



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

MAESTRIA EN SISTEMAS MENCIÓN CONSTRUCCIÓN

ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS COSTOS DE UNA LOSA TRADICIONAL  
CON UNA LOSA DE REFUERZO EN FORMA OBLICUA

INGENIERO CIVIL LEONEL ESTUARDO LÓPEZ FERNANDEZ

ASESORADO POR

MSC. JACK DOUGLAS IBARRA SOLORZANO

GUATEMALA, AGOSTO DE 2,008

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

MAESTRIA EN SISTEMAS MENCIÓN CONSTRUCCION

ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS COSTOS DE UNA LOSA TRADICIONAL  
CON UNA LOSA DE REFUERZO EN FORMA OBLICUA

POR EL INGENIERO CIVIL

LEONEL ESTUARDO LÓPEZ FERNÁNDEZ

COMO REQUISITO PREVIO PARA OPTAR EL TITULO DE MAESTRO

(MAGISTER SICENTIFICAЕ)

GUATEMALA, AGOSTO DE 2008

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO  
HONORABLE JUNTA DIRECTIVA

Decano: Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos  
Secretaria: Ing. Marcia Ivonne Véliz Vargas  
Vocal I: Ing. Glenda Patricia García Soria  
Vocal II: Ing. Alba Maritza Guerrero Spínola  
Vocal III: Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón  
Vocal IV: Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz

JURADO EXAMINADOR QUE PRACTICÓ EL  
EXAMEN PRIVADO DE TESIS

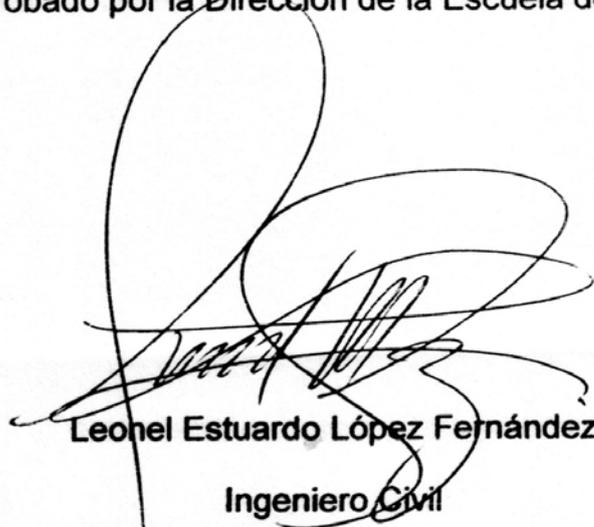
Decano: Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos  
Secretaria: Ing. Marcia Ivonne Véliz Vargas  
Examinador: Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez  
Examinador: Ing. JACK DOUGLAS IBARRA SOLORZANO  
Examinador: Ing. Edgar Fernando Valenzuela Villanueva

**HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

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

**ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS COSTOS DE UNA LOSA TRADICIONAL  
CON UNA LOSA DE REFUERZO EN FORMA OBLICUA**

Tema que fuera aprobado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Postgrado



**Leonel Estuardo López Fernández**  
**Ingeniero Civil**

Guatemala, 16 de Julio del 2008

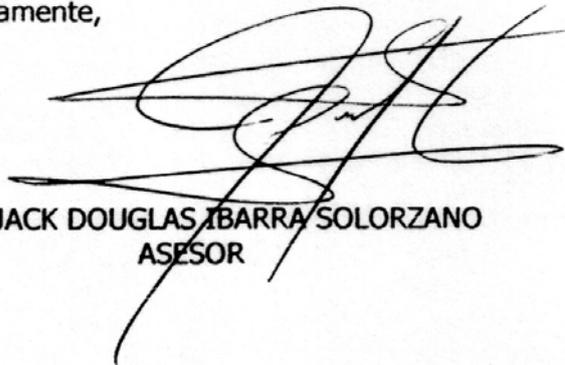
Ing. Msc. Carlos Humberto Pérez Rodríguez  
Director de Escuela de Posgrado  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Respetable Ingeniero:

Tengo el agrado de informar a usted que he concluido la revisión del Trabajo Especial Análisis Comparativo de los Costos de una Losa Tradicional con una Losa de Refuerzo en Forma Oblicua, del estudiante de Maestría en Sistemas: Leonel Estuardo López Fernández, para el cual actué como asesor.

Esta es una investigación que proporciona datos reales como una opción para reducir los costos en fundiciones de losas para viviendas básicas, además tiene muchos conceptos importantes aplicables a este campo, utilizando para el desarrollo de la investigación como herramienta programas de la informática, por lo que me permito recomendar la aprobación correspondiente.

Atentamente,



ING. JACK DOUGLAS IBARRA SOLORZANO  
ASESOR

Universidad de San Carlos  
de Guatemala



Facultad de Ingeniería

Como Revisor de la Maestría en Ciencias en Sistemas Mención Construcción del trabajo de tesis titulado **ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS COSTOS DE UNA LOSA TRADICIONAL CON UNA LOSA DE REFUERZO EN FORMA OBLICUA**, presentado por el Ingeniero Civil **Leonel Estuardo López Fernández**, apruebo el presente trabajo de tesis y recomiendo la autorización del mismo.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Carlos Humberto Pérez Rodríguez'.

Msc. Carlos Humberto Pérez Rodríguez  
Director  
Escuela de Estudios de Postgrado



Guatemala, Agosto de 2008.

/zc.

Universidad de San Carlos  
de Guatemala



Facultad de Ingeniería

El Director de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen y dar el visto bueno del revisor y la aprobación del área de Lingüística del trabajo de tesis titulado **ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS COSTOS DE UNA LOSA TRADICIONAL CON UNA LOSA DE REFUERZO EN FORMA OBLICUA**, presentado por el Ingeniero Civil Leonel Estuardo López Fernández, apruebo el presente y recomiendo la autorización del mismo.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"



Msc. Carlos Humberto Pérez Rodríguez  
Director  
Escuela de Estudios de Postgrado

Guatemala, Agosto de 2008.

/zc.

Universidad de San Carlos  
de Guatemala



Facultad de Ingeniería  
Decanato

Ref. D. Postgrado 0019.2008

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Postgrado, al trabajo de tesis de la Maestría en Ciencias en Sistemas Mención Construcción titulado: **ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS COSTOS DE UNA LOSA TRADICIONAL CON UNA LOSA DE REFUERZO EN FORMA OBLICUA**, presentado por el Ingeniero Civil Leonel Estuardo López Fernández, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

A large, handwritten signature in black ink, appearing to be 'Murphy Olimpo Paiz Recinos', written over a large, empty oval shape.

Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos  
DECANO

Guatemala, Agosto de 2008

/zpcm

## DEDICATORIA

### A DIOS:

Todo poderoso, que hizo posible lograr esta meta y que me ha dado oportunidades de desarrollarme como profesional y me ha dado bendiciones.

### A MIS PADRES

Víctor Fabricio y Juana Yolanda quienes me dieron los cimientos para poder proyectarme en la vida, quienes con sus enseñanzas lograron forjarme y disciplinarme, que es uno de los principios fundamentales para alcanzar metas.

### A MI ESPOSA:

Mi amada Carla, que ha sido todo mi apoyo y mi motivación para lograr juntos las metas que desde que la conocí hemos logrado, quien por lo mismo también es un merito que comparto que solo Dios y ella sabe los esfuerzos que hemos hecho.

### A MIS HIJOS:

José Leonel y Edgar Fernando quienes también han sido mi motivación y por quienes he dedicado mi vida para poderlos apoyar en su desarrollo como personas para proyectarse y ayudar a nuestra Guatemala.

### A MIS HERMANOS:

Manuel Fernando, Víctor Fabricio y Edgar Vinicio quienes han sido los que me dado esa confianza y solidaridad al compartir nuestras vidas.

## AGRADECIMIENTOS

### A LA USAC:

A la gloriosa Universidad de San Carlos de Guatemala, quien nos ha dado los conocimientos y las experiencias para poder ser profesionales.

### A MI ASESOR:

Ing. Jack Douglas Ibarra quien desde hace varios años compartió sus conocimientos de una forma muy profesional.

### A PROFESIONALES COMO:

Ing. Luis Jacinto Quan Chu, quien por su entusiasmo y constancia hizo posible formar a varios ingenieros que compartimos las enseñanzas de la maestría.

Ing. Ángel González Rodas, quien fue otra persona que con su ayuda comencé a desarrollarme en el campo de la Ingeniería y además persona que me apoyó en otras facetas importantes de mi vida.

## INDICE GENERAL

	Pág.
INDICE DE ILUSTRACIONES	III
GLOSARIO	IV
INTRODUCCIÓN	1
1. ANTECEDENTES	3
2. OBJETIVOS	5
2.1 Objetivo General	5
2.2 Objetivo Específico	6
3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	7
4. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	9
5. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL	11
5.1 Definición de Losas de Concreto Reforzado y sus componentes.	11
5.2 Métodos para el análisis de diseños de losas.	21
5.3 Definiciones Básicas	22
5.3.1 Concepto de Entramados Oblicuos	22
5.3.2 Concepto de Losas o Placas	22
5.3.3 Concepto Fundamental sobre líneas principales de tensión	24
6. HIPÓTISIS	27
7. CONTENIDO DEL INFORME	29
8. INTEGRACIONES DE 1998	37
9. RESUMEN	40
10. INTEGRACIONES DE 2008	41
11. RESUMEN	44
12. CONCLUSIONES	45
13. RECOMENDACIONES	47
14. BIBLIOGRAFIA	49



## INDICE DE ILUSTRACIONES

1 GRÁFICA No. 1 Planta de Armado de una Losa Tradicional	29
2 GRÁFICA No. 2 Perspectiva de una losa Tradicional	31
3 GRÁFICA No. 3 Planta de Armado de una losa Reforzada en Forma Oblicua (cuarenta y cinco grados)	33
4 GRÁFICA No. 4 Perspectiva de una losa Reforzada en Forma Oblicua	35



## GLOSARIO

### INTEGRACIÓN DE COSTOS UNITARIOS

Hoja electrónica en Excel que contiene el detalle de los diferentes costos que integra el precio de un trabajo, en este caso de la construcción de una losa de concreto reforzado.

### ANÁLISIS ESTRUCTURAL

Determinación de fuerzas y desplazamientos que se producen en una estructura homogénea como puede ser el concreto.

### FLEXIÓN

Fuerzas Internas en una sección transversal que puede descomponerse en fuerzas normales y tangenciales a la misma sección. Las componentes normales a la sección son los esfuerzos de flexión.

### RIGIDEZ

La magnitud de la fuerza que soporta un elemento estructural que puede provocar cierta deformación, según las condiciones de soporte del elemento.

### OBLICUO

Que no es perpendicular ni paralelo a un plano o línea conocidos. Para este caso específico del estudio de graduación son cuarenta y cinco grados.



**ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS COSTOS DE UNA LOSA**  
**TRADICIONAL**  
**CON UNA LOSA DE REFUERZO EN FORMA OBLICUA**

***INTRODUCCIÓN***

Este estudio pretende comparar los costos directos de dos formas diferentes de poder reforzar una losa de concreto, para una vivienda con unas dimensiones usadas normalmente. Aplicando las normas de nuestro medio, únicamente se pretende demostrar que con los incrementos a los insumos básicos de la construcción, hay una forma de economizar y obtener los mismos resultados constructivos solamente utilizando una diferente opción a la losa tradicional, la idea básica consiste en optimizar el uso de los materiales y el recurso económico.

Estructuralmente no debe afectarse a las losas, porque al optimizar el uso de los materiales no estamos disminuyendo la calidad del trabajo, más bien se trata de mejorar las condiciones.

Como suele pasar con las innovaciones, el inconveniente es adiestrar a las personas que se dedican hacer estos trabajos, para explicar la metodología de colocar el acero de refuerzo en forma oblicua.



## **1. ANTECEDENTES**

En el desarrollo de este estudio se pretende la optimización del uso de los materiales y con esto podremos integrar los costos unitarios, de una losa de refuerzo tradicional, que consiste en concreto reforzado con el acero colocado en forma de canasta como se conoce comúnmente, colocando: los rieles, bastones y tenciones, de forma paralela a los lados del perímetro de la misma.

Utilizando la misma metodología anterior se propone colocar el acero de refuerzo de forma oblicua, como que se esta rotando el acero de refuerzo a cuarenta y cinco grados con respecto de los lados paralelos del perímetro de la losa, que en teoría se utilizará menos acero de refuerzo, por tener mayor eficiencia estructural, también se disminuye la perdida de la acción bidireccional de acero de refuerzo, haciendo mas rígidas las losas y por último con la integración de los costos unitarios de ambos casos, demostrar que es mas económico colocarlo en la forma oblicua.



## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 *Objetivos Generales.***

Exponer a los profesionales de la Ingeniería Civil un proceso constructivo en el que se optimice el uso de los materiales, formando parte de la construcción de viviendas como se utiliza comúnmente el método tradicional, como lo es la losa o placa con refuerzo colocado en forma oblicua. Efectuar un análisis teórico para obtener las conclusiones respectivas y así poder dar la sugerencia técnica.

Demostrar con la integración de costos unitarios tanto de mano de obra y materiales, de ambos métodos que cual es el más conveniente, calculando el porcentaje de la diferencia de ambos métodos del año 1998 y del 2008 (costos a la fecha de entrega de este trabajo de graduación).

Con lo anteriormente expuesto, tomar en cuenta que las herramientas utilizadas de la computación es para aplicar conocimientos obtenidos en los cursos impartidos durante el desarrollo de la Maestría en Sistemas Mención Construcción como: Sistemas de Construcción, Tipología y Comportamiento Estructural y utilización de Excel, Word y Dising CAD.

## **2.2 *Objetivos Específicos***

Efectuar un análisis haciendo la integración de los costos unitarios del sistema tradicional y el sistema que propongo que se supone más económico de losas reforzadas en forma oblicua, tomando en cuenta los precios de los materiales en el año 1998 para hacer la misma comparación en julio del 2008.

En el desarrollo del trabajo de graduación explicar la razón de proponer este sistema constructivo de reforzar las losas colocando el acero de refuerzo a cuarenta y cinco grados de los lados de la losa. Y en los dos tipos de refuerzo de las losas con sus ventajas o desventajas de estas.

Además en el desarrollo de la misma aplicar los conocimientos obtenidos durante los dos años de preparación con las diferentes herramientas que en esa época era menos la probabilidad de tener equipos de computo como los que en la actualidad existen.

### **3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

Por la situación actual que estamos viviendo a nivel nacional con el problema del incremento de los precios del petróleo a nivel mundial, nos vemos directamente afectados en el incremento de los insumos básicos de la construcción, y por consiguiente es necesario minimizar los gastos.

La idea básica de hacer este análisis es precisamente para tener una alternativa para poder seguir trabajando con el mismo sistema constructivo, únicamente variado la forma de colocar el acero de refuerzo en la losa de concreto.



#### 4. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

En la actualidad la tendencia del campo de la construcción es optimizar el rendimiento y la funcionalidad de los materiales, es por esta razón que aunque es un estudio lógico por el comportamiento de la teoría de las líneas de fluencia, espero que con la tecnología que ahora contamos algún día se pueda utilizar este sistema de refuerzo para las **Losas de Concreto Reforzado**.

La evolución de los últimos conocimientos sobre el diseño de losas data de hace unos cuarenta y ocho años. Hasta el principio de la década de 1,950 el análisis del comportamiento en flexión de las losas se basó en los principios de la teoría clásica de la elasticidad, especialmente en Estados Unidos. La teoría de las deflexiones pequeñas en placas, suponiendo el material homogéneo e isotrópico, fue la base de las recomendaciones del reglamento ACI, presentado en tablas de coeficientes para momentos. Esta obra permitía empíricamente una redistribución limitada de momentos. Puesto que las soluciones elásticas son complicadas aun para formas y condiciones de frontera simples, se hizo obligatorio suponer condiciones idealizadas, y a veces tan empíricas, que se apartaban del marco económico. En 1,943 se presentó la teoría de las líneas de fluencia para evaluar la capacidad de las losas al colapso. Desde entonces, se emprendieron investigaciones extensas sobre el comportamiento último de las losas de concreto reforzado. Los estudios de muchos investigadores han contribuido en gran medida a comprender mejor el comportamiento en el estado límite de las losas y placas en la falla, así como sometidas bajo distintas cargas.



## **5. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL**

### **5.1 Definición de Losas de Concreto Reforzado y sus componentes.**

El concreto simple, sin refuerzo, es resistente a la compresión, pero débil en tensión, lo que limita su aplicabilidad como material estructural. Es un material que luego de ser vaciado atraviesa por un proceso de deshidratación, causando una pérdida de volumen y un posterior agrietamiento generado por esfuerzos internos en la matriz del mismo. Dicho efecto conocido con el nombre de retracción, es controlado mediante el uso de acero de refuerzo.

Para resistir tensiones, se emplea refuerzo de acero, generalmente en forma de barras, colocado en las zonas donde se prevé que se desarrollarán tensiones bajo las acciones de servicio. El acero restringe el desarrollo de las grietas originadas por la poca resistencia a la tensión del concreto.

El uso del refuerzo no está limitado a la finalidad anterior, también se emplea en zonas de compresión para aumentar la resistencia del elemento reforzado, para reducir las deformaciones debidas a cargas de larga duración y para proporcionar confinamiento lateral al concreto, lo que indirectamente aumenta su resistencia a la compresión.

La combinación de concreto simple con acero de refuerzo constituye lo que se llama Concreto Reforzado. El cual es utilizado en diferentes fases constructivas de edificaciones, normalmente en las áreas de Techos o Losas, antes de ser colocado el concreto dentro del encofrado o también conocido como formaleta que se encargara de evitar su cambio de forma, volumen o perdida del concreto en un momento determinado, ha sido colocado en forma previa y debidamente el acero de refuerzo.

El concreto pre esforzado es una modalidad del concreto reforzado, en la que se crea un estado de esfuerzos de compresión en el concreto antes de la aplicación de las acciones. De este modo, los esfuerzos de tensión producidos por las acciones quedan contrarrestados o reducidos. La manera más común de presforzar consiste en tensar el acero de refuerzo y anclarlo en los extremos del elemento.

## Características de los materiales

### a) Concreto

#### *Definición.*

El concreto es una mezcla de: cemento, grava comúnmente llamado piedrín, arena y agua, la cual se endurece después de cierto tiempo de mezclado. Los elementos que componen el concreto se dividen en dos grupos: activos e inertes. Son activos, el agua y el cemento los cuales al mezclarse, dependiendo de las proporciones que se utilicen se crea una reacción química, llamada “lechada”, se endurece conforme transcurre el tiempo (fragua) hasta alcanzar una dureza óptima.

Los elementos inertes (agregados) son la grava y la arena, cuyo papel fundamental es formar el “esqueleto” del concreto, ocupando gran parte del volumen del producto final, con lo cual se logra mejorar los costos y disminuir notablemente los efectos de la reacción química del fraguado: la elevación de temperatura y la contracción de la lechada al endurecerse.

El agua que entra en combinación química con el cemento es aproximadamente un 33% de la cantidad total y esa fracción disminuye con la resistencia del concreto. En consecuencia, la mayor parte del agua de mezclado se destina a lograr fluidez y trabajabilidad de la mezcla, coadyuvando a la “contracción del fraguado” y dejando en su lugar los vacíos correspondientes, cuya presencia influye negativamente en la resistencia final del concreto.

Cemento.

Por lo general se usa el cemento Portland, definido como el “material que proviene de la pulverización del producto obtenido por fusión incipiente de materiales arcillosos y calizos que contengan óxidos de calcio, silicio, aluminio y hierro en cantidades convenientemente calculadas y sin más adición posterior que yeso sin calcinar y agua, así como otros materiales que no excedan del 1% en peso del total y que no sean nocivos para el comportamiento posterior del cemento”. La composición química del cemento Portland es muy compleja; pero puede definirse esencialmente como un compuesto de cal, alúmina y sílice. Los componentes fundamentales son: el aluminato tricálcico, el silicato tricálcico, el silicato dicálcico y el ferro aluminio tricálcico.

*Clases de cemento Portland.*

*Tipo I:*

*Normal*, destinado a usos generales: estructuras, pavimentos, bloques, tubos.

*Tipo II:*

*Modificado*, adecuado en general para obras hidráulicas por su calor de hidratación moderado y su regular resistencia a los sulfatos.

*Tipo III:*

*Rápida resistencia alta*, recomendable para sustituir al tipo I en obras de emergencia o cuando se desee retirar pronto las cimbras para usarlas un número mayor de veces; adquiere una determinada resistencia, en igualdad de condiciones, en la tercera parte del tiempo que necesita para ello el cemento tipo I. Sin embargo, la resistencia final es la misma que la correspondiente al cemento normal.

*Tipo IV:*

*De bajo calor*, adecuado para la construcción de grandes espesores (presas) porque su calor de hidratación es muy reducido a tenor de su resistencia que se adquiere lentamente.

*Tipo V:*

*De alta resistencia a los sulfatos*, recomendable en cimentaciones expuestas a la acción de aguas sulfatadas y agresivas.

Se produce también, el cemento Portland blanco, de características semejantes al tipo I, usado en construcciones urbanas cuando lo demandan razones arquitectónicas.

Fraguado del concreto.

Cuando el cemento y el agua entran en contacto, se inicia una reacción química exotérmica que determina el paulatino endurecimiento de la mezcla. Dentro del proceso general de endurecimiento se presenta un estado en que la mezcla pierde apreciablemente su plasticidad y se vuelve difícil de manejar; tal estado corresponde al fraguado inicial de la mezcla. A medida que se produce el endurecimiento normal de la mezcla, se presenta un nuevo estado en el cual la consistencia ha alcanzado un valor muy apreciable; este estado se denomina fraguado final. La determinación de estos dos estados, cuyo lapso comprendido entre ambos se llama tiempo de fraguado de la mezcla, es muy poco precisa y sólo debe tomarse a título de guía comparativa. El tiempo de fraguado inicial es el mismo para los cinco tipos de cemento enunciados y alcanza un valor de 45 a 60 minutos, el tiempo de fraguado final se estima en 10 horas aproximadamente. En resumen, puede definirse como tiempo de fraguado de una mezcla determinada, el lapso necesario para que la mezcla pase del estado fluido al sólido.

Así definido, el fraguado no es sino una parte del proceso de endurecimiento. Es necesario colocar la mezcla en los moldes antes de que inicie el fraguado y de preferencia dentro de los primeros 30 minutos de fabricada. Cuando se presentan problemas especiales que demandan un tiempo adicional para el transporte del concreto de la fábrica a la obra, se recurre al uso de “retardante” del fraguado, compuestos de yeso o de

anhídrido sulfúrico; de igual manera, puede acelerarse el fraguado con la adición de sustancias alcalinas o sales como el cloruro de calcio.

**Endurecimiento del concreto.**

El endurecimiento del concreto depende a su vez del endurecimiento de la lechada o pasta formada por el cemento y el agua, entre los que se desarrolla una reacción química que produce la formación de un coloide “gel”, a medida que se hidratan los componentes del cemento. La reacción de endurecimiento es muy lenta, lo cual permite la evaporación de parte del agua necesaria para la hidratación del cemento, que se traduce en una notable disminución de la resistencia final. Es por ello que debe mantenerse húmedo el concreto recién colado: “curándolo”. También se logra evitar la evaporación del agua necesaria para la hidratación del cemento, cubriendo el concreto recién descimbrado con una película impermeable de parafina o de productos especiales que se encuentran en el mercado desde hace varios años.

*Proporcionamiento del concreto.*

Cuando la relación agua-cemento se mantiene constante, la resistencia del concreto de la mezcla también se mantiene constante. En consecuencia, si se fabrica una mezcla de concreto con agregados limpios, sanos y suficientemente duros, la resistencia a la compresión del concreto dependerá exclusivamente de la resistencia de la lechada, es decir, de la relación agua-cemento empleada. El proporcionamiento de una mezcla de concreto se reduce a elegir una relación agua-cemento para una resistencia dada y, enseguida, a definir la graduación (granulometría) de los agregados para que satisfaga dos requisitos: que la mezcla sea trabajable y que el volumen de vacíos entre los agregados, destinado a ser ocupado por el cemento y el agua, sea el menor posible. La primera condición hace posible el manejo del concreto; la segunda consigue la fabricación de la mezcla más económica.

Permeabilidad del concreto.

El concreto normal es un material permeable. Los vacíos que dejan los agregados no son llenados totalmente por la mezcla de agua y cemento y además, el agua de mezclado, la cual se utiliza en gran parte para conseguir una adecuada trabajabilidad del concreto, se evapora en los primeros meses del colado dejando huecos más o menos numerosos.

De acuerdo con estos hechos, se podrá disminuir notablemente la permeabilidad del concreto si se atienden los siguientes aspectos de su fabricación por orden de importancia:

- a) Emplear mezclas secas, de baja relación agua-cemento. Los concretos más resistentes son los menos permeables.
- b) Lograr una granulometría con el mínimo de vacíos posible.
- c) Colar el concreto con el uso discreto de vibradores que compacten la mezcla y expulsen parte de las burbujas de aire.

Las anteriores recomendaciones pueden no ser suficientes para lograr un concreto prácticamente impermeable en la construcción de tanques de almacenamiento u otras estructuras semejantes; en tales casos es aconsejable terminar el colado con una capa de cemento y arena fina de unos dos centímetros de espesor, o recurrir al empleo de polvos muy finos (tierras diatomáceas) o sustancias que aumenten la trabajabilidad de la mezcla permitiendo reducir la cantidad de agua del colado. La impermeabilidad total de los tanques de almacenamiento puede lograrse colocando una película de plástico líquido, una vez que se han secado suficientemente las paredes.

b) Acero de refuerzo

El acero para reforzar concreto se utiliza en distintas formas; la más común es la barra o varilla que se fabrica tanto de acero laminado en caliente, como de acero trabajado en frío. Los diámetros usuales de barras producidas en Guatemala varían de  $\frac{1}{4}$  pulg. a  $1 \frac{1}{2}$  pulg. (Algunos productores han fabricado barras corrugadas de  $\frac{5}{16}$  plg,  $\frac{5}{33}$  plg y  $\frac{3}{16}$  plg.) En otros países se usan diámetros aún mayores. Generalmente el tipo de acero se caracteriza por el límite de esfuerzo de fluencia. En GUATEMALA se cuenta con una variedad relativamente grande de aceros de refuerzo. Las barras laminadas en caliente pueden obtenerse con límites de fluencia desde 2300 hasta 4200 kg/cm<sup>2</sup>. El acero trabajado en frío alcanza límites de fluencia de 4000 a 6000 kg/cm<sup>2</sup>. Una propiedad importante que debe tenerse en cuenta en refuerzos con detalles soldados es la soldabilidad. La soldadura de aceros trabajados en frío debe hacerse con cuidado. Otra propiedad importante es la facilidad de doblado, que es una medida indirecta de ductilidad y un índice de su trabajabilidad.

Se ha empezado a generalizar el uso de mallas electro soldadas como refuerzo de losas, muros y algunos elementos prefabricados. Estas mallas están formadas por varillas de acero lisos unidos por puntos de soldadura en las intersecciones. El acero es del tipo trabajado en frío, con refuerzos de fluencia del orden de 5000 kg/cm<sup>2</sup>. El espaciamiento de las varillas está comprendidas entre los 5 a 40 cm y los diámetros de 2 a 7 mm, aproximadamente. En algunos países, en lugar de varillas lisas, se usan varillas con algún tipo de irregularidad superficial, para mejorar la adherencia. El acero que se emplea en estructuras presforzadas es de resistencia francamente superior a la de los aceros descritos anteriormente. Su resistencia última varía entre 14000 y 22000 kg/cm<sup>2</sup> y su límite de fluencia, definido por el esfuerzo correspondiente a una deformación permanente de 0.002 mts, entre 12000 y 19000 kg/cm<sup>2</sup>.

## Diseño de estructuras de concreto

Una construcción u obra puede concebirse como un sistema, entendiéndose por sistema un conjunto de subsistemas y elementos que se combinan en forma ordenada para cumplir con una determinada función. Un edificio, por ejemplo, está integrado por varios subsistemas: el de los elementos arquitectónicos para encerrar espacios, el estructural, las instalaciones eléctricas, las sanitarias, las de acondicionamiento de aire y los elevadores. Todos estos subsistemas interactúan de manera que en su diseño debe tenerse en cuenta la relación que existe entre ellos. Así, no puede confiarse que el lograr la solución óptima para cada uno de ellos conduzca a la solución óptima para el edificio en su conjunto.

Una estructura puede concebirse como un sistema también, es decir, como un conjunto de partes o componentes que se combinan en forma ordenada para cumplir una función dada, que puede ser: salvar un claro, como en los puentes; encerrar un espacio, como sucede en los distintos tipos de edificios; o contener un empuje, como en los muros de contención, tanques o silos. La estructura debe cumplir la función a la que está destinada con un grado razonable de seguridad y de manera que tenga un comportamiento adecuado en las condiciones normales de servicio. Además, deben satisfacerse otros requisitos, tales como mantener el costo dentro de límites económicos y satisfacer determinadas exigencias estéticas.

## Características, acción y respuesta de los elementos de concreto.

El objeto del diseño de estructuras consiste en determinar las dimensiones y características de los elementos de una estructura para que ésta cumpla cierta función con un grado de seguridad razonable, comportándose además satisfactoriamente una vez en condiciones de servicio. Debido a estos requisitos es preciso conocer las relaciones que existen entre las características de los elementos de una estructura (dimensiones, refuerzos, etc.), las solicitaciones que debe soportar y los efectos que dichas solicitaciones producen en la estructura. En otras

palabras, es necesario conocer las características acción-respuesta de la estructura estudiada.

Las acciones en una estructura son las solicitaciones a que puede estar sometida. Entre éstas se encuentran, por ejemplo, el peso propio, las cargas vivas, las presiones por viento, las aceleraciones por sismo y los asentamientos. La respuesta de una estructura, o de un elemento, es su comportamiento bajo una acción determinada, y puede expresarse como deformación, agrietamiento, durabilidad, vibración. Desde luego, la respuesta está en función de las características de la estructura, o del elemento estructural considerado.

Si se conocen las relaciones para todas las combinaciones posibles de acciones y características de una estructura, se contará con una base racional para establecer un método de diseño. Este tendrá por objeto determinar las características que deberá tener una estructura para que, al estar sometida a ciertas acciones, su comportamiento o respuesta sea aceptable desde los puntos de vista de seguridad frente a la falla y de utilidad en condiciones de servicio.

En los procedimientos de diseño, el dimensionamiento se lleva a cabo normalmente a partir de las acciones interiores, calculadas por medio de un análisis de la estructura. *Debe notarse que, para diseñar satisfactoriamente no siempre es necesario obtener las acciones interiores inducidas por las exteriores.*

Las principales acciones interiores que actúan en las estructuras las podemos enumerar en:

a) Compresión, b) tensión, c) torsión y, d) cortante. La compresión en elementos estructurales casi nunca se presenta sola, sino con tensión, combinación a la que se le denomina flexión; y para términos de análisis a la compresión sola se le denomina carga axial: asimismo, en los diversos elementos estructurales se pueden presentar muchas combinaciones.

<b><i>Acciones interiores</i></b>	<b><i>Características del elemento</i></b>	<b><i>Respuestas</i></b>
carga axial	tipo de concreto	deformación
flexión	tipo de refuerzo	agrietamiento
torsión	tamaño	durabilidad
cortante	forma restricción	vibración

## 5.2 METODOS PARA EL ANÁLISIS DEL DISEÑO DE LOSAS.

-El reglamento del American Concrete Institute (ACI) proporciona dos alternativas para analizar una losa en dos direcciones con marcos o un sistema de placas que son a) El método de diseño directo y b) El método del marco equivalente.

-La teoría de las líneas de fluencia es una que facilita la aplicación a formas y condiciones de frontera irregulares, en el caso anterior solo se aplica a casos y formas estándar, y por ello tiene inherente un factor de seguridad excesivamente grande con relación a la capacidad.

-La teoría al límite para placas surgió por desarrollar una solución al estado límite de las losas, se transformó en una necesidad debido a la posibilidad de encontrar variación en el campo de colapso que puede originar una carga menor de falla, por esto se buscó una solución de frontera superior que necesitara un mecanismo válido al proporcionarle la ecuación del trabajo, así como una solución de frontera inferior que requiera que el campo de esfuerzos cumpla en todas partes con la ecuación diferencial de equilibrio.

El nivel actual de conocimientos permite evaluar razonablemente, la capacidad a la flexión, la capacidad al cortante del sistema losa-columna y el comportamiento en condiciones de servicio, determinado por el control de deflexiones y agrietamientos.

### 5.3 DEFINICIONES BÁSICAS.

#### 5.3.1 CONCEPTO DEL REFUERZO OBLICUO.

Puede lograrse una economía adicional en el espesor de pisos y en los costos totales de un edificio, por el empleo del refuerzo en forma oblicua, cuyos refuerzos no son paralelos a los lados del rectángulo de base, sino que forman un ángulo de cuarenta y cinco con esos lados ver gráfica No. 3

El refuerzo en forma oblicua no cubre luces muy distintas a la losa de refuerzo tradicional, y disminuyen sobremanera la pérdida de la acción bidireccional. Además, las varillas de refuerzo correspondientes a los vértices de rectángulo son más cortas y más rígidas que la demás, y brindan apoyo más resistente a las varillas que las cruzan. Para cargas concentradas alrededor del centro de la losa o para cargas uniformemente distribuidas, estos apoyos rígidos producen una inversión en la curvatura de las varillas más largas, que se comportan como si estuvieran empotradas en los extremos. Por consiguiente tienen más eficiencia estructural.

#### 5.3.2 CONCEPTO DE LOSA O PLACA

Una placa o losa es un elemento estructural monolítico de espesor relativamente pequeño, usado para cubrir una área que en un comienzo supondremos de forma rectangular. El trabajo de una placa es análogo al de un entramado de vigas soldadas, formado por un número infinito de vigas infinitamente pequeñas, dispuestas una junto a la otra, la placa se comporta como un conjunto de vigas soldadas que transfiere la carga a los apoyos

mediante las menores tensiones posibles. Toda placa distribuye la carga entre los apoyos, y lo hace de la manera más económica posible.

Dado que toda placa puede considerarse como un entramado de vigas, las transferencias no tienen lugar en una sola dirección sino en dos, y la acción de placa equivale a una acción de viga en dos direcciones, sumada a la acción de torsión. El hecho de resistir las cargas mediante efecto de torsión es característico de las placas y las distinguen de las vigas y de los entramados, pues ni siquiera los entramados soldados pueden desarrollar una acción de torsión distribuida de manera uniforme. Es importante hacer ver que a la torsión de la placa se debe un porcentaje de su capacidad de carga. Por ejemplo en una placa cuadrada, uniformemente cargada y simplemente apoyada en sus cuatro lados, al efecto de torsión se debe el 50% de la transferencia de carga a los apoyos.

Isostáticas: son las líneas principales de tensión, que dan el recorrido de las tensiones de flexión en la placa.

Si se apoya una placa cuadrada sobre un agujero también cuadrado, de modo que los bordes puedan aportar sólo reacciones hacia arriba, Las esquinas de la placa se curvan en esa dirección. A fin de tener todo el borde de la placa en contacto con los apoyos, es necesario presionar las esquinas hacia abajo por medio de fuerzas concentradas. Para una placa cuadrada sometida a la acción de una carga concentrada en su centro, las cuatro fuerzas de las esquinas agregan alrededor de 50% de la carga total.

La rigidez de una placa cuadrada simplemente apoyada puede compararse a la de las vigas simplemente apoyadas con luces iguales a los lados de la placa. La deflexión central de ésta es 42% menor que las

correspondientes deflexiones de las vigas. Las tensiones máximas de corte aparecen siempre formando ángulos de  $45^\circ$  con las direcciones principales; en las esquinas de la placa, el corte actúa de tal forma que las barras de refuerzo pueden orientarse al mismo ángulo, con el fin de absorber directamente las correspondientes tensiones de tracción.

La deflexión central de la placa es sólo 15% menor que la deflexión de las vigas transversales paralelas a sus lados cortos.

Las condiciones de apoyo pueden diferir en los cuatro lados de una placa. Ésta puede tener dos lados paralelos simplemente apoyados y dos bordes paralelos empotrados. En este caso, la mayor rigidez de los lados largos, debido a que son fijos, puede compensar la gran relación entre las longitudes de los lados. Análogamente, una placa puede tener dos lados adyacentes simplemente apoyados, y los otros dos sin apoyos.

Las placas pueden apoyar también en columnas, bien articuladas, bien empotradas a ellas. La unión entre columnas y placas debe proyectarse para absorber el llamado “punzonamiento” de las columnas, y requiere a menudo el uso de capiteles o placas intermedias de distribución.

### 5.3.3 CONCEPTO FUNDAMENTAL SOBRE LINEAS PRINCIPALES DE TENSION.

La teoría de las líneas de tensión o de fluencia, es una solución de frontera superior al problema de las placas. Esto significa que la capacidad predicha a la flexión de la losa, tiene el valor esperado más alto en comparación con los resultados de ensayos. Adicionalmente, la teoría

supone un comportamiento totalmente rígido-plástico, esto significa que la placa permanece plana en el colapso, produciendo sistemas rígidos de falla plana. Por consecuencia, no se obtienen las deformaciones, ni se consideran las fuerzas en compresión de membrana que actuarán en el plano de la losa o placa. Se considera que las placas son altamente sobre reforzadas, de tal forma que el porcentaje máximo de refuerzo no excede 0.5% de la sección de la losa (base por espesor).

Esta teoría tiene una ventaja específica, que consiste en que por este método es posible encontrar soluciones para cualquier forma de losa o placa, mientras que la mayoría de los otros métodos se aplican solamente a formas rectangulares con cálculos complicados por los efectos de frontera. El Ingeniero podrá encontrar con facilidad la capacidad a la flexión para otras formas de losas, a condición de que el mecanismo de falla sea conocido.



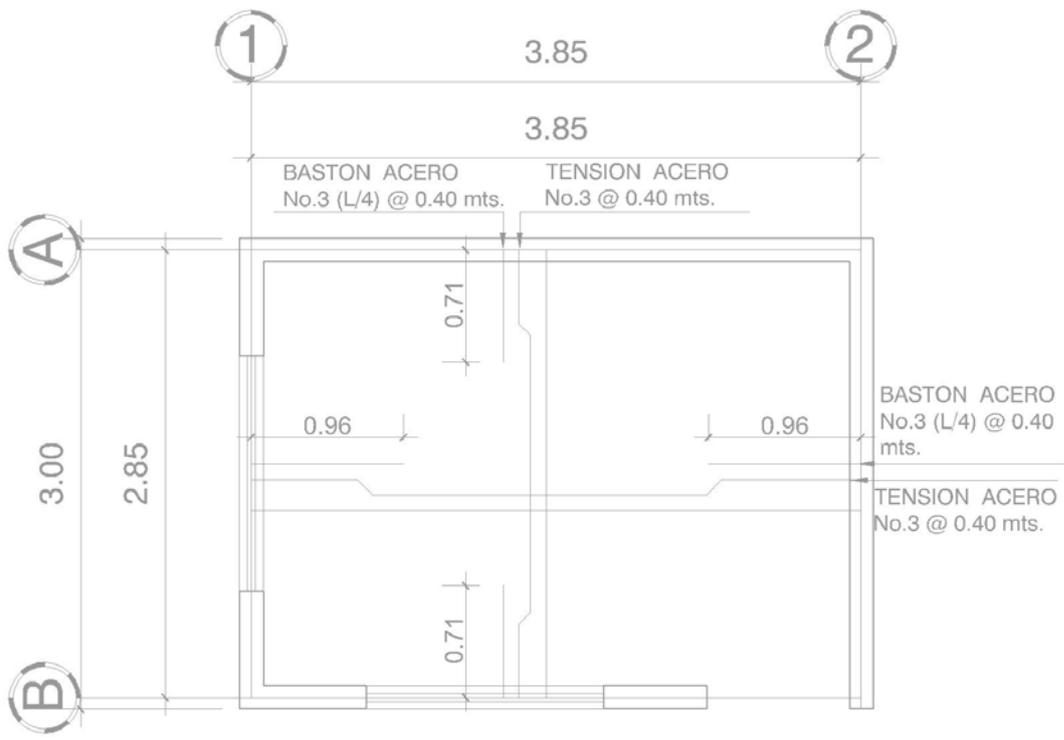
## **6. HIPÓTISIS**

### **PRESENTACION DEL PROYECTO A ANALIZAR**

El proyecto al cual se someterá el análisis, es una construcción de un nivel, y el análisis será específicamente de la losa de esta construcción sencilla. En las siguientes hojas están los planos: Planta de la losa que se analizará y el isométrico para poderse formar la idea del tipo de proyecto.

PLANOS DE REFERENCIA (Siguiendo cuatro páginas)





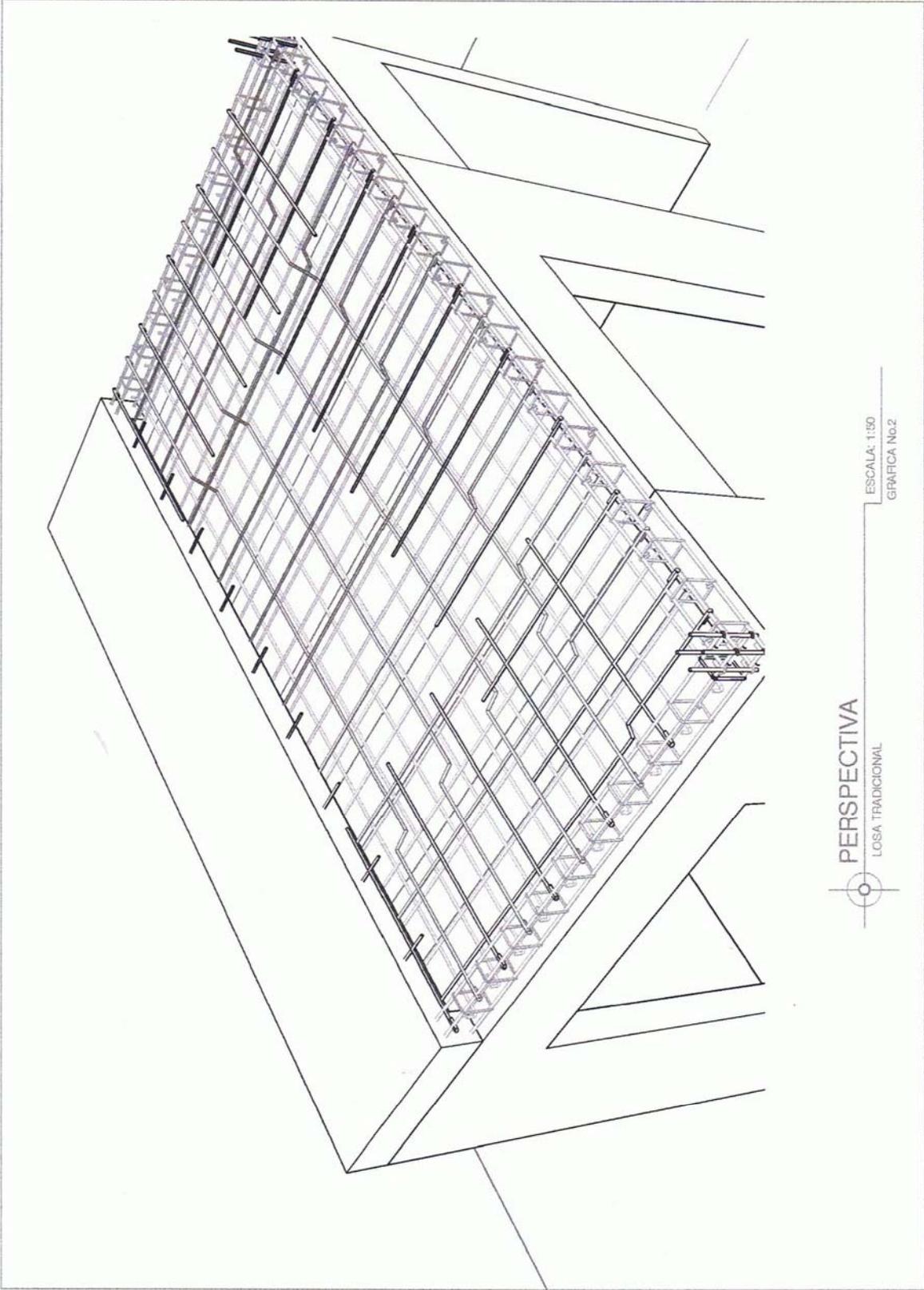
**PLANTA ARMADO DE LOSA**

LOSA TRADICIONAL

ESCALA: 1:50

GRAFICA No.1

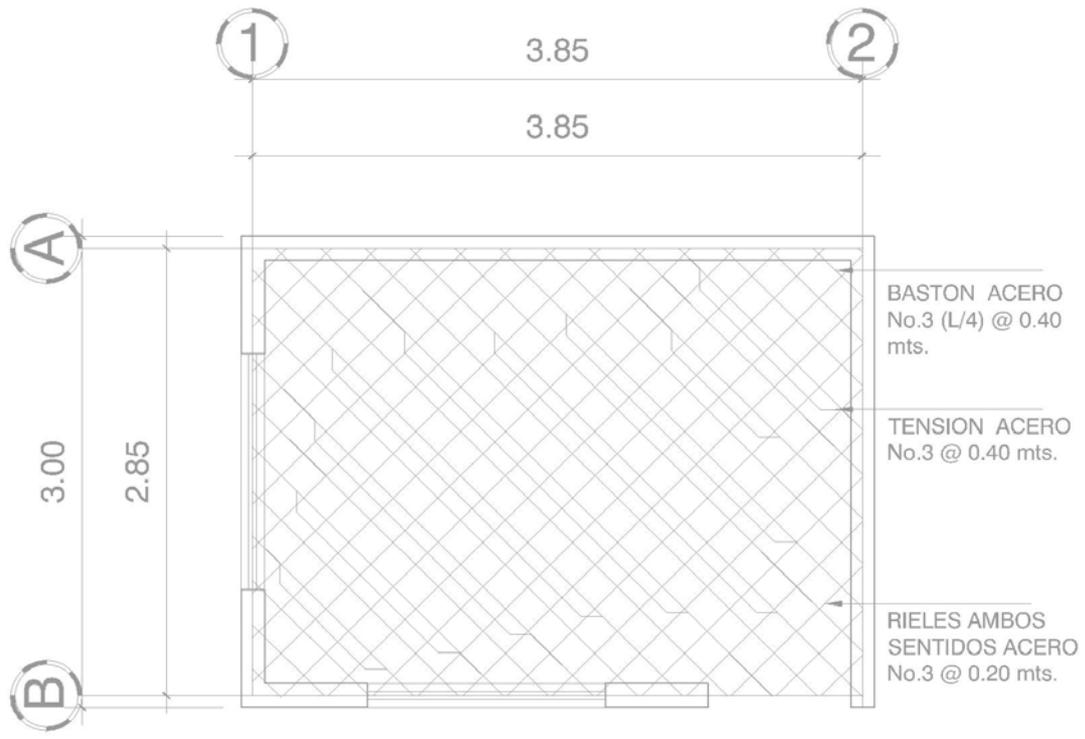




PERSPECTIVA  
LOSA TRADICIONAL

ESCALA: 1:50  
GRAFICA No.2



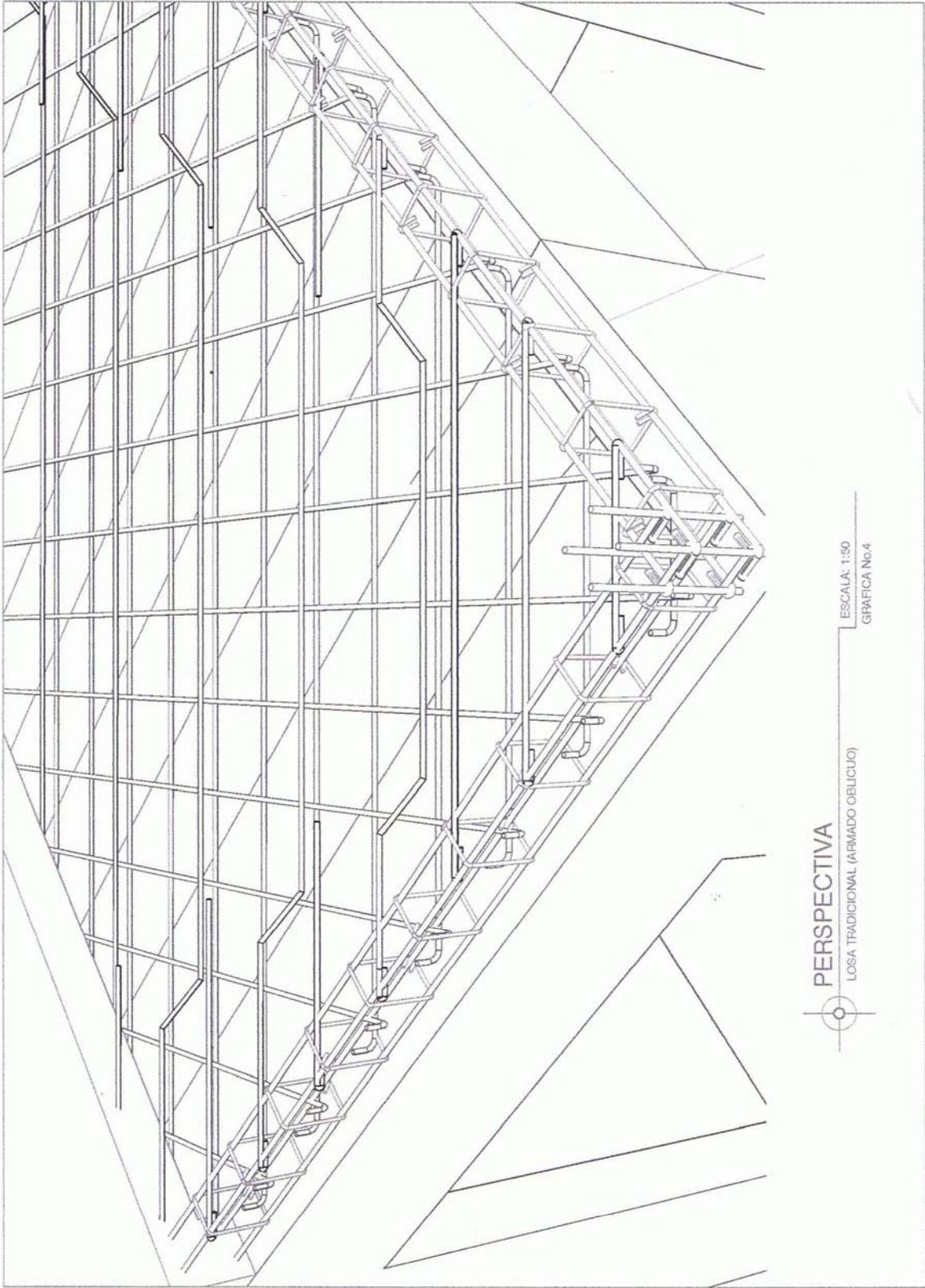


### PLANTA ARMADO DE LOSA

LOSA TRADICIONAL (ARMADO OBLICUO)

ESCALA: 1:50  
GRAFICA No.3





**PERSPECTIVA**

LOSA TRADICIONAL (ARMADO OBLICUO)

ESCALA: 1:50  
GRAFICA No.4





DATOS BASICOS DE LA LOSA	
Luz Mayor:	4
Luz Menor:	3
Área en Metros Cuadrados:	12
Volumen en Metros Cúbicos:	1.44

CUADRO PARA CÁLCULO DE INTEGRACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS				
ING. CIVIL LEONEL ESTUARDO LÓPEZ FERNÁNDEZ				
PROYECTO: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOSAS				
LOSA TRADICIONAL				
CANTIDAD	12.00	mts <sup>2</sup>	FECHA:	JULIO DE 1998
<b>MAQUINARIA</b>				
DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO DIRECTO
mezcladora de un saco	5.00	hora	55.00	275.00
<b>TOTAL DE MEZCLADORA DE UN SACO:</b>				<b>275.00</b>
<b>MANO DE OBRA (A DESTAJO)</b>	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNIT.	TOTAL
Hechura de solera final	14.00	ml	8.00	112.00
Hechura de armadura de losa	12.00	mts <sup>2</sup>	33.00	396.00
Paraleado y entarimado de terraza	12.00	mts <sup>2</sup>	15.00	180.00
Botado de tarima y parales	12.00	mts <sup>3</sup>	9.00	108.00
Fundición de losa	12.00	mts <sup>3</sup>	18.00	216.00
Curado de losa	12.00	mts <sup>3</sup>	7.00	84.00
Personal para fundición	12.00	personas	80.00	960.00
<b>TOTAL DE MANO DE OBRA:</b>				<b>2,056.00</b>
<b>MATERIALES (SIN IVA)</b>	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNIT.	TOTAL
Cemento	13.00	saco	26.00	338.00
Arena	1.05	m3	90.00	94.50
Piedrín	1.05	m3	110.00	115.50
Alambre de amarre	15.00	lbs	3.50	52.50
Hierro No.3	43.00	varilla	22.00	946.00
Hierro No.2	9.00	varilla	9.00	81.00
Clavo de 2/12"	15	lbs	3.50	Q52.50
Clavo de 3"	15	lbs	3.50	Q52.50
<b>TOTAL DE MATERIALES:</b>				<b>1,732.50</b>
<b>OTROS</b>	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNIT.	TOTAL
IMPREVISTOS	5.00	%	2,056.00	102.80
Alquiler de madera: tabla	23.00	unidad	7.00	161.00
Alquiler de madera: paral	33.00	unidad	5.00	165.00
<b>TOTAL DE OTROS</b>				<b>428.80</b>

COSTO TOTAL DIRECTO: 4,492.30

---

<b>CUADRO PARA CALCULO DE INTEGRACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS</b>				
ING. CIVIL LEONEL ESTUARDO LÓPEZ FERNÁNDEZ				
PROYECTO: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOSAS				
<b>LOSA REFORZADA FORMA OBLICUA</b>				
CANTIDAD		12.00 mts <sup>2</sup>	FECHA:	JULIO DE 1998
<b>MAQUINARIA</b>				
DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO DIRECTO
mezcladora de un saco	5.00	hora	55.00	275.00
<b>TOTAL DE MEZCLADORA DE UN SACO:</b>				<b>275.00</b>
<b>MANO DE OBRA (A DESTAJO)</b>	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNIT.	TOTAL
Hechura de solera final	14.00	ml	8.00	112.00
Hechura de armadura de losa	12.00	mts <sup>2</sup>	33.00	396.00
Paraleado y entarimado de terraza	12.00	mts <sup>2</sup>	15.00	180.00
Botado de tarima y parales	12.00	mts <sup>3</sup>	9.00	108.00
Fundición de losa	12.00	mts <sup>3</sup>	18.00	216.00
Curado de losa	12.00	mts <sup>3</sup>	7.00	84.00
Personal para fundición	12.00	personas	80.00	960.00
<b>TOTAL DE MANO DE OBRA:</b>				<b>2,056.00</b>
<b>MATERIALES (SIN IVA)</b>	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNIT.	TOTAL
Cemento	11.00	saco	26.00	286.00
Arena	0.85	m3	90.00	76.50
Piedrín	0.85	m3	110.00	93.50
Alambre de amarre	15.00	lbs	3.50	52.50
Hierro No.3	27.00	varilla	22.00	594.00
Hierro No.2	9.00	varilla	9.00	81.00
Clavo de 2/12"	15	lbs	3.50	Q52.50
Clavo de 3"	15	lbs	3.50	Q52.50
<b>TOTAL DE MATERIALES:</b>				<b>1,288.50</b>
<b>OTROS</b>	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNIT.	TOTAL
IMPREVISTOS	5.00	%	2,056.00	102.80
Alquiler de madera: tabla	23.00	unidad	7.00	161.00
Alquiler de madera: paral	33.00	unidad	5.00	165.00
<b>TOTAL DE OTROS</b>				<b>428.80</b>
<b>COSTO TOTAL DIRECTO</b>				<b>4,048.30</b>



CUADRO PARA CALCULO DE INTEGRACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS				
ING. CIVIL LEONEL ESTUARDO LÓPEZ FERNÁNDEZ				
PROYECTO: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOSAS				
LOSA REFORZADA FORMA OBLICUA				
CANTIDAD		12.00 mts <sup>2</sup>	FECHA:	JULIO DE 1998
<b>MAQUINARIA</b>				
DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO DIRECTO
mezcladora de un saco	5.00	hora	55.00	275.00
<b>TOTAL DE MEZCLADORA DE UN SACO:</b>				<b>275.00</b>
MANO DE OBRA (A DESTAJO)	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNIT.	TOTAL
Hechura de solera final	14.00	ml	8.00	112.00
Hechura de armadura de losa	12.00	mts <sup>2</sup>	33.00	396.00
Paraleado y entarimado de terraza	12.00	mts <sup>2</sup>	15.00	180.00
Botado de tarima y parales	12.00	mts <sup>3</sup>	9.00	108.00
Fundición de losa	12.00	mts <sup>3</sup>	18.00	216.00
Curado de losa	12.00	mts <sup>3</sup>	7.00	84.00
Personal para fundición	12.00	personas	80.00	960.00
<b>TOTAL DE MANO DE OBRA:</b>				<b>2,056.00</b>
MATERIALES (SIN IVA)	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNIT.	TOTAL
Cemento	11.00	saco	26.00	286.00
Arena	0.85	m3	90.00	76.50
Piedrín	0.85	m3	110.00	93.50
Alambre de amarre	15.00	lbs	3.50	52.50
Hierro No.3	27.00	varilla	22.00	594.00
Hierro No.2	9.00	varilla	9.00	81.00
Clavo de 2/12"	15	lbs	3.50	Q52.50
Clavo de 3"	15	lbs	3.50	Q52.50
<b>TOTAL DE MATERIALES:</b>				<b>1,288.50</b>
OTROS	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNIT.	TOTAL
IMPREVISTOS	5.00	%	2,056.00	102.80
Alquiler de madera: tabla	23.00	unidad	7.00	161.00
Alquiler de madera: paral	33.00	unidad	5.00	165.00
<b>TOTAL DE OTROS</b>				<b>428.80</b>

COSTO TOTAL DIRECTO

4,048.30

## RESUMEN:

Para los cálculos anteriores se tomó en cuenta tanto materiales y mano de obra, costos en el año 1998 que se utilizaron en el sector de la Antigua Guatemala. A continuación la comparación de los costos de los dos sistemas constructivos.

RESUMEN AÑO 1998	
Costo Directo Losa Tradicional:	4,492.30
Costo Directo Losa Reforzada en Forma Oblicua:	<u>4,048.30</u>
Diferencia:	444.00

Porcentaje de Incremento 10.97%

CUADRO PARA CÁLCULO DE INTEGRACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS				
ING. CIVIL LEONEL ESTUARDO LÓPEZ FERNÁNDEZ				
PROYECTO: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOSAS				
LOSA TRADICIONAL				
CANTIDAD	12.00	mts <sup>2</sup>	FECHA	JULIO DEL 2008
<b>MAQUINARIA</b>				
DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO DIRECTO
mezcladora de un saco	5.00	hora	55.00	275.00
<b>TOTAL DE MEZCLADORA DE UN SACO:</b>				<b>275.00</b>
MANO DE OBRA (A DESTAJO)	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNIT.	TOTAL
Hechura de solera final	14.00	ml	8.00	112.00
Hechura de armadura de losa	12.00	mts <sup>2</sup>	33.00	396.00
Paraleado y entarimado de terraza	12.00	mts <sup>2</sup>	15.00	180.00
Botado de tarima y parales	12.00	mts <sup>3</sup>	9.00	108.00
Fundición de losa	12.00	mts <sup>3</sup>	18.00	216.00
Curado de losa	12.00	mts <sup>3</sup>	7.00	84.00
Personal para fundición	12.00	personas	80.00	960.00
<b>TOTAL DE MANO DE OBRA:</b>				<b>2,056.00</b>
MATERIALES (SIN IVA)	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNIT.	TOTAL
Cemento	13.00	saco	53.00	689.00
Arena	1.05	m <sup>3</sup>	145.00	152.25
Piedrín	1.05	m <sup>3</sup>	165.00	173.25
Alambre de amarre	15.00	lbs	7.50	112.50
Hierro No.3	43.00	varilla	39.00	1,677.00
Hierro No.2	9.00	varilla	17.00	153.00
Clavo de 2/12"	15	lbs	7.50	Q112.50
Clavo de 3"	15	lbs	7.50	Q112.50
<b>TOTAL DE MATERIALES:</b>				<b>3,182.00</b>
OTROS	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNIT.	TOTAL
IMPREVISTOS	5.00	%	2,056.00	102.80
Alquiler de madera: tabla	23.00	unidad	7.00	161.00
Alquiler de madera: paral	33.00	unidad	5.00	165.00
<b>TOTAL DE OTROS</b>				<b>428.80</b>

COSTO TOTAL DIRECTO: 5,941.80



<b>CUADRO PARA CALCULO DE INTEGRACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS</b>				
ING. CIVIL LEONEL ESTUARDO LÓPEZ FERNÁNDEZ				
PROYECTO: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOSAS				
<b>LOSA REFORZADA FORMA OBLICUA</b>				
CANTIDAD		12.00 mts <sup>2</sup>	FECHA:	JULIO DEL 2008
<b>MAQUINARIA</b>				
DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO DIRECTO
mezcladora de un saco	5.00	hora	55.00	275.00
<b>TOTAL DE MEZCLADORA DE UN SACO:</b>				<b>275.00</b>
MANO DE OBRA (A DESTAJO)	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNIT.	TOTAL
Hechura de solera final	14.00	ml	8.00	112.00
Hechura de armadura de losa	12.00	mts <sup>2</sup>	33.00	396.00
Paraleado y entarimado de terraza	12.00	mts <sup>2</sup>	15.00	180.00
Botado de tarima y parales	12.00	mts <sup>3</sup>	9.00	108.00
Fundicion de losa	12.00	mts <sup>3</sup>	18.00	216.00
Curado de losa	12.00	mts <sup>3</sup>	7.00	84.00
Personal para fundición	12.00	personas	80.00	960.00
<b>TOTAL DE MANO DE OBRA:</b>				<b>2,056.00</b>
MATERIALES (SIN IVA)	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNIT.	TOTAL
Cemento	11.00	saco	53.00	583.00
Arena	0.85	m3	145.00	123.25
Piedrín	0.85	m3	165.00	140.25
Alambre de amarre	15.00	lbs	7.50	112.50
Hierro No.3	27.00	varilla	39.00	1,053.00
Hierro No.2	9.00	varilla	17.00	153.00
Clavo de 2/12"	15	lbs	7.50	Q112.50
Clavo de 3"	15	lbs	7.50	Q112.50
<b>TOTAL DE MATERIALES:</b>				<b>2,390.00</b>
OTROS	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNIT.	TOTAL
IMPREVISTOS	5.00	%	2,056.00	102.80
Alquiler de madera: tabla	23.00	unidad	7.00	161.00
Alquiler de madera: paral	33.00	unidad	5.00	165.00
<b>TOTAL DE OTROS</b>				<b>428.80</b>
<b>COSTO TOTAL DIRECTO</b>			<b>5,149.80</b>	

## RESUMEN:

Para los cálculos anteriores se tomó en cuenta tanto materiales y mano de obra, costos actuales que se están utilizando en el sector de la Antigua Guatemala. A continuación la comparación de los costos de los dos sistemas constructivos.

RESUMEN AÑO 2008	
Costo Directo Losa Tradicional:	5,941.80
Costo Directo Losa Reforzada en Forma Oblicua:	5,149.80
Diferencia:	792.00

Porcentaje de Incremento 15.38%

## CONCLUSIONES

En las comparaciones hechas anteriormente se puede observar que el incremento del precio de los materiales de construcción aumenta el porcentaje de diferencia entre los costos unitarios de los dos sistemas en las dos fechas distintas. En teoría para poder hacer estos análisis de costos se asumió la mano de obra constante, la razón es por no tener aumentos significativos, por tratarse de trabajos a destajo.

Entonces resulta que en el año 1998 la diferencia en porcentaje relacionando el costo directo más alto con el más bajo resultó ser el 10.97% mientras que en la actualidad nos dio el 15.38%.

Por lo consiguiente y con mayor razón es un porcentaje considerable que se puede ahorrar modificando la forma de reforzar una losa obteniendo una mayor eficiencia estructural.



## RECOMENDACIONES

En relación al comportamiento estructural del refuerzo de acero colocado en forma oblicua, recomiendo que se hagan ensayos de laboratorio para rectificar lo que en teoría se expuso en este trabajo de graduación: Mayor eficiencia estructural.

Debido al constante incremento de los materiales de construcción está demostrado que aunque también aumente la mano de obra si es más económico utilizar el Sistema de Losas reforzado en forma oblicua.

Es importante considerar que al principio se deben tomar algunas medidas para adiestrar a las personas, como buscar una metodología de cortar el acero de refuerzo de una forma práctica, para que no se incrementen los costos mientras que se adaptan al nuevo sistema constructivo.



## BIBLIOGRAFIA:

1 American Concrete Institute (ACI), Detroit 1,983

2 Estructura para Arquitectos, Salvadori y Heller.

3 Concreto Reforzado, Dr. Edward G. Nawy, P.E. Prentice Hall  
Hispanoamericana S.A.

4 Estructuras de Concreto Reforzado, R. Park – T. Paulay  
Departamento  
de Ingeniería Civil Christchurch, Nueva Zelandia. Limusa

5 Aspectos fundamentales del concreto reforzado. González Cuevas,  
Robles. Limusa. 2a. Edición.

6 Vides Tobar Amando, Enseñanza Practica en la Construcción de  
Vivienda. Guatemala – Editorial Piedra Santa.