Largo ..... 50 cm

Ancho ..... 25 cm

Espesor ..... 8 mm

Peso por metro cuadrado ..... 55 lb

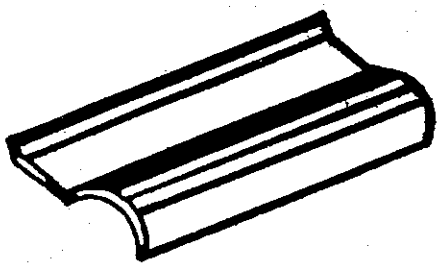
Peso por cada unidad . . . . . 4.4 lb

Pendientes mínima/máxima . . . . . 37% - 50%

Componentes de mezcla . . . . . cemento y arena lavada

Gráfica 27

Teja de cemento Tropiteja



Tipo romana

3.1.5.4.5 Cifateja

También fabricada de cemento, en los estilos: veneciana y alemana. Es extruida a presión dándole con ello más resistencia. Su superficie es impermeable y no crea musgo. También es de fácil y rápida instalación.

Las especificaciones técnicas de estas tejas son las siguientes:

Material . . . . . concreto

Largo . . . . . 42 cm

Ancho . . . . . 32 cm

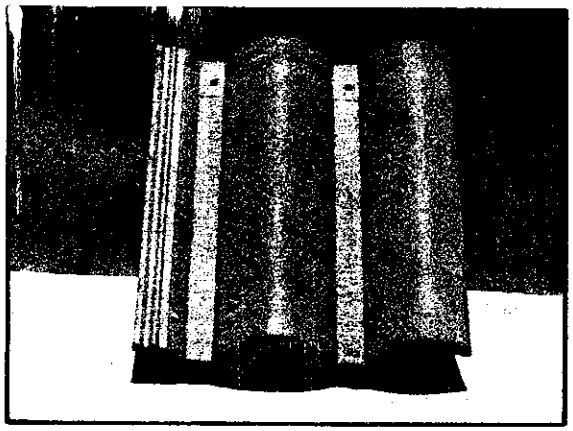
Peso por unidad . . . . . 4.5 kg

Unidades por metro cuadrado 10

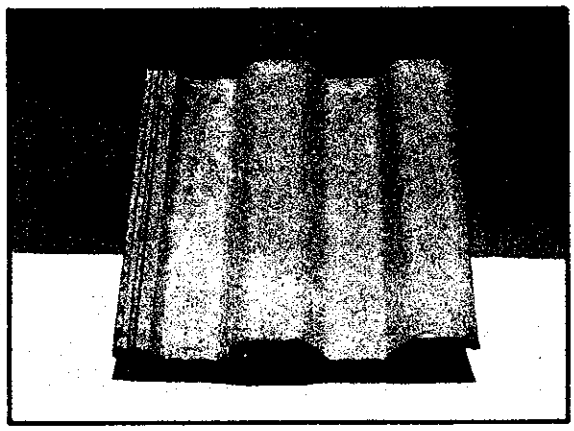
Peso por metro cuadrado . . . . . 100 lb

Gráfica 28

Tejas de cemento Cifateja



Veneciana



Alemana

3.1.5.4.6 Teja asfáltica (shingles)

Las tejas asfálticas *Georgia-Pacific* tipo *Tough-Glass,* son productos importados; diseñados en Estados Unidos de Norteamérica. Se fabrican sobre la base de asfalto, con alma de fibra de vidrio y con recubrimiento de partículas cerámicas firmemente adheridas, que le dan su color característico y su textura.

Para su instalación, se clavan sobre una cubierta entablada previamente, con un rendimiento promedio de 50 m^2 por hombre/día. Una interesante variable en estas tejas, es que las cumbreras se fabrican con la misma teja, logrando con ello, un máximo de uniformidad, estética y óptima terminación.

Las características técnicas son las siguientes:

Material . . . . . asfalto, fibra de vidrio y partículas cerámicas.

Dimensiones . . . . . 91 x 31 cm

Peso por metro cuadrado . . . . . 22 libras

Cantidad por metro cuadrado útil . . . . . 8.7 unidades

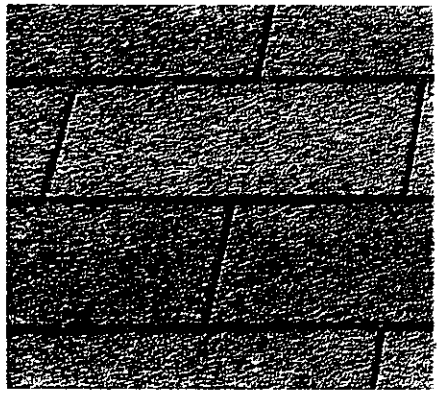
Resistencia al fuego . . . . . Class "A" Fire Rating de U.S.A.

Pendiente recomendada 33%

Las tejas deben colocarse sobre una superficie o plataforma lo más lisa posible; esta plataforma de base, debe construirse de madera seca, sin capas. Puede utilizarse plywood apropiado para exteriores, o bien, fibrolit de 11 mm como mínimo, acondicionados apropiadamente, para luego continuar con el procedimiento de instalación de las tejas asfálticas.

Gráfica 29

Teja asfática (shingles)



Tipo Tough-Glass

Capítulo 4

Detalles constructivos

En este capítulo se presentan los detalles constructivos de las opciones de techos para vivienda, que se describen de la forma siguiente:

Techos de concreto:

Opción 1: losa plana maciza(tradicional).
Opción 2: losa prefabricada nervurada.
Opción 3: losa prefabricada Freyssinet.
Opción 4: losa prefabricada Spancrete.
Opción 5: losa paneles Covintec.
Opción 6: losa tipo zap.

Techos de lámina.

Opción 1: estructura de madera y lámina Perfil 10.
Opción 2: estructura de metal y lámina de zinc.
Opción 3: estructura de metal y lámina tipo Perflex.
Opción 4: estructura de metal y lámina Cindutec.

Techos de teja:

Opción 1: estructura de madera y teja de arcilla (artesanal).
Opción 2: estructura de madera y teja Arcitex.
Opción 3: estructura de madera y teja de cemento TMC.
Opción 4: estructura de madera y teja de cemento Tropiteja.
Opción 5: estructura de madera y teja de cemento Cifateja.
Opción 6: estructura de madera y teja asfáltica tipo Tough-Glass.

Como se puede observar, son en total 16 opciones posibles para solventar la necesidad de un techo para vivienda. Ante estas opciones, se tomará la alternativa conveniente de acuerdo a las propias posibilidades económicas y sociales de los habitantes.

Los detalles constructivos se presentan en forma escrita y gráfica, con el objeto de darle más claridad y comprensión a los mismos.

4.1 Losa plana maciza (losa tradicional)

La construcción de este tipo de techo es laboriosa y complicada, por lo que debe hacerse con mucho cuidado para evitar accidentes motivados por los defectos de construcción. Debe seguirse un método constructivo, que permita la configuración de la estructura a efecto de que responda a las condiciones para las cuales ha sido diseñada.

Entre los materiales más importantes requeridos para este tipo de techo están: cemento de tipo normal o de resistencia rápida, arena de río, grava, varilla corrugada de 3/8 de pulgada y alambre de amarre # 18. En cuanto a la obra falsa o formaleta se utiliza: tabla de 1.0" de espesor o tabloncillo de 1.5" de espesor, vigas de madera de 3" x 4", parales de madera de 3" x 4" y clavos de 2 ó 2 1/2".

El procedimiento de construcción es el siguiente: a) entarimado (obra falsa); b) armado de la parrilla de refuerzo; c) fundición y curado del concreto; y, d) desencofrado.

4.1.1 Entarimado

La función principal del entarimado o formaleta es soportar el peso del concreto reforzado, en sus fases de fundición y fraguado. Para ello, es necesario el uso de parales de soporte alineados en ambos sentidos y separados de 0.60 a 1.00 m máximo, según sea el espesor de la tabla utilizada como tarima. La sección de los parales es de 3" x 4", van sujetados en la parte superior por las vigas o tendales de 3" x 4" que se colocan alineados perpendicularmente al sentido en que irán las tablas.

Como apoyo de la obra falsa están las cuñas, polines y breisas, de los cuales debe examinarse cuidadosamente la firmeza de su colocación. El clavado de unión entre tablas y tendales, debe supervisarse adecuadamente, observando que las uniones a tope, entre las diferentes tablas, queden elaboradas alternadamente y colocadas sobre los tendales.

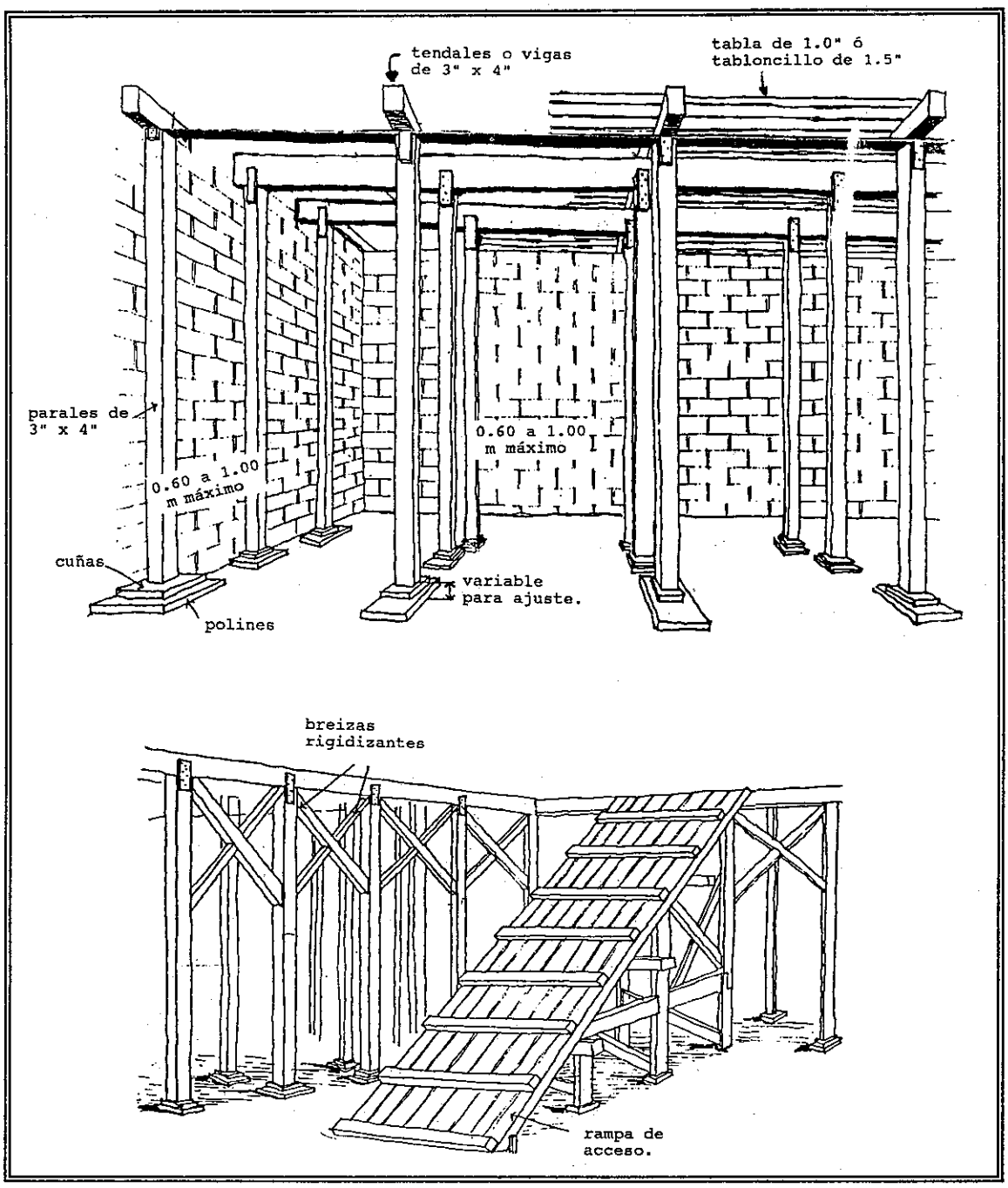
También es recomendable construir una rampa que facilita el acceso hacia la zona de trabajo y que, a la vez, da mayor seguridad que la utilización de una escalera. Finalmente, debe comprobarse que la formaleta en general se ajusta a lo especificado en los planos en cuanto a: forma, líneas y niveles.

El procedimiento para el entarimado puede resumirse de la forma siguiente:

a) colocar los parales de 3" x 4" sobre la base que serán los polines y cuñas, tomando en cuenta la altura final de la losa, descontándole también, el espesor de las vigas y de las tablas del entarimado. Es conveniente utilizar la plomada para verificar la verticalidad de los parales;
b) al mismo tiempo, se irán colocando y clavando, los tendales de 3" x 4" que, a la vez, servirán para el sostenimiento de los parales, luego clavar las breizas en los parales, las cuales le dan mayor rigidez a la plataforma;
c) colocar y clavar las tablas que quedarán en contacto con el concreto; pueden ser tablas de 1.0 o 1.5" de espesor, por 12" de ancho y de longitud variable que depende de la luz del ambiente; y finalmente, rectificar los niveles de la formaleta.

Gráfica 30

Entarimado para losa plana maciza



Fuente: Amando Vides Tobar. **Enseñanza práctica en la construcción de vivienda.** Editorial Piedra Santa, 1,976, págs. 289 y 290.

4.1.2 Armado de la parrilla de refuerzo

Como se señaló en el capítulo anterior, el sistema de armado de un techo de este tipo se compone de: rieles, tensiones, bastones y refuerzo por temperatura. La distribución, longitudes y dobleces que requieren estos elementos, se especifican en los planos de construcción de cada obra en particular, y se dan tomando en cuenta las zonas donde los esfuerzos se ven incrementados. Sin embargo, los detalles constructivos pueden resumirse de la forma siguiente:

a) con la colocación de los rieles se comienza el armado, haciendo la parrilla de hierros perpendiculares, teniendo cuidado que los rieles que van en el sentido corto de la losa, deben ir debajo de los que van en el sentido largo;

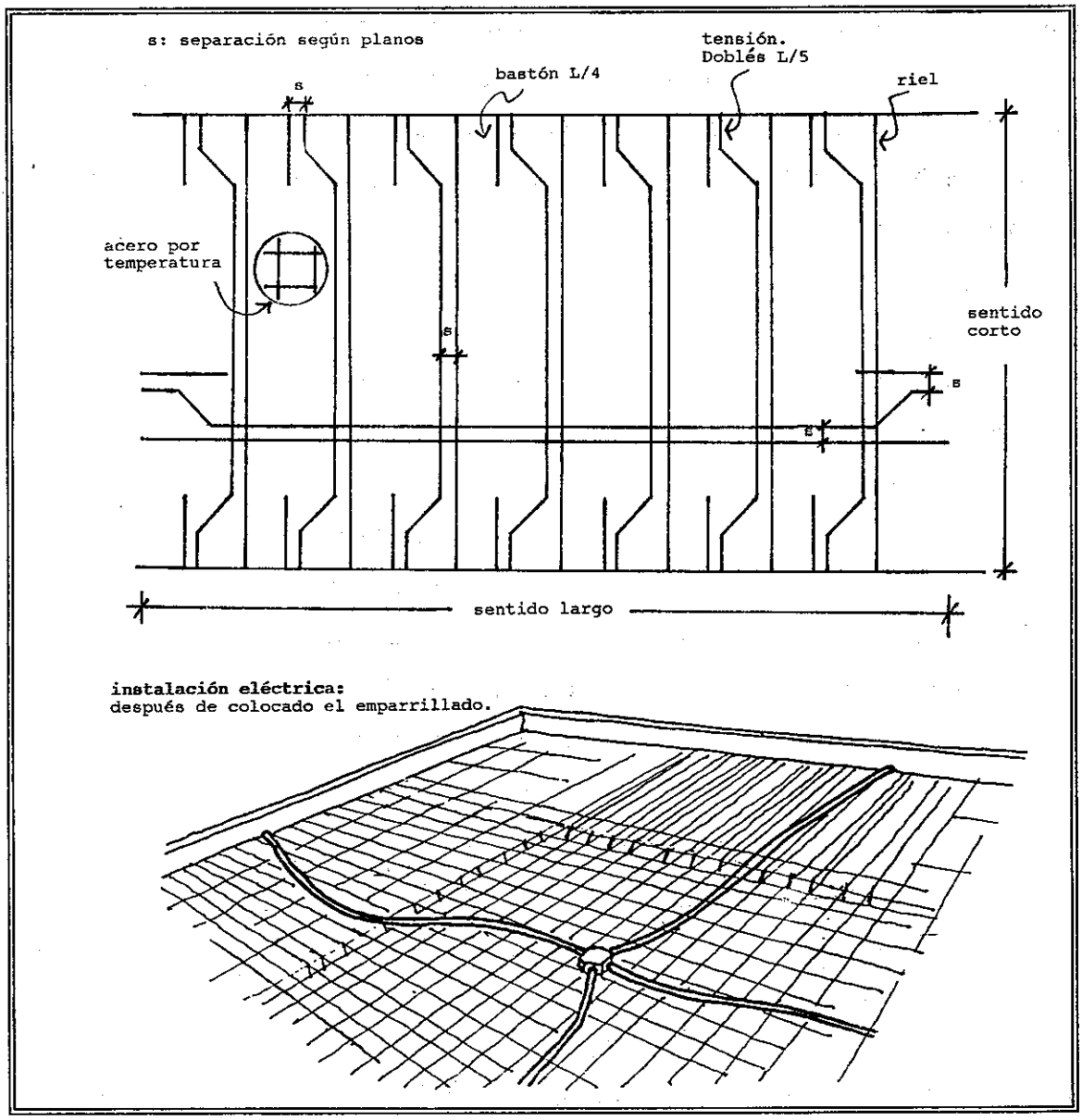
b) luego las tensiones, o refuerzo crítico, deben quedar a las medidas correctas. Los puntos de cambio de tensión deberán estar localizados, a menos que los planos estipulen lo contrario, a 1/5 de la luz libre de la losa. Cuando se trata de una losa en voladizo (marquesinas, aleros de techo, etc.) la tensión deberá siempre hacerse correr por encima, dando rigidez al extremo libre mediante una pequeña costilla;

c) a continuación se colocan los bastones en la parte superior de la losa, y se doblan a 1/4 de la luz. Cuando es una losa de varios tramos, debe colocarse bastones de refuerzo que proporcionarán continuidad a la losa y cuya longitud y espaciamiento vienen marcados en los planos respectivos; y

d) finalmente, el acero por temperatura, cuya separación no puede ser mayor que tres veces el espesor calculado de la losa. Después que se ha tendido el hierro de refuerzo, debe colocarse la tubería de instalación eléctrica, según lo indicado en los planos de la obra.

Gráfica 31

Armado de la parrilla de refuerzo



4.1.3 Fundición y curado del concreto

Las precauciones que deben tomarse en cuenta respecto a la fundición de la losa son las siguientes:

a) tener presente que los agregados deben reunir las especificaciones de diseño para lograr un concreto de calidad, por ejemplo, el tamaño máximo del agregado no debe ser de más de 1/3 del peralte de la losa, y que la proporción de agua debe limitarse de 25 a 30 litros por saco de cemento y debe ser agua potable, libre de sustancias perjudiciales que reduzcan la resistencia del concreto;

b) para evitar la segregación de los materiales que conforman al concreto, se recomienda vaciarlo lo más cerca posible de su punto de colocación final y evitar, en lo posible, la caída libre;

c) cuando en la fundición se emplean carretillas, se debe fundir siempre en contra de la dirección de llenado;

d) es necesario la vibración o compactación de la fundición cubriendo uniformemente toda la superficie. La compactación puede hacerse a mano o bien mecánicamente, garantizando con ello, la resistencia y durabilidad de la estructura. Cuando es a mano (puyado) se recomienda emplear varillas con diámetros no menores de 1/2", tomándose de preferencia de 5/8"; el extremo de compactación deberá redondearse a modo de dejarlo en forma de bala de fusil. Para el caso de la compactación mecánica, debe tenerse cuidado en no abusar del tiempo de permanencia de vibración en un punto determinado; haciéndolo dentro de los límites de 5 a 15 segundos según la situación del concreto;

e) la introducción del vibrador debe hacerse en forma perpendicular a la superficie, observando que penetre en toda la profundidad de la capa vibrada.

Finalmente se tiene que es importante un adecuado endurecimiento, resistencia, impermeabilidad y durabilidad del concreto. Es por esta razón que se aconseja mantener húmedas las superficies de las estructuras recién fundidas, para evitar evaporaciones bruscas de su contenido de agua, por efectos de la temperatura ambiente, provocando efectos indeseables como agrietamientos, pérdida de resistencia, etc. Esto es el "curado del concreto".

En las losas, cuya superficie se encuentra expuesta, se suele levantar una o dos hiladas de ladrillo en todo su perímetro, procediendo luego a llenar de agua el tanquecito formado. Cuando se trate de losas inclinadas (techos coloniales) se puede colocar una capa de arena de río de unos 3 ó 4 cm de espesor, cuidando de mantenerla húmeda durante el tiempo que dure el curado.

El curado debe principiarse en cuanto el fraguado del concreto lo permita. Oscilando su tiempo entre las dos a cuatro horas, según la consistencia del concreto.

El tiempo de duración del curado es variable según la importancia de la estructura pero, para el presente caso, un tiempo prudencial para poder retirar la formaleta es de 15 a 20 días posteriores a la fundición, con el objeto que la estructura alcance las condiciones para las que ha sido diseñada.

4.1.4 Desencofrado (quitar la formaleta)

La formaleta podrá quitarse cuando el concreto haya adquirido suficiente solidez para soportar su peso propio y las cargas a que estará sujeto. Dentro de los detalles generales se tienen los siguientes:

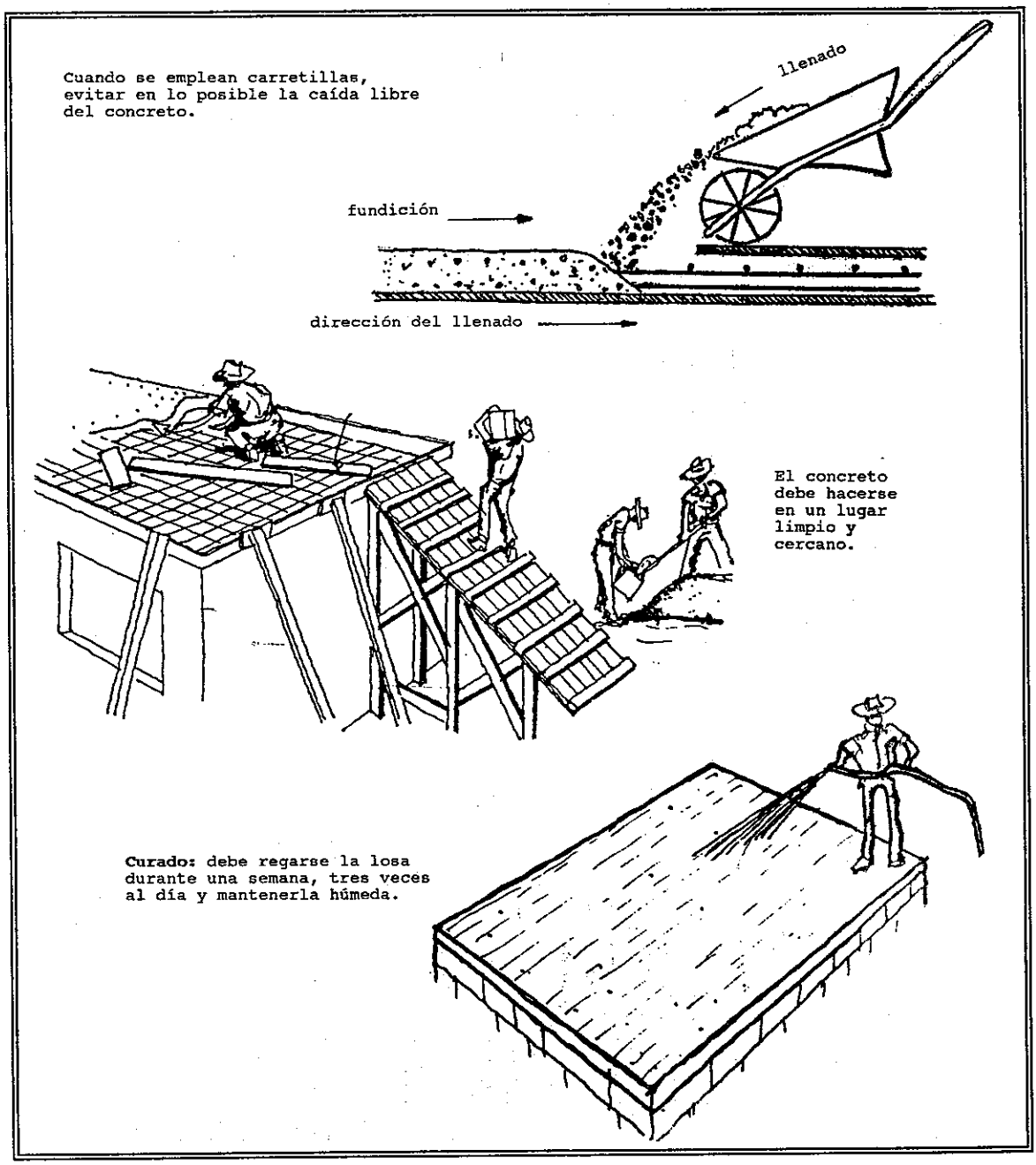
a) debe observarse cuidadosamente que el retiro de los moldes se ejecute sin dañar las superficies del concreto o sus aristas;

b) los apoyos de la obra falsa (cuñas, polines, breisas, etc.) deberán de removerse cuidadosamente de tal forma que la estructura tome su esfuerzo de manera lenta, uniforme y gradual;

c) cuando el concreto empleado contiene aditivos acelerantes, el desencofrado puede realizarse en la mitad del tiempo usado para un concreto normal.

Gráfica 32

Fundición y curado del concreto



4.2 Losa prefabricada nervurada

Esta losa es un sistema compuesto por la vigueta prefabricada y los bloques aligerantes que permiten la construcción rápida de losas sumamente livianas, con óptimas

cualidades de resistencia y aislamiento. La colocación de ductos para la conducción eléctrica es muy simple, así como la obra falsa o formaleta se reduce considerablemente.

Este método innovador ha industrializado la construcción, mediante la sustitución de trabajos realizados en obra, por métodos de producción en fábrica.

Los detalles constructivos pueden reducirse a lo siguiente:

a) se hace necesario verificar que los muros estén bien levantados; de la solera de corona o viga de soporte deben armarse primero las dos varillas de abajo, después empalmar las puntas del refuerzo de las viguetas en el armado de la solera o viga y por último terminar el armado de las otras dos varillas;

b) como apoyo provisional se utilizan solamente tendales de 3" x 4" espaciados a un máximo de 1.50 m y parales de 3" x 4" o telescópicos de metal, espaciados a un máximo de 1.50 m. A nivel de solera final irán los tendales alrededor del área a techar. En algunos casos, es recomendable la colocación de durmientes para evitar el hundimiento de los parales;

c) una vez colocado el apoyo provisional, se procede a modular las viguetas de acuerdo al plano de instalación proporcionado por el fabricante;

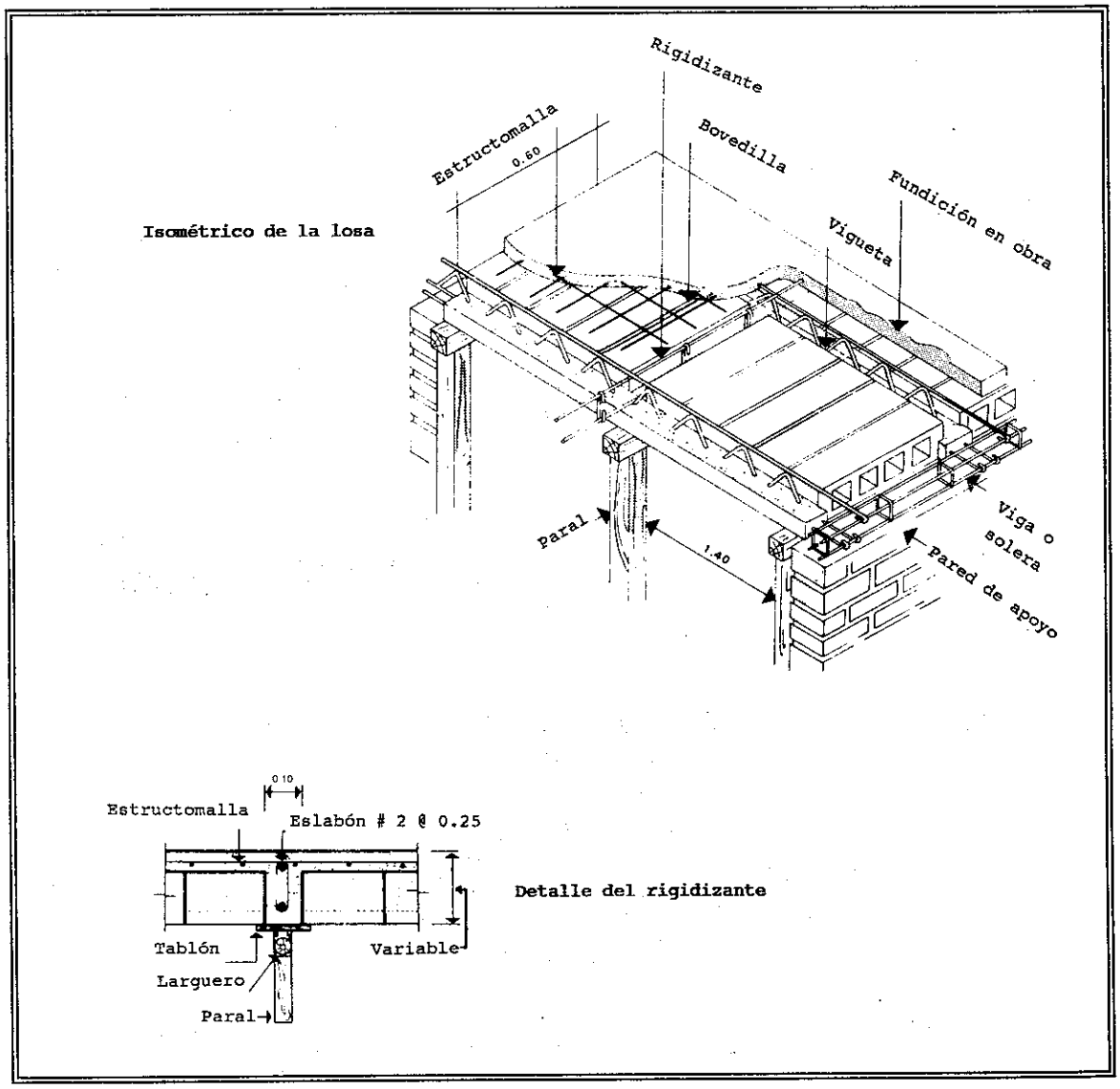
d) para la modulación se utiliza una bovedilla como separador en cada extremo de las viguetas. Luego de colocadas las viguetas, se llena el área a techar con el resto de bovedillas, dejando un espacio de 10 cm para el armado de los rigidizantes que están indicados en el plano de instalación;

e) una vez colocadas las viguetas y bovedillas, se coloca la estructomalla sobre toda el área a techar. Desde luego que la estructomalla lleva alzas debajo para el recubrimiento del concreto. En cuanto a los bastones, éstos se distribuyen de acuerdo

a los planos. Enseguida se procede a la fundición de 5 cm de concreto de recubrimiento, como parte del mismo sistema de losa, con el fin de evitar filtraciones y/o agrietamientos. Para la fundición y curado del concreto, deben seguirse los mismos lineamientos y procedimientos dados en los numerales 4.1.3 y 4.1.4.

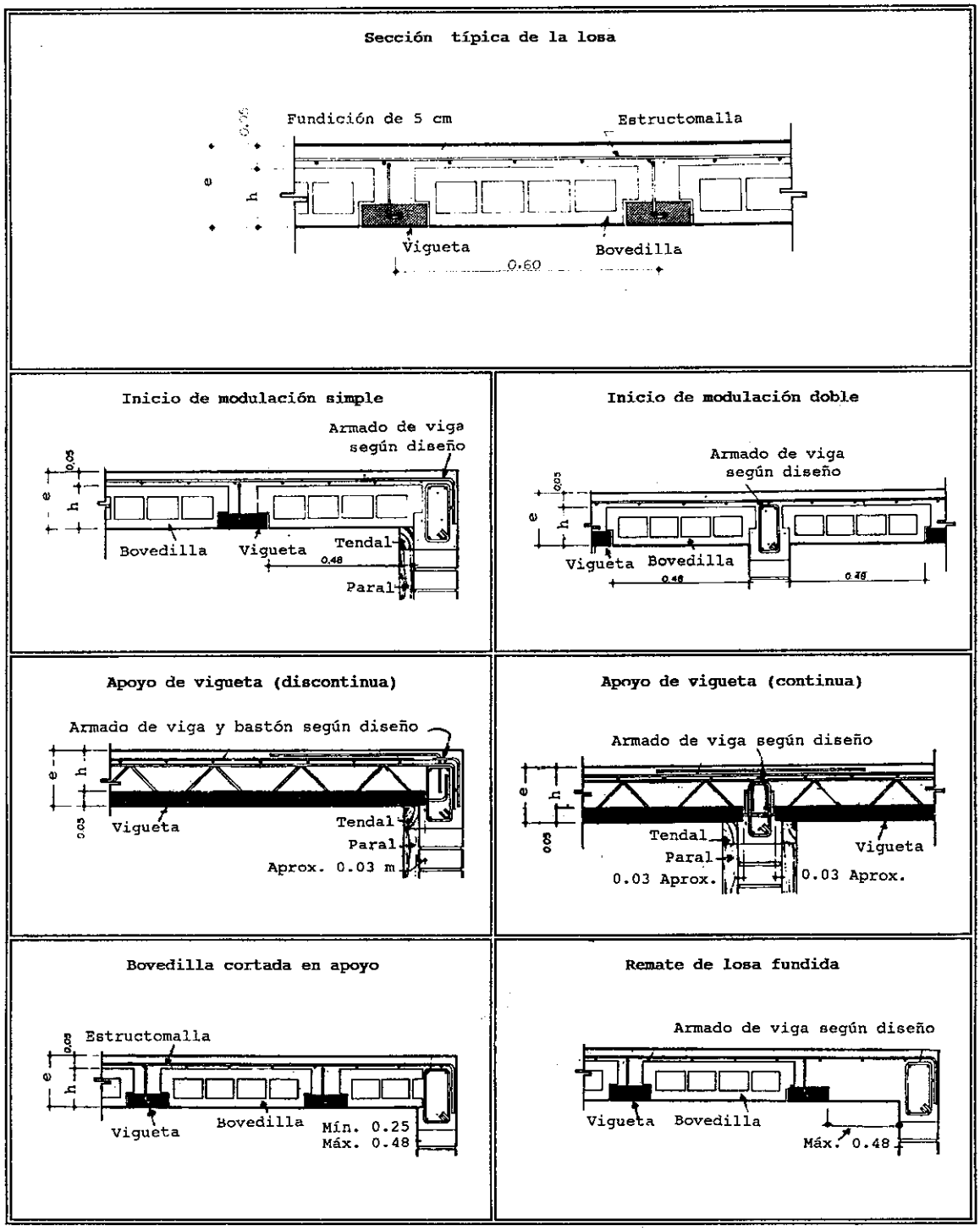
Gráfica 33

Losa prefabricada nervurada



Gráfica 33

Losa prefabricada nervurada



Fuente: elaboración propia del autor sobre la información proporcionada por Monolit, S. A.

4.3 Losa prefabricada Freyssinet

El sistema Freyssinet es una variante de las losas nervuradas. La variante consiste en el proceso de fabricación de la vigueta que, como ya se vio en el capítulo anterior, consiste en un proceso de pretensado.

Este sistema se compone de: viguetas pretensadas, block de relleno, refuerzo por temperatura y fundición del recubrimiento estructural de concreto de 5 cm de espesor como mínimo, ofreciendo con ello amplia capacidad de carga y luces a cubrir.

El procedimiento o método constructivo puede resumirse en lo siguiente:

a) cuando las luces a cubrir sean menores de 4.0 m, las viguetas no llevarán apoyo provisional (parales y tendales), solamente estarán apoyadas en los muros;

b) cuando las luces estén comprendidas entre 4.0 y 7.0 m, las viguetas llevarán apoyo provisional únicamente al centro;

c) el block de relleno es diseñado por el fabricante, de tal forma, que se sobrepone en las viguetas sin necesidad de algún material aglutinante;

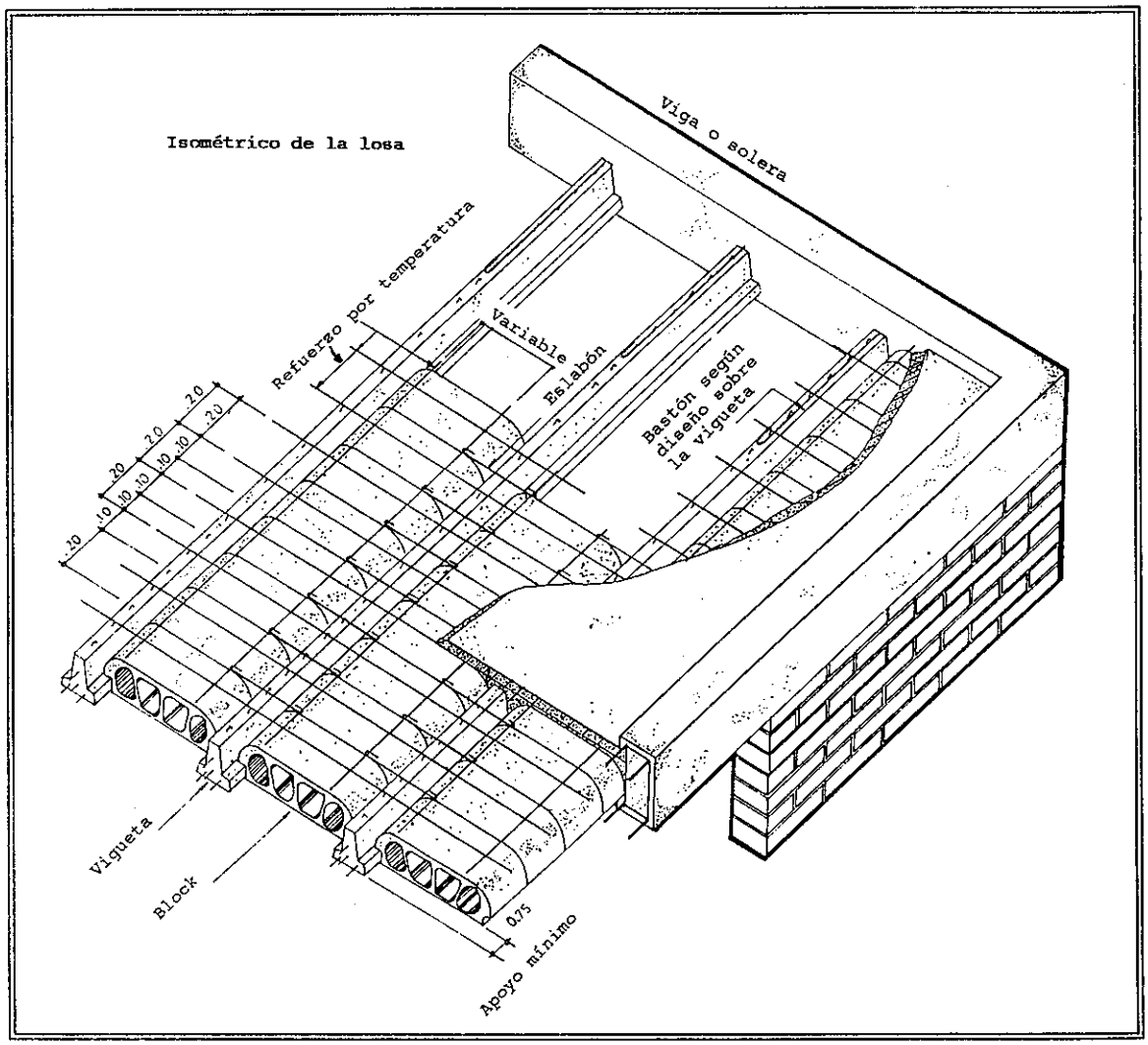
d) el refuerzo por temperatura consiste en una parrilla con varilla # 2 de 20 x 40 cm. El lado de 20 cm debe ser perpendicular a la dirección de las viguetas;

e) se colocarán también eslabones de adherencia de hierro estructural de 1/4" y separados 20 cm como mínimo; y

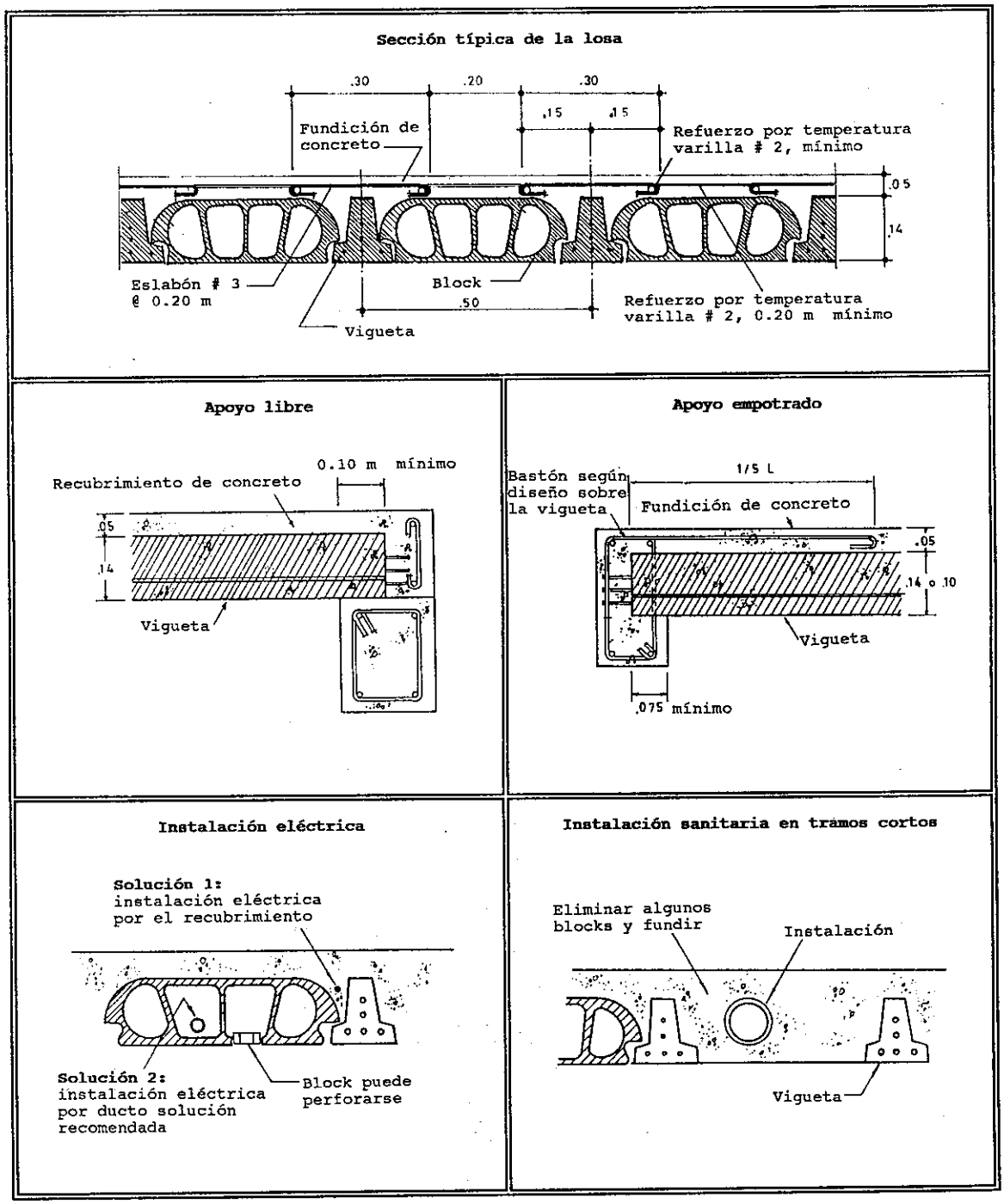
f) la fundición y curado del recubrimiento de concreto de 5 cm debe observar los mismos procedimientos y recomendaciones que una losa tradicional. (Ver numerales 4.1.3 y 4.1.4).

Gráfica 34

Losa prefabricada Freyssinet



Gráfica 34
Losa prefabricada Freyssinet



Fuente: elaboración propia del autor sobre la información proporcionada por COPRECA, S.A. PREFABRICADOS.

4.4 Losa prefabricada Spancrete

Esta losa es un sistema basado en planchas prefabricadas de concreto preesforzado. Sus características ya fueron explicadas en el capítulo anterior.

Los detalles constructivos pueden resumirse, en términos generales, de la forma siguiente:

a) la colocación de las planchas es simplemente apoyada sobre vigas o soleras de corona, las cuales deben estar niveladas y limpias;

b) el refuerzo por temperatura se tiende sobre el conjunto de planchas que cubren la luz del ambiente a techar y puede ser malla electrosoldada, de acero de alta resistencia de 6 x 6 o hierro # 2 @ 25 cm;

c) luego el recubrimiento de fundición de concreto de 5 cm el cual debe ser acabado perfectamente y con estricto control en el curado del mismo. Al respecto, ver procedimientos y recomendaciones dadas en los numerales 4.1.3 y 4.1.4;

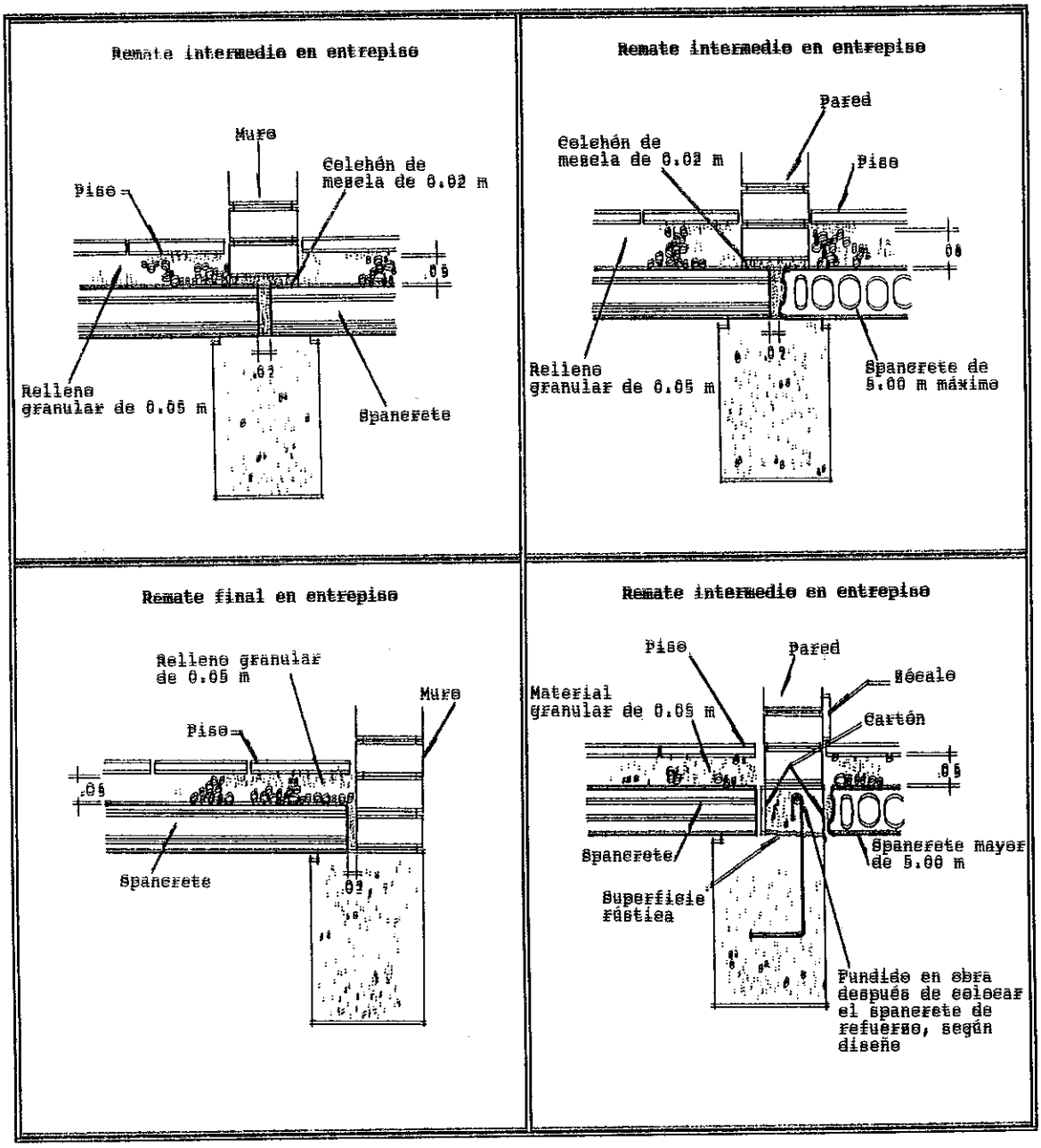
d) momentos antes de colocar el concreto se debe aplicar a las planchas, una lechada de cemento (agua y cemento) y es recomendable aplicar una proporción de 1 saco de cemento por 10 o 12 galones de agua potable; y

e) las instalaciones eléctricas y mecánicas pueden utilizar los ductos de cada plancha, según sea el caso.

Este sistema de losa no necesita de apoyo provisional ya que las planchas quedan sostenidas únicamente por los muros de carga.

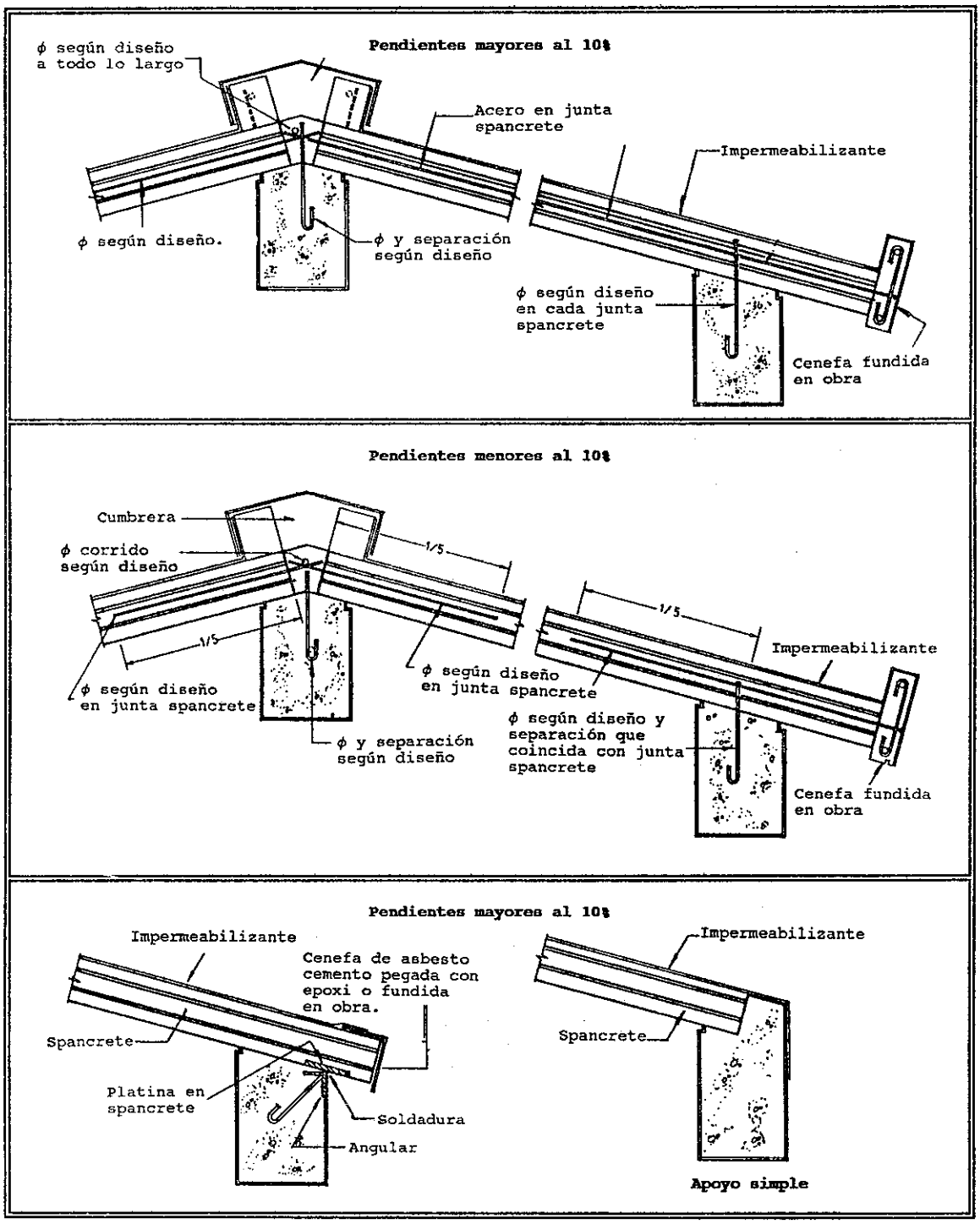
Gráfica 35

Losa prefabricada Spancrete



Gráfica 35

Losa prefabricada Spancrete techos inclinados



Fuente: elaboración propia del autor sobre la información proporcionada por COPRECA, S.A. PREFABRICADOS.

4.5 Losa prefabricada Covintec

a) El sistema constructivo Covintec es sobre la base de paneles estructurales de 3" x 4' x 8' con armadura longitudinal de alambre calibre # 14 y alma de poliestireno (duropor) expandido con apariencia reticular por ambas caras. (Ver numeral 3.1.4.4, pág. 52);

b) la unión de los paneles para losa, se hace por medio de fabrimalla plana de 2.44 m de largo x 20 cm de ancho, engrapada o amarrada al panel con alambre recocido. Ver gráfica en página siguiente;

c) las instalaciones eléctricas y mecánicas se colocan fácilmente, eliminando poliestireno según sea requerido;

d) el aplanado con sabieta o mortero en proporción 3:1, es parte integral del sistema, el cual con un curado adecuado se traduce en resistencia estructural;

e) de acuerdo al diseño o proyecto, los paneles se pueden cortar y colocar en la forma ideal requerida;

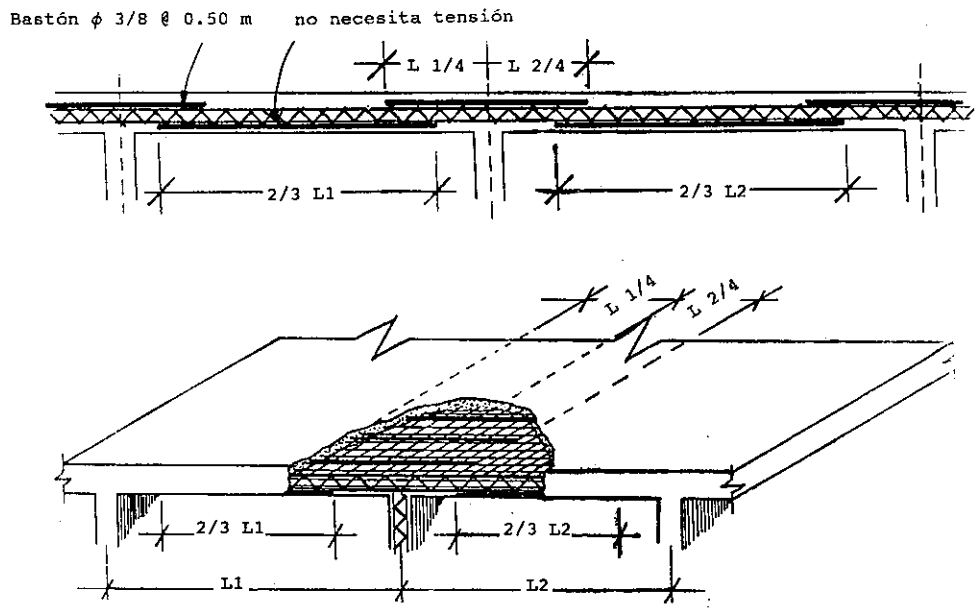
f) la losa con este sistema, también lleva un recubrimiento de concreto de 5 cm de espesor, y refuerzo por temperatura con varilla # 2 @ 25 cm. En cuanto a la fundición y curado, deben seguirse los mismos procedimientos de los numerales 4.1.3 y 4.1.4;

g) como apoyo provisional llevará tendales de 3" x 4" perpendiculares a la colocación de los paneles y parales de 3" x 4" separados a cada metro. Ver gráfica siguiente:

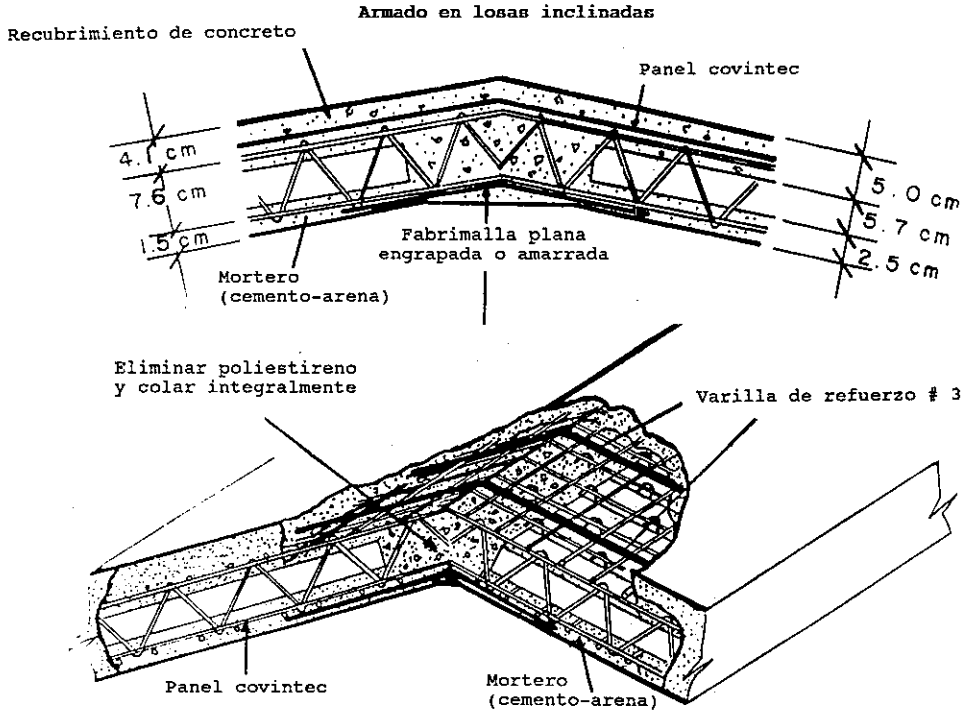
Gráfica 36

Losa prefabricada Covintec

Armado en losas continuas



Armado en losas inclinadas

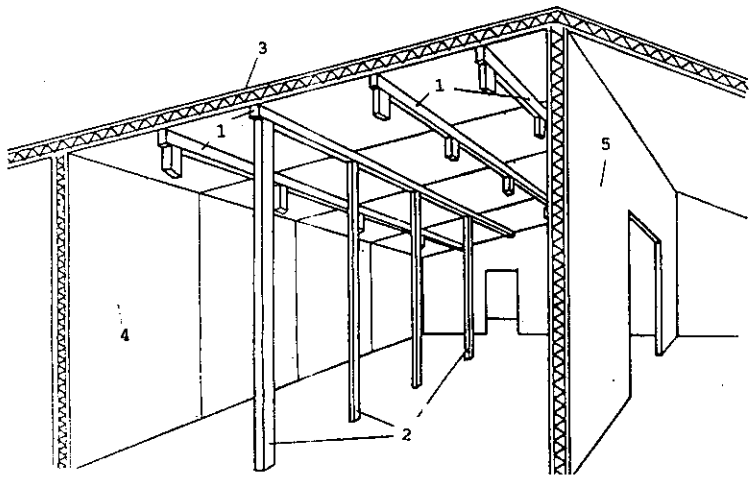


Gráfica 36

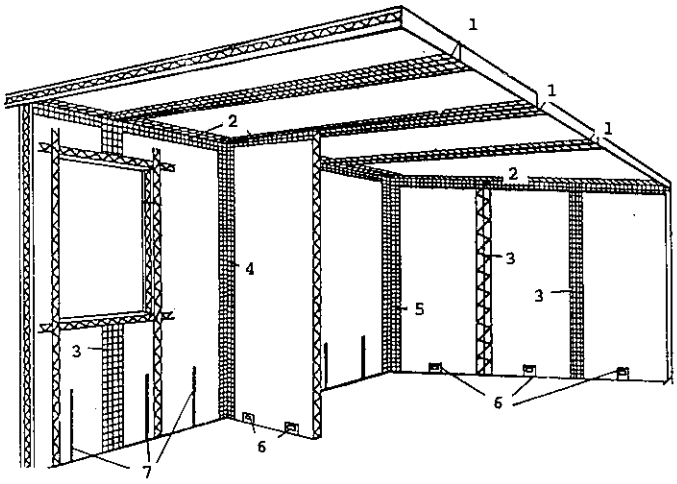
Losa prefabricada Covintec

Apoyo provisional, muros y losa

1. Tendales o vigas de 3" x 4".
2. Parales de 3" x 4" @ 1.0 m.
3. Losa de azotea.
4. Muro exterior.
5. Muro interior.



Instalación general de accesorios covintec



1. Unión de paneles en losa.
2. Unión de losa con muro interior y exterior.
3. Unión de paneles en muros.
4. Unión de muro exterior con muro interior.
5. Unión de muros en esquinas.
6. Recibidores de cortante de lámina galvanizada.
7. Recibidores de cortante con acero de refuerzo # 3.

Todas las uniones se hacen con fabrimalla plana de 2 x 2-14/14 de 2.44 m de largo x 20 cm de ancho.

Fuente: elaboración propia del autor sobre la información proporcionada por Covintec S.A. de Guatemala.

4.6 Losa tipo zap

Como ya se anotó en el capítulo anterior, esta losa está constituida por: bloques celulares de barro cocido reforzados con acero (formando las viguetas), refuerzo por temperatura y recubrimiento de 5 cm de concreto. Las viguetas se fabrican en obra, lo cual no es demasiado complicado y puede hacerse mientras se termina el levantado de las paredes. El procedimiento de fabricación puede resumirse así:

a) debe seleccionarse el tipo de ladrillo a utilizar en las viguetas, de acuerdo a la luz de los ambientes y a la carga que deberán de soportar. (Ver Anexos V y VI);

b) luego en una fracción de terreno que esté a nivel, se prepara una cama de arena de río que tenga una contraflecha de 3 mm por metro lineal de la longitud de la vigueta;

c) se humedecen completamente los ladrillos para evitar que resulten fracturas posteriores en las viguetas. Luego se van uniendo los ladrillos, unos a continuación de otros, por una capa muy delgada de mortero de cemento y arena en proporción 1:3; en los canales correspondientes se colocan los hierros seleccionados, de acuerdo a la tabla de cálculos, con mortero en proporción 1:2, aplicándole a los hierros un pequeño movimiento longitudinal y de rotación con el objeto de garantizar una adherencia perfecta entre el hierro y el mortero;

d) sobre la primera vigueta recién terminada, se coloca una capa delgada de arena seca y sobre ésta se principiará la fabricación de la segunda vigueta y así sucesivamente, hasta la altura que determine la facilidad de trabajo del obrero fabricante;

e) terminadas las viguetas se procede al curado del mortero que se logra manteniéndolo húmedo durante 5 días. Después de 7 días se les podrá maniobrar para su colocación una tras otra en la luz a techar;

f) respecto al apoyo provisional, es aconsejable apoyar las viguetas al centro y en los extremos de su luz con tendales de 3" x 4" y parales también de 3" x 4", durante la fundición y curado de la losa;

g) las instalaciones eléctricas y mecánicas descansarán sobre las viguetas, dándoles la dirección requerida. Cuando sea necesario, puede perforarse el ladrillo desde arriba hasta abajo, y deberá limitarse al tamaño necesario;

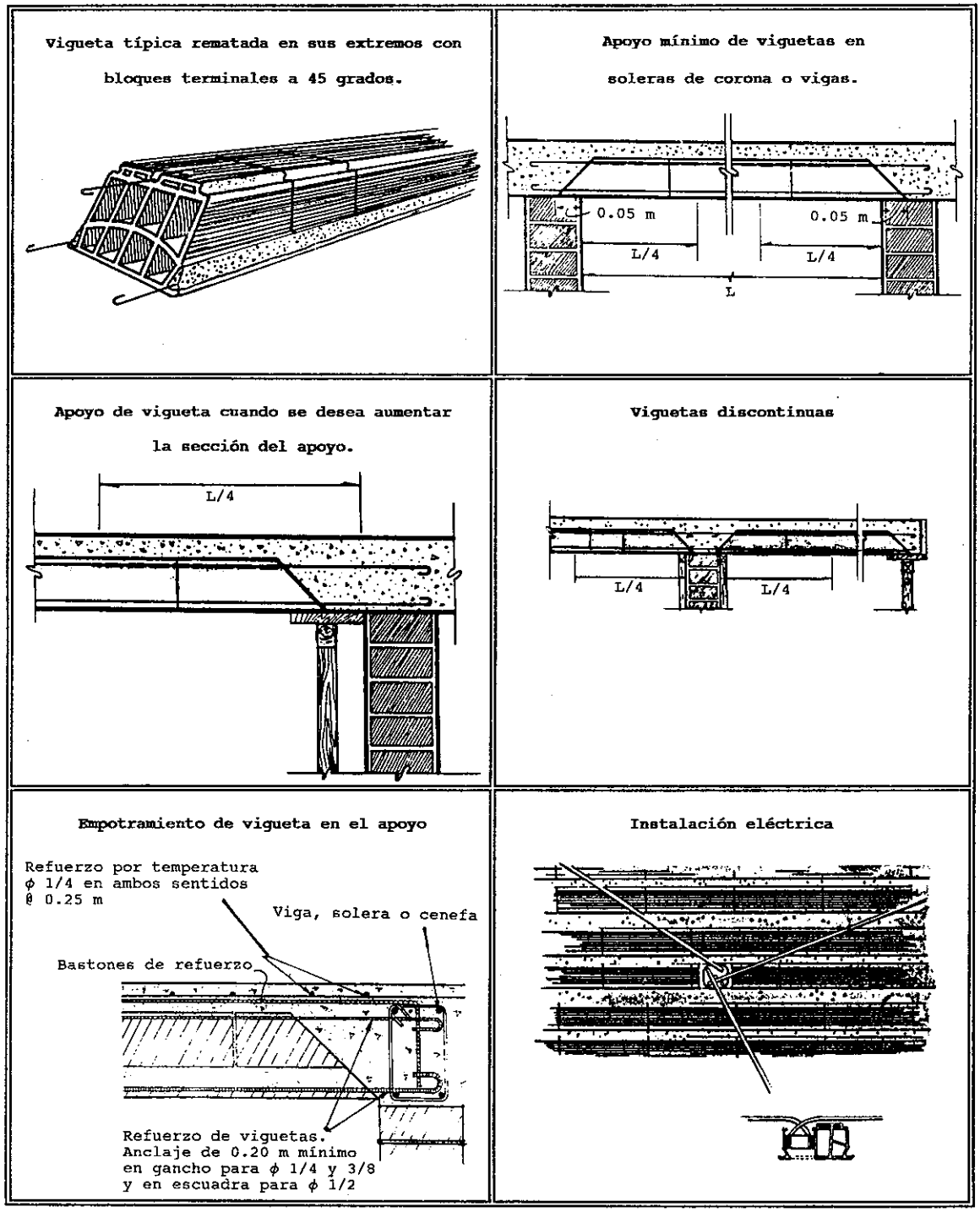
h) luego se instala la parrilla de refuerzo por temperatura que se formará con varillas # 2 @ 25 cm en ambos sentidos;

i) para contrarrestar el momento negativo en los apoyos, se colocará sobre cada vigueta, un bastón con varilla # 3, desde el amarre en la viga o solera de corona hasta 1/4 de la luz;

j) finalmente la fundición y curado del recubrimiento de 5 cm de concreto para lo cual se siguen los lineamientos y recomendaciones dados en los numerales 4.1.3 y 4.1.4.

Gráfica 37

Losa tipo zap



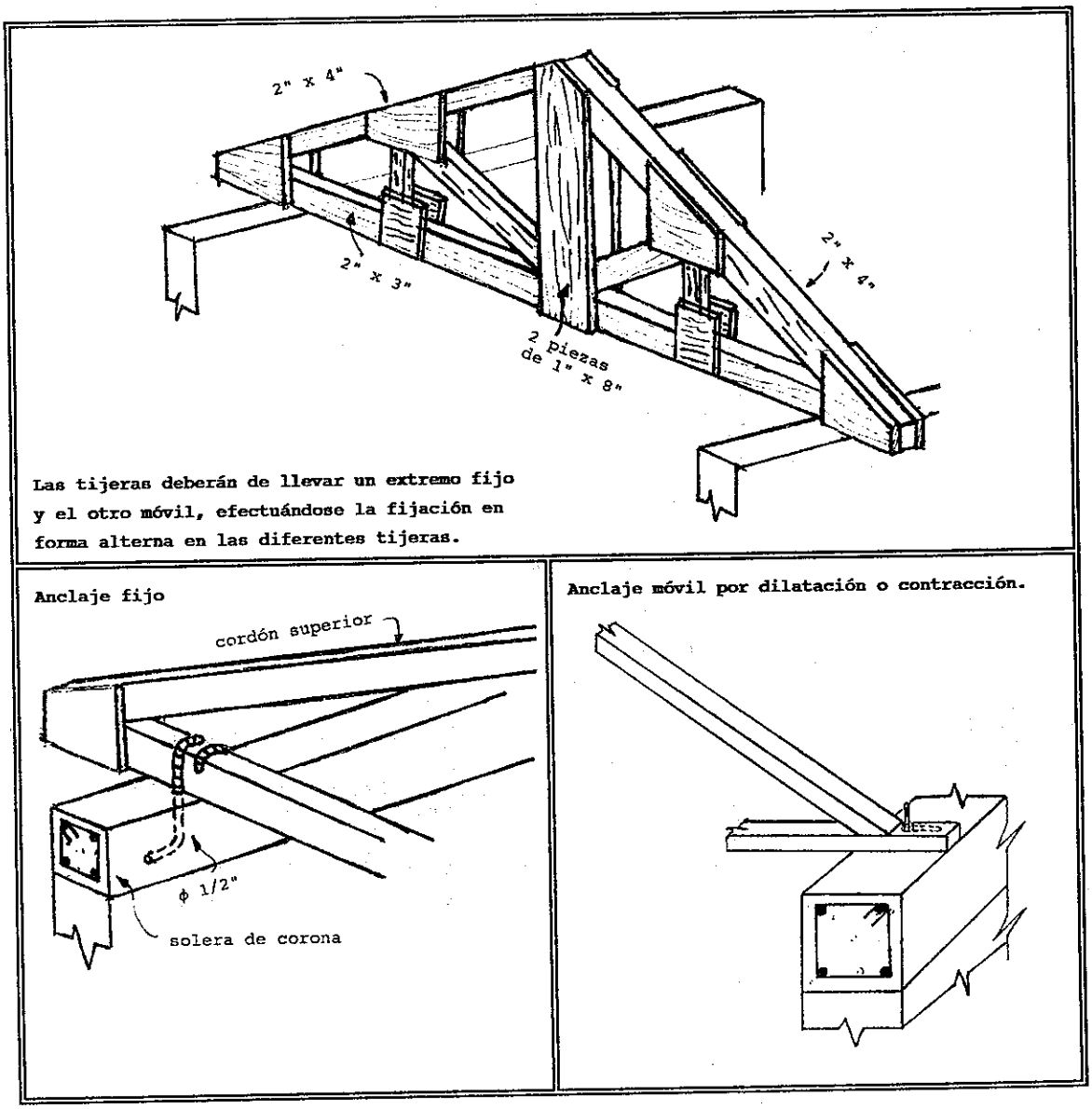
Fuente: elaboración propia del autor sobre la información proporcionada por INMACO Cía. Ltda.

4.7 Estructura de madera y lámina Perfil 10

La armadura es una configuración estructural generalmente soportada sólo en sus extremos. Se conforma de elementos rectos arreglados y conectados uno al otro en forma triangular, para soportar los esfuerzos a que será sometida.

Gráfica 38

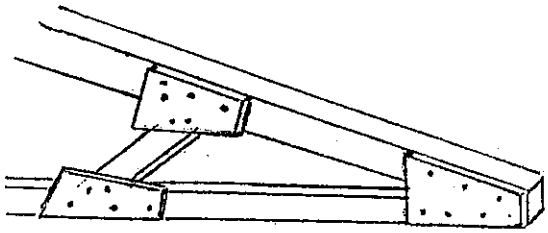
Armadura y lámina Perfil 10



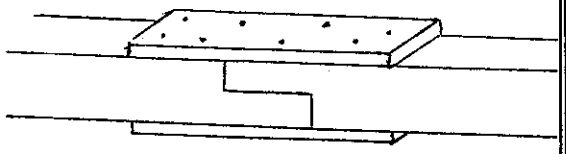
Gráfica 38

Armadura y lámina Perfil 10

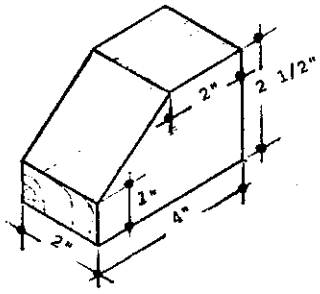
Las uniones de las tijeras deberán hacerse de preferencia con cubrejuntas laterales o cachetes.



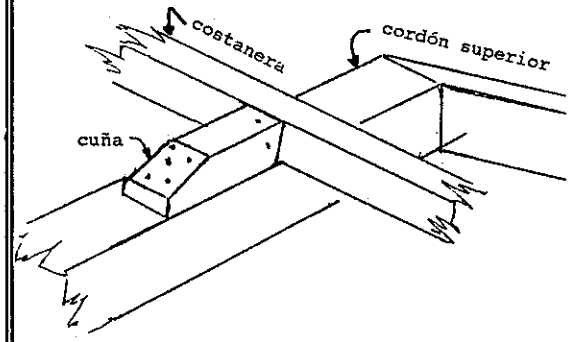
Los empalmes, ya sea de las piezas de la armadura como de las costaneras, no deberán nunca de hacerse a la mitad de la luz y deberán asegurarse sólidamente.



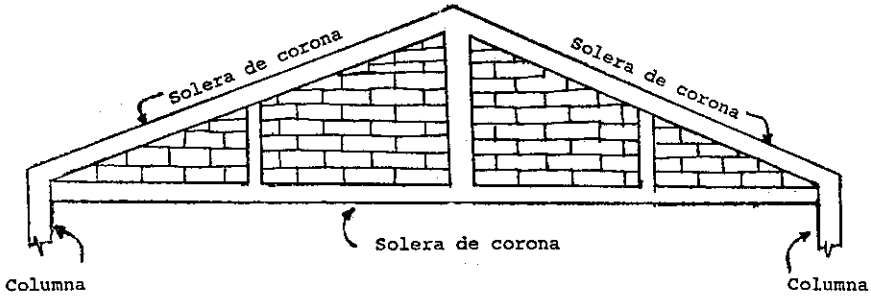
Cuñas para apoyo de costaneras. Unidas firmemente tanto al cordón superior de la armadura como a la costanera. Puede utilizarse clavos de 3".



Las costaneras deben apoyarse firmemente tanto en las cuñas como en el cordón superior de la armadura. Puede utilizarse clavos de 3".

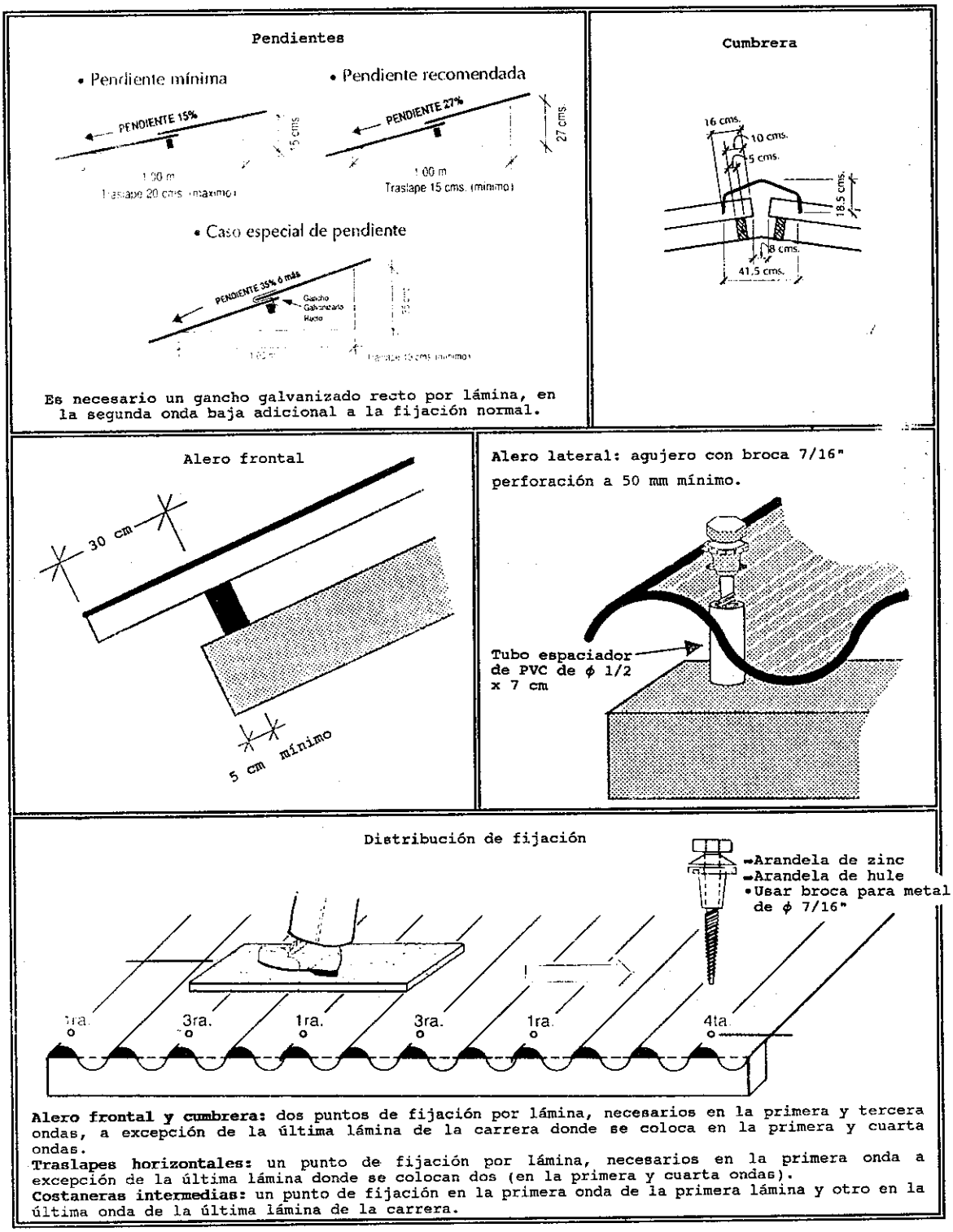


Detalle del mojinete.



Gráfica 38

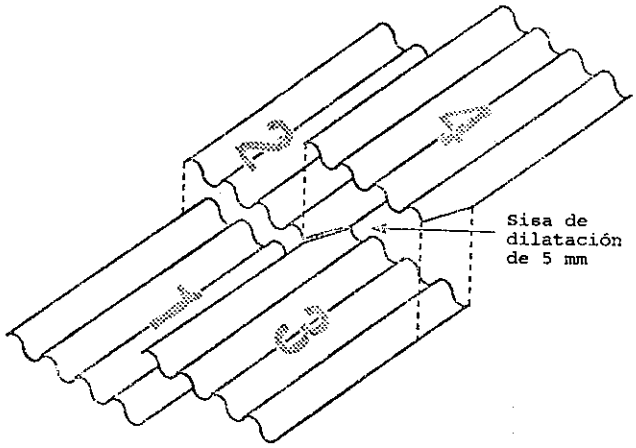
Armadura y lámina Perfil 10



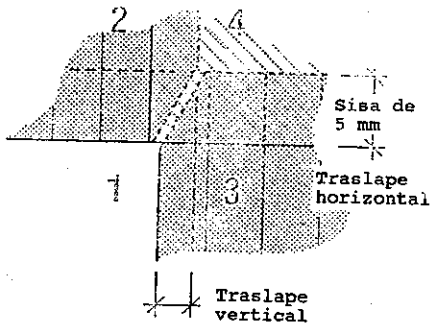
Gráfica 38

Armadura y lámina Perfil 10

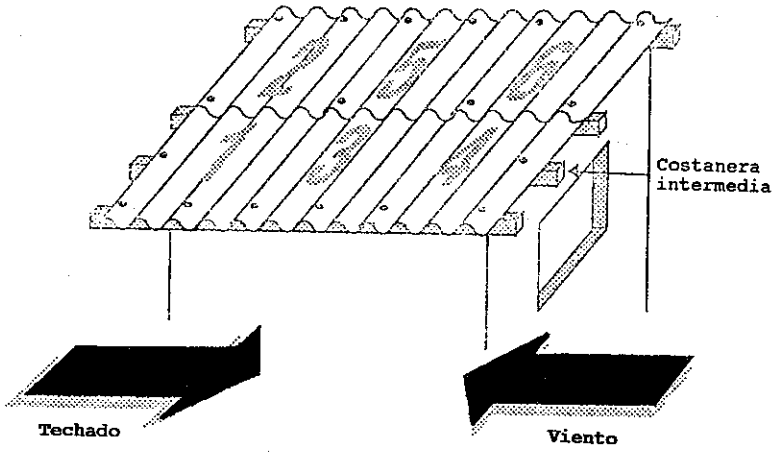
Corte de esquinas: se deberán cortar las láminas 2 y 3, que son las intermedias, la lámina 1 cubre por debajo y la lámina 4 cubre el corte por arriba.



Sisa: se debe dejar una separación de 5 mm entre cortes.



Techado: se debe techar en el sentido contrario a la dirección del viento.
Traslapes: a lo largo = 0.20 m; a lo ancho = 1/2 onda.



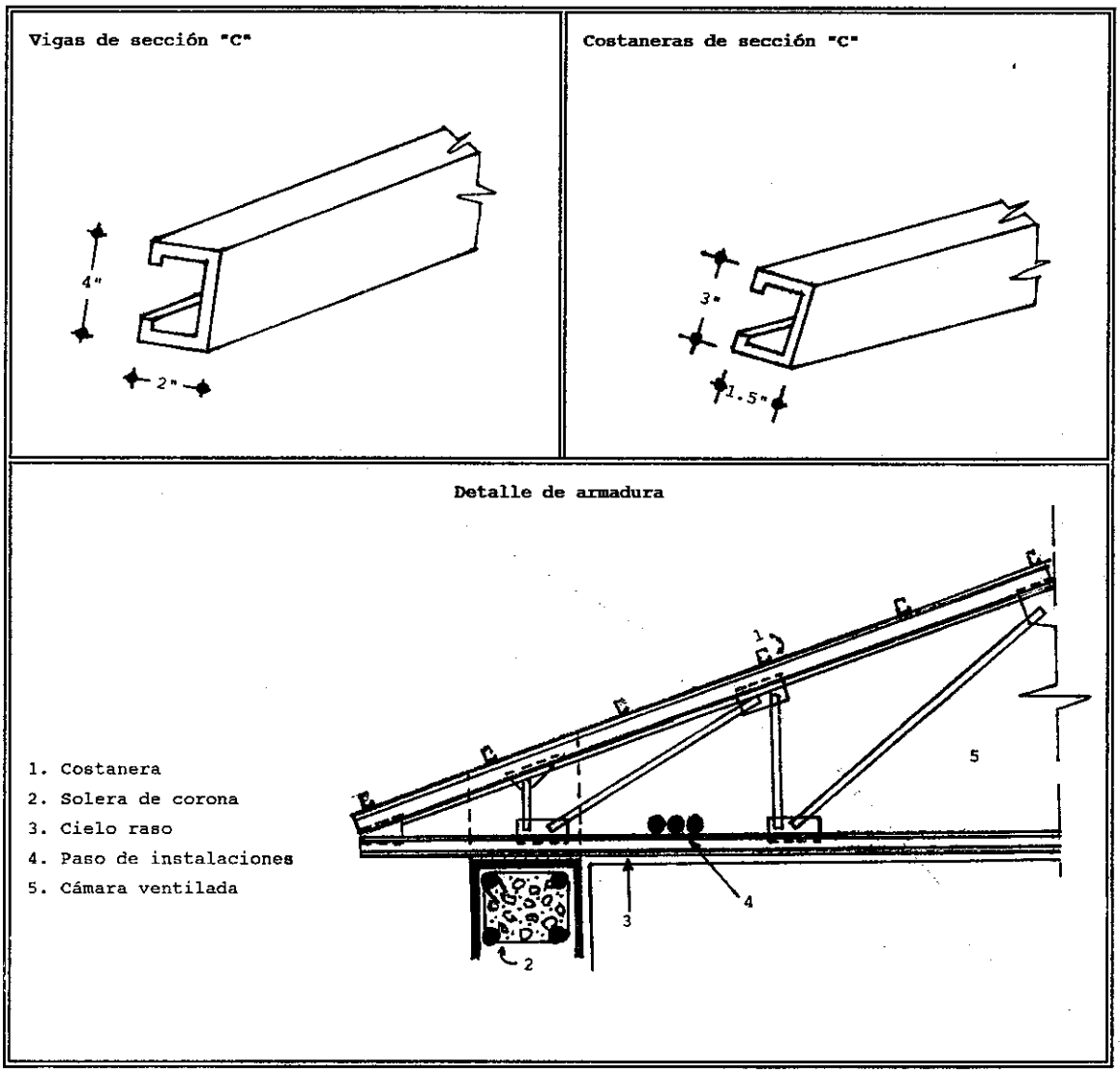
Fuente: elaboración propia sobre la información proporcionada por DURALITA, tecnología plycem.

4.8 Estructura de metal y lámina de zinc

El montaje de las vigas de acero se hará directamente sobre los muros de la vivienda. La condición de empotramiento se obtendrá una vez soldada y fundida juntamente con las soleras superiores de los muros.

Gráfica 39

Estructura de metal y lámina de zinc

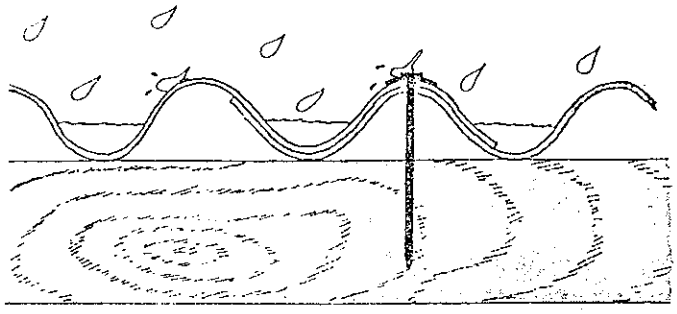


Gráfica 39

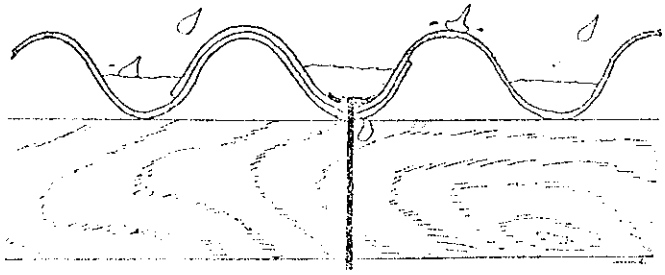
Estructura de metal y lámina de zinc

Fijación de la lámina en la estructura

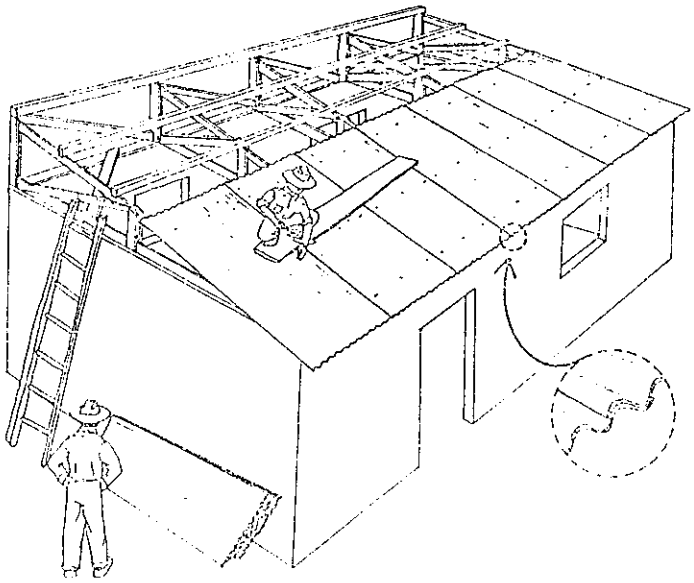
Clave o atornille la lámina en el capote.



No clave o atornille la lámina en el canal.



Colocación de la lámina: en contra de la dirección del viento.
Primero se coloca la carrera de lámina de abajo.
Traslape transversal: 4" como mínimo. Traslape longitudinal: canal y medio.



4.9 Estructura de metal y lámina tipo Perflex

La cubierta tipo perflex tendrá como estructura de apoyo, la estructura de metal presentada en la página 101, con la única variante que consiste en la distancia entre costaneras que, según el tipo de lámina, así será la separación "s" adecuada. (Ver Cuadro 9, pág. 58).

Dentro de los detalles constructivos y de instalación se tiene lo siguiente:

a) se recomienda el uso de las estructuras de apoyo con perfiles tipo "C" o "Z", ya que en éstas se logra adecuada fijación de las láminas. Para fijar la cubierta en la estructura se utilizan pernos estructurales tipo polsar de 3/4" en cada canal de la lámina;

b) en los traslapes longitudinales las láminas se fijan entre sí con pernos cónicos autorroscantes colocados en las crestas. (Ver gráfica siguiente);

c) Para aplicaciones con pendientes menores al 7% debe utilizarse masilla a base de poliuretano en los traslapes laterales y transversales;

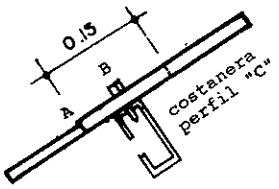
d) es muy importante también considerar la dirección de los vientos dominantes, para determinar de esta manera, el sentido del avance de la instalación; y,

e) debe cuidarse la alineación para evitar la perforación en falso, y para transitar sobre la lámina es recomendable hacerlo sobre una tabla de madera. (Ver gráfica siguiente).

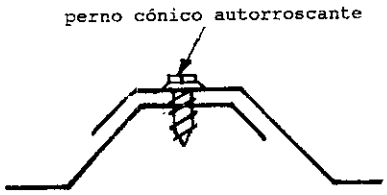
Gráfica 40

Estructura de metal y lámina tipo Perflex

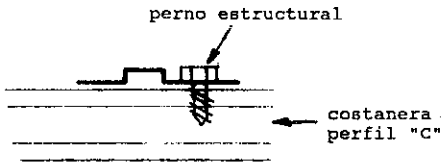
Traslape y fijación



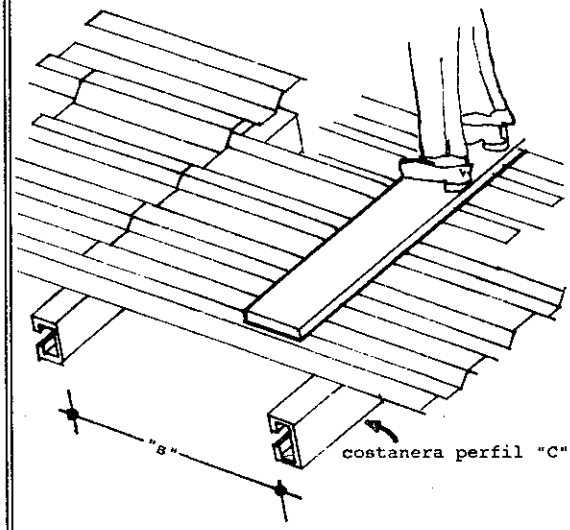
Detalle "A"



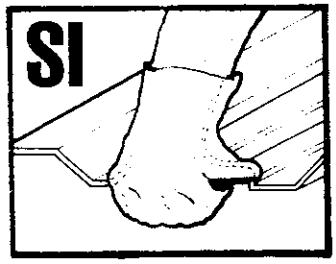
Detalle "B"



Debe utilizarse un tablón para caminar sobre la lámina

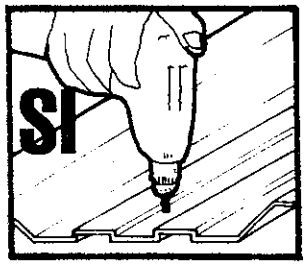


"s" según tipo de lámina utilizado.



El instalador debe usar guantes

para manipular la lámina



La lámina debe taladrarse en forma recta

y vertical, colocando los pernos

donde se ha especificado.

4.10 Estructura de metal y lámina Cindutec

Como ya se indicó en el capítulo anterior, existe una variedad de láminas climatizadas tipo Cindú, de las cuales se toma la lámina Cindutec como opción de techo para vivienda, por ser la de mayor demanda en el mercado, y sabiendo que los detalles constructivos no difieren mucho en las otras láminas, variando únicamente la distancia entre los apoyos o costaneras que dependerá de los claros diseñados y, desde luego, el tipo de lámina a utilizar. (Ver Cuadros 10 y 11, en páginas 60 y 61 respectivamente).

Aunque la lámina puede fijarse en todo tipo de estructura, es más usual el tipo de estructura metálica perfil "C". Los detalles constructivos pueden resumirse de la forma siguiente:

a) se utiliza el tipo de estructura metálica de perfil "C" presentada en la página 101 del presente capítulo;

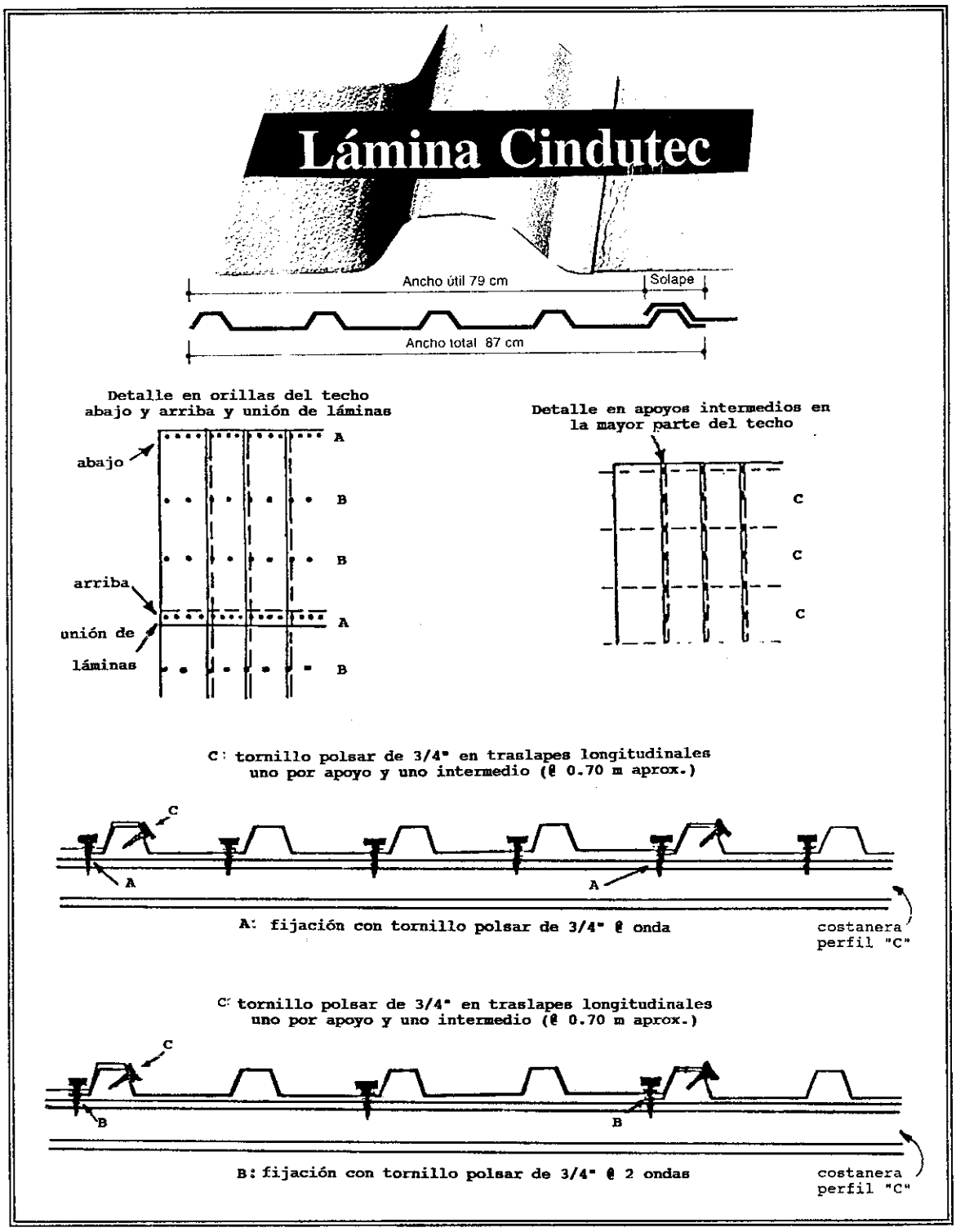
b) la lámina se instala en contra de la dirección del viento y la fijación de este tipo de cubierta en la estructura, se hace por medio de tornillos polsar de 3/4" en cada onda de la lámina, en las orillas del techo, en la cumbrera y en la unión de las láminas entre sí. (Ver gráfica siguiente).

c) en los apoyos intermedios la fijación se realiza con la misma clase de tornillos, pero a cada 2 ondas; y,

d) en cuanto a la fijación de las láminas en los traslapes longitudinales, se hace cada 0.70 m aproximadamente.

Gráfica 41

Estructura de metal y lámina Cindutec



4.11 Estructura de madera y cubierta de tejas (Arcilla, Arcitex, TMC, Tropiteja y Cifateja)

Como se observa en el cuadro siguiente, las cubiertas de tejas presentan mucha similitud en cuanto a su peso, sección y separación de costaneras o apoyos y el tipo de fijación en la estructura.

Cuadro 12
Cubiertas de teja

Teja	largo (m)	ancho (m)	peso por m² (lb)	Costaneras		Tipo de fijación
				sección	separación "s" (m)	
Arcilla (tradicional)	0.45	0.18	125.0	2" x 3"	0.35	Mortero de cal o cemento.
Arcitex	0.47	0.30	65.0	2" x 2"	0.37	Clavo galvanizado, alambre o tornillo de 1/8" para madera.
TMC	0.50	0.25	62.5	2" x 2"	0.40	Clavo galvanizado, o alambre calibre 18.
Tropiteja	0.50	0.25	55.0	2" x 2"	0.40	Clavo galvanizado, o alambre calibre 18.
Cifateja	0.42	0.32	100.0	2" x 3"	0.32	Anclaje milimétrico entre cada teja.

Por lo tanto puede darse un resumen de los detalles constructivos los cuales no varían mucho entre cada opción de cubierta.

a) como soporte se utiliza la estructura de madera presentada en las páginas 97 y 98 de la presente tesis;

b) se procede a verificar la escuadra de la estructura del techo y a continuación se colocan las costaneras de arriba hacia abajo; la primera se clava a 3 cm del

vértice de la tijera, las demás a la separación "s" dada en el cuatro anterior, según sea el tipo de teja utilizado como cubierta; la distancia "s" entre costaneras, se mide de inicio a inicio de cada regla. Es importante observar que, la última costanera tendrá una separación menor con respecto a la penúltima, porque sobre ella descansa la teja del alero. (Ver Gráfica 42F);

c) la colocación de la teja se hace de izquierda a derecha y de abajo hacia arriba; se marcan las líneas AB, CD, EF, etc. con un espacio de 1.0 m, como se puede ver en la Gráfica 42D. Se principia con la teja número 1 y se termina con la número 7; verificar si han sido colocadas en fila recta y con la ayuda de un hilo, comprobar que están paralelas a la línea AB. Siguiendo el mismo procedimiento se coloca la segunda fila de tejas (8 a la 14) y así sucesivamente con las demás tejas hasta terminar con la primera agua del techo. Las tejas que van en el vértice de la tijera, deben quedar a una distancia máxima de 5 mm. (Ver Gráfica 42A y 42B);

d) en las tejas de arcilla es importante asegurar que el traslape lateral de la teja superior con la inferior sea de 3" por lo menos; y el traslape longitudinal, también debe ser de 3" como mínimo. En cuanto a las tejas de cemento, el traslape transversal debe ser de 10 cm y el traslape lateral debe ser por lo menos de 5 cm;

e) al terminar de entejar una de las "aguas" del techo, se continua con la otra agua, siguiendo el mismo procedimiento de entejado;

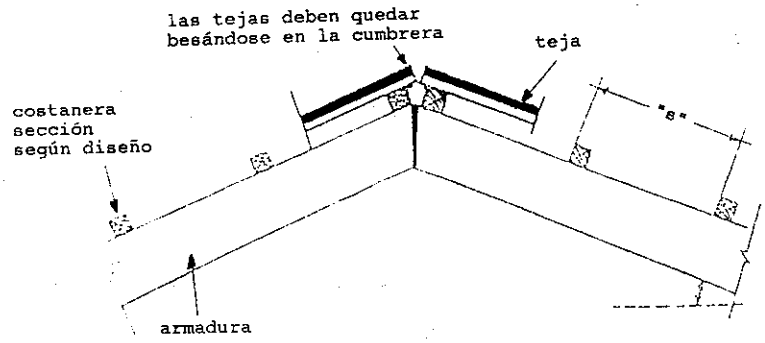
f) para la fijación de las tejas de cemento, puede perforarse la teja y clavarla en la costanera o bien, utilizar el tacón con alambre galvanizado para su fijación en la costanera. (Ver Gráfica 42C). Las tejas de arcilla se fijan con mortero

de cal o cemento; además, todas las tejas del borde y alero llevan doble fijación.

g) los caballetes se pueden fijar de dos formas: con mortero escaso de cemento (proporción 1:8) o bien, se perfora el caballete en la mitad del hombro con una broca de 3 a 4 mm; se fija el caballete con alambre galvanizado y clavo, utilizando como empaque un pedazo de hule de neumático. Para sellar bien el hoyo se aplica un poco de sella todo o tapagotera (asfalto) o también puede usarse pasta de silicón transparente. (Ver Gráfica 42E).

Gráfica 42

Estructura de madera y cubierta de tejas

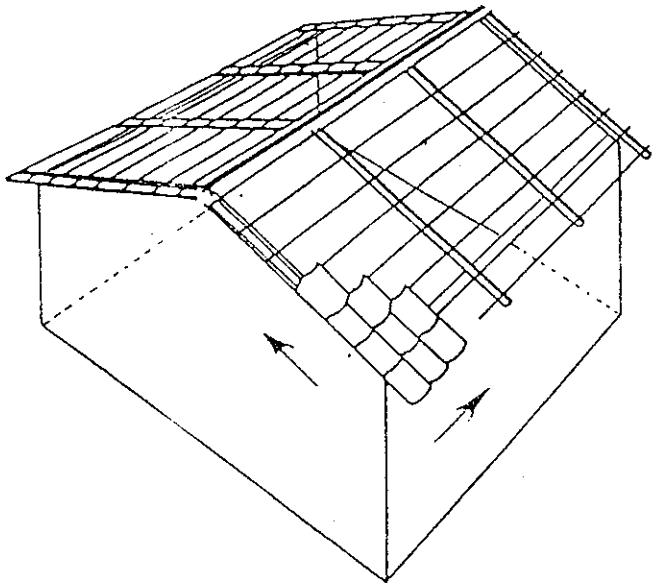


Gráfica 42A

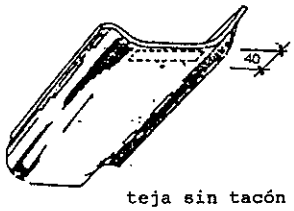
Gráfica 42

Estructura de madera y cubierta de tejas

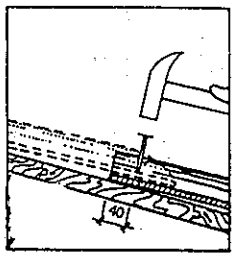
Gráfica 42B



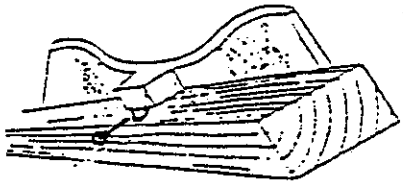
Gráfica 42C

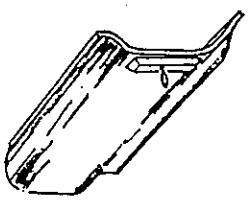


teja sin tacón

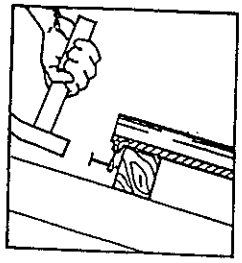


Perforación en la teja sobre costanera o entablado





teja con tacón

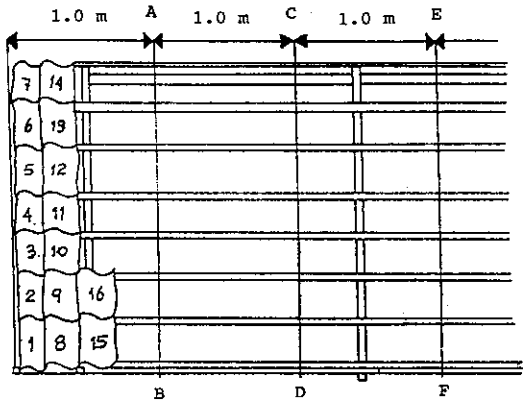


Tacón con alambre galvanizado sobre viga de madera

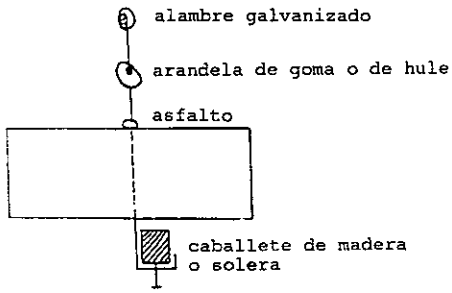
Gráfica 42

Estructura de madera y cubierta de tejas

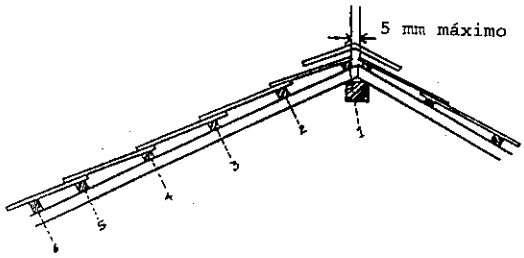
Gráfica 42D

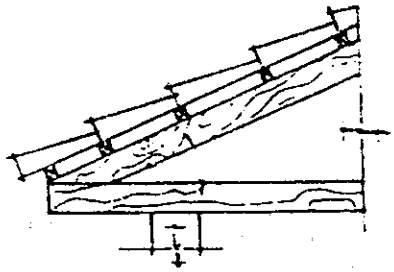


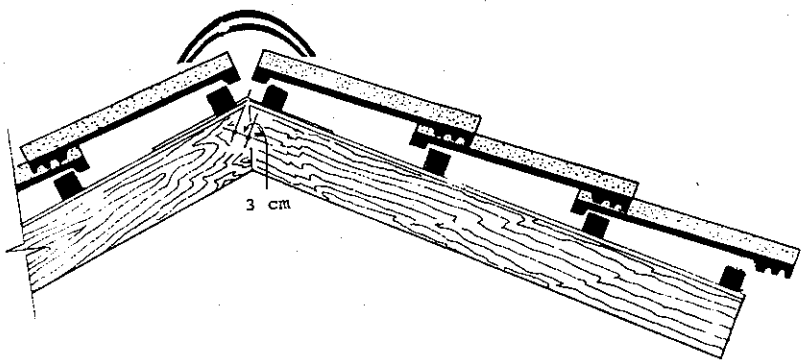
Gráfica 42E



Gráfica 42F







4.12 Estructura de madera y cubierta de teja asfáltica (shingle)

Los detalles constructivos de este tipo de cubierta pueden resumirse de la forma siguiente:

a) una vez colocada la estructura del techo con una pendiente mínima del 33%, se procede a instalar la base o plataforma que consiste en la colocación de planchas de fibrolit (planchas de fibrocemento) de 11 mm como mínimo; en regiones con vientos fuertes, se recomienda utilizar fibrolit de 17 mm que le da mayor rigidez a la plataforma. (Ver Gráfica 43A);

b) cuando ya se instaló la plataforma, se sellan las juntas entre cada plancha, con cemento asfáltico y se aplican franjas de cartón asfáltico. (Ver Gráfica 43B);

c) luego para la evacuación eficiente en las orillas del techo, se recomienda la instalación de "gotas" de lámina galvanizada en los aleros y laterales, éstas deben extenderse 3" atrás de las orillas para proveer una protección adecuada. (Ver Gráfica 43C);

d) previo a la instalación y fijación de las tejas asfálticas, se recomienda trazar líneas horizontales y verticales con un tiralíneas de yeso para asegurar la alineación de las franjas de tejas. Si la superficie del techo está interrumpida, se principia de una orilla hacia la interrupción. Cuando no haya interrupciones, se comienza en la orilla izquierda (en la derecha si el instalador es zurdo). (Ver Gráfica 43D);

e) en la Gráfica 43E se puede apreciar la teja asfáltica estándar que ya trae de fábrica un cemento adhesivo que asegura aún más la fijación. Cada franja de

tejas lleva un traslape de 6" y la fijación se hace con clavos o tachuelón aluminiza de 3/4". Se debe utilizar un mínimo de 4 sujetadores por pieza, y no debe clavarse sobre o arriba de la línea de adhesivo que viene de fábrica;

f) las cumbreras se obtienen de las mismas tejas al partir éstas en tres partes iguales (cada parte de 12") y se doblan centrándolas sobre el caballete. Deben quedar traslapadas entre sí, a cada 5". Cada cumbrera lleva un sujetador por lado. (Ver Gráfica 43F);

g) al principiar a clavar o engrapar, debe hacerse del lado de la teja anterior y se clava perpendicularmente al techo para que los clavos no corten dentro del shingle. Los clavos o grapas deben ser dejados a ras, no dentro ni fuera de la superficie de la teja asfáltica. Una sujeción adecuada aumenta la fuerza del techo y su resistencia a los vientos fuertes. (Ver Gráfica 43H);

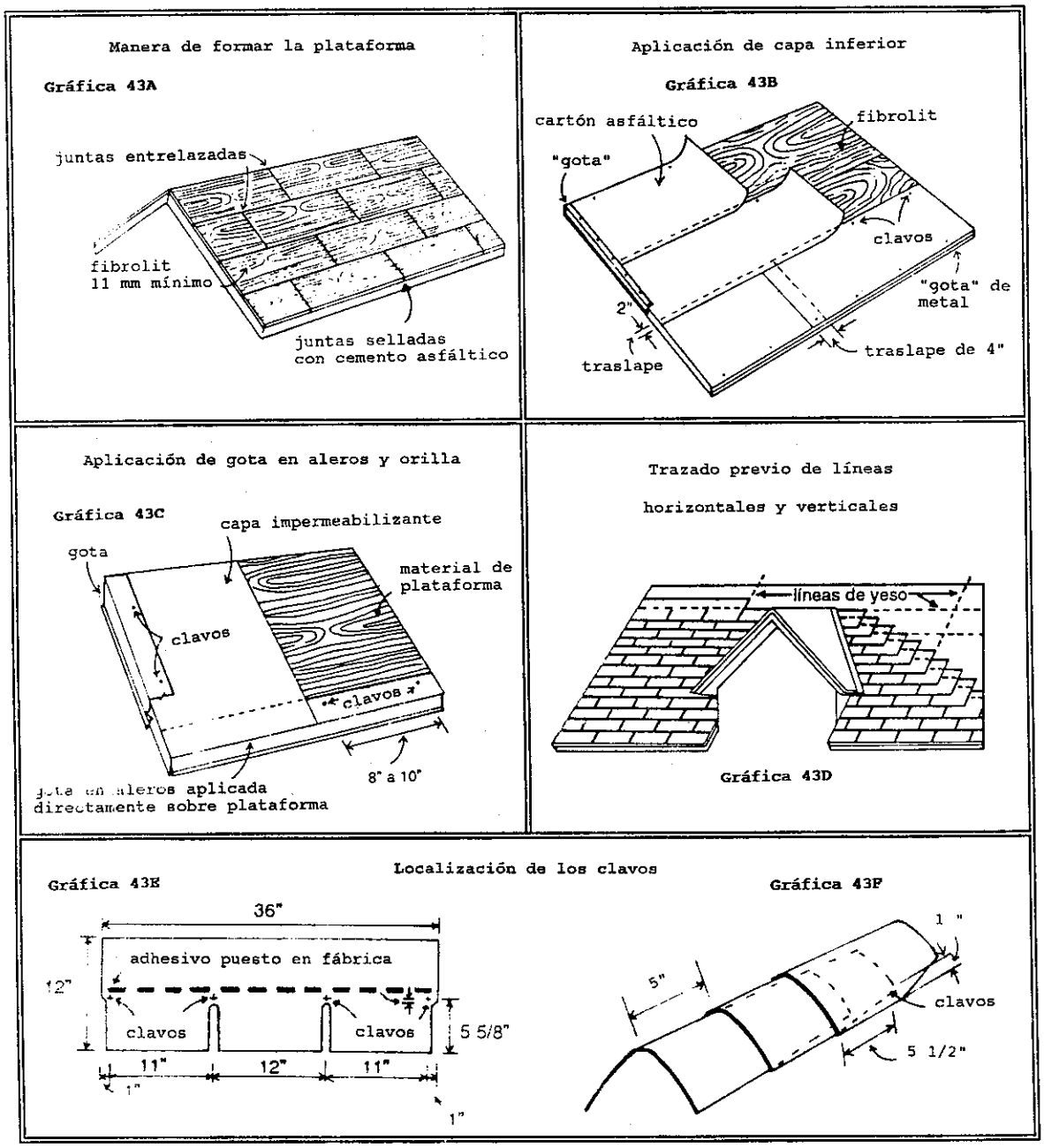
h) cuando se utilizan tejas asfálticas en regiones con características climáticas especiales (precipitación alta, clima cálido, etc.) se recomienda la utilización de 2 capas de cartón asfáltico pues esto asegura tanto la impermeabilización, como el aislamiento. (Ver Gráfica 43G); e

i) cuando las pendientes sean menores al 33% y hasta un mínimo de 17%, se recomienda utilizar una capa doble de cartón asfáltico y que la fijación sea estrictamente con cemento asfáltico, esto asegura un techo impermeable. (Ver Gráfica 43I).

A continuación pueden apreciarse en forma gráfica los detalles anteriormente descritos.

Gráfica 43

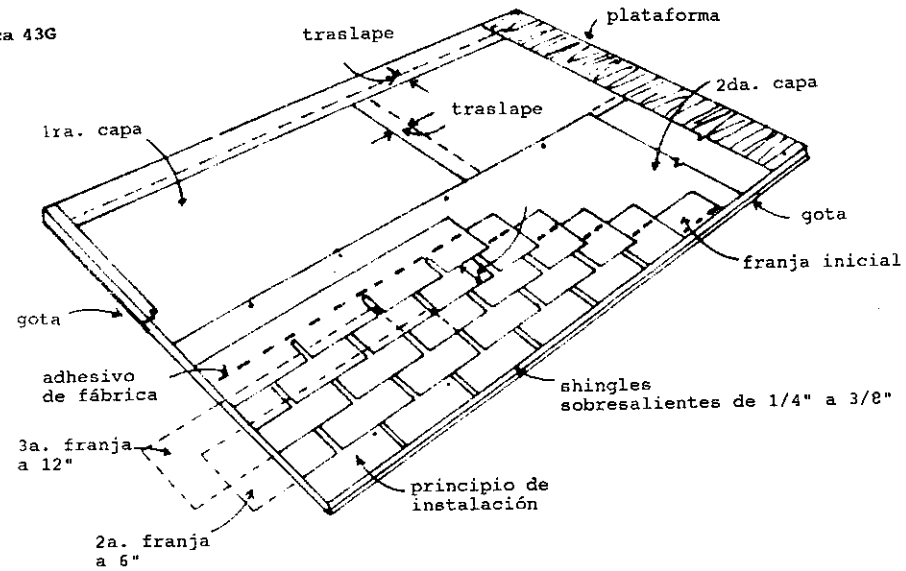
Cubierta de teja asfáltica (shingle)



Gráfica 43

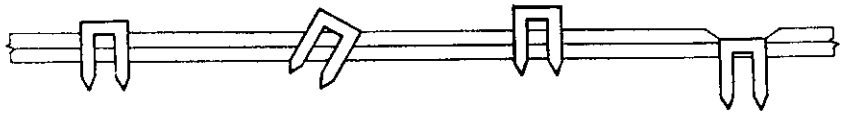
Cubierta de teja asfáltica (shingle)

Gráfica 43G



Gráfica 43H

Sujeción correcta



correcto: buena penetración recta a raz del shingle

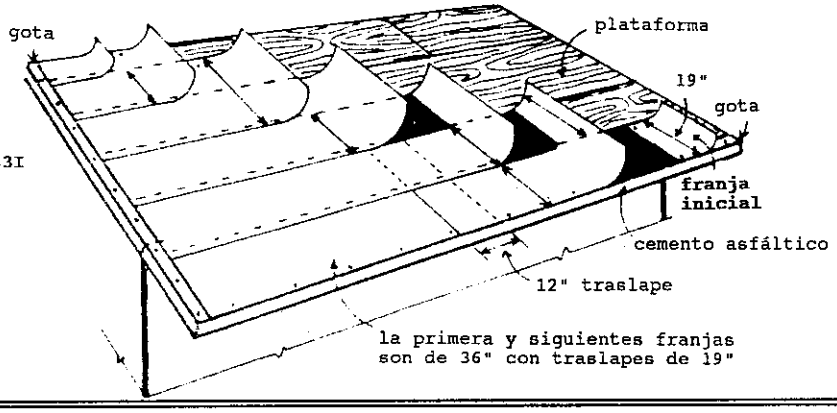
incorrecto: anclaje torcido

incorrecto: mala penetración

incorrecto: muy hondo, corta dentro del shingle

Aplicación en peraltes bajos

Gráfica 43I



Capítulo 5

Costo de las opciones de techos

El estudio económico es un aspecto muy importante en la edificación de techos, en el cual están íntimamente relacionados tanto los materiales utilizados, la facilidad de construcción así como la facilidad de adquisición.

Cada opción tiene sus propios costos, los que van de acuerdo al diseño en particular utilizado, ello significa que varían las circunstancias de una construcción a otra, y que no se puede aplicar a obras diferentes un mismo precio o costo, porque se llegaría a obtener resultados inexactos y muchas veces completamente falsos.

En el caso particular de los techos para vivienda, el costo de los materiales y accesorios son variables según sea su clase, calidad y dimensiones; como base principal debe elaborarse un listado detallado de las distintas clases de materiales necesarios. En cuanto a la mano de obra, también es variable para cada opción y se ha tomado como base para el presente capítulo, la información proporcionada por la Cámara Guatemalteca de la Construcción en cuanto a promedios de mano de obra pagados a destajo en la construcción para la Ciudad de Guatemala. Los precios promedios tienen como período de referencia el mes de enero de 1,996.

La estimación de costos presentada en este capítulo se refiere exclusivamente a materiales y mano de obra; y como ya se indicó, los costos pueden sufrir variaciones debido a muchas circunstancias, tales como: distancia hacia la obra, tamaño de la obra, fluctuación económica, etc.

Para efectos de cálculo, se ha considerado la utilización de madera de pino, tanto para la obra falsa, como para las estructuras, de un ambiente de 3.0 m x 3.50 m que da un área de 10.50 m² sobre cuya base se elaboraron los costos respectivos presentados a continuación.

5.1 Losa plana maciza (losa tradicional)

5.1.1 Materiales

5.1.1.1 Madera

30 parales de 3" x 4" x 8'	=	240 pies tabla
5 tendales de 3" x 4" x 12'	=	60 pies tabla
12 tablas de 12" x 1" x 12'	=	144 pies tabla
		444 pies tabla

⇒ 444 pies tabla x Q 3.20/pies tabla ..... Q 1,420.80

5.1.1.2 Acero de refuerzo:

30 varillas # 3 más 25% por traslape y anclaje.
Total: 37.5 varillas # 3 = 2.88 quintales.
⇒ 2.88 quintales x Q 125.0/quintal ..... Q 360.58

Alambre de amarre = 0.27 quintales.
⇒ 0.27 quintales x Q 166.50/quintal ..... Q 44.96

5.1.1.3 Concreto (0.10 m de espesor)

volumen de concreto: 1.05 m³
⇒ 1.05 m³ x Q 433.0/m³ ..... Q 454.65

Q 2,280.99

5.1.2 Mano de obra

5.1.2.1 Paraleado, entarimado y faldoneado

Q 22.0/m² x 10.50 m² ..... Q 231.00

5.1.2.2 Emparrillado

Q 5.45/m² x 10.50 m² ..... Q 57.23

5.1.2.3 Fundición y cernido

Q 27.7/m² x 10.50 m² ..... Q 290.85

5.1.2.4 Desencofrado

Q 3.42/m² x 10.50 m² ..... Q 35.91

Q 614.99

5.1.3 Costo total

Costo de materiales ..... Q 2,280.99

Costo de mano de obra ..... Q 614.99

Q 2,895.98

Costo por m² ..... Q 275.81

porcentaje de materiales 79%

porcentaje de mano de obra 21%

5.2 Losa prefabricada nervurada

5.2.1 Materiales

5.2.1.1 Madera

12 parales de 3" x 4" x 8'	=	96 pies tabla
3 tendales de 3" x 4" x 12'	=	36 pies tabla
4 tablas de 12" x 1" x 12'	=	48 pies tabla
		180 pies tabla

⇒ 180 pies tabla x Q 3.20/pies tabla ..... Q 576.00

5.2.1.2 Viguetas, bovedilla, estructomalla y bastones

Q 55.0/m² x 10.50 m² ..... Q 577.50

5.2.1.3 Recubrimiento de 0.05 m de concreto

0.525 m³ x Q 433.0/m³ ..... Q 227.33

Q 1,380.83

5.2.2 Mano de obra

5.2.2.1 Paraleado y tendaleado

Q 7.96/m² x 10.50 m² ..... Q 83.58

5.2.2.2 Instalación de faldones, arrastres viguetas y bovedilla

Q 25.0/m² x 10.50 m² ..... Q 262.50

5.2.2.3 Fundición y cernido

Q 27.70/m² x 10.50 m² ..... Q 290.85

5.2.2.4 Desencofrado

Q 3.42/m² x 10.50 m² ..... Q 35.91

Q 672.84

5.2.3 Costo total

Costo de materiales	Q 1,380.83
Costo de mano de obra	Q 672.84
	Q 2,053.67

Costo por m²	Q 195.59
porcentaje de materiales	67%
porcentaje de mano de obra	33%

5.3 Losa prefabricada Freyssinet

5.3.1 Materiales

5.3.1.1 Madera

7 parales de 3" x 4" x 8'	=	56 pies tabla
1 tendal de 3" x 4" x 12'	=	12 pies tabla
4 tablas de 12" x 1" x 12'	=	48 pies tabla
		116 pies tabla

⇒ 116 pies tabla x Q 3.20/pies tabla ..... Q 371.20

5.3.1.2 Block y viguetas

Q 65.0/m² x 10.50 m² ..... Q 682.50

5.3.1.3 Acero por temperatura

16 varillas # 3 = 0.53 quintales
⇒ 0.53 quintales x Q 125.0/quintal ..... Q 66.67

Alambre de amarre = 0.27 quintales.
⇒ 0.27 quintales x Q 166.50/quintal ..... Q 44.96

5.3.1.4 Recubrimiento de 0.05 m de concreto

0.525 m^3 x Q 433.0/m^3 ..... Q 227.33
Q 1,392.66

5.3.2 Mano de obra

5.3.2.1 Paraleado y tendaleado

Q 9.15/m^2 x 1.75 m^2 ..... Q 16.02

5.3.2.2 Instalación de faldones, arrastres, viguetas y bovedilla

Q 25.0/m^2 x 10.50 m^2 ..... Q 262.50

5.3.2.3 Armado de refuerzo por temperatura

Q 3.70/m^2 x 10.50 m^2 ..... Q 38.85

5.3.2.4 Fundición y cernido

Q 27.70/m^2 x 10.50 m^2 ..... Q 290.85

5.3.2.5 Desencofrado

Q 3.42/m^2 x 1.75 m^2 ..... Q 5.99
Q 614.21

5.3.3 Costo total

Costo de materiales	Q 1,392.66
Costo de mano de obra	Q 614.21
	Q 2,006.87

Costo por m^2	Q 191.13
porcentaje de materiales	69%
porcentaje de mano de obra	31%

5.4 Losa prefabricada spancrete

5.4.1 Materiales

5.4.1.1 Madera

4 tablas de 12" x 1" x 12′ = 48 pies tabla

⇒ 48 pies tabla x Q 3.20/pies tabla ..... Q 153.60

5.4.1.2 Planchas spancrete

(incluye el montaje de las planchas(*))

Q 160.0/m^2 x 10.50 m^2 ..... Q 1,680.00

5.4.1.3 Refuerzo por temperatura

0.43 quintales # 2 x Q 125.0/quintal ..... Q 53.75

5.4.1.4 Recubrimiento de 0.05 m de concreto

0.525 m^3 x Q 433.0/m^3 ..... Q 227.33

Q 2,114.68

(*) debe supervisarse que en la obra haya condiciones óptimas para el desplazamiento de la maquinaria pesada que instala las planchas.

5.4.2 Mano de obra

5.4.2.1 Armado de refuerzo por temperatura

Q 3.70/m² x 10.50 m² ..... Q 38.85

5.4.2.2 Fundición y cernido

Q 27.7/m² x 10.50 m² ..... Q 290.85

Q 329.70

5.4.3 Costo total

Costo de materiales	Q 2,114.68
Costo de mano de obra	Q 329.70
	Q 2,444.38

Costo por m²	Q 232.80
porcentaje de materiales	87%
porcentaje de mano de obra	13%

5.5 Losa paneles Covintec

5.5.1 Materiales

5.5.1.1 Madera

16 parales de 3" x 3" x 8'	=	96 pies tabla
4 tendales de 3" x 3" x 12'	=	36 pies tabla
4 tablas de 12" x 1" x 12'	=	48 pies tabla
		180 pies tabla

⇒ 180 pies tabla x Q 3.20/pie tabla ..... Q 576.80

5.5.1.2 Materiales covintec (panel de 3" x 4' x 8', fabrimalla de 8" y bolsas de fibra)

⇒ Q 111.41/m² x 10.50 m² ..... Q 1,169.81

5.5.1.3 Refuerzo por temperatura

13 varillas # 2 = 0.43 quintales

⇒ 0.43 quintales x Q 125.0/quintal ..... Q 53.75

Q 1,800.36

5.5.2 Mano de obra

5.5.2.1 Paraleado y tendaleado

Q 7.96/m² x 10.50 m² ..... Q 83.58

5.5.2.2 Instalación de paneles

Q 10.00/m² x 10.50 m² ..... Q 105.00

5.5.2.3 Armado de refuerzo por temperatura

Q 3.70/m² x 10.50 m² ..... Q 38.85

5.5.2.4 Fundición y cernido

Q 27.70/m² x 10.50 m² ..... Q 290.85

5.5.2.5 Mortero en la cara de abajo de los paneles

Q 12.00/m² x 10.50 m² ..... Q 126.00

5.5.2.6 Desencofrado

Q 3.42/m² x 10.50 m² ..... Q 35.91

Q 680.19

5.5.3 Costo total

Costo de materiales	Q 1,800.36
Costo de mano de obra	Q 680.19
	Q 2,480.55

Costo por m²	Q 236.24
porcentaje de materiales	73%
porcentaje de mano de obra	27%

5.6 Losa tipo zap

5.6.1 Materiales

5.6.1.1 Madera

12 parales de 3" x 4" x 8′	=	96 pies tabla
3 tendales de 3" x 4" x 12′	=	36 pies tabla
4 tablas de 12" x 1" x 12′	=	48 pies tabla
		180 pies tabla

⇒ 180 pies tabla x Q 3.20/pies tabla . . . . . Q 576.00

5.6.1.2 Block zap-12

168 unidades zap = 0.168 millar

⇒ 0.168 millar x Q 1,397.11/millar . . . . . Q 234.71

5.6.1.3 Refuerzo de acero

⇒ 1.74 quintales x Q 125.0/quintal . . . . . Q 217.50

5.6.1.4 Recubrimiento de 0.05 m de concreto

0.525 m³ x Q 433.0/m³ . . . . . Q 227.33

Q 1,255.54

5.6.2 Mano de obra

5.6.2.1 Paraleado, tendaleado y faldoneado

Q 10.00/m² x 10.50 m² ..... Q 105.00

5.6.2.2 Fabricación e instalación de viguetas

42 ml x Q 10.00/ml ..... Q 420.00

5.6.2.4 Fundición y cernido

Q 27.70/m² x 10.50 m² ..... Q 290.85

5.6.2.5 Desencofrado

Q 3.42/m² x 10.50 m² ..... Q 35.91

Q 851.76

5.6.3 Costo total

Costo de materiales	Q 1,255.54
Costo de mano de obra	Q 851.76
	Q 2,107.30

Costo por m²	Q 200.70
porcentaje de materiales	60%
porcentaje de mano de obra	40%

5.7 Estructura de metal y lámina de zinc calibre 28

5.7.1 Materiales

5.7.1.1 Nueve piezas perfil "C" de 2" x 4" x 1/16"

9 piezas x Q 76.0/pieza . . . . . Q 684.00

5.7.1.2 Tres piezas perfil "C" de 1.5" x 3" x 1/16"

3 piezas x Q 71.20/pieza . . . . . Q 213.60

5.7.1.3 Ocho láminas de 7'

8 láminas x Q 29.75/lámina . . . . . Q 238.00

5.7.1.4 Dos caballetes

2 caballetes x Q 10.45/caballete . . . . . Q 20.90

5.7.1.5 Pintura anticorrosiva

1 galón x Q 60.00/galón . . . . . Q 60.00

Q 1,216.50

5.7.2 Mano de obra

5.7.2.1 Fabricación de tres armaduras

3 armaduras x Q 125/armadura . . . . . Q 375.00

5.7.2.2 Instalación de armaduras y costaneras . . . . . Q 250.00

5.7.2.3 Instalación de lámina incluyendo capote

Q 10.00/m² x 10.50 m² . . . . . Q 105.00

Q 730.00

5.7.3 Costo total

Costo de materiales	Q 1,216.50
Costo de mano de obra	Q 730.00
	Q 1,946.50

Costo por m^2	Q 185.38
porcentaje de materiales	62%
porcentaje de mano de obra	38%

5.8 Estructura de madera y lámina Perfil 10

5.8.1 Materiales

5.8.1.1 Madera

12 piezas de 2" x 4" x 12'	=	96 pies tabla
4 piezas de 2" x 3" x 12'	=	24 pies tabla
		120 pies tabla

⇒ 120 pies tabla x Q 3.20/pies tabla ..... Q 384.00

5.8.1.2 Seis láminas de 8'

6 láminas x Q 107.92/lámina ..... Q 647.52

5.8.1.3 Tres caballetes

3 caballetes x Q 57.71/caballete ..... Q 173.13

Q 1,204.65

5.8.2 Mano de obra

5.8.2.1 Fabricación e instalación de tijeras y costaneras ⇒ 3 x 8.84 ml x Q 40.00/ml ..... Q 1,000.80

5.8.2.2 Instalación de lámina incluyendo capote

Q 10.00/m² x 10.50 m² ..... Q 105.00

Q 1,105.80

5.8.3 Costo total

Costo de materiales	Q 1,204.65
Costo de mano de obra	Q 1,105.80
	Q 2,310.45

Costo por m²	Q 220.04
porcentaje de materiales	52%
porcentaje de mano de obra	48%

5.9 Estructura de metal y lámina esmaltada calibre 26

5.9.1 Materiales

5.9.1.1 Nueve piezas perfil "C" de 2" x 4" x 1/16"

9 piezas x Q 76.0/pieza ..... Q 684.00

5.9.1.2 Tres piezas perfil "C" de 1.5" x 3" x 1/16"

3 piezas x Q 71.20/pieza ..... Q 213.60

5.9.1.3 Pintura anticorrosiva

1 galón x Q 60.00/galón ..... Q 60.00

5.9.1.4 Seis láminas de 2.40 ml c/u

6 x 2.40 ml x Q 61.0/lámina ..... Q 878.40
Q 1,836.00

5.9.2 Mano de obra

5.9.2.1 Fabricación de tres armaduras

3 armaduras x Q 125/armadura ..... Q 375.00

5.9.2.2 Instalación de armaduras y costaneras ..... Q 250.00

5.9.2.3 Instalación de láminas

Q 10.00/m² x 10.50 m² ..... Q 105.00
Q 730.00

5.9.3 Costo total

Costo de materiales ..... Q 1,836.00
Costo de mano de obra ..... Q 730.00
Q 2,566.00

Costo por m² ..... Q 244.38
porcentaje de materiales 72%
porcentaje de mano de obra 28%

5.10 Estructura de metal y lámina Cindutec

5.10.1 Materiales

5.10.1.1 Nueve piezas perfil "C" de 2" x 4" x 1/16"

9 piezas x Q 76.0/pieza ..... Q 684.00

5.10.1.2 Tres piezas perfil "C" de 1.5" x 3" x 1/16"

3 piezas x Q 71.20/pieza ..... Q 213.60

5.10.1.3 Pintura anticorrosiva

1 galón x Q 60.00/galón ..... Q 60.00

5.10.1.4 Ocho láminas de 2.40 ml c/u

8 x 2.40 ml x Q 61.0/lámina ..... Q 1,172.93

Q 2,130.53

5.10.2 Mano de obra

5.10.2.1 Fabricación de tres armaduras

3 armaduras x Q 125/armadura ..... Q 375.00

5.10.2.2 Instalación de armaduras y costaneras ..... Q 250.00

5.10.2.3 Instalación de láminas

Q 10.00/m² x 10.50 m² ..... Q 105.00

Q 730.00

5.10.3 Costo total

Costo de materiales ..... Q 2,130.53
Costo de mano de obra ..... Q 730.00

Q 2,860.53

Costo por m² ..... Q 272.43
porcentaje de materiales 74%
porcentaje de mano de obra 26%

5.11 Estructura de madera y tejas de arcilla (tradicional)

5.11.1 Materiales

5.11.1.1 Madera

7 piezas x 2" x 4" x 12'	=	56 pies tabla
16 piezas x 2" x 3" x 12'	=	96 pies tabla
		152 pies tabla

⇒ 152 pies tabla x Q 3.20/pies tabla ..... Q 486.40

5.11.1.2 Tejas

30 tejas/m² x 10.50 m² = 315 tejas
⇒ 315 tejas x Q 1.25/teja ..... Q 393.75
Q 880.15

5.11.2 Mano de obra

5.11.2.1 Fabricación e instalación de tijeras y costaneras

3 x 8.34 ml x Q 40/ml ..... Q 1,000.80

5.11.2.2 Instalación de tejas

Q 20.0/m² x 10.50 m² ..... Q 210.00
Q 1,210.80

5.11.3 Costo total

Costo de materiales ..... Q 880.15
Costo de mano de obra ..... Q 1,210.80
Q 2,090.95

Costo por m²	Q 199.14
porcentaje de materiales	42%
porcentaje de mano de obra	58%

5.12 Estructura de madera y tejas Arcitex

5.12.1 Materiales

5.12.1.1 Madera

7 piezas x 2" x 4" x 12′	=	56 pies tabla
16 piezas x 2" x 3" x 12′	=	96 pies tabla
		152 pies tabla

⇒ 152 pies tabla x Q 3.20/pies tabla . . . . . Q 486.40

5.12.1.2 Tejas

Q 55.30/m² x 10.50 m² . . . . . Q 580.65

Q 1,067.05

5.12.2 Mano de obra

5.12.2.1 Fabricación e instalación de tijeras y costaneras

3 x 8.34 ml x Q 40/ml . . . . . Q 1,000.80

5.12.2.2 Instalación de tejas

Q 20.0/m² x 10.50 m² . . . . . Q 210.00

Q 1,210.80

5.12.3 Costo total

Costo de materiales	Q 1,067.05
Costo de mano de obra	Q 1,210.80
	Q 2,277.85

Costo por m²	Q 216.94
porcentaje de materiales	47%
porcentaje de mano de obra	53%

5.13 Estructura de madera y tejas TMC

5.13.1 Materiales

5.13.1.1 Madera

7 piezas x 2" x 4" x 12'	=	56 pies tabla
16 piezas x 2" x 3" x 12'	=	96 pies tabla
		152 pies tabla

⇒ 152 pies tabla x Q 3.20/pies tabla ..... Q 486.40

5.13.1.2 Tejas

Q 23.0/m² x 10.50 m² ..... Q 241.50

5.13.1.3 Caballetes

1 m² x Q 23.0/m² ..... Q 23.00

Q 750.90

5.13.2 Mano de obra

5.13.2.1 Fabricación e instalación de tijeras y costaneras

3 x 8.34 ml x Q 40/ml ..... Q 1,000.80

5.13.2.2 Instalación de tejas

Q 20.0/m² x 10.50 m² ..... Q 210.00
Q 1,210.80

5.12.3 Costo total

Costo de materiales ..... Q 750.90
Costo de mano de obra ..... Q 1,210.80
Q 1,961.70

Costo por m² ..... Q 186.83
porcentaje de materiales 38%
porcentaje de mano de obra 62%

5.14 Estructura de madera y tejas Tropiteja

5.14.1 Materiales

5.14.1.1 Madera

7 piezas x 2" x 4" x 12'	=	56 pies tabla
16 piezas x 2" x 3" x 12'	=	96 pies tabla
		152 pies tabla

⇒ 152 pies tabla x Q 3.20/pies tabla ..... Q 486.40

5.14.1.2 Tejas

Q 31.25/m² x 10.50 m² ..... Q 328.13

5.14.1.3 Caballetes

1 m² x Q 31.25/m² ..... Q 31.25
Q 845.78

5.14.2 Mano de obra

5.14.2.1 Fabricación e instalación de tijeras y costaneras

3 x 8.34 ml x Q 40/ml ..... Q 1,000.80

5.14.2.2 Instalación de tejas

Q 20.0/m² x 10.50 m² ..... Q 210.00

Q 1,210.80

5.14.3 Costo total

Costo de materiales	Q 845.78
Costo de mano de obra	Q 1,210.80
	Q 2,056.58

Costo por m²	Q 195.86
porcentaje de materiales	41%
porcentaje de mano de obra	59%

5.15 Estructura de madera y tejas Cifateja

5.15.1 Materiales

5.15.1.1 Madera

7 piezas x 2" x 4" x 12'	=	56 pies tabla
16 piezas x 2" x 3" x 12'	=	96 pies tabla
		152 pies tabla

⇒ 152 pies tabla x Q 3.20/pies tabla ..... Q 486.40

5.15.1.2 Tejas

Q 53.08/m² x 10.50 m² ..... Q 557.34

5.15.1.3 Caballetes

3.0 ml x Q 19.50/ml ..... Q 58.50
Q 1,102.24

5.15.2 Mano de obra

5.15.2.1 Fabricación e instalación de tijeras y costaneras

3 x 8.34 ml x Q 40/ml ..... Q 1,000.80

5.15.2.2 Instalación de tejas

Q 20.0/m² x 10.50 m² ..... Q 210.00
Q 1,210.80

5.15.3 Costo total

Costo de materiales ..... Q 1,102.24
Costo de mano de obra ..... Q 1,210.80
Q 2,313.04

Costo por m² ..... Q 220.29
porcentaje de materiales 48%
porcentaje de mano de obra 52%

5.16 Estructura de madera y tejas asfálticas (shingles)

5.16.1 Materiales

5.16.1.1 Madera

7 piezas x 2" x 4" x 12'	=	56 pies tabla
8 piezas x 2" x 3" x 12'	=	48 pies tabla
		104 pies tabla

⇒ 104 pies tabla x Q 3.20/pies tabla ..... Q 332.80

5.16.1.2 **Accesorios shingles** (shingles paquete 3, cinta asfáltica p/s GP 15, cemento asfáltico, fibrolit 100 y tachuelón alumiza 3/4") a Q 138.70/m²

⇒ Q 138.70/m² x 10.50 m² ..... Q 1,456.35
Q 1,789.15

5.16.2 Mano de obra

5.16.2.1 Fabricación e instalación de tijeras y costaneras

3 x 8.34 ml x Q 40/ml ..... Q 1,000.80

5.16.2.2 Instalación de tejas

Q 26.79/m² x 10.50 m² ..... Q 281.30
Q 1,282.10

5.16.3 Costo total

Costo de materiales ..... Q 1,789.15
Costo de mano de obra ..... Q 1,282.10
Q 3,071.25

Costo por m² ..... Q 292.50
porcentaje de materiales 58%
porcentaje de mano de obra 42%

5.17 Cuadros comparativos

Cuadro 13
Comparación de costos

Opción	Costo total Q	Costo por m² Q/m²	Costo de materiales (Q)	Costo de mano de obra (Q)
Losa plana maciza (tradicional)	2,895.98	275.81	2,280.99	614.99
Losa prefabricada nervurada	2,053.67	195.59	1,380.83	672.84
Losa prefabricada Freyssinet	2,006.87	191.13	1,392.66	614.21
Losa prefabricada Spancrete	2,444.38	232.80	2,114.68	329.70
Losa paneles Covintec	2,480.55	236.24	1,800.36	680.19
Losa viguetas zap	2,107.30	200.70	1,255.54	851.76
Estructura de metal y láminas de zinc calibre 28	1,946.50	185.38	1,216.50	730.00
Estructura de madera y láminas Perfil 10	2,310.45	220.04	1,204.65	1,105.80
Estructura de madera y láminas esmaltada calibre 26	2,566.00	244.38	1,836.00	730.00
Estructura de madera y láminas Cindutec	2,860.53	272.43	2,130.53	730.00
Estructura de madera y tejas de arcilla (tradicional)	2,090.95	199.14	880.15	1,210.80
Estructura de madera y tejas Arcitex	2,277.85	216.94	1,067.05	1,210.80
Estructura de madera y tejas TMC	1,961.70	186.83	750.90	1,210.80
Estructura de madera y tejas Tropiteja	2,056.58	195.86	845.78	1,210.80
Estructura de madera y tejas Cifateja	2,313.04	220.29	1,102.24	1,210.80
Estructura de madera y tejas asfálticas (shingles)	3,071.25	292.50	1,789.15	1,282.10

Cuadro 14
Comparación de porcentajes

Opción	% de materiales	% de mano de obra
Losa plana maciza (tradicional)	79	21
Losa prefabricada nervurada	67	33
Losa prefabricada Freyssinet	69	31
Losa prefabricada Spancrete	87	13
Losa paneles Covintec	73	27
Losa viguetas zap	60	40
Estructura de metal y láminas de zinc calibre 28	62	38
Estructura de madera y láminas Perfil 10	52	48
Estructura de madera y láminas esmaltadas calibre 26	72	28
Estructura de madera y láminas Cindutec	74	26
Estructura de madera y tejas de arcilla (tradicional)	42	58
Estructura de madera y tejas Arcitex	47	53
Estructura de madera y tejas TMC	38	62
Estructura de madera y tejas Tropiteja	41	59
Estructura de madera y tejas Cifateja	48	52
Estructura de madera y tejas asfálticas (shingles)	58	42

Capítulo 6

Discusión de las opciones

Del total de opciones presentadas se tomará la alternativa de techo que convenga económicamente y que tenga las características y cualidades necesarias de acuerdo al diseño elaborado.

Como se ha podido comprobar, la industria de la construcción de techos, se basa en la producción de: losas, láminas y tejas. Cada vez más se utilizan nuevas tecnologías que originan cambios, tanto en las formas, como en los métodos de fabricación; en ello va implícito el uso de distintos materiales que mejoran aún más, las características y cualidades de cada opción.

En las losas el sistema de prefabricado ha tenido mucho auge, logrando bajar: costos, peso propio y tiempo de construcción. Por ejemplo, en una losa plana maciza (tradicional) se utilizan 444 pies tabla para techar el área en estudio, mientras que en una losa prefabricada, únicamente se utilizan 180 pies tabla en la losa nervurada, 116 pies tabla en la losa Freyssinet y 48 pies tabla en la losa Spancrete; a esto hay que sumarle que el mismo sistema de prefabricado facilita la instalación en obra. Finalmente, una losa puede servir hoy como techo, pero mañana puede ser entrepiso para un segundo nivel.

Por su parte las láminas también tienen sus propias características y las hay de producción nacional e importadas de países como Venezuela y El Salvador.

Como se observa en el Cuadro 13 la opción: estructura de metal y lámina de zinc es la más económica con un valor de Q 185.38/m². El uso de esta lámina aumentó después del terremoto del año 1,976 y hasta nuestros días, constituye una solución de techo a nivel popular.

Sin embargo, debido a las características de esta cubierta, se hace indispensable la implementación de cielo falso dentro de la habitación, con el objeto de lograr las condiciones adecuadas que permitan el bienestar dentro del ambiente. Esta implementación necesaria hace que, en realidad, el costo por metro cuadrado sea más alto.

Para suplir el uso de cielo falso, han surgido en la industria de la construcción, opciones como la lámina Cindutec con cualidades termoacústicas que, debido a la combinación de sus componentes, rechazan un alto porcentaje de los rayos solares, logrando con ello que la temperatura dentro del ambiente sea agradable. Además con esta cubierta se logra un toque decorativo que añade belleza a su calidad. Para el presente estudio el costo de esta opción es de Q 272.43/m².

Las opciones de tejas también tienden a mejorar los aspectos de belleza, comodidad y decoratividad con su perfil ondulado.

Se ha incluido la opción de estructura de madera y teja de arcilla (tradicional) ya que aunque el uso de esta cubierta decreció a raíz del terremoto de 1,976, aún representa el 14% de los materiales predominantes en techos, a nivel de la República, según el último censo practicado en abril de 1,994(*). De acuerdo a lo investigado en las fábricas de El Tejar, Chimaltenango, la demanda de esta teja es, más que todo, para ser utilizada como decoración e impermeabilización de terrazas. Para el área estudiada el costo por metro cuadrado de esta opción es de Q 199.14.

(*) Censos X Población y V de Habitación. Instituto Nacional de Estadística. Centro de Documentación e Información Técnica. Abril de 1,994.

La opción de estructura de madera y cubierta de tejas de cemento TMC, también es económica (Q 186.83/m^2). Este tipo de cubierta es fabricado con tecnología TMC (Techos de Microconcreto) implementada e impulsada para países en proceso de desarrollo por el CECAT (Centro de Estudios de Construcción y Arquitectura Tropical), con ella se pretende dar una respuesta a las necesidades de cubiertas más ligeras, económicas y con mejor comportamiento acústico y térmico que otras cubiertas fabricadas con otros materiales. Este tipo de cubierta es el sustituto ideal de la teja de arcilla tradicional que constituye un techo demasiado pesado.

Finalmente puede decirse que cada opción tiene sus propias características, las cuales, en varios casos, no difieren mucho respecto de las otras opciones; esto trae consigo la competencia dentro de la industria de la construcción, en la cual tratan de desplazarse y lograr la preferencia del interesado.

Para concluir es necesario agregar que la cubierta no lo es todo. Es de suma importancia la estructura que la sostiene y en Guatemala, país con alto riesgo sísmico, es indispensable la interrelación entre diseño, materiales utilizados y supervisión del proceso de construcción. Con ello se logrará, no sólo techos vistosos y decorativos, sino que resistentes a cualquier esfuerzo a que sean sometidos en un momento dado.

Conclusiones

1. Es un hecho que los techos de paja, palma o similares aún representan el 10% del total de la República. (Ver Anexos I y II). Esto significa que el uso de los materiales vegetales ha ido en descenso a partir de 1,981 hasta la fecha. A estas alturas, y debido al poco desarrollo económico y social del país, el sector rural, especialmente, cuenta escasamente con recursos técnicos y económicos, lo cual ha obligado al uso de métodos de construcción totalmente empíricos y con materiales que generalmente el medio proporciona, pero que a través del tiempo tienden también a desaparecer.

2. La cubierta de lámina de zinc constituye una solución económica e inmediata para techar un ambiente, ya que entre otras ventajas, su instalación es sumamente fácil y ha sido la de mayor aceptación y consumo populares, a pesar de los inconvenientes de aislamiento que presenta. Además, esta lámina es flexible y versátil en función de las condiciones del usuario; esto implica a la larga menor costo.

3. En algunas de las opciones presentadas, el mayor costo está en la estructura que sostiene a la cubierta y no obstante que ésta tiene un precio bajo, la opción de techo resulta elevada.

4. En el afán de bajar costos, alguien podría diseñar una estructura de tendales y costaneras, que es más económico y también práctico, pero que

estructuralmente no es muy aconsejable. (Ver págs. 33 y 34 del presente estudio).

5. Atendiendo el informe de los últimos censos, se puede ver que ha bajado el uso de la teja como cubierta, mientras que ha aumentado el uso de los techos de concreto. En el censo de 1,981 la teja representaba el 21% de los materiales utilizados en techos y el concreto tenía solamente un 5%. Ahora bien, el censo de 1,994 indica que el uso de teja es del 14%, mientras que el uso del concreto, subió al 26% del total de techos a nivel de la República. (Ver Anexos I y II).

6. Los fabricantes de las distintas opciones de cubiertas buscan mejorar los aspectos de seguridad, bajo costo y aislamiento; que son básicamente las condiciones para prevalecer dentro de la industria de la construcción y así lograr un lugar dentro de la demanda nacional.

7. Dentro de la industria de la construcción ha surgido la prefabricación de elementos que permiten un ahorro considerable de tiempo de construcción en obra, en comparación con métodos convencionales; claro que ésta es una ventaja económica de gran importancia que debe ser tomada muy en cuenta.

8. Los resultados que puedan manifestarse al utilizar cualquiera de las opciones presentadas en esta tesis, estarán dados por la organización y control de los materiales y la mano de obra, aspectos que se deben supervisar con el máximo de responsabilidad para realizar el tipo de techo más económico que se requiere actualmente.

Recomendaciones

1. Toda alternativa de techo debe ajustarse a las necesidades de los habitantes. Debe determinarse qué tipo de techo se necesita tomando en cuenta el tipo de ampliaciones o remodelaciones que deban realizarse con el transcurrir del tiempo. Los factores a considerar son: a) familiares: número de miembros de la familia, las actividades que cada uno realizan, las dimensiones de los ambientes a techar, el nivel socioeconómico de los ocupantes, las necesidades más urgentes a cubri y las proyecciones hacia el futuro de la familia; b) factores climáticos; y, c) factores de carga. Con ello se logrará una solución adecuada y funcional.

2. Dado al crecimiento poblacional y a la falta de capacidad de compra de nuevos terrenos, se recomienda la utilización de techos de losa de concreto prefabricada, ya que ésta tiene la ventaja de poder servir como entrepiso y así mejorar el bienestar de la familia al contar con la oportunidad de ampliarse a un segundo nivel.

3. Si se quiere un techo vistoso y decorado se recomienda el uso de las opciones de láminas o tejas. Todas son susceptibles de realizarse de acuerdo a la posibilidad socioeconómica del propietario quien es el que finalmente decide.

4. Al utilizar armaduras o tijeras, debe asegurarse que éstas sean fijadas en las soleras de corona y observar que el anclaje sea sólido entre los elementos o pines de unión con dicha solera.

5. Se recomienda que el espaciamiento entre tijeras no sea mayor que 2.0 m por la deflexión que puedan tener las costaneras y/o las cubiertas.

6. Dado a las características técnicas y económicas que posee la teja de cemento fabricada con tecnología TMC (Techos de Microconcreto) se recomienda como una solución viable y económica para la edificación de techos, especialmente en el área rural, donde puede ser la mejor alternativa para muchos guatemaltecos.

7. En términos generales debe tomarse en cuenta la diferencia en las cualidades propias de los diferentes materiales de construcción, que muchas veces no se especifican en normas o no se aplican directamente, y tampoco se aprecian económicamente en la práctica. Por ejemplo: una estructura no pretensada se considera de igual economía que una estructura pretensada que tiene mejor resistencia a la corrosión y a la fatiga, menores deflexiones a largo plazo y una resistencia máxima mucho mayor. De la misma manera, las estructuras de acero y de madera se consideran iguales si no se pone atención a la resistencia al fuego y a la corrosión. Por lo tanto, es de gran importancia una correcta apreciación sobre las diferentes especificaciones y cualidades y así tomar una decisión bien fundamentada.

8. Finalmente se recomienda poner mucha atención en el coeficiente de dilatación, ya que un metal no tiene el mismo coeficiente que una lámina de fibras naturales, por ejemplo. Esto es al tener una estructura con un coeficiente de dilatación muy distinto al de la cubierta, puede darse una falla en cuanto se de una variación fuerte de la temperatura, lo cual puede provocar pérdidas económicas derivadas de las fallas en el sistema.

Referencias

Las instituciones y empresas siguientes constituyen las fuentes informativas consultadas en las cuales se fundamentan los argumentos presentados.

1. Cámara Guatemalteca de la Construcción. Departamento de Estadística.
2. CEMAT (Centro Mesoamericano de Estudios Sobre Tecnología Apropiada). Centro de Información.
3. CIFA, prefabricados.
4. CINDU de Guatemala, S. A.
5. COPRECA, S. A. Prefabricados.
6. COVINTEC de Guatemala.
7. DISTUN, S. A.
8. DURALITA, Tecnología Plycem.
9. INSIVUMEH (Instituto de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología).
10. Instituto Nacional de Estadística. Centro de Documentación e Información Técnica.
11. Ladrillera INMACO, S. A.
12. MONOLIT, S. A.
13. PERFIL, S. A.
14. PRETEX, S. A.
15. PRODESA (Proyecto de Desarrollo Santiago).
16. SEGEPLAN (Secretaría General de Planificación Económica).
17. TENCO, S. A. (Tecnología en Concreto).

Bibliografía

1. AGUILAR ARRIVILLAGA, Eduardo. **Estudio de la vivienda rural en Guatemala.** Colección Aula, Editorial Universitaria, Universidad de San Carlos de Guatemala, 1,980.

2. ANDRADE VALENZUELA, Manuel Antonio. **Diseño climático en las tierras altas sedimentarias.** Tesis Facultad de Arquitectura, Universidad de San Carlos de Guatemala, 1,990.

3. BANVI. *Cartillas técnicas.* Materiales de Construcción, 1,980.

4. BENAVENT, Pedro. **Cómo debo construir. Manual práctico de construcción de edificios.** Tercera Edición, Barcelona, España, 1,970.

5. CECAT (Centro de Estudios de Construcción y Arquitectura Tropical). *Tecnología de cubiertas ligeras. Manual de uso.* 1,995.

6. ESCOBAR, Jorge. **Introducción a la tipología estructural.** Editorial Plus Ultra, 1,985.

7. GARCIA CHINCHILLA, Ronald David. **Diseño de armaduras soldadas de acero estructural para techos.** Tesis Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 1,981.

8. GASTON, Litton. **La documentación.** Bowker Editores Argentinos, S. A., 1,971.

9. GUTIERREZ PUAC, Domingo Hernán. **Diseño climático para edificaciones.** Tesis Facultad de Arquitectura, Universidad de San Carlos de Guatemala, 1,990.

10. HOCHMAN, Elena y Maritza Montero. **Técnicas de investigación documental.** Editorial Trillas, México, 1,979.

11. MARROQUIN, Hermes y José Luis Gándara. **La vivienda popular en Guatemala, antes y después del terremoto de 1,976.** Tomo I, Editorial Universitaria, Universidad de San Carlos de Guatemala, 1,982.

12. McCORMAC, J. C. **Diseño de estucturas metálicas.** Representaciones y Servicios de Ingeniería, S. A., 2a. Edición, 1,971.

13. MORGAN SANABRIA, Rolando. **Manual de fichas bibliográficas y de trabajo.** Documento de apoyo a la docencia, Facultad de Ciencias Económicas, Universidad de San Carlos de Guatemala, 1,992.

14. NAWY, Edward G. **Concreto reforzado.** Editorial Prentice Hall, México, 1,988.

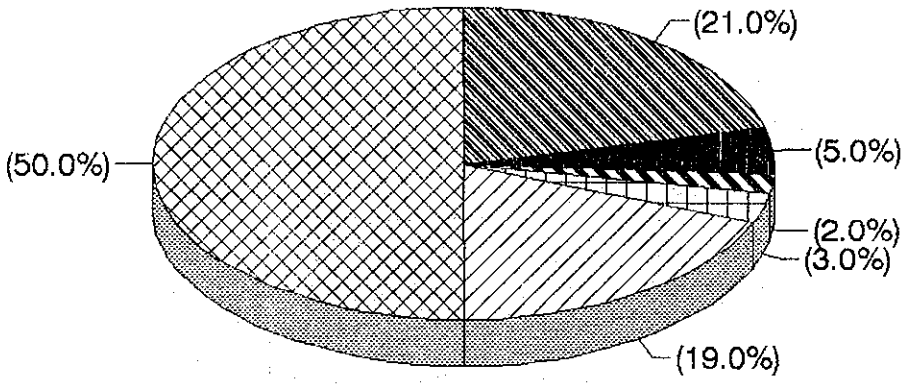
15. PARKER, Harry. **Diseño simplificado de estructuras de madera.** Editorial Limusa, Décima reimpresión, 1,988.

ANEXOS

ANEXO I

Materiales predominantes en los techos.
República de Guatemala.
Según Censo de 1,981.

I)	Lámina metálica	50%
II)	Teja	21%
III)	Paja, palma o similares	19%
IV)	Concreto	5%
V)	Asbesto cemento	3%
VI)	Otros	2%

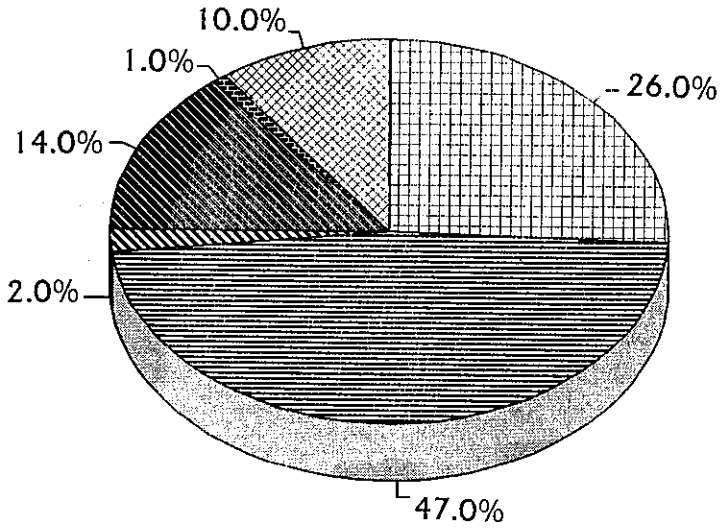


Fuente: Censos Nacionales IV de Habitación y IX de Población 1,981.
Instituto Nacional de Estadistica. Centro de Documentación e Información Técnica.

ANEXO II

Materiales predominantes en los techos.
República de Guatemala.
Según Censo de 1,994.

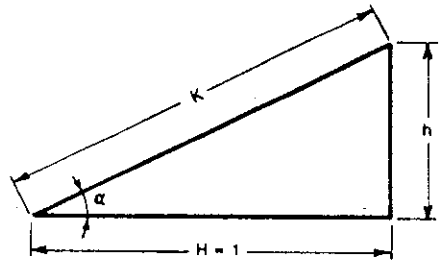
I)	Lámina metálica	47%
II)	Teja	14%
III)	Paja, palma o similares	10%
IV)	Concreto	26%
V)	Asbesto cemento	2%
VI)	Otros	1%



Fuente: Censos Nacionales V de Habitación y X de Población 1,994.
Instituto Nacional de Estadística. Centro de Documentación e Información Técnica.

ANEXO III

Tabla de pendientes desde el 1% hasta el 100%



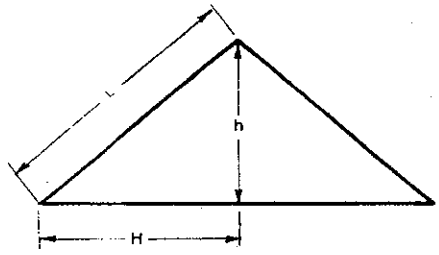
Pendiente % $= \frac{100 \times h}{H} = \frac{100 \times h}{1}$

$tg\alpha = \frac{h}{H}$

Coeficiente de desarrollo: $K = \frac{H}{\cos\alpha} = \frac{h}{\operatorname{sen}\alpha} = \sqrt{H^2 + h^2}$

Pend %	Angulo α	h	K	Pend %	Angulo α	h	K	Pend %	Angulo α	h	K	Pend %	Angulo α	h	K
1	0° 34	0,01	1,00005	26	14° 34	0,26	1,0332	51	27° 1'	0,51	1,1225	76	37° 14	0,76	1,256
2	1° 9	0,02	1,0002	27	15° 6'	0,27	1,0358	52	27° 28'	0,52	1,1270	77	37° 36	0,77	1,2622
3	1° 43	0,03	1,00045	28	15° 38'	0,28	1,0384	53	27° 55'	0,53	1,1317	78	37° 57'	0,78	1,2682
4	2° 17	0,04	1,00079	29	16° 10'	0,29	1,0412	54	28° 22'	0,54	1,1365	79	38° 18	0,79	1,2742
5	2° 52'	0,05	1,00125	30	16° 42'	0,30	1,04404	55	28° 48'	0,55	1,14115	80	38° 39	0,80	1,2804
6	3° 26	0,06	1,0018	31	17° 13'	0,31	1,0469	56	29° 15'	0,56	1,1461	81	39°	0,81	1,2868
7	4°	0,07	1,0024	32	17° 45'	0,32	1,050	57	29° 41'	0,57	1,1510	82	39° 21	0,82	1,2932
8	4° 34	0,08	1,0032	33	18° 16'	0,33	1,0531	58	30° 7'	0,58	1,1561	83	39° 41	0,83	1,2994
9	5° 8'	0,09	1,004	34	18° 47'	0,34	1,0562	59	30° 32'	0,59	1,161	84'	40° 2'	0,84	1,3060
10	5° 43'	0,10	1,005	35	19° 17'	0,35	1,0594	60	30° 58'	0,60	1,1662	85	40° 22	0,85	1,3125
11	6° 16	0,11	1,006	36	19° 48'	0,36	1,0628	61	31° 23'	0,61	1,1714	86	40° 41'	0,86	1,3187
12	6° 50'	0,12	1,0072	37	20° 18'	0,37	1,0662	62	31° 48'	0,62	1,1766	87	41° 1	0,87	1,3257
13	7° 24	0,13	1,0084	38	20° 48'	0,38	1,0697	63	32° 12'	0,63	1,1818	88	41° 21'	0,88	1,3318
14	7° 58	0,14	1,0097	39	21° 18'	0,39	1,0733	64	32° 37'	0,64	1,1872	89	41° 40	0,89	1,3386
15	8° 32'	0,15	1,0112	40	21° 48'	0,40	1,077	65	33° 1'	0,65	1,1926	90	41° 59	0,90	1,345
16	9° 5'	0,16	1,0127	41	22° 17'	0,41	1,0807	66	33° 25'	0,66	1,1981	91	42° 18	0,91	1,352
17	9° 39	0,17	1,0144	42	22° 47'	0,42	1,0846	67	33° 49'	0,67	1,2036	92	42° 37'	0,92	1,3589
18	10° 12'	0,18	1,016	43	23° 16'	0,43	1,0885	68	34° 13'	0,68	1,2093	93	42° 55'	0,93	1,3655
19	10° 45	0,19	1,0179	44	23° 45'	0,44	1,0925	69	34° 36'	0,69	1,2149	94	43° 14'	0,94	1,3726
20	11° 19	0,20	1,0198	45	24° 13'	0,45	1,0965	70	35°	0,70	1,2208	95	43° 32'	0,95	1,3794
21	11° 51	0,21	1,0218	46	24° 42'	0,46	1,1007	71	35° 22'	0,71	1,2263	96	43° 50'	0,96	1,3863
22	12° 24	0,22	1,0239	47	25° 10'	0,47	1,1049	72	35° 45	0,72	1,2322	97	44° 8	0,97	1,3942
23	12° 57	0,23	1,0261	48	25° 38'	0,48	1,1092	73	36° 8	0,73	1,2382	98	44° 25	0,98	1,4001
24	13° 30	0,24	1,0284	49	26° 6'	0,49	1,1135	74	36° 30	0,74	1,2440	99	44° 43	0,99	1,4060
25	14° 2	0,25	1,0308	50	26° 34'	0,50	1,1181	75	36° 52'	0,75	1,25	100	45°	1,00	1,4142

Calculo de la longitud "L" de la vertiente en un techo conociendo el % de pendiente y la longitud "H"



$L = K \times H$

Ejemplo practico:

Datos $H = 10$ m $\quad h = 1.5$ m

Pendiente % $= \frac{100 \times 1.5}{10} = 15\%$

Entrando en la tabla de pendientes

Pendiente 15%. Coeficiente de desarrollo $K = 1,0112$

Longitud de la vertiente $L = 1,0112 \times 10 = 10,112$ m

Fuente: CINDU de Guatemala, S. A.

ANEXO IV

Cálculo de las combinaciones óptimas de láminas perfil 10 y número de carreras para el desarrollo del techo.

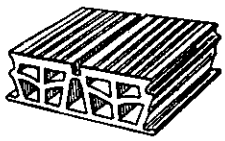
Desarrollo en metros	Traslape considerado	Combinaciones	Total de apoyos	Apoyo intermedio	Número de carreras
2.80	0.25	1 (4) + 1 (6)	3	-	2
3.60	0.365	1 (8) + 1 (5)	4	1	2
3.80	0.165	1 (5) + 1 (8)	4	1	2
5.00	0.245	3 (6)	4	-	3
5.40	0.197	1 (10) + (5)	5	1	3
5.60	0.25	2 (6) + 1 (8)	5	1	3
6.00	0.20	1 (10) + 1 (6) + 1 (5)	4	1	3
6.20	0.17	1 (4) + 3 (6)	5	-	4
6.60	0.24	4 (6)	5	-	4
7.20	0.24	3 (6) + 1 (8)	6	1	4
7.80	0.245	2 (6) + 2 (8)	7	2	4
9.00	0.253	4 (8)	9	4	4
9.40	0.161	5 (6) + 1 (4)	7	-	6
10.60	0.165	1 (8) + 5 (6)	8	1	6
11.20	0.20	1 (10) + 5 (6)	8	1	6
11.80	0.219	1 (5) + 5 (6) + 1 (8)	9	1	7
13.40	0.187	3 (10) + 2 (6) + 1 (5)	10	6	6
15.60	0.235	8 (6) + 1 (8)	11	1	9
16.20	0.186	7 (6) + 2 (8)	12	2	9
16.40	0.258	5 (10) + 1 (8)	13	6	6
17.00	0.23	3 (10) + 2 (8) + 3 (5)	14	5	8
17.80	0.191	8 (6) + 2 (8)	13	2	10
18.40	0.192	7 (6) + 3 (8)	14	3	10
19.80	0.196	12 (6)	13	-	12
20.00	0.196	8 (6) + 3 (8)	15	3	11
20.60	0.18	11 (6) + 1 (8)	14	1	12

Nota: al referirse al desarrollo se toma en cuenta el entechado con su respectivo alero frontal, el cual no debe exceder a 0.3 m.

Fuente: DURALITA, S. A.

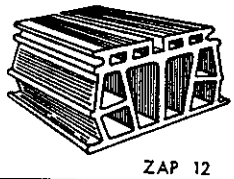
ANEXO V

Tablas para cálculos de entrepisos tipo zap

Tipo 22  **H = cm. 8**

ZAP 8

Armadura superior	1 D ¼ pulg.	1 D ¼ pulg.
Armadura inferior	2 D ¼ pulg.	2 D ⅜ pulg.
Luz ml. 2.50	300 kg. por M^2	480 kg. por m^2
Luz ml. 3.00	165 kg. por m^2	300 kg. por m2
Luz ml. 3.50		200 kg. por m^2
Luz ml. 4.00		150 kg. por m^2

Tipo 23  **H = cm. 12**

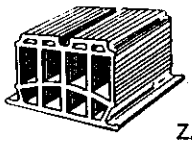
ZAP 12

Armadura superior	1 D ¼ pulg.	1 D ¼ pulg.
Armadura inferior	2 D ¼ pulg.	2 D ⅜ pulg.
Luz ml. 3.50	300 kg. por M^2	450 kg. por m^2
Luz ml. 4.00	200 kg. por M^2	300 kg. por m^2
Luz ml. 4.50	120 kg. por m^2	210 kg. por m^2
Luz ml. 5.00		150 kg. por m^2
Luz ml. 5.50		90 kg. por m^2

Fuente: Ladrillera INMACO, S. A.

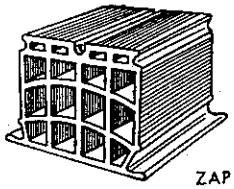
ANEXO VI

Tablas para cálculos de entrepisos tipo zap

Tipo 24  **H = cm. 16**

ZAP 16

Armadura sup.	1 D ¼ pulg.	1 D ¼ pulg.	1 D ¼ pulg.
Armadura inf.	2 D ¼ pulg.	2 D ⅜ pulg.	2 D ½ pulg.
Luz ml. 4.00	270 kg. por m^2	450 kg. por m^2	600 kg. por m^2
Luz ml. 4.50	180 kg. por m^2	320 kg. por m^2	450 kg. por m^2
Luz ml. 5.00	120 kg. por m^2	220 kg. por m^2	320 kg. por m^2
Luz ml. 5.50		140 kg. por m^2	240 kg. por m^2
Luz ml. 6.00		90 kg. por m^2	150 kg. por m^2
Luz ml. 6.50			110 kg. por m^2

Tipo 25  **H = 20 cm.**

ZAP 20,

Armadura sup.	1 D ¼ pulg.	1 D ¼ pulg.	1 D ⅜ pulg.
Armadura inf.	2 D ¼ pulg.	2 D ⅜ pulg.	2 D ½ pulg.
Luz ml. 5.00	kg. 250 por m^2	400 kg. por m^2	550 kg. por m^2
Luz ml. 5.50	kg. 150 por m^2	300 kg. por m^2	450 kg. por m^2
Luz ml. 6.00	kg. 100 por m^2	200 kg. por m^2	350 kg. por m^2
Luz ml. 6.50		150 kg. por m^2	250 kg. por m^2
Luz ml. 7.00			200 kg. por m^2
Luz ml. 7.50			150 kg. por m^2

Fuente: Ladrillera INMACO, S. A.