



**FACULTAD DE POSTGRADO  
TESIS DE POSGRADO**

**“COMPORTAMIENTO DE LOSAS COMPUESTAS CON  
CONCRETO ALIGERADO ESTRUCTURAL”.**

**SUSTENTADO POR:**

**MERCEDES ROSAURA MEJÍA MEJÍA  
KEILYN MARILIN OLIVA SERVELLÓN**

**PREVIA INVESTIDURA AL TÍTULO DE**

**MÁSTER EN  
INGENIERÍA DE ESTRUCTURAS**

**TEGUCIGALPA, F. M., HONDURAS, C.A.**

**OCTUBRE, 2017**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA  
UNITEC**

**FACULTAD DE POSGRADO**

**AUTORIDADES UNIVERSITARIAS**

**RECTOR**

**MARLON ANTONIO BREVÉ REYES**

**SECRETARIO GENERAL**

**ROGER MARTÍNEZ MIRALDA**

**DECANO DE LA FACULTAD DE POSTGRADO**

**JOSÉ ARNOLDO SERMEÑO LIMA**

**“COMPORTAMIENTO DE LOSAS COMPUESTAS CON  
CONCRETO ALIGERADO ESTRUCTURAL”.**

**TRABAJO PRESENTADO EN CUMPLIMIENTO DE LOS  
REQUISITOS EXIGIDOS PARA OPTAR AL TÍTULO DE  
MÁSTER EN  
INGENIERÍA DE ESTRUCTURAS**

**ASESOR METODOLÓGICO  
MINA CECILIA GARCIA LEZCANO**

**ASESOR TEMÁTICO  
OSCAR SÁNCHEZ**

**MIEMBROS DE LA TERNA  
KARLA UCLÉS  
LUZ MARINA FUNEZ  
DORIAN ESPINOZA**



**FACULTAD DE POSTGRADO**  
**“COMPORTAMIENTO LOSAS COMPUESTAS CON CONCRETO ALIGERADO ESTRUCTURAL”.**

**NOMBRE DE LOS MAESTRADOS:**

**Mercedes Rosaura Mejía Mejía**

**Keilyn Marilyn Oliva Servellón**

**Resumen**

El presente estudio se realizó con el propósito de valorar una propuesta de uso de entresijos de sección compuesta con concreto aligerado en edificios de uso residencial, dada la tendencia del desarrollo de vivienda vertical en Tegucigalpa, M.D.C, se inició de forma exploratoria identificando el conocimiento, grado de interés de los temas y desarrollo de esta propuesta entre los miembros del rubro de ingeniería civil, vinculados al diseño y desarrollo de edificios de uso residencial, identificándose alto grado de interés, lo cual justifica el estudio de la propuesta, que consistió en comparar el comportamiento de un entresijo con cinco tipos de concreto, cuatro aligerados y el de densidad normal. Mediante el uso del software Etabs y hojas de cálculo se realizaron 80 modelos variando el espaciamiento de vigas secundarias, espesor de la losa y módulo de elasticidad correspondiente a cada uno de los tipos de concreto, encontrándose un mejor desempeño de la losa con concreto aligerado.

Palabras claves: Alternativas estructurales, concreto aligerado estructural, concreto liviano, losas compuestas.



## **GRADUATE SCHOOL**

### **“BEHAVIOR OF COMPOSITE SLABS WITH STRUCTURAL ALIGERATE CONCRETE”.**

#### **POSTGRADUATE NAMES:**

**Mercedes Rosaura Mejía Mejía**

**Keilyn Marilin Oliva Servellón**

#### **Abstract**

The present study was carried out with the purpose of evaluating a proposal of use of floor slabs having a composite section with lightened concrete in buildings of residential use, given the tendency of vertical housing disruption in Tegucigalpa M.D.C. It began in an exploratory manner, identifying the knowledge and degree of interest in the development in this proposal among the members of the civil engineering industry, linked to the design and development residential buildings, identifying a lot of interest, which justifies the study of the proposal that consisted of comparing the behavior of a mezzanine with three types of concrete, two lightened and the normal density using the software Etabs, 48 models were made by varying the spacing of secondary beams, thickness of the slab and modulus of elasticity corresponding to each of the types of concrete, being a better performance of the slab with lightened concrete.

Keywords: Composite slab, lightweight concrete, steel deck, structural alternatives.

## **DEDICATORIA**

A DIOS POR SER GUIA.

A MIS AMADOS PADRES Y HERMANOS POR EL APOYO INCONDICIONAL EN

CADA PASO DE MI VIDA.

MERCEDES

A MIS PADRES Y HERMANAS.

KEILYN

## **AGRADECIMIENTO**

Le doy las gracias a Dios por permitirme culminar una meta más, por ser mi fortaleza y guía, a mi amada familia, mis Padres por ser parte de cada uno de los logros de mi vida, mis hermanos por el apoyo incondicional que he recibido de ellos, a mis maestros que han sido fuente de inspiración.

Mercedes

Agradezco a Dios por tener la oportunidad de acceder a la educación, que desde mi origen era un sueño. A mis padres por ser el camino y luz que me orientaron llegar hasta aquí, a mis maestros por su pasión y ejemplo de amar el conocimiento, dejando huella de un profundo agradecimiento. A mis hermanas por ser mis ángeles guardianes en todas las circunstancias. A los Ingenieros y Arquitectos que inspiran respeto en el ejercicio profesional y son una fuente de inspiración para querer desarrollar la industria de la construcción en Honduras.

Keilyn

## ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN .....	1
1.1    Introducción .....	1
1.2    Antecedentes del Problema .....	2
1.3    Definición del Problema .....	2
1.3.1    Enunciado del Problema .....	2
1.3.2    Formulación del Problema .....	2
1.3.3    Preguntas de Investigación .....	3
1.4    Objetivos del Proyecto .....	3
1.4.1    Objetivo General .....	3
1.4.2    Objetivos Específicos .....	4
1.5    Justificación .....	4
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO .....	5
2.1    Análisis de la Situación Actual del sistema estructural de losas compuestas. ....	5
2.2    Teorías de sustento de losas compuestas .....	5
2.3    Conceptualización .....	6
2.3.1    Losas Compuestas o mixtas .....	6
2.3.2    Ventajas de esta tipología estructural .....	9
2.3.3    Comportamiento de Sistema .....	9
2.3.4    Normativa del sistema .....	10
2.4    Análisis de la Situación Actual concreto aligerado. ....	12
2.4.1    Experiencia a nivel nacional .....	14
2.5    Teorías de sustento para el concreto aligerado.....	14
2.5.1    Análisis de las metodologías del concreto aligerado .....	14



2.5.2	Agregados ligeros y sus clasificaciones. ....	15
2.5.3	Consideraciones del Diseño de concreto de peso ligero .....	21
2.6	Conceptualización .....	29
2.7	Diseño de losas compuestas.....	31
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA.....		33
3.1	Congruencia Metodológica.....	33
3.1.1	Matriz Metodológica .....	33
3.1.2	Análisis de la Metodología. ....	34
3.1.3	Operacionalización de las variables .....	34
3.2	Enfoque y Métodos .....	35
3.3	Diseño de la investigación .....	35
3.3.1.	Población .....	36
3.3.2.	Muestra.....	36
3.3.3.	Unidades de Análisis.....	36
3.3.4.	Unidad de respuesta. ....	37
3.4.	Instrumentos, técnicas y procedimientos aplicados.....	37
3.4.1.	Instrumentos .....	37
3.4.2.	Técnicas.....	37
3.4.3.	Procedimientos .....	38
3.5.	Fuentes de información .....	39
3.5.1.	Fuentes primarias .....	39
3.5.2.	Fuentes secundarias.....	39
3.6.	Limitantes de estudio.....	39
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y ANÁLISIS .....		40
4.1.	Resultados y análisis de las encuesta.....	40

4.1.1. Hallazgo y significado .....	40
4.2. Análisis Estructural haciendo uso como instrumento la herramienta computacional del programa Etabs 2016. ....	48
4.2.1. Consideraciones preliminares para el modelo de la edificación habitacional .....	48
4.2.2. Consideraciones de los modelos para análisis estructural .....	53
4.2.3. Cálculo de cargas muertas, vivas, viento y sísmicas. ....	54
4.2.4. Análisis y Revisión Estructural.....	66
4.2.5. Resultados de los análisis .....	76
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	90
5.1. Conclusiones.....	90
5.2. Recomendaciones.....	91
CAPÍTULO VI. REFERENCIAS .....	92
Anexos.....	94
Anexos 1. Instrumento de investigación Encuesta .....	94
Anexos 2. Tablas de referencia .....	97
Anexo 3. Ejemplo de la hoja de cálculo para el cálculo de deflaciones 1 apoyo .....	100
Anexos 4. Fichas unitarias.....	118

## ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 1. Sistema de losa compuesta con lámina colaborante.....	6
Figura 2. Tipos de láminas .....	7
Figura 3. Tipos de conectores.....	8
Figura 4. Comportamiento de losas compuestas .....	9
Figura 5 Secciones compuestas .....	10
Figura 6. Clasificación del concreto estructural .....	15
Figura 7. Diagrama de variables de estudio con enfoque cualitativo.....	34
Figura 8. Diagrama de variables de estudio con enfoque cuantitativo.....	35
Figura 9. Diseño de la investigación.....	36
Figura 10. Diagrama de ejecución modelo de estudio. ....	39
Figura 11. Experiencia en construcción.....	41
Figura 12. Conocimiento de entrepisos de secciones compuestas .....	41
Figura 13. Estado del conocimiento de losas compuestas.....	42
Figura 14. Utilización de concreto estructural aligerado .....	42
Figura 15. Conocimiento de distribuidores de concreto estructural aligerado .....	43
Figura 16. Entrepisos utilizados con mayor frecuencia en edificios.....	44
Figura 17. Consideraciones al seleccionar un sistema de entrepisos. ....	44
Figura 18. Confiabilidad en el sistema de entrepiso de losa colaborante.....	45
Figura 19. Interés en la utilización de entrepiso de sección compuesta con concreto aligerado estructural.....	45
Figura 20. Aspectos con mayor importancia al realizar una construcción con concreto. ....	46

Figura 21. Interés en documento de comportamiento de entrepiso de losas compuestas con concreto aligerado.....	49
Figura 22. Planta Arquitectónica, Primer Nivel. NPT =+/-0.00 .....	49
Figura 23. Planta Arquitectónica, Segundo Nivel NPT =+3.55 y Tercer Nivel NPT =+6.70. ....	50
Figura 24. Planta Arquitectónica, Azotea NPT =+9.85 .....	51
Figura 25. Planta Arquitectónica, Techo Módulo de Gradass NPT =+13.00 .....	52
Figura 26. Velocidad mínima básica del viento, km/h (Figura 1.2.4-1). ....	57
Figura 27. Mapa de zonas sísmicas. ....	62
Figura 28. Espectro de respuesta elástico para $S=1.2$ , $T_a=0.186$ , $T_b=0.524$ , $e=2$ , $z=0.25$ . ....	65
Figura 29. Geometría Estructural de Análisis .....	66
Figura 30. Propiedades de sección losa Colaborante .....	70
Figura 31. Espectro de isoaceleraciones de diseño Etabs .....	72
Figura 32. Modelo diseñado con software Etabs .....	76
Figura 33. Comportamiento de deflexiones iniciales en losas con concreto aligerado versus concreto de densidad normal con un espesor de 5 cm .....	81
Figura 34. Comportamiento de deflexiones totales en losas de sección compuestas con concreto aligerado versus el normal, con un espesor de 5 cm. ....	82
Figura 35. Comportamiento de deflexiones iniciales en losas con concreto aligerado versus concreto de densidad normal con un espesor de 8 cm.....	82
Figura 36. Comportamiento de deflexiones totales en losas de sección compuestas con concreto aligerado versus el normal, con un espesor de 8 cm. ....	83
Figura 37. Comportamiento de deflexiones iniciales en losas con concreto aligerado versus concreto de densidad normal, con un espesor de 10 cm. ....	83

Figura 38. Comportamiento de deflexiones totales en losas de sección compuestas con concreto aligerado versus el normal, con un espesor de 10 cm .....	84.
Figura 39. Comportamiento de deflexiones iniciales en losas con concreto aligerado versus concreto de densidad normal, con un espesor de 12 cm. ....	84
Figura 40. Comportamiento de deflexiones totales en losas de sección compuesta con concreto aligerado versus el normal, con un espesor de 12 cm. ....	85
Figura 41. Comportamiento de deflexiones en losas compuestas con diferentes tipos de concreto variando espesor de losa para un apoyo intermedio. ....	86
Figura 42. Comportamiento de deflexiones en losas compuestas con diferentes tipos de concreto variando espesor de losa para dos apoyos intermedios. ....	87
Figura 43. Comportamiento de deflexiones en losas compuestas con diferentes tipos de concreto variando espesor de losa para tres apoyos intermedios. ....	87
Figura 44. Comportamiento de deflexiones en losas compuestas con diferentes tipos de concreto variando espesor de losa para cuatro apoyos intermedios. ....	88

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Matriz metodológica .....	33
Tabla 2. Cargas muertas aplicadas al modelo de la estructura .....	54
Tabla 3. Cargas uniformes y concentradas a utilizar 1.1.4-1 del CHOC .....	55
Tabla 4. Valores de “Ce” calculados con interpolación lineal de los Coeficiente combinado Ce para altura, exposición y factor de ráfaga, exposición tipo B basados en tabla 1.2.3-2 CHOC (2008: 1-12) .....	56
Tabla 5. Presión estática de viento $q_s$ . .....	58
Tabla 6. Presión de diseño del viento P por unidad de Área. ....	59
Tabla 7. Tabla de Resultados Cargas de Viento Puntuales por Nivel en X.....	60
Tabla 8. Tabla de Resultados Cargas de Viento Puntuales por Nivel en Y.....	60
Tabla 9. Densidad relativa de los hormigones ligeros (ASTM C642-06) .....	67
Tabla 10. Propiedades del concreto aligerado con espuma de poliestireno expandido .....	68
Tabla 11. Datos de la geometría de la sección de las losas colaborante según su Espesor. ....	70
Tabla 12. Listado de materiales generado por Etabs .....	77
Tabla 13. Pesos de los elementos estructurales resultantes de los diferentes modelos en estudio. .....	78
Tabla 14. Porcentajes de variación del peso de los elementos portantes en losas compuestas con concreto aligerado versus uno de densidad normal. ....	79
Tabla 15. Deflexiones correspondientes a los 80 modelos estructurales en estudio. ....	80
Tabla 16: Análisis de costos de costos correspondientes a 20 secciones de losas en estudio. ....	89

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Módulo de elasticidad .....	21
Ecuación 2. Módulo de elasticidad concreto liviano .....	22
Ecuación 3. Módulo de elasticidad concreto normal .....	22
Ecuación 4. Presión de viento. ....	56
Ecuación 5. Cortante de diseño en la base .....	61
Ecuación 6. Coeficiente numérico para el cálculo de diseño en la base .....	62
Ecuación 7. Periodo fundamental. ....	63
Ecuación 8. Para periodo $T < T_a$ . ....	64
Ecuación 9. Para periodo $T_a \leq T \leq T_b$ . ....	64
Ecuación 10. Para periodo $T > T_b$ . ....	64
Ecuación 11. Módulo de elasticidad del acero .....	69

# **CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN**

La demanda de vivienda en la ciudad de Tegucigalpa, M.D.C, en zonas céntricas, limitadas por el espacio, ha dado lugar al desarrollo de modelos de vivienda vertical. Atendiendo esta necesidad, la presente investigación genera una propuesta para el uso de entresijos con losas compuestas usando concreto aligerado, evaluando la relación entre el comportamiento estructural y el costo. El uso de este tipo de concreto de baja densidad, tiene el fin de reducir la carga muerta de la losa, para disminuir dimensionamiento de las secciones que la soportan.

## **1.1 Introducción**

La iniciativa de investigación del comportamiento de entresijo de losa de sección compuesta con concreto aligerado estructural, busca generar una propuesta alternativa de un sistema estructural más económico, sujeto a un comportamiento estructural satisfactorio bajo la norma nacional de diseño (CHOC). Se definen los procedimientos y parámetros a considerar en el proceso de análisis del comportamiento de este tipo de concretos, en estructuras de entresijos de sección compuesta, debido al interés de identificar las alternativas de uso en la construcción, basadas en el análisis de resultados. En base al comportamiento estructural observado.

Mediante las técnicas de investigación documental sobre el comportamiento de losas compuestas con concreto aligerado estructural, evaluación del registro del comportamiento de casos de estudio, modelado en un software, se evaluará su factibilidad en el uso para el diseño estructural de entresijos de losas compuestas en edificios de uso residencial en Tegucigalpa, M.D.C.



## 1.2 Antecedentes del Problema

El uso de concretos aligerados prevalece para fines muy específicos, en construcciones verticales se utiliza para disminuir las cargas, en losas compuestas (lamina colaborante y concreto) en edificios de uso residencial generalmente se usa concreto con densidad normal, lo anterior basado en la observación de diferentes construcciones verticales en la ciudad capital.

La distribución de concreto aligerado premezclado en Tegucigalpa, M.D.C., no está disponible, se encuentran concretos de media y baja densidad que no superan los  $110 \text{ kg/cm}^2$  en la resistencia a la compresión y normalmente son requeridos para sobre carga en edificios verticales, generar relleno y desniveles con el fin de disminuir carga muerta en las edificaciones (Lanza, 2017).

Sin embargo existe la disponibilidad de las plantas proveedoras de concreto de elaborar concretos aligerados estructurales bajo pedido específicos. (Relgado, 2017)

## 1.3 Definición del Problema

### 1.3.1 Enunciado del Problema

Necesidad de buscar alternativas de configuración estructural para entrepisos, basados en la disminución de densidades del concreto, separación de apoyos y espesores de losa que tenga un adecuado control de deflexiones, de forma que mejoren la economía de edificaciones de uso residencial en Tegucigalpa, M.D.C.

### 1.3.2 Formulación del Problema

La búsqueda de alternativas de sistemas de entrepisos para edificaciones de uso residencial en Tegucigalpa, M.D.C. realizando variantes a los sistemas actualmente utilizados como lo es el sistema de entrepiso de sección compuesta. Nos lleva a plantearnos la siguiente pregunta, ¿Es

factible el uso de losas de sección compuesta con concreto aligerado estructural, como una alternativa de entrepiso en edificios de uso residencial en Tegucigalpa, M.D.C. en referencia a su comportamiento estructural?

### 1.3.3 Preguntas de Investigación

- ¿Cuál es el grado de conocimiento e interés en el estudio de losas de sección compuesta con concreto aligerado estructural, de los ingenieros civiles relacionados con el diseño y ejecución de proyectos habitacionales en Tegucigalpa, M.D.C. ?
- ¿Cuál es el comportamiento de las deflexiones de un entrepiso de losa compuesta con concreto aligerado estructural, en comparación a uno de densidad normal?
- ¿Cómo influye el uso de concreto aligerado estructural en el peso de los elementos portantes de la estructura en general?
- ¿Qué factores influyen para el comportamiento diafragmático de un entrepiso de losa compuesta con concreto aligerado estructural?

## 1.4 Objetivos del Proyecto

### 1.4.1 Objetivo General

" Conocer el interés de los ingenieros civiles de Tegucigalpa, M.D.C. en el comportamiento de losas de sección compuesta con concreto aligerado estructural como alternativa para entrepisos en edificios de uso residencial, versus el uso de losas con concreto de densidad normal, mediante un análisis estructural comparativo."

#### 1.4.2 Objetivos Específicos

1. Identificar el grado de conocimiento e interés en el estudio de losas de sección compuesta con concreto aligerado, por los ingenieros civiles dedicados a la ejecución de proyectos habitacionales en Tegucigalpa M.D.C.
2. Determinar cuál es el comportamiento de las deflexiones de un entrepiso de losa compuesta con concreto aligerado en comparación a uno de densidad normal.
3. Determinar el impacto del uso de concreto aligerado estructural, en el peso de los elementos portantes de la estructura general en comparación al uso de concreto con densidad normal.
4. Estudiar los factores que influyen en el comportamiento diafragmático de un entrepiso de losa compuesta con concreto aligerado.

#### 1.5 Justificación

Las nuevas tendencias de tecnologías en el concreto en el mundo avanzan día a día. Para el caso, los concretos aligerados estructurales son usados a nivel mundial, aunque en Tegucigalpa, M.D.C. son de menor utilización (Lanza, 2017) por lo que la investigación del concreto aligerado en losas compuestas, genera información valiosa en lo que podrían ser soluciones viables y de gran utilidad en diversas construcciones verticales de uso residenciales.

Respondiendo a la creciente necesidad de vivienda en Tegucigalpa, M.D.C., donde la tendencia de desarrollo habitacional está siendo orientado al crecimiento vertical, con este estudio se busca generar una propuesta de entrepisos usando concreto aligerado estructural en losas de sección compuesta, para edificios de uso habitacional con materiales localmente disponibles, que bajo análisis y diseño estructural tenga un comportamiento satisfactorio.

## CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Análisis de la Situación Actual del sistema estructural de losas compuestas.

El análisis de diferentes tipologías de losas para mejorar su desempeño en ciertas aplicaciones estructurales no es nuevo ya que el conocimiento humano siempre busca expandirse en respuesta de la necesidad de optimizar tiempo y recursos.

Una de las consideraciones importantes a tener en cuenta en el diseño de una estructura es el cálculo de las cargas bajo las cuales va estar solicitada, en la mayoría de estructuras el peso propio incide directamente en el dimensionamiento de cada uno de los elementos de la estructura por lo que reducir las cargas muertas es de gran significado. En base a este contexto se ha dispuesto la investigación del sistema de entrepisos mixtos de concreto y acero colaborante, por su naturaleza son sistemas estructurales ligeros, sin embargo se propone aligerar aún más el sistema haciendo uso de concreto aligerado con el fin de reducir las secciones que las soportan y analizar la viabilidad de esta propuesta en cuanto a funcionamiento estructural y costos.

### 2.2 Teorías de sustento de losas compuestas

El uso de losas compuestas o mixtas de concreto con acero colaborante ha incrementado en Honduras durante los últimos años, por su facilidad de instalación y economía. “Sin embargo este sistema de entrepiso empezó a utilizarse a inicios de 1938 en Estados Unidos de América como simples forjados de entrepisos es en 1950 cuando por primera vez en Sant Louis (EE.UU.) se patenta un sistema mixto<sup>1</sup>”. (Crisafulli, 2013, pág. 15)

## 2.3 Conceptualización

### 2.3.1 Losas Compuestas o mixtas

Una losa compuesta o mixta se la define (López Ávila , Larrúa Quevedo, & Recarey Morfa, 2007) como:

“El sistema en que se utilizan láminas de acero como encofrado colaborante capaces de soportar el hormigón vertido, la armadura metálica y las cargas de ejecución. Posteriormente las láminas de acero se combinan estructuralmente con el hormigón endurecido y actúan como armadura a tracción en el forjado acabado, comportándose como un elemento estructural mixto hormigón- acero” (pág. 146)

Las losas compuestas están conformadas por tres elementos:

- Elementos metálicos
- Elementos de Concreto
- Conectores de cortante

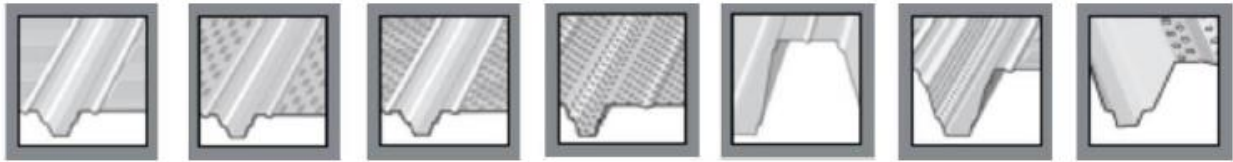


**Figura 2. Sistema de losa compuesta con lámina colaborante.**

Fuente (Crisafulli, 2013)

## Elementos metálicos

Están conformados de una lámina galvanizada dentada y con diferente forma según fabricante (ver Figura 3). La lamina de acero cubre diferentes funciones dentro del sistema estructural de losas compuestas, sirve como: Encofrado, plataforma de trabajo, y finalmente cumple su función principal que debido a la interacción mecánica que manifiesta con el hormigón endurecido, actúa como refuerzo positivo a flexión. (López Ávila , Larrúa Quevedo, & Recarey Morfa, 2007) Soportando las flexión dentro del sistema muy similar al concreto armado.



**Figura 3. Tipos de láminas**

Fuente: (Garino, 2010)

La lamina generalmente esta provista de resaltes lo cual tienen como objeto mejorar su resistencia al deslizamiento entre elementos. La capacidad de este dentado o resalte depende de su forma, profundidad, pendiente y ubicación en la lámina. Pueden tener diferentes configuraciones:

- Los resaltes pueden ser verticales o inclinados, resistiendo mejor los esfuerzos rasantes.
- Los resaltes horizontales tienen un mejor comportamiento al cortante vertical.

(Garino, 2010, pág. 6)

Además se provee de una malla electro soldada que absorbe los esfuerzos por retracción térmica del concreto, en casos en que el análisis lo requiera se puede suministrar acero de refuerzo como ser en losas de claros continuos en la parte superior de los apoyos para absorber los momentos negativos y en otros casos podría requerirse como refuerzo positivo de tal forma que contribuya con la lámina a soportar los esfuerzos de tracción demandados.

Elementos de hormigón.

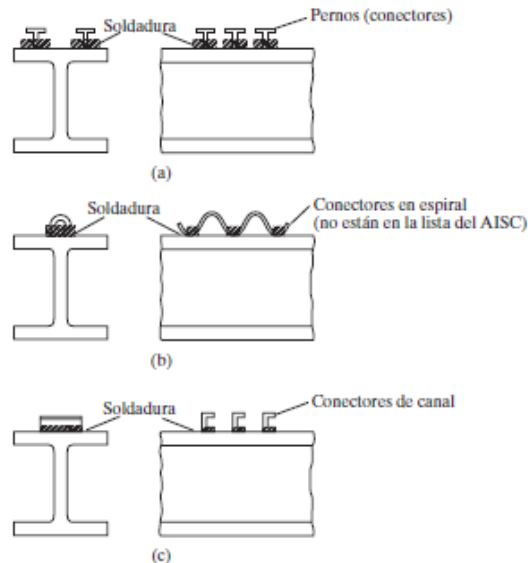
El desempeño del concreto dentro de esta tipología estructural es “absorber los esfuerzos de compresión, aportar masa y rigidez al sistema”. (Garino, 2010, pág. 7).

El tipo de concreto a usar puede ser de densidad normal o aligerada.

Conectores de cortante

Son los que permanente el desarrollo del comportamiento compuesto como lo refiere (Crisafulli, 2013) para que los dos materiales trabajen en forma integral mediante elementos que los vinculen o conecten, dado que la adherencia entre el hormigón y los elementos de acero es prácticamente nula. Se han desarrollado e implementado distinto tipo de conectores de corte los que generalmente se sueldan a los elementos de acero en donde existen conexiones con el concreto.

Existen diferentes tipos de conectores de cortante como ser perfiles, tornillos y espirales como se observa en la Figura 4



**Figura 4. Tipos de conectores**

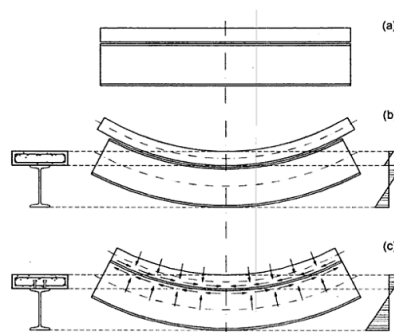
(McCormac & Csernak, 2013)

### 2.3.2 Ventajas de esta esta tipología estructural

- Aprovecha las ventajas de cada una de los materiales que la componen, la resistencia a compresión del hormigón y la resistencia a tracción del acero. Con lo que se logra que con las mismas cargas hacer uso de perfiles más livianos o cubrir claros mayores.
- Permite una reducción de tiempo para su puesta en obra ya que la lámina metálica como encofrado no requiere su posterior retiro.
- Debido a que la lámina con laborante se utiliza como encofrado permite la reducción de uso de encofrado una disminución en costos de madera, de igual se disminuye el impacto ambiental.
- La sección compuesta incrementa la rigidez y disminuye las flexiones con respecto a los elementos individuales.
- Como resultado del diseño compuesto, “el peso de las vigas metálicas puede reducirse desde un 5% hasta un 30%, optimizando los diferentes materiales”.

(López Ávila , Larrúa Quevedo, & Recarey Morfa, 2007)

### 2.3.3 Comportamiento de Sistema



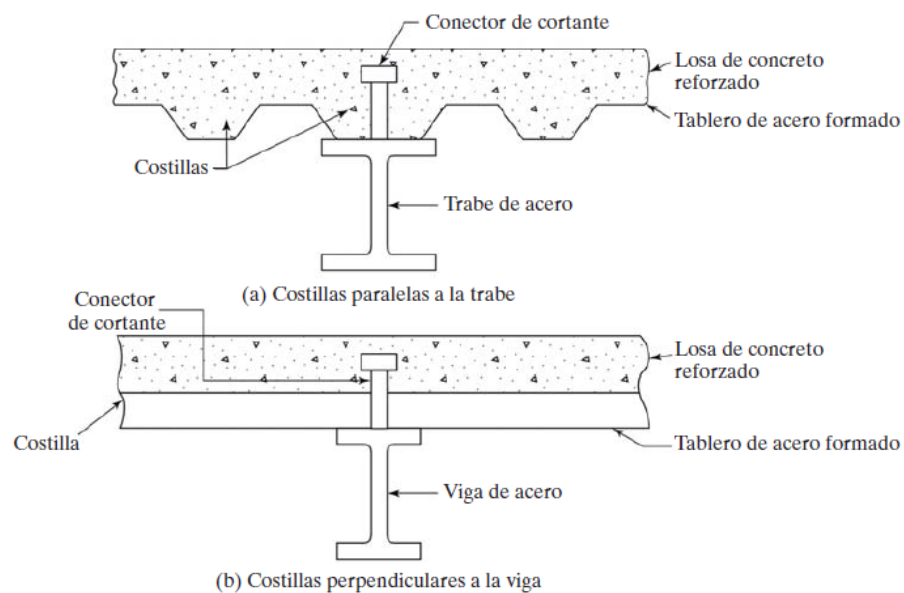
**Figura 5. Comportamiento de losas compuestas**

Fuente: (Garino, 2010)



Este sistema parte de la hipótesis “Ambos elementos actúan como uno sólo, teniendo entonces continuidad de deformaciones longitudinales. La deformación en la interface es la misma para los dos materiales.” (Garino, 2010, pág. 7)

Para que estas secciones compuestas trabajen como una unidad es necesario que la unión de estos elementos no permita el deslizamiento de los materiales por lo que se colocan conectores de cortante, como se observa en la Figura 6.



**Figura 6 Secciones compuestas**

Fuente (McCormac & Csernak, 2013)

#### 2.3.4 Normativa del sistema

La normativa de estructuras metálicas puede estar basada en un procedimiento de diseño de tensiones admisibles (ASD) o un método de los estados límites (LRFD).

Las normativas más comunes son:

## Specifications AISC “American Institute of Steel Construction”

Se especifican dos métodos para determinar la resistencia nominal de la sección compuesta, método de distribución de las tensiones plásticas y método de compatibilidad de las deformaciones.

Se determina las limitaciones del material estableciendo la resistencia requerida del hormigón utilizado y las barras de acero de refuerzo.

- En hormigón de peso normal la resistencia a la compresión estará entre los siguientes valores: 21 N/mm<sup>2</sup> y 70 N/mm<sup>2</sup>. Para el caso de hormigones livianos la resistencia estará dentro de 21 N/mm<sup>2</sup> y 42 N/mm<sup>2</sup>.
- Para el acero estructural la tensión de fluencia mínima no debe exceder los 525 N/mm<sup>2</sup>.
- Las características de los conectores. (Steel deck Institute, 2012, pág. 5)

## Eurocódigo N°4: Proyecto de estructuras mixtas de acero y hormigón

Refiere a las propiedades de los materiales incorporados en este sistema hormigón, acero estructural, chapa nervada y conectadores.

- Para el hormigón se considera como resistencia característica, medida en probeta a los 28 días, 20 N/mm<sup>2</sup>.
- Para el acero estructural se consideran 3 tipos: Fe 360, Fe 430, Fe 510.
- Con respecto a las chapas nervadas para losas mixtas, las mismas pueden ser fabricadas con acero de bajo contenido de carbono, acero de alta resistencia, acero laminado en frío o acero galvanizado. El espesor mínimo de la chapa debe ser de 0,75 mm y sus superficies exteriores deben ser protegidas frente a las condiciones atmosféricas. En general es un revestimiento de zinc.

- La calidad de los conectadores de esfuerzo rasante va a depender de su función y del sistema de unión a la estructura de acero (soldadura, anclajes o cercos). (Composite Structures according to Eurocode 4,2005, p. 7)

#### Especificaciones en el Código Hondureño de la Construcción

Los parámetros de diseño para estructuras de acero de sección compuesta se encuentran en el capítulo tres del Código Hondureño de la Construcción (CHOC). Estructuras de Acero. Basado en el Uniform Building Code, 1994. (CHOC, 2008, págs. 3-1). Los cuales se describen a continuación:

La porción de ancho efectivo de la losa de concreto en cada lado de la línea central de la viga no debe exceder:

- $1/8$  del claro de la viga, centro a centro de apoyos
- $1/2$  de la distancia a la línea central de la viga adyacente, o
- La distancia de la línea central de la viga al borde de la losa de concreto (CHOC, 2008, págs. 3-10)

#### 2.4 Análisis de la Situación Actual concreto aligerado.

El concreto aligerado con agregados de materiales naturales ligeros se remonta desde el tiempo pre románico hasta la fecha, ligada a la implementación de agregados naturales de origen volcánico como alternativa para disminuir la densidad del concreto, limitados a zonas con fuentes naturales de agregados naturales ligeros.

El uso de concretos aligerados han sido “tradicionalmente usado con fines decorativos sin ninguna función estructural, haciendo uso de sus buenas propiedades térmicas y acústicas. No es hasta los años 70 del siglo XX cuando el desarrollo del hormigón y sus componentes permiten utilizarlos con función estructural”. (Àlvarez Palacios & Saez Bravo, 2012, pág. 6)

En países desarrollados que carecen de fuentes de agregados livianos para la elaboración de concretos aligerados se fomenta la investigación de alternativas de agregados artificiales, debido a la viabilidad que presenta en la construcción, dando paso así al desarrollo histórico del origen de agregados artificiales la cual se describe a continuación:

Antes de 1917, S. J. Hayde desarrolló un proceso de horno rotatorio para la expansión del calor de los esquistos y las arcillas para formar el material duro, ligero que sirvió como agregados para hacer el concreto resistencia substancial y de peso más bajo. Alrededor del mismo F. J. Straub fue pionero en el uso de cenizas bituminosas de carbón como agregado para la fabricación de unidades de mampostería de hormigón...y que todavía se están fabricando hoy. La producción comercial de escoria expandida comenzó en 1928; Y en 1948, el primer agregado liviano de calidad estructural sinterizado de esquisto se produjo utilizando una pizarra de carbón en el este de Pensilvania.

Durante la década de 1950 muchas estructuras de varias plantas fueron diseñadas desde las cimentaciones, aprovechando la reducción de peso muerto utilizando hormigón ligero. Ejemplos son el Edificio Prudential Life de 42 pisos en Chicago, que incorporó suelos de hormigón ligeros y el Statler Hilton Hotel de 18 pisos en Dallas, diseñado con un marco de concreto ligero y pisos planos. ( ACI Committee 213, 1999, págs. 213R-2)

Presentando de esta forma el concreto aligerado como una alternativa viable para la modificación de estructuras existentes debido a su reducido peso permite sustituir áreas de la edificación y ampliarlas con áreas de mayor dimensión, con su respectivo diseño y verificación de la estructura soportante, a la vez en construcciones nuevas diseñar considerando cargas de peso propio reducidas debido elementos de concreto aligerado que permiten elementos menos solicitados lo cual se ve reflejado en sus dimensiones desde el punto estructural, desde un punto de vista arquitectónico se favorece el uso del espacio al considerarse elementos estructurales de menores dimensiones.

#### 2.4.1 Experiencia a nivel nacional

La experiencia a nivel nacional en cuanto a la implementación de concretos con agregados aligerados ha sido muy poca para uso estructural (Lanza, 2017).

En la actualidad se han utilizado concretos aligerados de baja densidad como sobrecargas o por propiedades termo acústicas. Los más utilizados en estos casos es “la generación de una espuma para incrementar el contenido de aire en el concreto (no se utiliza grava), y por ende reducir su densidad en este tipo de concreto liviano la resistencia a la compresión es menor entre 800 a 1,200 psi aproximadamente, aunque esto puede incrementarse un poco más con el uso de aditivos” (Espinoza, 2017).

Actualmente el concreto estructural en Tegucigalpa M.D.C “no es distribuido comercialmente”. (Relagado, 2017).

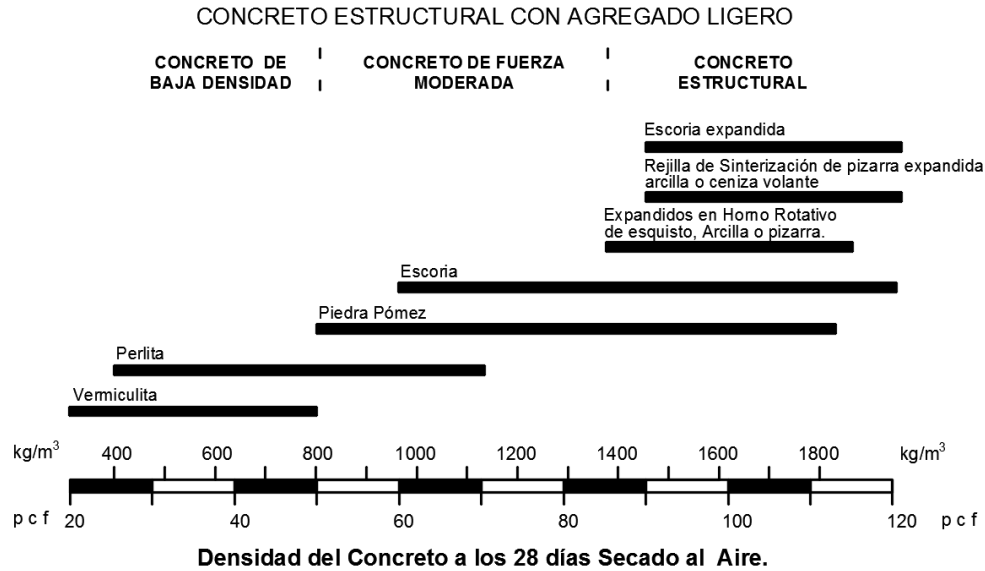
Sin embargo a nivel nacional pueden ser utilizados “agregados (arenas y gravas) más livianos, por ejemplo los de origen pumítico o vesiculares. Estos últimos son comunes en la zona de San Marcos de Colón por ejemplo. Sin embargo, con este tipo de agregados la densidad del concreto se puede reducir solamente a unos 1,800 a 2,000 Kg/m<sup>3</sup>, y la resistencia de 100 a 175 Kg/cm<sup>2</sup>” (Espinoza, 2017)

### 2.5 Teorías de sustento para el concreto aligerado.

#### 2.5.1 Análisis de las metodologías del concreto aligerado

Clasificación de los concretos aligerados.

Existe una diversidad de concretos aligerados, en los que se puede clasificar según su densidad y resistencia. Como se observa en la Figura 7



**Figura 7. Clasificación del concreto estructural**

Fuente ( ACI Committee 213, 1999)

### 2.5.2 Agregados ligeros y sus clasificaciones.

Para realizar una diferenciación entre concretos aligerados y concreto de densidad normal en base a su densidad se definen “El peso específico de un hormigón normal esta entre 2250 a 2450 Kg/m<sup>3</sup>. Para finalidades especiales se utilizan, cada vez más, hormigones ligeros en ocasiones y hormigones muy pesados en otras”. (Winter & Nilson, 1977, pág. 8)

Dentro de la clasificación de los agregados ligeros tenemos en disposición: agregados para concretos de baja densidad, agregados para concretos de fuerza moderada y finalmente concretos estructurales.

El diagrama de la Figura 7 nos indica de forma aproximada de densidad y clasificación a partir de los diferentes tipos de agregados a utilizar; los valores representados de densidad son aproximados, para los 28 días de secado al aire.

### Concreto de baja densidad

Es un concreto no estructural muy ligero que se puede fabricar con agregados de perlita o vermiculita entre sus principales usos están “fabricación de paneles y bloques livianos, agente de relleno como aislante térmico y acústico, agente de relleno para nivelación de terrazas y techos, concreto pobre con fines de protección” (Porrero S., Ramos R, Grases G., & J. Velazco, 2014, pág. 301).

Su peso no excede entre los 50 lb/pie<sup>3</sup> (800 kg/m<sup>3</sup>), y el rango de resistencia a la compresión oscilan entre aproximadamente 100 a 1000 psi (0.69 a 6.89 MPa) ( ACI Committee 213, 1999)

### Concreto de fuerza moderada

El concreto de fuerza moderada se puede fabricar con agregados livianos de escoria y piedra pómez, este tipo de concreto tiene un grado mayor de resistencia a la compresión que los concretos de baja densidad, pero no la suficiente para ser utilizado como concreto estructural, con características térmicas y acústicas, utilizado principalmente como relleno. Las resistencias a la compresión son aproximadamente (6.89 a 17.24 MPa) de 1000 a 2500 psi y características de aislamiento son intermedios. ( ACI Committee 213, 1999). Como se observar en la Figura 7.

### Concreto Estructural

“Las mezclas del concreto de peso liviano se pueden diseñar para lograr resistencias similares a las que ofrece el concreto de peso normal y proporcionan un coeficiente de resistencia-peso más eficiente en elementos estructurales”. (NRMCA (National Ready Mixed Concrete Association), 2003)

El concreto ligero estructural está compuesto por agregados ligeros que “se clasifican de acuerdo a su fabricación, debido a que en los distintos procesos se producen agregados con

propiedades físicas diferentes, las cuales influyen en las propiedades del concreto ligero, como son: masa unitaria, absorción, forma, textura y densidad aparente” ( Rivera, 2015, pag.263)

Estos hormigones pueden contener agregados de fuentes naturales como escoria natural y piedra pómez de origen volcánico, de origen artificial con esquistos expandidos, arcillas, pizarras, y escoria. La resistencia mínima a la compresión por definición es 2500 psi (17,24 MPa). Son capaces de producir hormigones con resistencias a la compresión superiores a 5.000 psi (34,47 MPa) y, con muchos de ellos, los hormigones pueden ser diseñados para resistencias mayores a 6000 psi (41,36 MPa). Dado que la densidad del concreto estructural con agregados ligeros es mayor a los concretos de baja densidad; sin embargo, los valores de conductividad concreto estructural ligero son sustancialmente mejores que para los concretos de peso normal.

#### Consideraciones Generales

El hormigón ligero estructural ha demostrado comportarse estructuralmente de la misma manera que el hormigón de peso normal mediante pruebas y rendimiento. Al mismo tiempo, proporciona algunas propiedades de hormigón mejoradas, especialmente un peso reducido, un mejor aislamiento y una microestructura mejorada.

Para ciertas propiedades del hormigón, las diferencias de rendimiento entre concreto normal y concreto aligerado, “son generalmente las propiedades en función de la resistencia a la tracción (cizalla, longitud de desarrollo y módulo de elasticidad) para requerir la modificación del diseño”. ( ACI Committee 213, 1999)

#### Agregados Procesados:

Los agregados procesados son de origen artificial por ser expandidos en horno rotativo de esquisto, arcilla o pizarra, rejilla de sinterización de pizarra expandida, arcilla o ceniza volante,



escoria expandida. Las cuales deben cumplir con los requisitos de la normativa ASTM C 330, en la cual se evalúa propiedades elásticas, resistencia a la tracción, propiedades dependientes del tiempo, durabilidad, resistencia al fuego y otras propiedades de los concretos de agregado ligero, a través de los datos de laboratorio examinando la experiencia de campo.

#### Agregados naturales y no procesados

El concreto estructural puede fabricarse con agregados ligeros de origen natural como ser piedra pómez, escoria y cenizas volantes que cumplan con los requisitos de la normativa ASTM C 330.

#### Estructura interna de agregados ligeros

Los agregados ligeros tienen una densidad relativa de baja de las partículas debido al sistema de poros celular. La estructura celular dentro de las partículas se desarrolla normalmente calentando ciertas materias primas hasta la fusión incipiente; a esta temperatura, los gases se desarrollan dentro de la masa piro plástica, causando la expansión, que se retiene durante el enfriamiento. Los agregados fuertes, duraderos y livianos contienen un sistema uniformemente distribuido de poros que tienen un rango de tamaño de aproximadamente 5 a 300  $\mu\text{m}$ , desarrollados en una fase vítrea continua de alta resistencia y relativamente libre de grietas.

#### Producción de agregados ligeros

Los agregados ligeros de estructura estructural se producen en plantas de fabricación a partir de materias primas, incluidas las lutitas, arcillas, pizarras, cenizas volantes o escorias de alto horno de origen natural agregados ligeros se extraen de los depósitos volcánicos que incluyen piedra pómez y escoria. Los métodos de pyroprocessing incluyen el proceso del horno rotatorio (un cilindro largo, girando lentamente, inclinado levemente alineado con los materiales refractarios similares a los hornos del cemento); el proceso de sinterización en el que un lecho de materias

primas, incluyendo combustible, es llevado por una rejilla móvil bajo una capota de encendido; Y la rápida agitación de la escoria fundida con cantidades controladas de aire o agua.

#### Propiedades agregadas

Las propiedades de los agregados ligeros pueden influenciar en las propiedades del concreto fresco y endurecido. Se enumeran las siguientes propiedades:

- Forma de la partícula y textura superficie influyen en factores tales como trabajabilidad, bombeabilidad, relación de agregado, contenido de ligante, y el requisito de agua grueso a fino.
- Densidad Relativa: la densidad relativa de las partículas de agregado de peso ligero es inferiores a la de los agregados de peso normal.
- Densidad aparente: La densidad aparente del agregado ligero es menor debido a la estructura celular, que la de los agregados de peso normal, debido a diferentes porcentajes de vacíos en los volúmenes secos o en seco de agregados de diferentes formas de partícula. La Tabla 2.1 resume las densidades máximas para agregados ligeros listados en ASTM C 330 y C 331.
- Resistencia de los agregados ligeros: la resistencia de las partículas de agregado varía con el tipo y la fuente y sólo es medible en términos cualitativos.
  - Límite de resistencia - El límite máximo de resistencia para algunos agregados ligeros puede ser bastante alto, aproximándose al de algunos agregados de peso normal. El límite máximo de resistencia está influenciado predominantemente por el agregado grueso.

- Porosidad total - El grado de saturación se puede evaluar a partir de mediciones de picnómetro, que determinan la densidad relativa a diversos niveles de absorción, permitiendo así la dosificación por el procedimiento de volumen absoluto.
- De acuerdo con Weber y Reinhardt (1995), la estructura de poros de los agregados expandidos revela que un pequeño porcentaje de poros es menor de 10 mm y que existe sin romperse dentro de las partículas de menos de 200 tamices (75 mm). Las densidades relativas de la estructura vítrea están típicamente por encima de 162 lb / ft<sup>3</sup> (2600 kg / m<sup>3</sup>).
- Clasificación - Los requisitos de clasificación para agregados ligeros se desvían de los de los agregados de peso normal (ASTM C 33) al requerir que una masa mayor de los agregados ligeros pase a través de los tamaños de tamices más finos. Esta modificación en la clasificación (ASTM C 330) reconoce el aumento de la densidad con el tamaño de partícula decreciente de los agregados expandidos ligeros.
- Contenido de humedad y absorción - Los agregados ligeros, son capaces de absorber más agua que los agregados de peso normal. Basándose en un ensayo de absorción estándar ASTM C 127 expresado a las 24 h, los agregados ligeros generalmente absorben de 5 a 25% en masa de agregado seco, dependiendo del sistema de poros agregados. En contraste, la mayoría de los agregados de peso normal absorberán menos del 2% de humedad. El contenido de humedad con agregados ligeros es absorbido tanto en el interior de las partículas como en la superficie, mientras que en agregados de peso normal, es en gran parte humedad superficial. El agua, que se absorbe internamente en el agregado ligero, no está inmediatamente disponible para el cemento y no debe contarse como agua de mezcla. Casi toda la humedad en la arena natural, por otra parte, puede ser humedad superficial y, por lo tanto, parte del agua de mezcla.

Módulo de elasticidad de partículas ligeras de agregado - El módulo de elasticidad del hormigón es una función de los módulos de sus constituyentes. El hormigón puede ser considerado como un material de dos fases consistente en inclusiones de agregados gruesos dentro de una fracción de mortero continuo que incluye cemento, agua, aire arrastrado y agregado fino. Las mediciones dinámicas realizadas en agregados solos han mostrado una relación correspondiente a la función  $E = 0.008p^2$ , donde E es el módulo dinámico de elasticidad de la partícula, en MPa, y p es la densidad de partículas media seca, en kg / m<sup>3</sup> (Fig. 2.1). Los módulos dinámicos para agregados expandidos típicos tienen un intervalo de 1,45 a 2,3 '106 psi (10 a 16 GPa), mientras que el intervalo para los agregados fuertes de peso normal es aproximadamente de 4,35 a 14,5 '106 psi (Muller-Rochholz 1979).

### 2.5.3 Consideraciones del Diseño de concreto de peso ligero

#### Módulo de elasticidad

Se ha demostrado que el módulo de elasticidad del hormigón es una función de la densidad y la resistencia a la compresión. La fórmula Presentada en el ACI 318 define esta relación. “Esencialmente, un valor de  $E_c$  inferior para hormigón ligero significa que es más flexible porque la rigidez se define como el producto de módulo de elasticidad y momento de inercia, EI. La rigidez reducida” (ACI 213R-87, 1999, págs. 213R-12).

$$E_c = w_c^{1.5} 33 \sqrt[2]{f_c'} \quad ( E_c = w_c^{1.5} 0.043 \sqrt[2]{f_c'} )$$

#### **Ecuación 1. Módulo de elasticidad**

Fuente. (ACI 213R-87, 1999)

En el código vigente en Honduras, el CHOC 08 en la sección 8.5.1. El módulo de elasticidad del concreto  $E_c$  en Kg/cm<sup>2</sup>, para valores de  $W_c$  entre 1,440 y 2,480 Kg/m<sup>3</sup>. Se podrá tomar como:

$$w_c^{1.5} 0.136 \sqrt{f'_c}$$

### **Ecuación 2. Módulo de elasticidad concreto liviano**

Fuente. (CHOC, 2008)

Para concreto de peso normal,  $E_c$  se podrá tomar como:

$$15,100 \sqrt{f'_c}$$

### **Ecuación 3. Módulo de elasticidad concreto normal**

Fuente. (CHOC, 2008)

### **Resistencia a la tracción**

El esfuerzo cortante, la torsión, el anclaje, la resistencia de unión, la longitud de desarrollo y la resistencia a la fisuración están relacionados con la resistencia a la tracción que depende, a su vez, de la resistencia a la tracción de las fases gruesa de agregado y mortero y del grado de unión segura de las dos fases. Tradicionalmente, la resistencia a la tracción se ha definido como una función de la resistencia a la compresión, pero se sabe que es sólo una primera aproximación que no refleja la resistencia de las partículas agregadas, las características superficiales o el contenido y distribución de humedad del hormigón. Para los áridos ligeros de grado estructural que cumplan los requisitos de la norma ASTM C 330, se requiere una resistencia mínima a la tracción de 290 psi (2.0 MPa). El especificador debe consultar con los proveedores agregados para datos de

resistencia a división desarrollados en laboratorio. La ASTM C 496 requiere un secado al aire de laboratorio de 21 días y 21 días a una temperatura de 73 ° F (23 ° C) a una humedad relativa del 50% antes de realizar las pruebas de separación. Las resistencias a la tracción de hormigón ligero varían de aproximadamente 75 a 100% de hormigón de peso normal de igual resistencia a la compresión. El reemplazo del agregado fino ligero con agregado fino de peso normal, por lo general aumentará la resistencia a la tracción. Además, el secado natural aumentará las fuerzas de separación por tracción.

#### Cizalla y tensión diagonal

Desde una perspectiva de tensión cortante y diagonal, los elementos de hormigón ligeros se comportan básicamente de la misma manera que los elementos de hormigón de peso normal. En ambos casos, la contribución de cizallamiento y de tensión diagonal del elemento de hormigón se determina principalmente en la capacidad de tracción de una banda no reforzada, el hormigón ligero tendrá generalmente una resistencia a la tracción menor que el hormigón de peso normal de igual resistencia a la compresión. El ACI 318 proporciona dos aproximaciones alternativas mediante las cuales se puede determinar la capacidad de corte permisible en un elemento de hormigón ligero. La capacidad de corte admisible puede determinarse utilizando la resistencia a la rotura  $f_{ct}$  para el agregado específico que se va a utilizar o utilizando un porcentaje fijo de un hormigón de peso normal de resistencia similar.

Utilizando la primera aproximación para calcular la cizalladura permisible, el valor de  $f_{ct}/6.7$  se sustituye por  $\sqrt[2]{f'_c}$  en las disposiciones de ACI 318.

Debe establecerse un valor realista de  $f_{ct}$  para fines de diseño para cada resistencia a la compresión deseada y composición del hormigón. Los valores  $f_{ct}$  sobre los que se basa el diseño estructural deben incorporarse en las especificaciones concretas para el trabajo.

Las pruebas de resistencia a los cilindros de división, si fuera necesario, deberían realizarse en mezclas de laboratorio similares a las propuestas para el proyecto. Estos ensayos se deben realizar de acuerdo con ASTM C 496. Las investigaciones sobre la resistencia a la rotura de un hormigón ligero muestran una mejora en la resistencia a la tracción cuando se utiliza arena natural en lugar del agregado fino ligero (Pfeifer 1967). Por lo tanto, se han establecido dos factores de reducción: 75% de los valores de peso normal para el hormigón que contiene tanto agregados ligeros gruesos como gruesos pesados; Y 85% de los valores de peso normal para combinaciones de agregados finos de arena natural y agregados gruesos ligeros.

La mayoría de las investigaciones sobre la resistencia a la tracción, la resistencia al corte y las longitudes de desarrollo del hormigón estructural ligero que formaron la base de los actuales requisitos del Código de Construcción ACI 318 se limitaron al concreto con una resistencia a la compresión de menos de 6000 psi (41 MPa). Cuando se especifican resistencias de concreto de más de 6000 psi (41 Mpa), la determinación de los parámetros apropiados de tensión, cizallamiento y longitud de desarrollo debe basarse en un programa de pruebas completo que se lleva a cabo sobre los materiales seleccionados para el proyecto.

#### Longitud de desarrollo

Debido a la menor resistencia de las partículas, el concreto ligero tiene menores capacidades de separación de enlaces y una menor capacidad de deformación post elástica que el concreto de peso normal. La práctica de diseño en América del Norte (ACI 318) requiere longitudes de empotramiento más largas para barras de refuerzo en hormigón ligero que para

hormigón de peso normal. A menos que se especifiquen las resistencias a la tracción, ACI 318 requiere que las longitudes de desarrollo para el hormigón ligero se incrementen en un factor de 1,3 sobre las longitudes requeridas para el hormigón de peso normal.

#### Deflexión inicial

El ACI 318 incluye específicamente modificaciones de fórmulas y requerimientos de espesor mínimo que reflejan el menor módulo de elasticidad, menor resistencia a la tracción y menor módulo de rotura de hormigón ligero. El ACI 318 también enumera el espesor mínimo de las vigas para las losas unidireccionales a menos que se calculen las deformaciones y requiera un aumento mínimo del 9% en el grosor para los miembros ligeros sobre el peso normal. Por lo tanto, con los valores de esta tabla, no se espera que los elementos estructurales ligeros con mayor espesor desvíen más que los miembros de peso normal bajo la misma carga superpuesta.

#### Deflexiones a largo plazo

Un análisis de la deflexión debido a la deformación elástica, fluencia y contracción conduce al mismo factor dado en ACI 318, y este factor para obtener deflexiones a largo plazo se debe usar para ambos tipos de hormigón. Por lo general, no se justifican enfoques más refinados para estimar las deflexiones.

#### Consideraciones de diseño térmico

En los elementos de hormigón expuestos al medio ambiente, la elección del hormigón ligero ofrecerá varias ventajas distintas sobre el hormigón de peso normal (Fintel y Khan 1965, 1966, 1968). Estas propiedades físicas se tratan en detalle en la difusividad térmica más baja proporciona una inercia térmica que alarga el tiempo para que los miembros expuestos alcancen cualquier temperatura de estado estacionario;



- Debido a esta resistencia, el cambio efectivo de temperatura interior será menor bajo condiciones de temperatura transitorias. Este retraso de tiempo moderará la acumulación solar y los efectos de enfriamiento nocturno;

- El menor coeficiente de expansión térmica lineal que se desarrolla en el hormigón debido al menor coeficiente de dilatación térmica del agregado ligero es una consideración fundamental en los miembros expuestos; y

- El módulo de expansión más bajo desarrollará cambios de tensión más bajos en miembros expuestos a tensiones térmicas.

### Diseño Sísmico

El concreto ligero es particularmente adaptable al diseño sísmico de las edificaciones debido a la reducción significativa en fuerzas inerciales. Un gran número de edificios de varios pisos y estructuras de puentes han utilizado eficazmente hormigón ligero en áreas sujetas a terremotos. Las fuerzas laterales u horizontales que actúan sobre una estructura durante los movimientos sísmicos son directamente proporcionales a la inercia o masa de esa estructura. Estas fuerzas laterales se pueden calcular por fórmulas reconocidas y se aplican con los otros factores de carga.

### Ductilidad

La ductilidad de los marcos estructurales de hormigón debe analizarse como un sistema compuesto, es decir, como hormigón armado. Los estudios de Ahmad y Batts (1991) y Ahmad y Barker (1991) indican, para los materiales probados, que el bloque de esfuerzo rectangular ACI es adecuado para las predicciones de resistencia de vigas de hormigón ligero de alta resistencia y la recomendación de 0,003 como el máximo utilizable la deformación de hormigón es un límite

inferior aceptable para elementos de hormigón ligero reforzado con una resistencia mayor que 6000 psi. Moreno (1986) encontró que mientras que el hormigón ligero exhibía una porción rápidamente descendente de la curva tensión-deformación, fue posible obtener una curva descendente plana con miembros reforzados que se proporcionaron con una cantidad suficiente de refuerzo de confinamiento ligeramente mayor que con el hormigón de peso normal. Se recomienda un acero de confinamiento adicional para compensar el comportamiento de deformación post elástica inferior del hormigón ligero.

ACI 318 coloca un límite de compresión de 5000 psi (35 Mpa) para miembros de hormigón a menos que se apoye en los resultados de las pruebas para mayores resistencias.

#### Fatiga

Gray, McLaughlin y Antrim (1961) informaron de la primera comparación norteamericana del comportamiento de la fatiga entre peso liviano y peso normal. Estos investigadores concluyeron que las propiedades de fatiga del concreto ligero no son significativamente diferentes de las propiedades de fatiga del hormigón de peso normal.

Este trabajo fue seguido por amakrishnan, Bremner y Malhotra (1992), quienes encontraron que, en condiciones húmedas, el límite de resistencia a la fatiga era el mismo para el hormigón ligero y normal. Parece que las pruebas dinámicas de las características de flexión del puente de hormigón ligero de largo alcance de 31 años corroboran las conclusiones de las investigaciones de fatiga llevadas a cabo sobre pequeños especímenes sometidos a pruebas en condiciones controladas en varios laboratorios.

## Especificaciones

El hormigón ligero puede especificarse y proporcionarse sobre la base de lotes de ensayo de laboratorio o sobre la experiencia de campo con los materiales a utilizar. Agregado más ligero los proveedores tienen información sobre la composición de la mezcla disponible para su material y muchos productores proporcionan control de campo y servicio técnico para asegurar que se usará la calidad de concreto especificada.

Los requisitos de resistencia media para concreto liviano no difieren de los de concreto normal para el mismo grado de control de campo. Los ensayos de resistencia a la rotura y tracción no deben utilizarse como base para la aceptación en campo del hormigón ligero. El análisis de la capacidad de carga de una estructura de hormigón ligero, ya sea por núcleos o ensayos de carga, debe ser el mismo que para el hormigón de peso normal. La densidad de equilibrio debe calcularse de con ASTM C 567.

La densidad máxima fresca debe ser determinada por el diseñador, el proveedor de mezcla lista y el proveedor de agregados livianos antes de iniciar el proyecto.

## Impacto Económico del concreto estructural liviano

A nivel internacional el concreto aligerado debido al proceso de fabricación de los agregados requiere mayor inversión por unidad volumétrica de concreto aligerado en comparación del concreto de uso general, debido a la reducción de la densidad del concreto se generan reducciones a la carga muerta, reflejada en la solicitud de encofrados y manipulación del concreto, con pesos menores se reduce la solicitud de elementos estructurales lo que permite menores dimensiones y reducción en aceros de refuerzo, si se considera en la intervención de estructuras existentes, utilizando el concreto adecuado se puede reutilizar parte de la estructura lo que es más económico que el cambio total de la misma. “La economía depende entonces de alcanzar un

equilibrio adecuado Entre el costo del concreto por volumen, peso unitario y propiedades.” ( ACI Committee 213, 1999, pág. 03)

## 2.6 Conceptualización

### Agregado aislante y no estructural

Agregado que cumple los requisitos de ASTM C 332. Esto incluye el agregado del Grupo I, Perlita con una densidad aparente entre 120 y 192 kg / m<sup>3</sup>, vermiculita con un volumen Densidad entre 88 y 160 kg/m<sup>3</sup> y agregado del grupo II que cumple con los requisitos de ASTM C 330 y ASTM C 331.

### Agregado estructural ligero

Agregado estructural que cumple los requisitos de la norma ASTM C 330 con densidad aparente inferior a 1120 kg/m<sup>3</sup> para agregados finos y 880 kg/m<sup>3</sup> para gruesos agregar. Esto incluye agregados preparados por productos de expansión, granulación o sinterización tales como escorias de alto horno, arcilla, cenizas volantes, pizarra o pizarra y agregados preparados mediante el procesamiento de materiales naturales tales como piedra pómez, escoria o toba.

### Concreto ligero de alta resistencia

Concreto estructural ligero con una resistencia a la compresión de 28 días 6000 psi (40 Mpa) o mayor.

Concreto de peso normal: Concreto que tiene una densidad de 2240 a 2480 kg/m<sup>3</sup> fabricada con áridos ordinarios (arena, grava, piedra triturada).

Concreto Ligero arena: Concreto con agregado grueso ligero y agregado fino normal.

Concreto, densidad especificada: El Concreto estructural con una densidad de equilibrio especificada entre 800 a 2240 kg/m<sup>3</sup> o superior a 2480 kg/m<sup>3</sup> puede ser un tipo de Concreto de

una combinación de agregado ligero o densidad normal. Este concreto es específico del proyecto y debe incluir un programa detallado de pruebas de mezcla y la participación del proveedor agregado antes del diseño.

Concreto estructural liviano-agregado hecho con agregado ligero estructural como se define en ASTM C 330. El concreto tiene una fuerza de compresión mínima de 28 días de 2500 psi (17 Mpa), una densidad de equilibrio entre 1120 y 1920 kg/m<sup>3</sup>, y consiste enteramente en un agregado ligero o en una combinación de ligeros y Agregado de densidad normal. El concreto ligero con una densidad de equilibrio De 1120 a 1680 kg/m<sup>3</sup> son de usos poco frecuente, la mayoría de los hormigones ligeros tienen una densidad de equilibrio de 1680 a 1920 kg/m<sup>3</sup>. Debido a que el concreto ligero es a menudo específico del proyecto es recomendable ponerse en contacto con el proveedor agregado antes de diseñar el proyecto para asegurar una mezcla económica y establecer el rango disponible de densidad y resistencia.

Zona de contacto – La capa de transición de material que conecta las partículas de agregado con la matriz de mortero continuo envolvente.

Curado interno- El curado interno se refiere al proceso mediante el cual la hidratación del cemento continúa debido a la disponibilidad de agua interna que no es parte del agua de mezcla. El agua interna se hace disponible por el sistema del poro en el agregado ligero estructural que absorbe y libera el agua.

Densidad, equilibrio-Tal como se define en la norma ASTM 567, es la (Densidad baja) después de una exposición a la humedad relativa de  $50 \pm 5\%$  ya una temperatura de  $23 \pm 2^\circ \text{C}$  durante un período de tiempo suficiente para alcanzar una densidad que cambia menos de 0,5% en un período de 28 días.

Densidad, secado en horno –Tal como se define en ASTM C 567, la densidad alcanzada por hormigón estructural ligero después de ser colocada en un horno de secado a  $110 \pm 5$  ° C ( $230 \pm 9$  ° F) durante un período de tiempo suficiente para alcanzar una densidad que cambia menos del 0,5% en un período de 24 h. La prueba de densidad en seco al horno es a la edad especificada.

Peso Ligero – El nombre genérico de un grupo de agregados que tienen una densidad relativa inferior a la densidad normal Agregados.

Poros – los poros se definen como el espacio de aire dentro de una partícula de agregado individual y los huecos se definen como el espacio intersticial entre partículas de agregado. La porosidad total (dentro de la partícula y entre las partículas) se puede determinar a partir de valores medidos de densidad relativa de partícula y densidad aparente.

## 2.7 Diseño de losas compuestas

Durante el diseño de la losa colaborante inicialmente se considera para que soporte las cargas como una formaleta permanente que incluyen las del concreto fresco y la carga vida por construcción.

La geometría de la lámina según fabricante es desarrollada para que pudiera trabajar como una formaleta permanente, soportando las cargas de construcción y el peso del concreto fresco. El cálculo del área transversal, momento de inercia y otras constantes de la sección transversal se determinan de acuerdo con las especificaciones del AISI, (Specification for the Design of Cold Formed Steel Structural Members)

### Uso de losas compuestas como diafragma rígido.

Al utilizar la losa compuesta como diafragma, el concreto que rellena los pliegues de la lámina de acero elimina la posibilidad de pandeos locales y pandeo en las esquinas. Sin la posibilidad de pandeos locales en la lámina, el sistema resulta adecuado para transmitir fuerzas cortantes

generadas por las fuerzas horizontales. Es necesario entonces diseñar cuidadosamente la conexión del diafragma al sistema estructural de soporte para garantizar una adecuada transmisión de las fuerzas cortantes generadas. El diseño del espaciamiento de los conectores a utilizar depende de la resistencia al corte de conector y del flujo de corte último o fuerza cortante última por unidad de longitud, calculada a partir del análisis de fuerzas. (Metalco)

## CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

En este capítulo se describe el diseño de la investigación, la metodología, la operacionalización de variables, matriz de congruencia, métodos, instrumentos, técnicas y procedimientos aplicados.

### 3.1 Congruencia Metodológica.

Trata de estructurar la investigación de inicio a fin, de tal forma que se logre identificar la coherencia, orden y relación concatenada entre cada uno de los elementos de la investigación.

#### 3.1.1 Matriz Metodológica

A continuación se presenta la relación que existe entre el problema, preguntas de investigación, objetivo, objetivos específicos y variables de estudio.

**Tabla 1. Matriz metodológica**

TEMA	COMPORTAMIENTO LOSAS COMPUESTAS CON CONCRETO ALIGERADO ESTRUCTURAL			
Problema	Necesidad de buscar alternativas de configuración estructural para entresijos, basados en la disminución de densidades del concreto, separación de apoyos y espesores de losa que tenga un adecuado control de deflexiones, de forma que mejoren la economía de edificaciones de uso residencial en Tegucigalpa M.D.C.			
Preguntas de Investigación	¿Cuál es el grado de conocimiento e interés en el estudio de losas de sección compuesta con concreto aligerado estructural de los ingenieros civiles relacionados con el diseño y ejecución de proyectos habitacionales en Tegucigalpa M.D.C?	¿Cómo influye el uso de concreto aligerado estructural en el peso de los elementos portantes de la estructura general?	¿Cuál es el comportamiento de las deflexiones de un entresijo de losa compuesta con concreto aligerado en comparación con uno de densidad normal?	¿Qué factores influyen en el comportamiento diafragmático de un entresijo de losa compuesta con concreto aligerado?
Objetivo. General	Conocer el interés de los ingenieros civiles de Tegucigalpa, M.D.C. en el comportamiento de losas de sección compuesta con concreto aligerado estructural como alternativa para entresijos en			

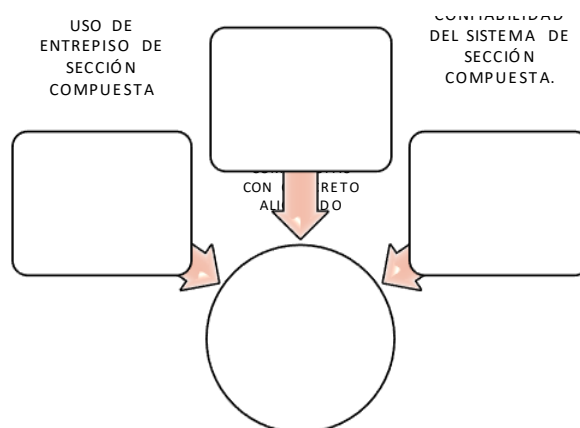


	edificios de uso residencial, versus el uso de losas con concreto de densidad normal, mediante un análisis estructural comparativo.			
Objetivos Específicos	Identificar el grado de conocimiento e interés en el estudio de losas de sección compuesta con concreto aligerado estructural de los ingenieros civiles relacionados con el diseño y ejecución de proyectos habitacionales en Tegucigalpa M.D.C	Comparar la reducción en peso de los elementos portantes de la estructura con concreto aligerado estructural con respecto al concreto de densidad normal	Determinar el comportamiento de las deflexiones en el entrepiso de losa de sección compuesta con concreto aligerado estructural.	Determinar los factores que influyen en el comportamiento diafragmático de un entrepiso de losa compuesta con concreto aligerado estructural.
Variables	Independiente	Módulo de elasticidad	Espesor de losa	Distancia entre vigas secundarias
	Dependiente	Control de deflexiones		

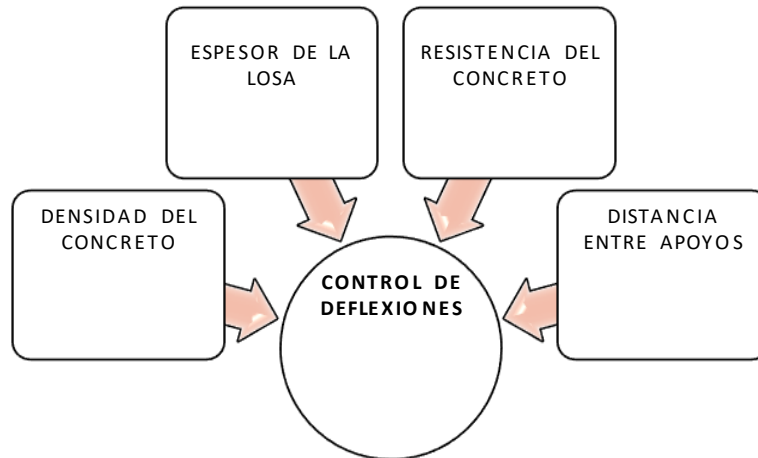
### 3.1.2 Análisis de la metodología.

Dentro de la propuesta de estudio se hace uso de dos metodologías estudiadas dentro de la maestría, estructuras metálicas y comportamiento del concreto.

### 3.1.3 Operacionalización de las variables



**Figura 8. Diagrama de variables de estudio con enfoque cualitativo.**



**Figura 9. Diagrama de variables de estudio con enfoque cuantitativo.**

### 3.2 Enfoque y Métodos

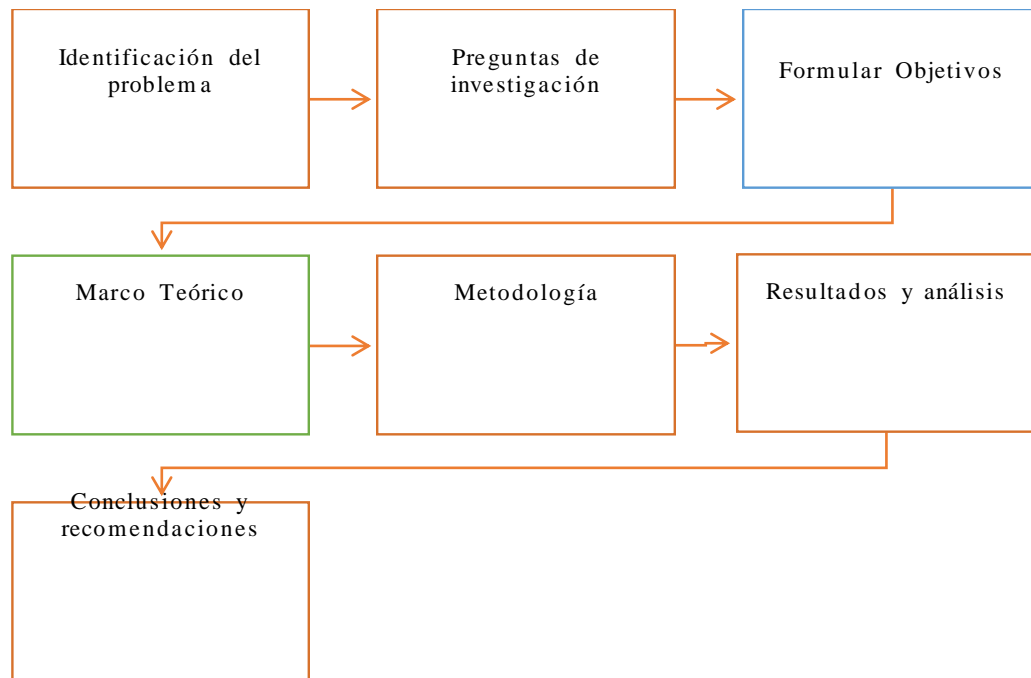
El enfoque de esta investigación es mixto, ya que se pretende describir y cuantificar el comportamiento de una losa de sección compuesta con concreto aligerado, haciendo un análisis cualitativo de las ventajas y desventajas de usar este sistema, se considera un enfoque cuantitativo al manipular las variables que en este casos son la densidad del concreto, espesor de la losa, y la distancia entre vigas secundarias con el fin de medir el control de deflexiones bajo análisis numérico.

### 3.3 Diseño de la investigación

En el desarrollo del estudio se usó un modelo experimental trasversal ya que la intención es observar el comportamiento de una variable en entrepiso de losas compuestas con concreto aligerado estructural de un modelo de estudio definido, consistente de un edificio de tres niveles.

(Hernández Sampieri, 2014) Afirma que los diseños transversales: “recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único. Su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado. Es como tomar una fotografía de algo que sucede” (pág. 151)

Para ello se realizó una serie de procesos que se muestran en la Figura 10.



**Figura 10. Diseño de la investigación.**

### 3.3.1. Población

Como población de estudio se identificó a ingenieros civiles involucrados en diseño y ejecución de proyectos de edificios de uso residencial en Tegucigalpa M.D.C.

### 3.3.2. Muestra

El método implementado para el cálculo de la muestra es el método para poblaciones finitas, tomando como base para la muestra para la encuesta a 60 ingenieros civiles en Tegucigalpa M.D.C.; que están involucrados en diseño y ejecución de proyectos de edificios

### 3.3.3. Unidades de Análisis

La unidad de análisis utilizada en esta investigación está representada por la muestra definida, personas del gremio de ingeniería civil y especialistas en estructuras, vinculados al desarrollo de proyectos de edificios de uso residencial, en Tegucigalpa M.D.C.

#### 3.3.4. Unidad de respuesta.

Como unidad de respuesta de la investigación, en referencia a las variables de estudio, se presenta en las siguientes unidades:

Peso: Ton

Reducción en peso: %

Longitud entre apoyos: m

Espesor de losa: cm

Densidad del concreto: Kg/m<sup>3</sup>

Deflexión: cm

#### 3.4. Instrumentos, técnicas y procedimientos aplicados

Entre los instrumentos utilizados está el cuestionario, el cual se aplicó mediante una encuesta electrónica a ingenieros civiles de Tegucigalpa M.D.C., además la entrevista de manera presencial a especialistas en el tema.

##### 3.4.1. Instrumentos

Entre los instrumentos utilizados está el cuestionario con la orientación de preguntas que brindara el estado del conocimiento sobre el tema en la población de estudio, también se utilizaron herramientas computacionales para analizar el modelo de estudio e identificar las respuestas de las preguntas de la investigación.

##### 3.4.2. Técnicas

La técnica utilizada fue la encuesta aplicada de forma electrónica a ingenieros civiles en Tegucigalpa M.D.C, y mediante entrevista de manera presencial a especialistas en el tema

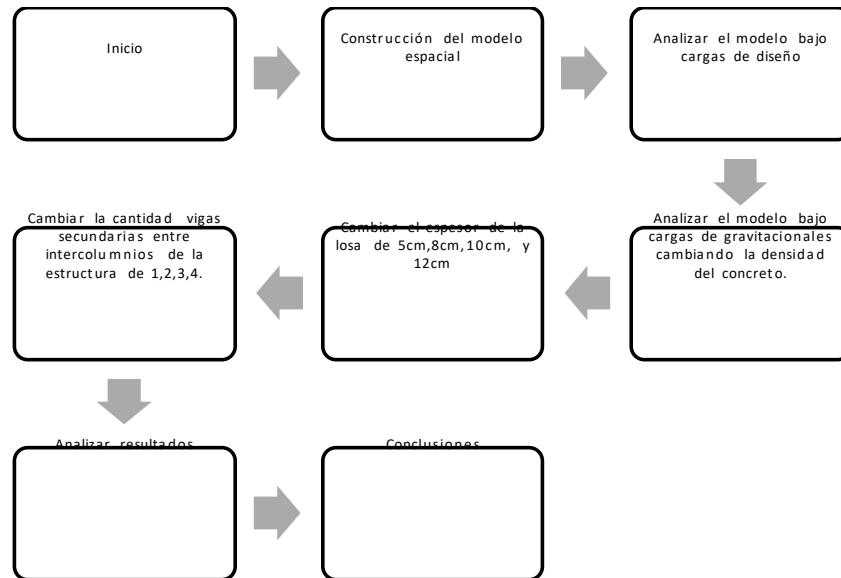
Además se hizo el uso de un modelo matemático de la estructura en estudio, realizando los cálculos del análisis estructural, haciendo uso de programas computacionales como Etabs que es un software para el análisis estructural de edificios que cumple estándares internacionales. En este modelo matemático se cambió módulo de elasticidad del concreto, el espaciamiento entre vigas secundarias y el espesor de la losa, para un escenario de cargas gravitacionales y bajo solo cargas provocadas por los efectos constructivos, midiendo las deflexiones en cada iteración del modelo para determinar, hasta que distancia se puede separar los apoyos intermedios de la losa con concreto aligerado estructural sin comprometer la seguridad y funcionalidad de la estructura.

### 3.4.3. Procedimientos

La encuesta se aplicó vía internet, enviándole un ejemplar del cuestionario a miembros activos del colegio de ingenieros civiles de Honduras, que cumpliera con los criterios de selección de la muestra de estar vinculados en el diseño y desarrollo de proyecto residenciales en Tegucigalpa M.D.C, quienes respondieron de forma electrónica retroalimentando automáticamente la base de datos para generar los resultados.

También se llevaron a cabo entrevistas a los gerentes de producción de Concremix y Santos & compañía por su experiencia en el uso de concreto aligerado.

El proceso del análisis estructural del modelo de estudio se muestra en la Figura 11



**Figura 11. Diagrama de ejecución modelo de estudio.**

### 3.5. Fuentes de información

#### 3.5.1. Fuentes primarias

La fuente primaria de la información para la elaboración de esta investigación, se obtuvo a través de encuestas, entrevistas, datos obtenidos de los análisis estructurales realizados en programas computacionales, y hojas electrónicas.

#### 3.5.2. Fuentes secundarias

Entre las fuentes secundarias que fueron consultadas para la elaboración de esta investigación podemos mencionar libros, normas, revistas científicas, tesis, documentos publicados en la web. Que se listan en el capítulo VI de referencias.

### 3.6. Limitantes de estudio.

- El tiempo de desarrollo de la investigación.
- La fuentes secundarias de investigación que arrojaran datos relacionados al tema, específicamente para Tegucigalpa, M.D.

## CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y ANÁLISIS

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos al aplicar las diferentes técnicas e instrumentos definidos en el capítulo III. Describiendo la propuesta de implementación para el diseño de losas de sección compuesta con concreto aligerado.

### 4.1. Resultados y análisis de las encuesta.

Se presenta a continuación los resultados de la encuesta aplicada a una muestra de 60 ingenieros civiles relacionados con el diseño y ejecución en edificaciones de uso residencial vertical, sobre el conocimiento de losas compuestas con concreto aligerado, la encuesta consta de 12 preguntas, en las cuales se considera la siguiente escala de medición, 0%-20% muy bajo, 21%-40% bajo, 41%-60% medio, 61%-80% alto, 81-100% muy alto.

#### 4.1.1. Hallazgo y significado

1 ¿Cuántos años de experiencia en construcción tiene?

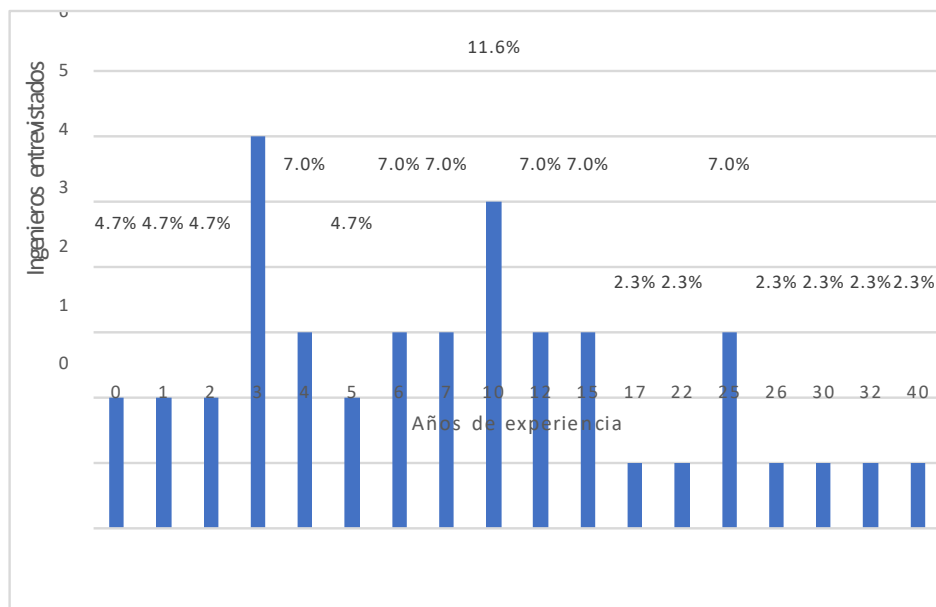
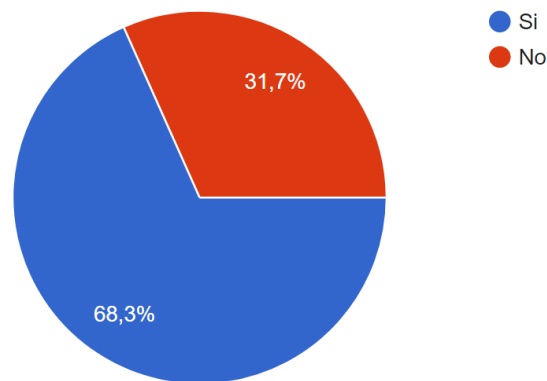


Figura 12. Experiencia en construcción

La muestra de los encuestados referente a la experiencia en el ámbito de la construcción reflejada en la Figura 1 en que varía entre 0-40 años, observando que en el rango de 0-2 años de experiencia equivale 14 % de la población encuestada, lo que representa muy baja participación de ingenieros con dos o menos años de experiencia, en el rango de 3-15 años de experiencia con un 65% representa alto grado de participación de ingenieros con experiencia en construcción donde predominan los ingenieros de 3 años de experiencia, seguidos por los ingenieros de 10 años de experiencia, en el rango de 17-40 años de experiencia representan un 21% obteniendo una participación baja de los encuestados que superan los 17 años de experiencia.

2 ¿Conoce el sistema de entrepisos de secciones compuestas con lámina colaborante y conectores de cortante en edificios, comúnmente llamado “losacero”?

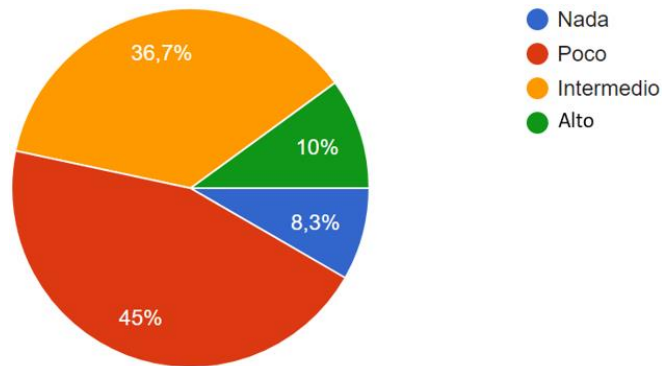


**Figura 13. Conocimiento de entrepisos de secciones compuestas**

El la Figura se refleja el grado de conocimiento de una de las metodologías empleadas en este estudio según la gráfica el 68.3% de los encuestados conocen el sistema estructural de losas de entrepiso con lámina colaborante clasificado como un alto grado de conocimiento a diferencia del 31.7% que representa un bajo conocimiento sobre el tema, lo que es favorable en la propuesta de losas de sección compuestas con concreto estructural aligerado.



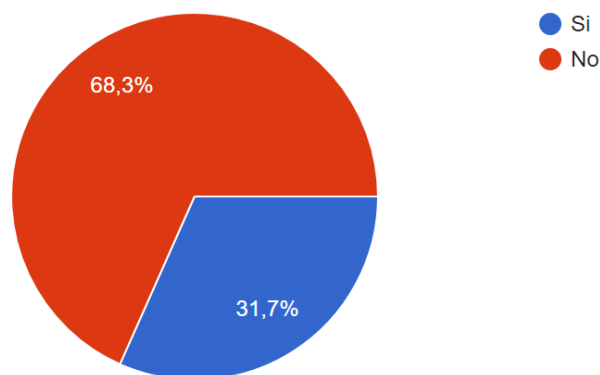
3. ¿Qué tanto ha leído o escuchado del comportamiento de losas compuestas?



**Figura 14. Estado del conocimiento de losas compuestas**

Al realizar el gráfico sobre el conocimiento de losas compuestas de la Figura 14, el 10% de los encuestados ha leído o escuchado de losas de entresuelo con lámina colaborante lo que representa un muy bajo porcentaje de participación de ingenieros con un manejo alto del tema, en relación al 36,7% clasificado como un bajo porcentaje de ingenieros que lo maneja a un estado intermedio, el 45% maneja poco el tema y el 8,3% un muy bajo porcentaje que maneja absolutamente nada el conocimiento de losas compuestas, lo que indica un 46,7% representando una participación media de la población que posee un conocimiento intermedio-alto sobre el comportamiento de las losas compuestas como alternativas en la construcción.

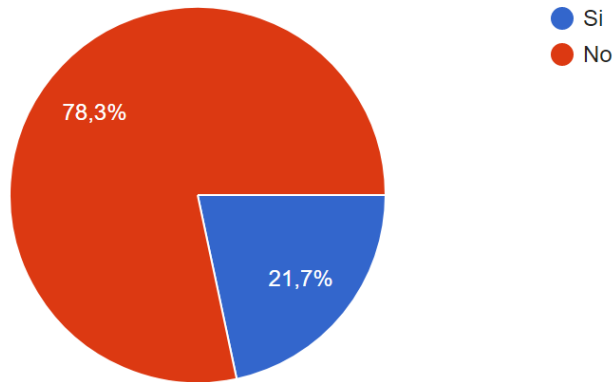
4. ¿Ha utilizado concreto estructural aligerado en edificios?



**Figura 15. Utilización de concreto estructural aligerado**

Como se muestra en la Figura 15 el 68.3% representando un porcentaje alto de ingenieros encuestados no ha utilizado concreto estructural aligerado, donde un 31.7% ha utilizado, representando un bajo uso de este material.

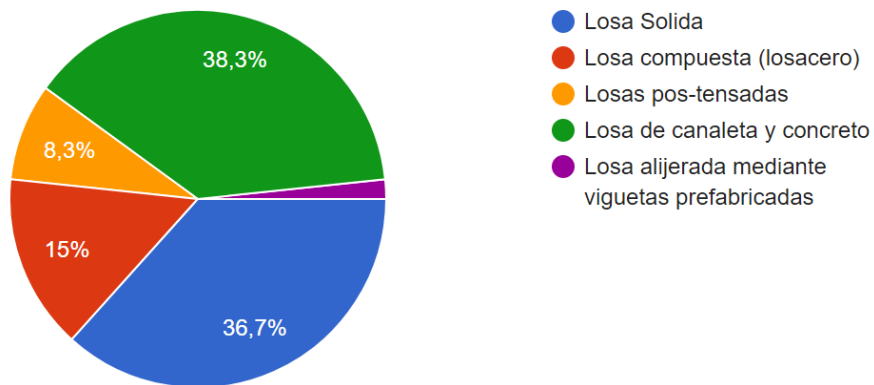
5. ¿Conoce distribuidores de concreto estructural aligerado?



**Figura 16. Conocimiento de distribuidores de concreto estructural aligerado**

En la fig.15 el 78.3% representando un alto grupo de los encuestados no conoce distribuidores de concreto estructural aligerado, en comparación 21.7% considerando bajo grupo de la población encuestada que posee conocimiento de distribuidores de este material.

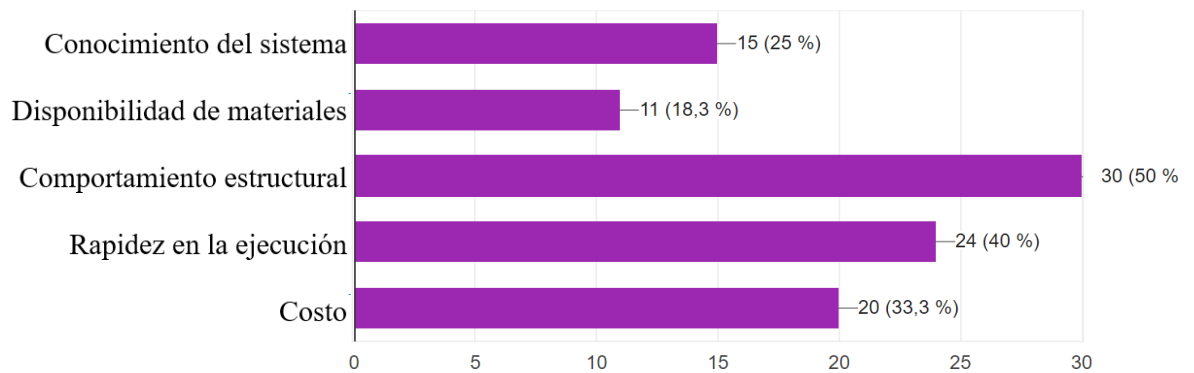
6. ¿Qué sistema de entrepiso ha utilizado con mayor frecuencia en edificios?



**Figura 17. Entrepisos utilizados con mayor frecuencia en edificios.**

La Figura 16 muestra los sistemas de entrepisos usados con mayor frecuencias en edificios, la losas de canaletas y concreto presenta ser la más utilizada de los encuestados con un 38.3%, seguidos por los entrepisos de losa solidas con un 36.7%, un 15% ha utilizado losas compuestas, un 8.3% losas pos-tensadas y finalizando con un 1.7% de uso de losas de viguetas prefabricadas.

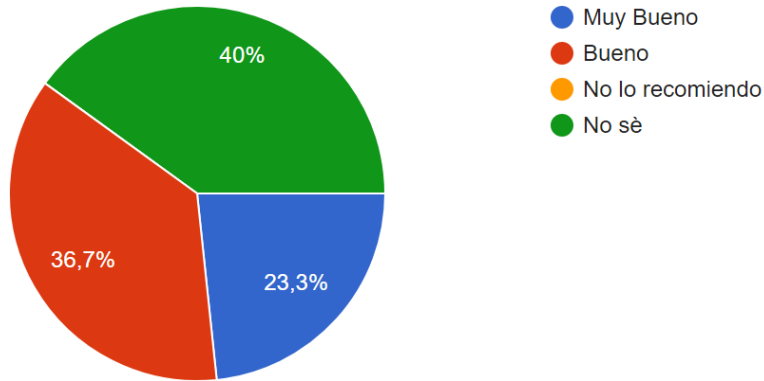
7. ¿Al seleccionar un sistema de entrepiso que consideraciones son más relevantes?



**Figura 18. Consideraciones al seleccionar un sistema de entrepisos.**

Al seleccionar un sistema de entrepisos se le da mayor importancia al comportamiento estructural de la losas de entrepiso, como indica la gráfica de la Figura 18, con un 50% representando una población media de los encuestados, seguido de la rapidez de ejecución con un 40% catalogado en población media, tomando el tercer lugar de importancia el costo con 33.3% representada en baja relevancias en el momento de seleccionar el sistema de entrepiso, dejando con baja relevancia el conocimiento del sistema de losas 25% y muy baja relevancia la disponibilidad al 8.3%.

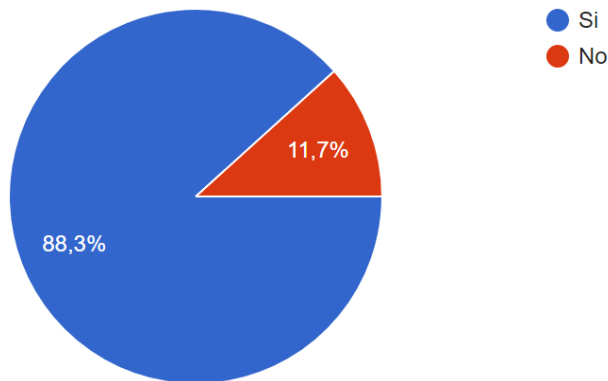
8. En base a su experiencia o criterio técnico ¿Qué tan confiables considera el comportamiento estructural del sistema de entepiso con lámina colaborante con conectores de cortante (losacero)?



**Figura 19. Confiabilidad en el sistema de entepiso de losa colaborante.**

En la gráfica de la Figura 19 el 40% no maneja la confiabilidad en el sistema de losas de entepiso, un 36.7% considera una confiabilidad buena y un 23.3% una muy buena confiabilidad observando que la mayoría considera de buena a muy buena la confiabilidad del sistema.

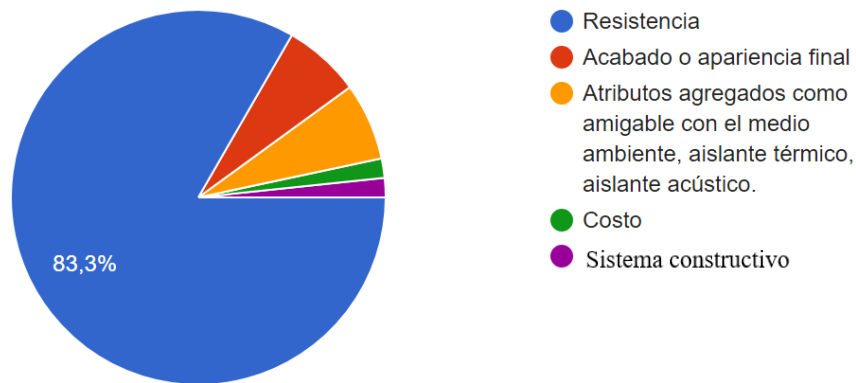
9. ¿Estaría interesado en utilizar un sistema de entepiso de sección compuesta con concreto aligerado estructural?



**Figura 20. Interés en la utilización de entepiso de sección compuesta con concreto aligerado estructural.**

El 88.3% representando una población muy alta de los ingenieros encuestados que se muestran interesados en utilizar un sistema de entrepiso de sesión compuesta, en comparación a un 11.7% clasificada como población muy baja que no muestra interés en el sistema de entrepiso de investigación.

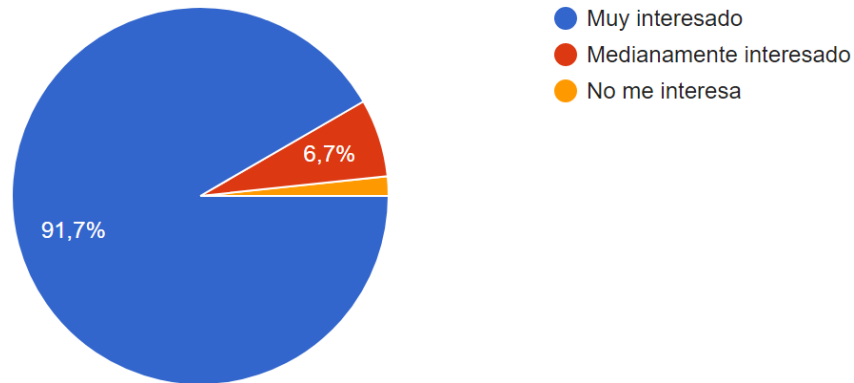
10. Cuando realiza una construcción con concreto ¿qué aspectos tienen mayor importancia?



**Figura 21. Aspectos con mayor importancia al realizar una construcción con concreto.**

la gráfica de la fig.20 representa los aspectos del concreto con mayor importancia al momento de realizar una construcción, en la cual la resistencia del concreto con un 83.3% representando un muy alto porcentaje de los ingenieros que consideran esta cualidad, seguida de atributos de los agregados referentes al medio ambiente, aislante térmico, aislante acústico, en la tercera posición en cuanto a relevancia es el acabado dejando en últimos lugares la economía resistencia y metodología según la encuesta el costo es el que tiene menor importancia a la hora de construir con concreto.

11. ¿Le interesaría disponer de un documento que le explique cómo es el comportamiento de un entrepiso con losas compuesta con concreto estructural aligerado?



**Figura 22. Interés en documento de comportamiento de entrepiso de losas compuestas con concreto aligerado.**

El 91.7% se presenta muy alto interés en el documento del comportamiento de un entrepiso con losas compuesta con concreto estructural aligerado, 6.7% se encuentra medianamente interesado y un 1.6% no presenta interés.

12. ¿Tiene alguna sugerencia sobre el tema?

Entre las sugerencias recibidas sobresale la difusión de la información sobre losas compuestas con concreto estructural aligerado con especial interés en el funcionamiento, las dificultades del diseño estructural con este tipo de sistema de entrepisos, Costo-beneficio, opción con pórticos de concreto reforzado.

4.2. Análisis Estructural haciendo uso como instrumento la herramienta computacional del programa Etabs 2016.

4.2.1. Consideraciones preliminares para el modelo de la edificación habitacional

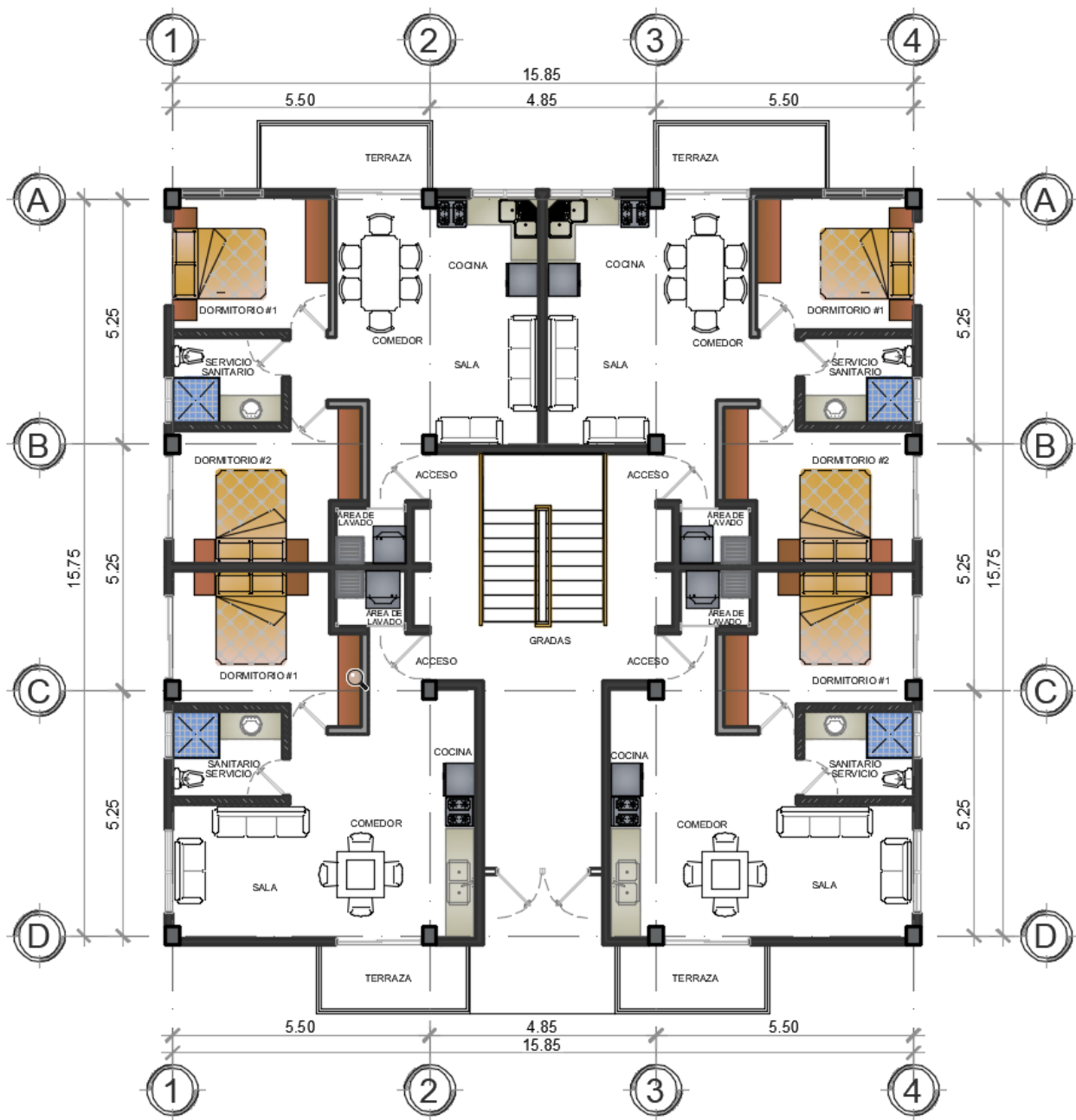
Se evaluar el comportamiento estructural de una losa compuesta con concreto aligerado, mediante la modelación de un edificio de apartamentos, comparando con los resultados de las siguientes variaciones en el mismo modelo; la cantidad de viguetas de la losa compuesta por tablero de losa, una vigueta, dos viguetas, tres viguetas y cuatro viguetas; el espesor del patín de concreto en 5cms, 8cms, 10cms, y 12cms; el tipo de concreto del patín, concreto de peso volumétrico normal, concreto estructural aligerado con piedra pómez y concreto de densidad específica de poli-estireno; con resistencias a la compresión de concretos estructurales de  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$   $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$  y concreto no estructura de  $f'c=140 \text{ kg/cm}^2$ .

Considerando en el modelo la configuración estructural, los materiales con que se construirá, las cargas que actuarán en la estructura y sus apoyos, utilizando una herramienta computacional, cumpliendo con las normas y recomendaciones dictadas por el Código Hondureño de la Construcción (CHOC).

El modelo de estudio consiste en un edificio de apartamentos de 4 niveles y para el cálculo de cargas se considera la siguiente ubicación: ciudad de Tegucigalpa M.D.C. Departamento de Francisco Morazán, Honduras. El área de construcción del primer nivel es  $291.39 \text{ m}^2$  ver

Figura 23 Primer nivel, del segundo y tercer nivel es  $282.97 \text{ m}^2$  ver

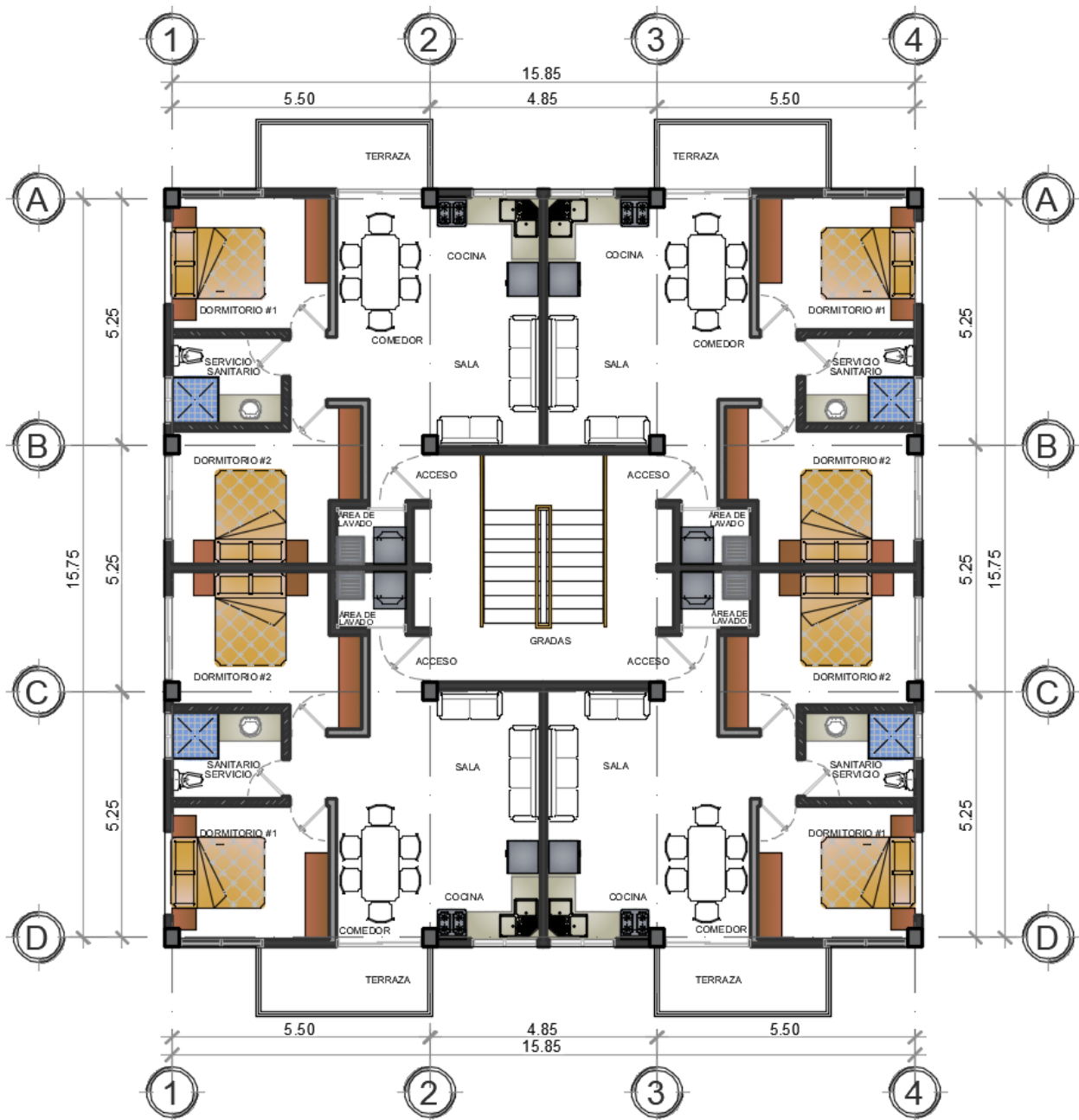
Figura 24; La azotea es de  $260.82 \text{ m}^2$  ver Figura 25; área de techo de módulo de gradas  $29.10 \text{ m}^2$  ver Figura 26, para un área total en el edificio de  $1,118.15 \text{ m}^2$ . La altura del primer nivel es de  $3.55\text{m}$  del nivel dos en adelante es de  $3.15\text{m}$ ; en total el edificio tiene una altura de  $13.00$  metros.



**Figura 23. Planta Arquitectónica, Primer Nivel. NPT = +/- 0.00**

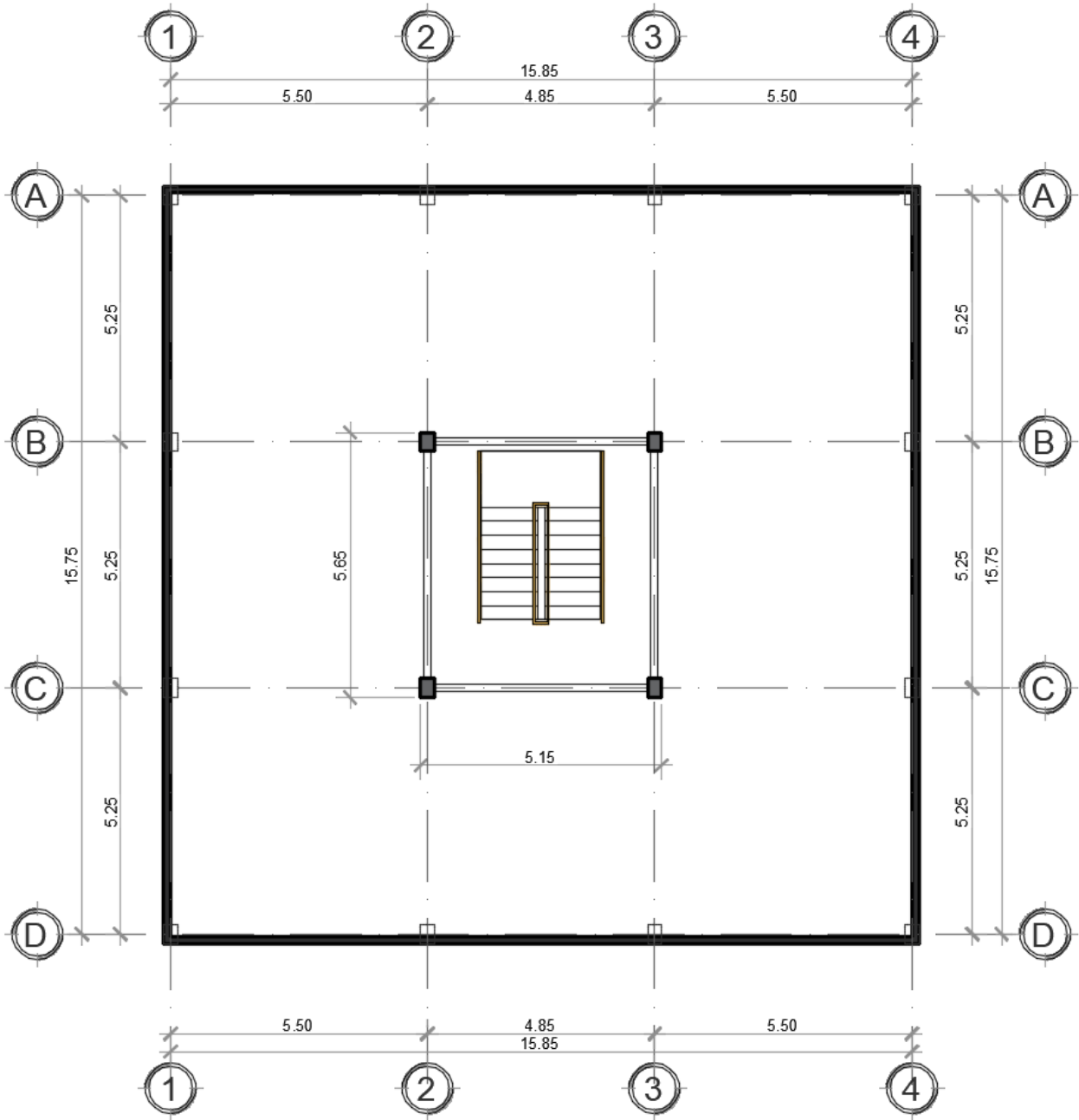
Fuente. (autor, 2017)





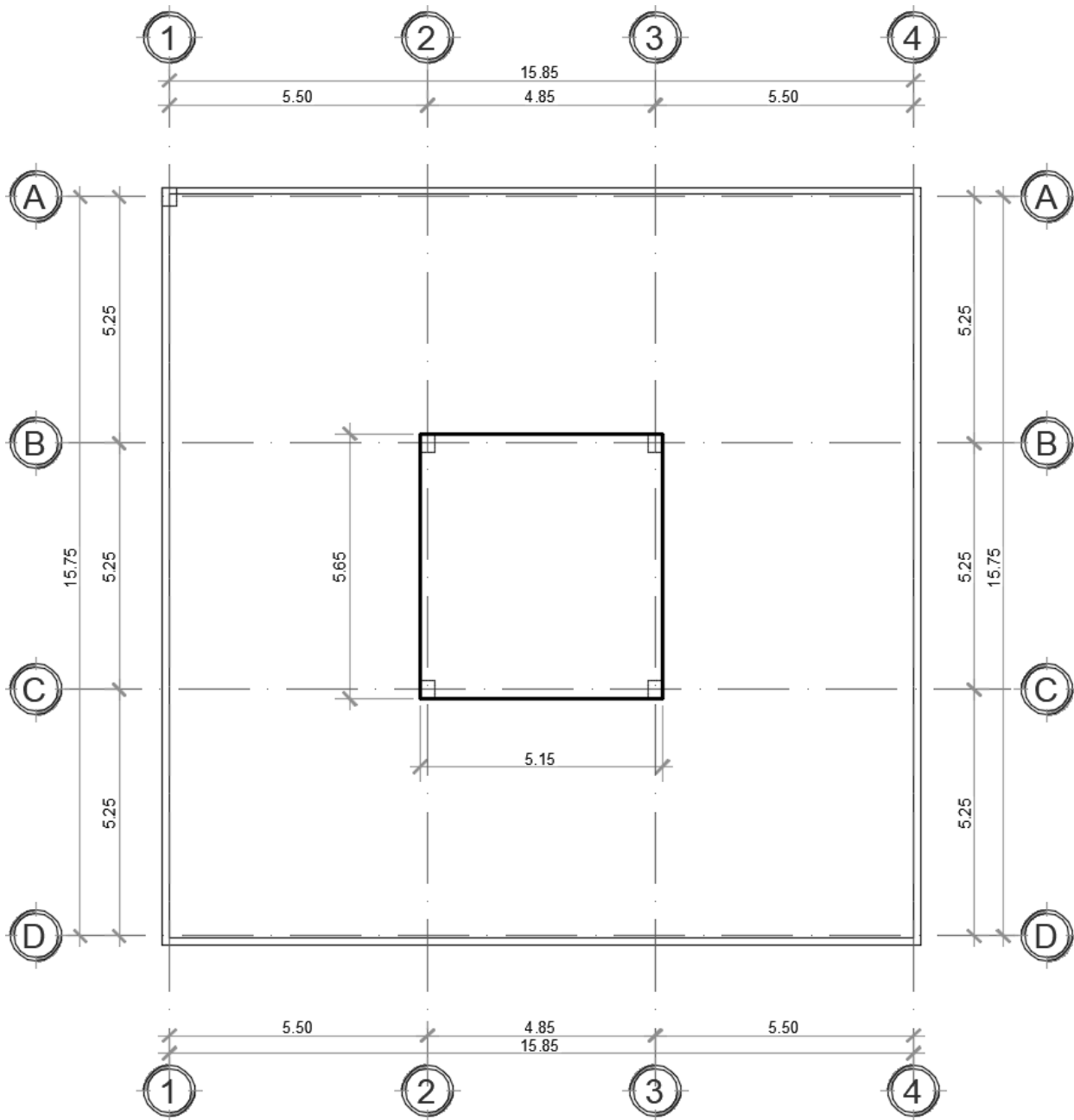
**Figura 24. Planta Arquitectónica, Segundo Nivel NPT =+3.55 y Tercer Nivel NPT =+6.70.**

Fuente. (autor, 2017)



**Figura 25. Planta Arquitectónica, Azotea NPT =+9.85**

Fuente. (autor, 2017)



**Figura 26. Planta Arquitectónica, Techo Módulo de Gradas NPT =+13.00**

Fuente. (autor, 2017)

#### 4.2.2. Consideraciones de los modelos para análisis estructural

Los elementos soportantes de la losa tales como columnas vigas y viguetas son de acero estructural, la losa está compuesta por lámina colaborante y concreto estructural aligerado.

La construcción se considera Tipo 3, comúnmente designada como "marco rígido" dentro de la categoría marco rígido común de acero, con un coeficiente de rigidez  $R_w=6$ , que supone que las conexiones de viga-columna tienen rigidez suficiente para mantener el ángulo original entre los miembros que se interceptan virtualmente sin cambio.

Las uniones de los elementos vigas y columnas serán monolíticas y continuas. Se consideran los nudos infinitamente rígidos, por tanto, aportan rigidez a momentos y a fuerzas cortantes. Se consideraron los apoyos de cimentación de la edificación como empotramientos.

Las cargas para la elaboración del modelo se analizan de acuerdo al uso del espacio y se calculan según su geometría y área de aplicación, las cargas muertas entre las cuales podemos mencionar cargas sobrepuestas de las paredes de tabla yeso, paredes de bloques de espesor de 15cm repelladas y pulidas, paredes con cerámica en áreas de baños, balcones, a la vez se consideran las cargas uniformemente distribuidas generadas por los impermeabilizantes, firmes, cerámicas, encielados e instalaciones eléctricas e hidrosanitarias, las cargas vivas debido al uso destinado de la infraestructura, cargas de viento y cargas sísmicas según su ubicación geográficas, basados estos datos en la normativa del Código Hondureño de la Construcción (CHOC, 2008)

#### 4.2.3. Cálculo de cargas muertas, vivas, viento y sísmicas.

##### Cálculo de cargas muertas

En la Tabla 2 se muestran los cálculos de las cargas muertas en los entrepisos para el análisis:

**Tabla 2. Cargas muertas aplicadas al modelo de la estructura**

N	Tipo de material	Carga unitaria (kg <sub>f</sub> /m <sup>2</sup> )	Carga aplicada al modelo (kg/m)
1	Vigas, losas y columnas <u>Nota:</u> el peso de las escaleras de concreto se modelo en el programa como cargas de reacción	El programa ETABS las calcula automáticamente	
2	Pared de bloque 15cms de espesor Repellado y pulidas ambas caras	220 kg <sub>f</sub> /m <sup>2</sup> 20 kg <sub>f</sub> /m <sup>2</sup>	220+20x2=260x 3.00 = <b>780 kg<sub>f</sub>/m</b>
3	Pared de tabla yeso altura 3.00m	23 kg <sub>f</sub> /m <sup>2</sup>	23x3.00= <b>69.00 kg<sub>f</sub>/m</b>
4	Pared de bloque 15cm de espesor Repellado y pulido 1 cara Repello y cerámica en cara opuesta	220 kg <sub>f</sub> /m <sup>2</sup> 20 kg <sub>f</sub> /m <sup>2</sup> 15 kg <sub>f</sub> /m <sup>2</sup>	220+20x2+15=275x 3.00 = <b>825 kg<sub>f</sub>/m</b>
5	Balcón de pared 15cm de espesor Repellado y pulidas ambas caras altura 1.20m	220 kg <sub>f</sub> /m <sup>2</sup> 20 kg <sub>f</sub> /m <sup>2</sup>	220+20x2=260x 1.20 = <b>312 kg<sub>f</sub>/m</b>
6	Piso de cerámica	20.39 kg <sub>f</sub> /m <sup>2</sup>	<b>20.39 kg/m<sup>2</sup></b>
7	Encielados de tabla yeso	8 kg <sub>f</sub> /m <sup>2</sup>	<b>8 kg/m<sup>2</sup></b>
8	Instalaciones eléctricas e hidrosanitarias	15 kg <sub>f</sub> /m <sup>2</sup>	<b>15 kg<sub>f</sub>/m<sup>2</sup></b>
9	Firme de concreto de 4cms	96 kg <sub>f</sub> /m <sup>2</sup>	<b>96 kg<sub>f</sub>/m<sup>2</sup></b>
10	Firme para evacuar las aguas lluvias	2039.43 kg <sub>f</sub> /m <sup>3</sup>	2,039.43X0.04 = <b>81.58 kg/m<sup>2</sup></b>
11	Impermeabilización por membrana asfáltica	3 kg <sub>f</sub> /m <sup>2</sup>	<b>3 kg/m<sup>2</sup></b>

Fuente. (CHOC, 2008)

## Análisis de cargas vivas

Las cargas vivas se encuentran definidas por el CHOC (2008:1-3) ver anexos tabla 1.1.4-1 en la que se considera para el modelo según su uso los siguientes valores:

**Tabla 3. Cargas uniformes y concentradas a utilizar 1.1.4-1 del CHOC**

<b>Categoría</b>	<b>Descripción</b>	<b>UNIFORME Kg/m<sup>2</sup></b>
Residencial <sup>g</sup>	Área básica de piso	200
	Balcones exteriores	300 <sup>g</sup>
Terrazas en techos	Igual al área servida o para el tipo de ocupación acomodada	

Fuente. (CHOC, 2008, págs. 1-3)

### Resumen de cargas uniformemente distribuidas vivas y muertas a aplicar a la losa por nivel.

Carga muerta aplicada en área de losa en 2° nivel y 3° nivel = 139.39 kg/m<sup>2</sup>

Carga viva aplicada en área de losa en 2° nivel y 3° nivel = 200.00 kg/m<sup>2</sup>

Carga viva aplicada en área de losas de balcones = 300.00 kg/m<sup>2</sup>

Carga muerta aplicada en azotea y techo de módulo de gradas = 107.58 kg/m<sup>2</sup>

Carga viva aplicada en azotea y techo de módulo de gradas = 200.00 kg/m<sup>2</sup>

Las cargas muertas ejercidas por paredes divisorias y balcones se consideraran como cargas distribuidas de forma lineal en el eje geométrico, con los valores del análisis de la Tabla 2.

## Cálculo de las cargas de viento

Para el cálculo de las cargas de viento se utilizó la sección 1.2 del CHOC (2008: pag.1-10) de acuerdo con la Ecuación 4. Presión de viento.

$$P = C_e C_q q_s I_w$$

### **Ecuación 4. Presión de viento.**

Fuente: (CHOC, 2008, págs. 1-14)

Dónde:

$P$  = Presión de diseño del viento.

$C_e$  = Este factor toma en cuenta la altura del edificio, ráfagas y exposición al viento. El edificio tiene alturas intermedias a las mostradas en la tabla, por lo que se procedió a interpolar, resultando los siguientes valores:

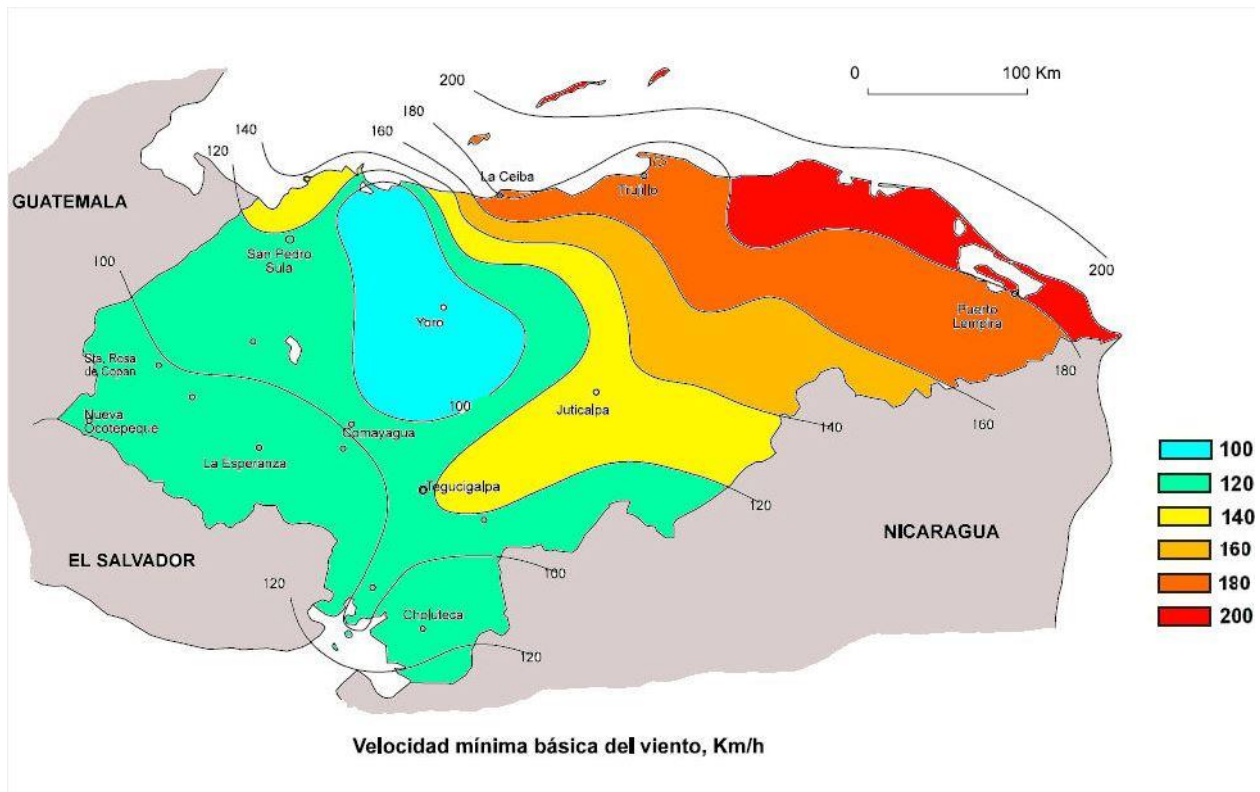
**Tabla 4. Valores de “ $C_e$ ” calculados con interpolación lineal de los Coeficiente combinado  $C_e$  para altura, exposición y factor de ráfaga, exposición tipo B basados en tabla 1.2.3-2 CHOC (2008: 1-12)**

Altura acumulada (m)	Valores de $C_e$ (Exposición B)
3.55	0.62
6.70	0.68
9.85	0.78
13.00	0.85

Fuente: CHOC (2008: pág. 1-12)

$C_q$  = Coeficiente de presión. Se tomó de la tabla 1.2.3-3 del CHOC para sistemas y marcos principales utilizando el método de la fuerza normal. Para muro de barlovento el valor de  $C_q$  es **0.8**, para muro de sotavento es **0.5** y para techo de sotavento **0.7**. Ver tabla en anexos.

$q_s$  = Presión base estática del viento. Este factor depende de la ubicación geográfica de la edificación, para Comayagüela y Tegucigalpa, según el mapa mostrado en la Figura 28 corresponde una velocidad mínima de 120 km/h; en la Tabla 5. Presión estática de viento  $q_s$ . Para esa velocidad es de  $69.6 \text{ kg/m}^2$ .



**Figura 27. Velocidad mínima básica del viento, km/h (Figura 1.2.4-1).**

Fuente. (CHOC, 2008, págs. 1-15)



**Tabla 5. Presión estática de viento  $q_s$ .**

Velocidad básica del viento (Km/h)	Presión estática del viento $q_s$ (Kg/m <sup>2</sup> )
100	48.4
110	58.5
120	69.6
130	81.7
140	94.8
150	108.8
160	123.8
170	139.8
180	156.7
190	174.6
200	193.4

Fuente: CHOC (2008: pág. 1-12)

$I_w$  = Factor de importancia de la edificación, en la tabla 1.3.4-3 del CHOC la categoría 4 son estructuras ordinarias como son los edificios de apartamentos y para dicho caso el factor de importancia del viento  $I_w$  es igual a 1. Ver anexos tabla 1.3.4-3.

Basados en este análisis los parámetros generales de carga del viento son las siguientes:

$C_{e=}$	Segundo Nivel	0.62
	Tercer Nivel	0.68
	Cuarto Nivel	0.78
	Quinto Nivel techo de módulo de gradas	0.85
$C_{q=}$	$C_q$ Barlovento (kg/m <sup>2</sup> )	= 0.8
	$C_q$ Sotavento (kg/m <sup>2</sup> )	= 0.5
	$C_q$ Techo (kg/m <sup>2</sup> )	= 0.7
$q_s=$		69.6 Kg/m <sup>2</sup>
$I_w=$		1

Teniendo todos los valores de los coeficientes se procede a calcular las presiones de viento para cada altura de entrepiso del edificio utilizando Tabla 6. Presión de diseño del viento P por unidad de Área.

**Tabla 6. Presión de diseño del viento P por unidad de Área.**

Descripción	$C_e$ (B)	$q_s$ Kg/m <sup>2</sup>	$I_w$	$P = C_e \times C_q \times q_s \times I_w$		
				Barlovento (kg/m <sup>2</sup> ) $C_q = 0.8$	Sotavento (kg/m <sup>2</sup> ) $C_q = 0.5$	Techo (kg/m <sup>2</sup> ) $C_q = 0.7$
Techo Gradas	0.85	69.6	1	47.328	29.580	41.412
Cuarto nivel Azotea	0.78	69.6	1	43.430	27.144	38.002
Tercer nivel	0.68	69.6	1	37.862	23.664	-
Segundo nivel	0.62	69.6	1	34.522	21.576	-

### **Cálculo de cargas de viento aplicadas en las losas de entrepiso**

Utilizando los resultados de carga de viento anterior y multiplicando por el área tributaria respectiva en altura se puede encontrar la carga de viento distribuida aplicada en el canto de las losas de entrepisos; para aplicar cargas puntuales de viento en el centro de rigidez de los diafragmas rígidos de cada entrepiso en la dirección del eje “X” y “Y”, es necesario sumar las cargas de barlovento y sotavento por nivel y multiplicarlas por la distancia horizontal tributaria del edificio de apartamentos en la dirección “X” y “Y”.

La distancia total horizontal en la dirección de los pisos 1-4 de “X” es = **20.92 m**

La distancia total horizontal en la dirección de los pisos 1-4 “Y” es = **19.10 m**

La distancia total horizontal en la dirección del módulo de gradas piso 5 “X” es = **5.15 m**

La distancia total horizontal en la dirección del módulo de gradas piso 5 “Y” es = **5.65 m**

**Tabla 7. Tabla de Resultados Cargas de Viento Puntuales por Nivel en X**

Descripción	P Empuje kg/m <sup>2</sup> (Barlovento)	P Succión (sotavento)	Altura tributaria	Longitud en Y	W <sub>x</sub> diafragma barlovento	W <sub>x</sub> diafragma Sotavento	W <sub>x</sub> total (kgf)
Techo de módulo de Gradas	47.328	29.580	1.575	5.65	421.16	263.23	684.39
Cuarto nivel Azotea	43.430	27.144	3.15	19.10	2,612.99	1,633.12	4,246.11
Tercer nivel	37.862	23.664	3.15	19.10	2,277.99	1,423.74	3,701.74
Segundo nivel	34.522	21.576	3.35	19.10	2,208.86	1,380.54	3,589.40

**Tabla 8. Tabla de Resultados Cargas de Viento Puntuales por Nivel en Y**

Descripción	P Empuje kg/m <sup>2</sup> (Barlovento)	P Succión (sotavento)	Altura tributaria	Longitud en X	W <sub>y</sub> diafragma barlovento	W <sub>y</sub> diafragma sotavento	W <sub>y</sub> total (kgf)
Techo de módulo de Gradas	47.328	29.580	1.575	5.15	383.89	239.93	<b>623.82</b>
Cuarto nivel Azotea	43.430	27.144	3.15	20.92	2,861.98	1,788.74	<b>4,650.71</b>
Tercer nivel	37.862	23.664	3.15	20.92	2,495.06	1,559.41	<b>4,054.47</b>
Segundo nivel	34.522	21.576	3.35	20.92	2,419.34	1,512.09	<b>3,931.43</b>

Y las fuerzas verticales de levantamiento en la losa de techo de azotea y cubierta de cubo de escaleras son:

$$W_{AV} = 38.002 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{CEV} = 41.412 \text{ kg/m}^2$$

Calculo de cargas por Sismo.

Cálculo de las cargas por sismo método estático.

El CHOC (2008: 1-17) en la sección.1.3 exige que todas las estructuras y sus partes deberán diseñarse y construirse para resistir los efectos de los movimientos sísmicos del terreno. Para ello el código hondureño propone dos métodos de cálculo: el estático y el dinámico.

El CHOC plantea la Ecuación 5 para calcular el cortante total en la base del edificio generado por los efectos sísmicos:

$$V = \frac{Z I C}{R_w} W$$

#### **Ecuación 5. Cortante de diseño en la base**

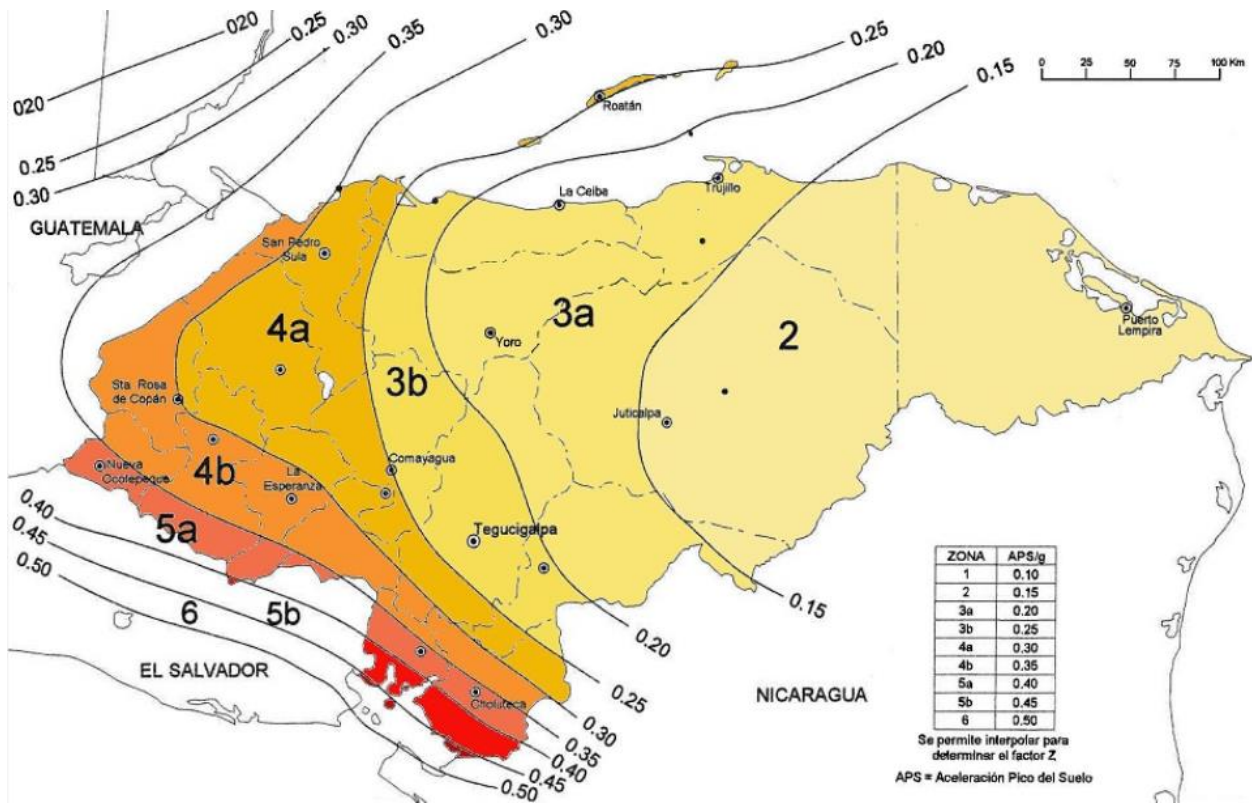
Fuente: (CHOC, 2008, págs. 1-28.)

Donde

**V**= Fuerza total lateral de diseño o cortante en la base.

**Z**= Factor de zona sísmica. En la Ecuación 5 se muestran los diferentes valores de acuerdo a las zonas definidas por las curvas de isoaceleraciones del suelo. Ya que el proyecto está ubicado en Comayagüela corresponde una zona sísmica **3b** y un factor de **Z = 0.25**

**I**= Factor de importancia sísmica depende de la ocupación o función que tendrá la estructura, al igual que en el cálculo de la carga de viento se utiliza el valor de la tabla 1.3.4-3 del CHOC (ver anexos); los edificios de apartamentos están en la categoría 4, estructuras ordinarias por tanto **“I” = 1.00**



**Figura 28. Mapa de zonas sísmicas.**

Fuente (CHOC, 2008)

C= Coeficiente numérico definido por la Ecuación 6 que toma en cuenta el periodo fundamental (T) de la estructura y el término “S” es el coeficiente de suelo que define el tipo de suelo donde estará cimentada la estructura.

$$C = \frac{1.25 S}{T^{2/3}}$$

**Ecuación 6. Coeficiente numérico para el cálculo de diseño en la base**

Fuente. (CHOC, 2008)

En la tabla 1.3.4-2 del CHOC (ver anexos). Propone 4 tipos de suelos (S1, S2, S3 y S4)

Para el proyecto se determinó un suelo “S2” suelo medio-denso a denso, cuyo coeficiente **S = 1.2**

Aproximadamente el valor de “T” (periodo de la estructura) puede calcularse con la Ecuación 7 Propuesta por el CHOC:

$$T = C_t (h_n)^{3/4}$$

**Ecuación 7. Periodo fundamental.**

Fuente: (CHOC, 2008)

Para el coeficiente “C<sub>t</sub>” el CHOC propone 3 valores dependiendo del sistema estructural utilizado, para el caso de este edificio de marcos rígidos de acero se utilizó C<sub>t</sub> = 0.0853 (C<sub>t</sub> (ft) =0.035)

**h<sub>n</sub>** = Altura total del edificio, medida desde el sótano dos se tiene h<sub>n</sub> =13.00 m

Al sustituir los valores en la Ecuación 7 se obtiene el valor de **T = 0.58399**; sustituyendo los valores de “T” y “S” en la Ecuación 6, se encuentra el coeficiente **C = 2.683681** además el CHOC (2008:1-28) menciona que este valor no debe ser mayor a 2.75; por lo que si cumple.

**R<sub>w</sub>** = Factor de ductilidad global de la estructura y según la tabla 1.3.4-6 del CHOC (ver Anexos) para un sistema de marcos rígidos comunes (MRC) de acero se usa **R<sub>w</sub> = 6** El CHOC menciona que como mínimo la relación C/R<sub>w</sub> deberá ser 0.075 para el caso del edificio analizado se tiene un valor C/R<sub>w</sub> = 0.44728 por lo tanto sí cumple.

**W** = Peso total de todo el edificio por cargas muertas.

### **Cálculo de las cargas por Sismo Método Dinámico Modal Espectral.**

El análisis mediante el método dinámico modal espectral se basa en el espectro de respuesta descrito en El CHOC (2008: 1-35) en la sección 1.3.6.5.7, donde se ingresan los valores correspondientes al tipo de suelo, Factor sísmico **Z**, Periodo Modal **T**, los periodos **T<sub>a</sub>** y **T<sub>b</sub>**, factor exponencial **e**.

(a) Para  $T < T_a$

$$a = 2.75 Z g \left( 0.4 + 0.7 \frac{T}{T_a} \right)$$

**Ecuación 8. Para periodo  $T < T_a$ .**

Fuente: (CHOC, 2008)

(b) Para  $T_a \leq T \leq T_b$

$$a = 2.75 Z g$$

**Ecuación 9. Para periodo  $T_a \leq T \leq T_b$ .**

Fuente: (CHOC, 2008, págs. 1-35)

(c) Para  $T > T_b$

$$a = Z g \frac{S^e}{T}$$

**Ecuación 10. Para periodo  $T > T_b$ .**

Fuente: (CHOC, 2008, págs. 1-35)

Donde:

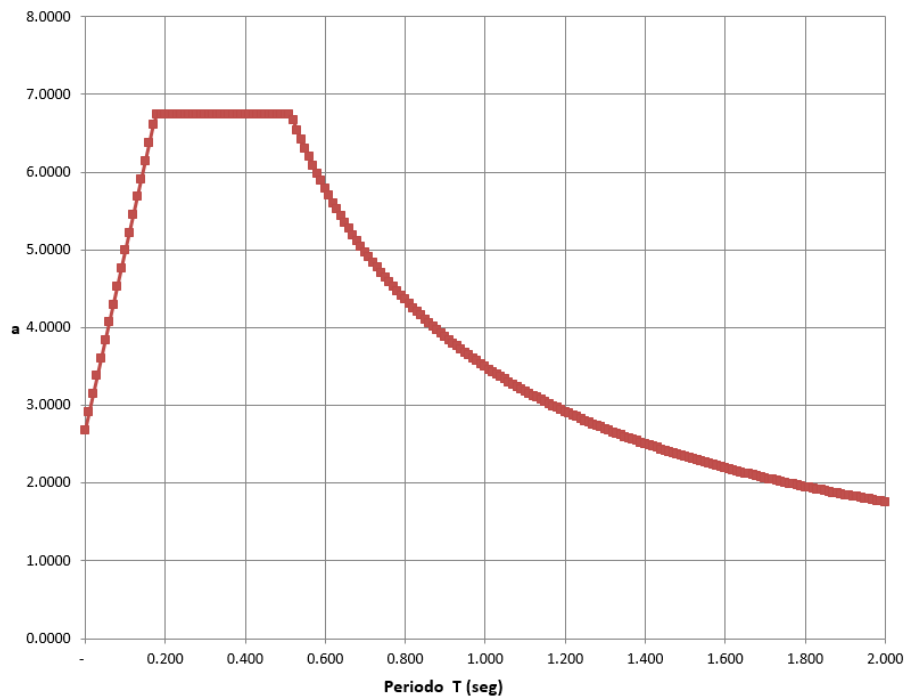
**Z**= Factor de zona sísmica.

**g**= Aceleración Gravitacional en metro por segundo al cuadrado

**a**= Aceleración espectral en metro por segundo al cuadrado

**T<sub>a</sub>** y **T<sub>b</sub>**= parámetro para espectro periodos en segundo dependiendo del tipo de suelo

Basados en las Ecuación 8, Ecuación 9 y Ecuación 10, se elabora el espectro de respuesta para la ubicación del edificio de apartamentos.



**Figura 29. Espectro de respuesta elástico para S=1.2, T<sub>a</sub>=0.186, T<sub>b</sub>=0.524, e=2, z=0.25.**

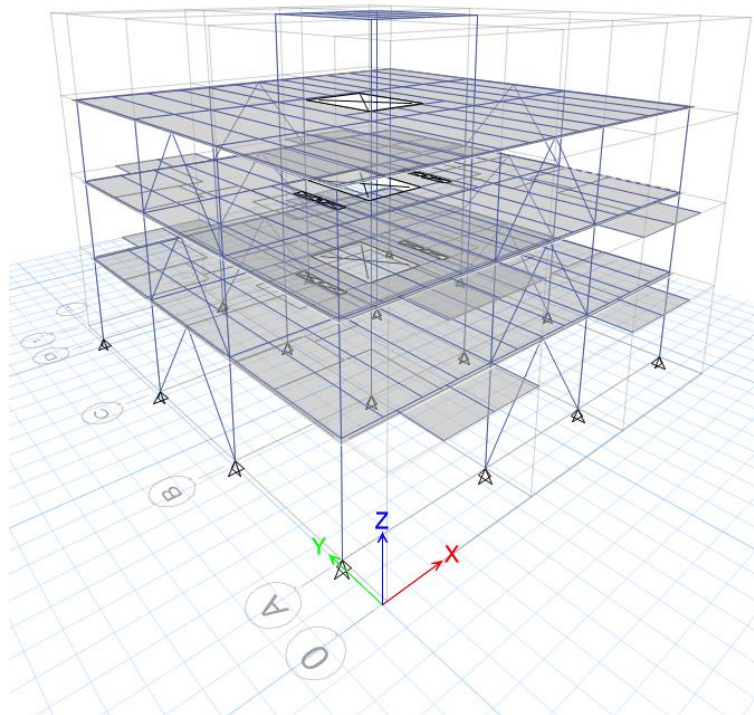
Fuente: (Etabs 2016)



#### 4.2.4. Análisis y Revisión Estructural

Para modelar la edificación se hizo uso del software de análisis y diseño estructural Etabs 2016 versión 16.2.0. Utilizando el siguiente procedimiento:

1. Se seleccionó el código de diseño de acero AISC 360–10, código de diseño de concreto ACI 318-14 y el sistema de unidades en Sistema Métrico MKS.
2. Se ingresó el sistema de ejes estructurales propuestas en plantas arquitectónicas, como los niveles de pisos en el Editor de Pisos y Sistemas de Datos de Ejes.
3. Con ayuda del software AutoCAD 2016, se definió la forma geométrica de los elementos estructurales más relevantes para posteriormente importar este archivo desde el software etabs, y definir la geometría estructural.



**Figura 30. Geometría Estructural de Análisis**

Fuente: (Etabs 2016)

4. Se definió las propiedades de los materiales para los tres tipos de concreto a utilizar: concreto de densidad normal, concreto de peso específico de poliestireno, concreto estructural aligerado con piedras pómez con las siguientes características

Concreto de densidad normal:

La resistencia a la compresión del concreto será  $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ , el peso volumétrico del concreto es  $2,400.00 \text{ kg/m}^3$ , el módulo de elasticidad del concreto se calculó en base a la ecuación del módulo de elasticidad  $E_c=218,819.79 \text{ kg/cm}^2$

$$E_c = 15,100 \cdot \sqrt{f'_c} \text{ kg/cm}^2$$

Fuente: (CHOC, 2008)

Concretos de densidad específica de poliestireno  $f'_c= 210 \text{ kg/cm}^2$ ,  $f'_c= 175 \text{ kg/cm}^2$  y  $f'_c= 140 \text{ kg/cm}^2$ :

Los valores utilizados de la resistencia y densidad del concreto de poliestireno se basan en el estudio de “Propiedades electroquímicas y mecánicas de bloques de hormigón ligero con espuma de poliestireno expandido” de los autores *E.E. Maldonado-Bandala, D. Nieves-Mendoza, R. Romero-López, R. Tobias-Jaramillo, F. Almeraya-Calderón, C.P. Barrios-Durstewitz, R.E. Núñez Jaquez*. (Ver Anexos).

**Tabla 9. Densidad relativa de los hormigones ligeros (ASTM C642-06)**

Código del Concreto	Densidad Relativa(kg/m <sup>3</sup> )
CTRL (100CA)	2276.7
25MEPS-75CA	1978.6
50MEPS-50CA	1786.5
75MEPS-25CA	1644.9
100MEPS-0CA	1441.3

Fuente: (Maldonado Bandala, y otros, 2014, pág. 470)

**Tabla 10. Propiedades del concreto aligerado con espuma de poliestireno expandido**

Concrete	CTRL (100CA)		25MEPS-75CA		50MEPS- 50CA		75MEPS- 25CA		100MEPS- 0CA	
	14	28	14	28	14	28	14	28	14	28
Tiempo transcurrido										
1	35.3	37.4	22.3	22.8	17.3	17.2	15.5	14.2	10.0	11.1
2	34.8	36.2	21.6	20.8	16.2	16.7	14.3	14.3	11.8	10.9
3	34.6	37.3	20.9	21.6	16.0	16.3	13.9	16.0	10.6	11.4
4	35.3	38.3	21.3	20.5	16.4	17.3	14.8	14.6	11.2	10.9
5	34.4	37.8	21.3	22.3	16.7	16.5	14.7	14.7	11.0	10.8
Media (MPa)	34.9	37.4	21.5	21.6	16.5	16.8	14.6	14.8	10.9	11.0
SD (MPa)	0.41	0.78	0.52	0.97	0.51	0.44	0.60	0.72	0.67	0.24
CV (%)	1.17	2.08	2.43	4.50	3.07	2.59	4.09	4.90	6.16	2.17

Fuente: (Maldonado Bandala, y otros, 2014, pág. 470)

Concreto de densidad especifica de poliestireno 25MEPS-75CA:

La resistencia a la compresión que consideraremos del concreto será  $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , el peso volumétrico del concreto es  $1978.6 \text{ kg/m}^3$ , el módulo de elasticidad del concreto se calculó en base a la ecuación del modulo de elasticidad  $E_c = 173,454.496 \text{ kg/cm}^2$

“El módulo de elasticidad del concreto  $E_c$  se podrá tomar como  $w_c^{1.5} 0.136 \sqrt{f'_c}$  en  $\text{Kg/cm}^2$ , para valores de  $w_c$  entre  $1,440$  y  $2,480 \text{ Kg/m}^3$ . Para concreto de peso normal,  $E_c$  se podrá tomar como  $15,100 \sqrt{f'_c}$ ” CHOC (2008: pag.2-37)

$$E_c = W_c^{1.5} 0.136 \sqrt{f'_c} \text{ kg/cm}^2$$

¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. **Para valores de  $W_c$  entre  $1,440$  y  $2480 \text{ Kg/m}^3$ .**

Fuente: (CHOC, 2008) Concreto aligerado estructural de poliestireno 50MEPS-50CA:

La resistencia a la compresión que consideraremos del concreto será  $f'_c = 175 \text{ kg/cm}^2$ , el peso volumétrico del concreto es  $1786.5 \text{ kg/m}^3$ , el módulo de elasticidad del concreto se calculó en base a la ecuación de elasticidad  $E_c = 135,850.882 \text{ kg/cm}^2$ .

Concreto aligerado de poliestireno 75MEPS-25CA:

La resistencia a la compresión que consideraremos del concreto será  $f'_c = 140 \text{ kg/cm}^2$ , el peso volumétrico del concreto es  $1644.9 \text{ kg/m}^3$ , el módulo de elasticidad del concreto se calculó en base a la ecuación del modulo de elasticidad  $E = 107,352.50 \text{ kg/cm}^2$ .

Concreto estructural Aligerado piedra pómez:

La resistencia a la compresión del concreto será  $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , el peso volumétrico del concreto es  $1,600.00 \text{ kg/m}^3$ , el módulo de elasticidad del concreto se calculó en base a la ecuación del modulo de elasticidad  $E_c = 126,132.9432 \text{ kg/cm}^2$

Y el módulo de elasticidad del acero recomendado a utilizar por el CHOC (2008:2-37) es:

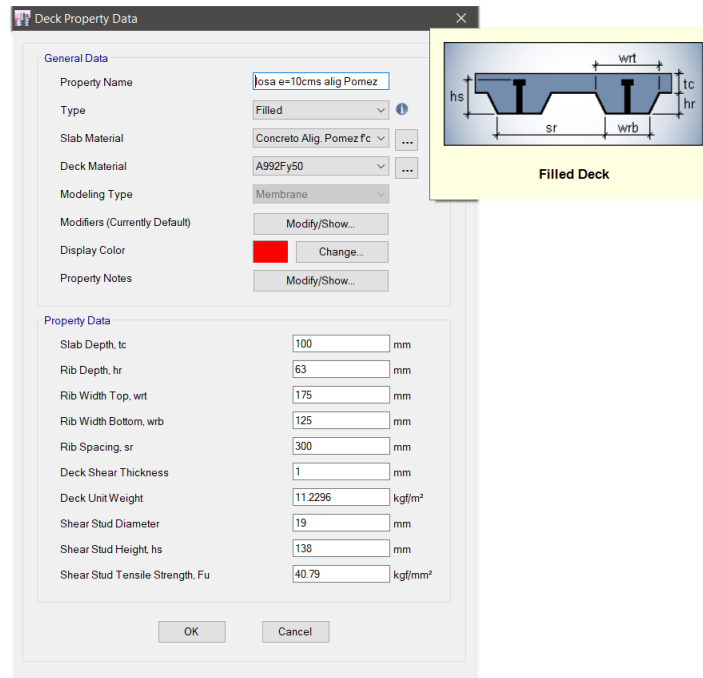
$$E_s = 2,030,000 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

**Ecuación 11. Módulo de elasticidad del acero**

**Fuente: (CHOC, 2008)**

Para el acero grado 50, se utilizó la resistencia de fluencia igual a la resistencia última de  $F_y = 3,500.00 \text{ kg/cm}^2$  y para el acero grado 60  $F_y = F_u = 4,200.00 \text{ kg/cm}^2$ .

5. Se definió las propiedades de las secciones de losa colaborante para los cuatro tipos de espesores a utilizar, espesor de 5cms, 8cms, 10cms, 12cms.



**Figura 31. Propiedades de sección losa Colaborante**

Fuente: (Etabs 2016)

**Tabla 11. Datos de la geometría de la sección de las losas colaborante según su Espesor.**

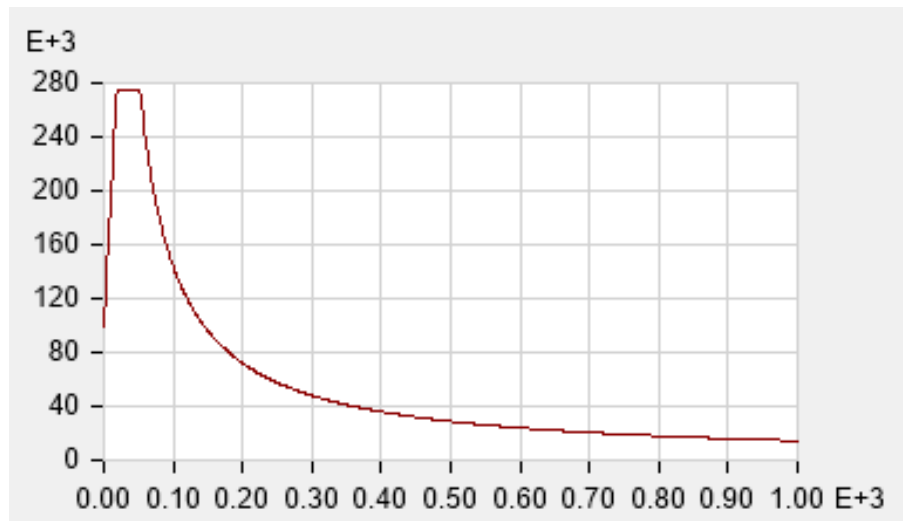
Losas con lamina colaborante	5cms	8cms	10cms	12cms
Resistencia del Acero	Grado 50			
Resistencia del Concreto	210 Kg/cm <sup>2</sup> Concreto de Peso Normal			
Tc= Espesor del Patín de la Losa	50mm	80mm	100mm	120mm
hr =Altura de dentado de lámina	63mm			
wrt=Ancho del dentado en la parte superior	175			
wrb=Ancho del dentado en la parte inferior	125			
sr=Espaciado de dentadura	300mm			
Espesor de la lámina	1mm			
Peso unitario de la lámina	11.2296 kgf/m <sup>2</sup>			
Diámetro del conector de Cortante	19mm			
hs=altura del conector de cortante	138mm	80mm	100mm	120mm
fu=Resistencia a la tracción del conector de cortante	40.79/mm <sup>2</sup>			

Se generó la misma cantidad de secciones de losas colaborante con la variación del concreto de peso específico de poliestireno, y concreto estructural aligerado con piedra pómez,

Obteniendo así un total 12 variaciones de la sesión que al utilizarlas con las 4 variaciones de separación de los apoyos de vigas secundarias se obtiene el total de la muestra de 48 modelos.

6. Se asignaron las propiedades a los elementos de columna, vigas principales, vigas secundarias, y las losas de entresijos.
7. Se definieron los tipos de conexiones y apoyos en la base, considerándose apoyo empotrado.
8. Se asignaron los diafragmas en los entresijos considerándolos como rígidos, donde se aplicaron las cargas de viento.
9. Se ingresaron las cargas que se calcularon de acuerdo a la distribución arquitectónica y el uso al que está destinada la estructura.

Las cargas muertas superpuestas y carga vivas se ingresaron en su área de acción, las cargas de viento se asignaron a los diafragmas respectivos y se ingresó el espectro de isoaceleraciones referente a las cargas sísmicas, para este procedimiento se hizo uso de los datos tabulados basados en las ecuaciones. Ecuación 8, Ecuación 9 y Ecuación 10 en una hoja de Microsoft Office Excel que se introdujeron al software Etabs, para definir el espectro de respuesta en la edificación de apartamentos y se configuraron cargas sísmicas con el software basadas en la normativa UBC 94



**Figura 32. Espectro de isoaceleraciones de diseño Etabs**

Fuente: (Etabs 2016)

10. Se ingresan las 38 combinaciones descritas por la normativa del Código Hondureño de la Construcción CHOC 2008 en su carga basadas en la sección 4.2.3 de este documento, para evaluar el comportamiento de nuestro modelo más las genera automáticamente por el software etabs bajo normativas internacionales.

#### Definición de combinaciones de Cargas

El Código Hondureño de la construcción (2008:2-42) define las siguientes combinaciones de carga, En la sección 1.3.8.1 del CHOC (2008: 1-39) se menciona que para cumplir el requisito de considerar los efectos sísmicos en los ejes ortogonales se puede hacer una combinación de carga por sismo en un eje el 100% del valor y un 30% de la fuerza sísmica en la dirección del eje perpendicular. De esta forma se ingresó al ETABS.

**Carga muerta  $D$  y carga viva  $L$  en Servicio:**

$$1. U = 1D + 1L$$

**Carga de sismo  $E$  en Servicio:**

$$2. SSPXEP = 0.75D + 0.75L + 0.75 SXEP + 0.225 SYEP$$

$$3. SSNXEP = 0.75D + 0.75L - 0.75 SXEP + 0.225 SYEP$$

$$4. SSPYEP = 0.75D + 0.75L + 0.225 SXEP + 0.75 SYEP$$

$$5. SSNYEP = 0.75D + 0.75L + 0.225 SXEP - 0.75 SYEP$$

$$6. SSPXEN = 0.75D + 0.75L + 0.225 SYEP + 0.75 SXEN$$

$$7. SSNXEN = 0.75D + 0.75L + 0.225 SYEP - 0.75 SXEN$$

$$8. SSPYEN = 0.75D + 0.75L + 0.225 SXEP + 0.75 SYEN$$

$$9. SSNYEN = 0.75D + 0.75L + 0.225 SXEP - 0.75 SYEN$$

**Carga de viento  $W$  en Servicio:**

$$10. SVXP = 0.75D + 0.75L + 0.75 VX + 0.225 VY$$

$$11. SVXN = 0.75D + 0.75L - 0.75 VX + 0.225 VY$$

$$12. SVYP = 0.75D + 0.75L + 0.225 VX + 0.75 VY$$

$$13. SVYN = 0.75D + 0.75L + 0.225 VX - 0.75 VY$$

**Carga muerta  $D$  y carga viva  $L$  en Resistencia:**

$$14. U = 1.4D + 1.7L$$



**Carga de sismo  $E$  en Resistencia:  $U = 0.75 (1.4D + 1.7L + 1.87E)$**

$$U = 0.9D + 1.43E$$

15.  $RSPXEP = 1.05D + 1.275L + 1.4025 SXEP + 0.42075 SYEP$
16.  $RSNXEP = 1.05D + 1.275L - 1.4025 SXEP + 0.42075 SYEP$
17.  $RSPYEP = 1.05D + 1.275L + 0.42075 SXEP + 1.4025 SYEP$
18.  $RSNYEP = 1.05D + 1.275L + 0.42075 SXEP - 1.4025 SYEP$
19.  $RSPXEN = 1.05D + 1.275L + 0.42075 SYEP + 1.4025 SXEN$
20.  $RSNXEN = 1.05D + 1.275L + 0.42075 SYEP - 1.4025 SXEN$
21.  $RSPYEN = 1.05D + 1.275L + 0.42075 SXEP + 1.4025 SYEN$
22.  $RSNYEN = 1.05D + 1.275L + 0.42075 SXEP - 1.4025 SYEN$
23.  $RSPXEP-VOLTEO = 0.9D + 1.43 SXEP + 0.429 SYEP$
24.  $RSNXEP-VOLTEO = 0.9D - 1.43 SXEP + 0.429 SYEP$
25.  $RSPYEP-VOLTEO = 0.9D + 0.429 SXEP + 1.43 SYEP$
26.  $RSNYEP-VOLTEO = 0.9D + 0.429 SXEP - 1.43 SYEP$
27.  $RSPXEN-VOLTEO = 0.9D + 0.429 SYEP + 1.43 SXEN$
28.  $RSNXEN VOLTEO = 0.9D + 0.429 SYEP - 1.43 SXEN$
29.  $RSPYEN VOLTEO = 0.9D + 0.429 SXEP + 1.43 SYEN$
30.  $RSNYEN VOLTEO = 0.9D + 0.429 SXEP - 1.43 SYEN$

**Carga de viento  $W$  en Resistencia:  $U = 0.75 (1.4D + 1.7L + 1.7W)$**

$$U = 0.9D + 1.3W$$

$$31. RVXP = 1.05D + 1.275L + 1.275VX + 0.3825 VY$$

$$32. RVXN = 1.05D + 1.275L - 1.275VX + 0.3825 VY$$

$$33. RVYP = 1.05D + 1.275L + 0.3825 VX + 1.275VY$$

$$34. RVYN = 1.05D + 1.275L + 0.3825 VX - 1.275VY$$

$$35. RVXP-VOLTEO = 0.9D + 1.3VX + 0.39 VY$$

$$36. RVXN-VOLTEO = 0.9D - 1.3VX + 0.39 VY$$

$$37. RVYP-VOLTEO = 0.9D + 0.39 VX + 1.3VY$$

$$38. RVYN-VOLTEO = 0.9D + 0.39 VX - 1.3VY$$

Donde:

D = Carga muerta

L= Carga Viva;

SXEP: Sismo en X con excentricidad positiva del 5% ;

SYEP= Sismo en Y con excentricidad positiva del 5% ;

SXEN= Sismo en x con excentricidad negativa del 5% ;

SSPXEP= Combinación sismo positivo en x con excentricidad positiva del 5% ;

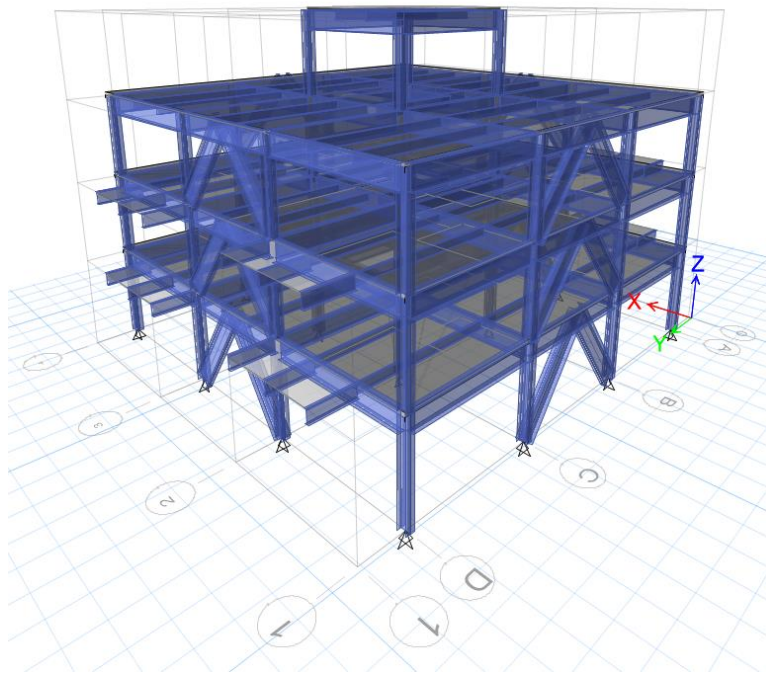
SSNYEN= Combinación sismo positivo en Y con excentricidad Negativa del 5%

Fuente: CHOC (2008: pág. 2-41,2-42)

11. Una vez levantado y cargado el primer modelo de estudio se procedes a elaborar los 48 modelos con las variaciones de espesor de losas colaborares, los tres tipos de concreto, y las cuatro configuraciones de las vigas secundarias, para evaluar el comportamiento de la estructura.

#### 4.2.5. Resultados de los análisis

Se realizó el diseño y verificación de los elementos de vigas secundarias que trabajan en sección compuesta con la herramienta del software diseño y revisión de viga de acero compuestas, posteriormente se diseñó y verifico los elementos de acero de los marcos y arriostres con la herramienta de diseño y revisión de los elementos de acero para cada uno de los 48 modelos elaborados como muestra.



**Figura 33. Modelo diseñado con software Etabs**

Fuente: (Etabs 2016)

Con los resultados generados durante el análisis estructural haciendo uso de software etabs 2016, obtenemos los tipos de materiales y los pesos de los elementos portantes de la estructura como muestra las Tabla 12 y Tabla 12.

**Tabla 12. Listado de materiales generado por Etabs**

Nivel	Tipo de Elementos	Material	Total Peso	Área de pisos	Unidad de Peso
			tonf	m <sup>2</sup>	kgf/m <sup>2</sup>
Quito Nivel Techo Modulo de Gradas	Columnas	A992Fy50	2.25	25.5	88.20568
	Vigas Principales	A992Fy50	2.44	25.5	95.87074
	Pisos	Densidad Normal f'c=210kg/cm2	7.18	25.5	282
	Metal Deck	N.A.	0.29	25.5	11.22958
Cuarto Nivel Azotea	Columnas	A992Fy50	8.98	260.8	34.44392
	Vigas	A992Fy50	16.91	260.8	64.8521
	Arriostres	A992Fy50	3.66	260.8	14.04841
	Pisos	Densidad Normal f'c=210kg/cm2	73.55	260.8	282
	Metal Deck	N.A.	2.93	260.8	11.22958
Tercer Nivel	Columnas	A992Fy50	8.98	282.5	31.80281
	Vigas	A992Fy50	18.77	282.5	66.44331
	Arriostres	A992Fy50	3.66	282.5	12.9712
	Pisos	Densidad Normal f'c=210kg/cm2	74.33	282.5	263.13708
	Metal Deck	N.A.	2.93	282.5	10.36852
Segundo Nivel	Columnas	A992Fy50	10.12	282.5	35.84126
	Vigas	A992Fy50	18.77	282.5	66.44331
	Arriostres	A992Fy50	3.95	282.5	13.99693
	Pisos	Densidad Normal f'c=210kg/cm2	74.33	282.5	263.13708
	Metal Deck	N.A.	2.93	282.5	10.36852
Suma Global	Columnas	A992Fy50	30.34	851.3	35.6393
	Vigas	A992Fy50	56.89	851.3	66.83599
	Arriostres	A992Fy50	11.28	851.3	13.25365
	Pisos	Densidad Normal f'c=210kg/cm2	229.4	851.3	269.48089
	Metal Deck	N.A.	9.07	851.3	10.6581
TOTAL	ALL	ALL	336.98	851.3	395.86793

Fuente: (Etabs 2016)

**Tabla 13.** Pesos de los elementos estructurales resultantes de los diferentes modelos en estudio.

Tipo de concreto	Espesor de losa (cm)	Peso del concreto. (Ton)	Peso de la lámina metal dek. (Ton)	Cantidad de Apoyos							
				1		2		3		4	
				2.75m		1.83m		1.38 m		1.1m	
				Wep (Ton)	Wtotal (Ton)	Wep (Ton)	Wtotal (Ton)	Wep (Ton)	Wtotal (Ton)	Wep (Ton)	Wtotal (Ton)
Densidad Normal f <sub>c</sub> =210kg/cm <sup>2</sup> E <sub>c</sub> =218819.79 kgf/cm <sup>3</sup>	5	159.6	9.07	79.74	248.4	81.17	249.83	83.16	251.83	85.39	254.06
	8	229.4	9.07	93.12	331.59	98.51	336.98	97.15	335.62	98.64	337.11
	10	256.5	9.07	96.54	362.15	98.51	364.13	100.57	366.18	104.33	369.95
	12	295.3	9.07	102.25	406.64	111.26	415.66	106.27	410.67	110.04	414.43
Concreto Alig Poli. f <sub>c</sub> =210kg/cm <sup>2</sup> E <sub>c</sub> =173454.5kgf/cm <sup>3</sup>	5	131.8	9.07	73.94	214.85	75.95	216.87	77.86	218.78	80.17	221.09
	8	179.8	9.07	79.74	268.61	81.17	270.04	84.4	273.28	89.61	278.49
	10	211.8	9.07	93.12	313.96	95.09	315.94	97.15	317.99	98.64	319.49
	12	243.7	9.07	96.54	349.35	98.51	351.33	100.57	353.38	100.91	353.73
Concreto Alig. Pómez f <sub>c</sub> =210kg/cm <sup>2</sup> E <sub>c</sub> =126132.94kgf/cm <sup>3</sup>	5	100.3	9.07	70.21	179.61	71.47	180.88	73.08	182.49	76.45	185.86
	8	136.7	9.07	73.94	219.7	75.95	221.71	77.95	223.71	80.17	225.94
	10	160.9	9.07	79.74	249.73	81.17	251.17	84.4	254.4	85.39	255.39
	12	185.2	9.07	79.74	273.97	85.38	279.62	88.62	282.86	90.11	284.35
Wep(Ton)→ Peso del acero de elementos portantes en toneladas											
Wtotal (Ton) → Peso total de la estructura en toneladas.											

De los resultados de la tabla Tabla 13 se realizó un análisis con el fin de identificar el comportamiento en el peso del acero de los elementos portantes de la estructura en los diferentes casos de estudio, el cual se muestra tabulados en Tabla 14, en los que se muestran los porcentajes de reducción del peso en estos elementos comparando un entrepiso con un espesor específico y la misma condición de apoyo, cambiando el tipo de concreto. Se observa que la disminución puede llegar hasta un 33% cuando se usa una losa con concreto aligerado con piedra pómez de 8 cm de espesor con 4 apoyos, lo que es bastante significativo. Sin embargo; con el concreto aligerado con poliestireno solo se logra una disminución del 18% siempre para un espesor de losa de 8 cm y con

2 apoyos intermedios. Se destacar que esta reducción no es constante y para obtener ventajas de este sistema de entrepiso abra que valorar cada caso.

**Tabla 14.** Porcentajes de variación del peso de los elementos portantes en losas compuestas con concreto aligerado versus uno de densidad normal.

Porcentajes De Variación Del Peso De Los Elementos Portantes En Losas Compuestas Con Concreto Aligerado Con Respecto A Una De Densidad Normal					
Tipo de concreto	Espesor de losa (cm)	Porcentajes de reducción de pesos de elementos portantes			
		Cantidad de apoyos			
		1	2	3	4
		2.75 m	1.83m	1.38m	1.1m
Concreto Alig Poli. $f_c=210\text{kg/cm}^2$ $E_c=173454.5\text{kgf/cm}^3$	5	7%	6%	6%	13%
	8	14%	18%	13%	17%
	10	4%	3%	3%	14%
	12	6%	11%	5%	15%
Concreto Alig. Pómez $f_c=210\text{kg/cm}^2$ $E_c=126132.94\text{kgf/cm}^3$	5	12%	12%	12%	27%
	8	21%	23%	20%	33%
	10	17%	18%	16%	31%
	12	22%	23%	17%	31%

Además se identifica la tendencia de los mayores porcentajes de reducción de peso en los entrepisos los cuales se presentan en un espesor de losa de 8 cm para ambos concretos aligerados en comparación del concreto de densidad normal.

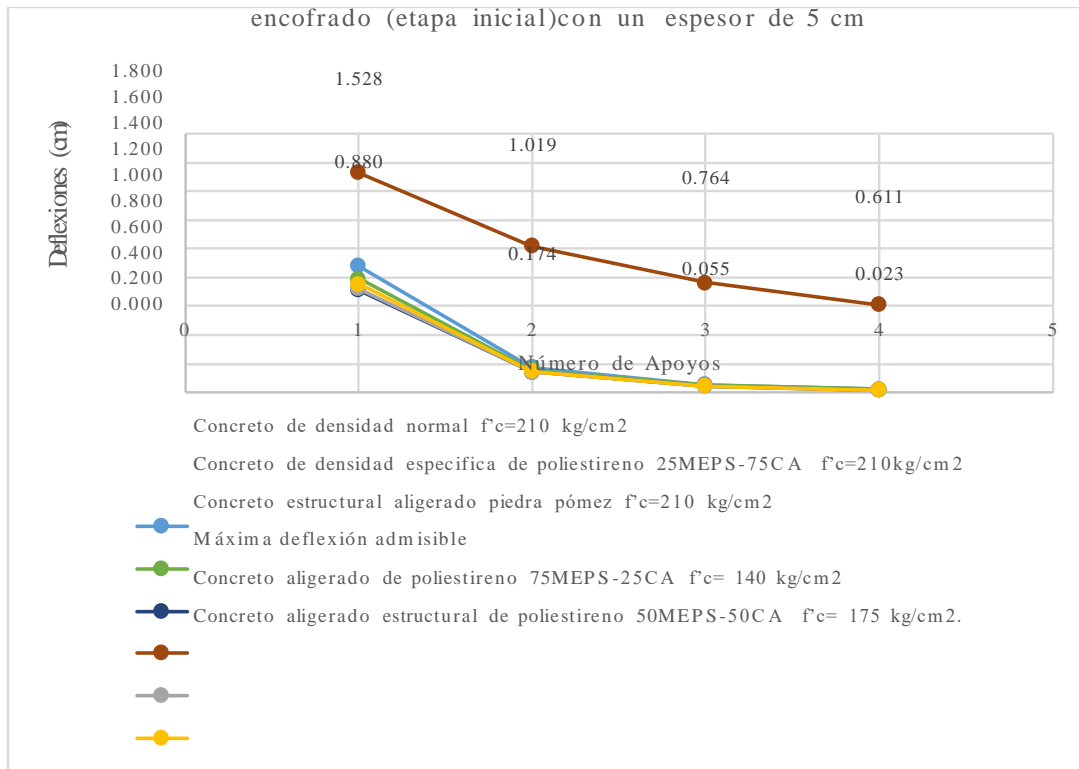
Análisis del comportamiento de las deflexiones de un entrepiso de losa compuesta con concreto aligerado en comparación a uno de densidad normal.

Para este análisis se realizó una hoja electrónica de cálculo en la que se evaluó los 80 modelos diferentes analizados en el programa (Ver anexo 3).

**Tabla 15.** Deflexiones correspondientes a los 80 modelos estructurales en estudio.

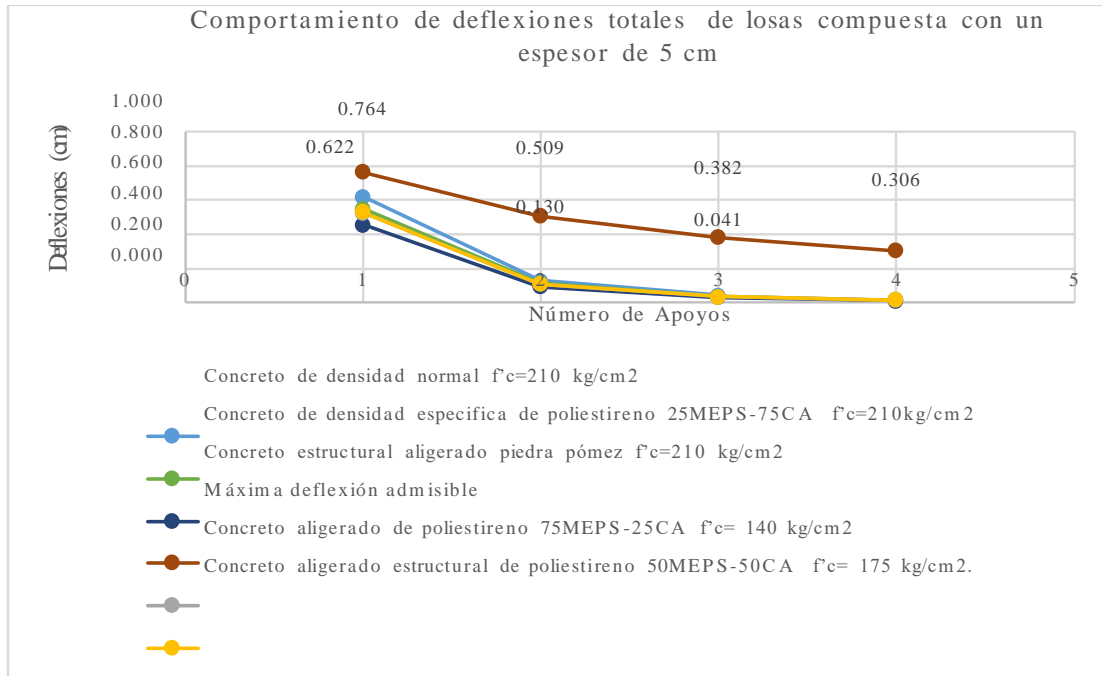
Tipo de concreto	Módulo de elasticidad $E_c =$ kgf/cm <sup>3</sup>	Espesor de losa $T_c =$ Cm	Deflexión en la placa colaborante actuando como encofrado; considerando que actúa como sistema no compuesto (cm)				Evaluación	Deflación total en el sistema compuesto (cm) ( $\Delta_{total} = \Delta_{inmediata} + \Delta_{largo\ plazo}$ )				Evaluación
			Cantidad de Apoyos					Cantidad de Apoyos				
			1	2	3	4		1	2	3	4	
			2.75m	1.83m	1.38m	1.10 m		2.75m	1.83m	1.38m	1.10 m	
			$\Delta$ Admi.	$\Delta$ Admi.	$\Delta$ Admi.	$\Delta$ Admi.		$\Delta$ Admi.	$\Delta$ Admi.	$\Delta$ Admi.	$\Delta$ Admi.	
			1.528	1.019	0.764	0.611		0.764	0.509	0.382	0.306	
Concreto de densidad normal $f'_c = 210$ kg/cm <sup>2</sup>	218,819.79	5	0.880	0.174	0.055	0.023	ok	0.622	0.130	0.041	0.017	ok
	218,819.79	8	1.064	0.210	0.067	0.027	ok	0.361	0.076	0.024	0.010	ok
	218,819.79	10	1.187	0.235	0.074	0.030	ok	0.276	0.056	0.018	0.007	ok
	218,819.79	12	1.310	0.259	0.082	0.034	ok	0.212	0.043	0.014	0.006	ok
Concreto de densidad específica de poliestireno 25MEPS-75CA $f'_c = 210$ kg/cm <sup>2</sup>	173,454.50	5	0.793	0.157	0.050	0.020	ok	0.551	0.112	0.035	0.015	ok
	173,454.50	8	0.944	0.187	0.059	0.024	ok	0.317	0.065	0.020	0.008	ok
	173,454.50	10	1.045	0.207	0.065	0.027	ok	0.234	0.048	0.015	0.006	ok
	173,454.50	12	1.147	0.227	0.072	0.029	ok	0.179	0.036	0.012	0.005	ok
Concreto aligerado estructural de poliestireno 50MEPS-50CA $f'_c = 175$ kg/cm <sup>2</sup> .	135,850.88	5	0.752	0.149	0.047	0.019	ok	0.532	0.108	0.034	0.014	ok
	135,850.88	8	0.890	0.176	0.056	0.023	ok	0.305	0.062	0.020	0.008	ok
	135,850.88	10	0.981	0.194	0.061	0.025	ok	0.224	0.046	0.014	0.006	ok
	135,850.88	12	1.072	0.212	0.067	0.027	ok	0.171	0.035	0.011	0.005	ok
Concreto aligerado de poliestireno 75MEPS-25CA $f'_c = 140$ kg/cm <sup>2</sup>	107,352.50	5	0.723	0.143	0.045	0.019	ok	0.526	0.107	0.034	0.014	ok
	107,352.50	8	0.849	0.168	0.053	0.022	ok	0.302	0.061	0.019	0.008	ok
	107,352.50	10	0.933	0.184	0.058	0.024	ok	0.222	0.045	0.014	0.006	ok
	107,352.50	12	1.017	0.201	0.064	0.026	ok	0.169	0.034	0.011	0.004	ok
Concreto estructural aligerado piedra pómez $f'_c = 210$ kg/cm <sup>2</sup>	126,132.94	5	0.714	0.141	0.045	0.018	ok	0.456	0.093	0.029	0.012	ok
	126,132.94	8	0.836	0.165	0.052	0.021	ok	0.260	0.053	0.017	0.007	ok
	126,132.94	10	0.918	0.181	0.057	0.024	ok	0.191	0.039	0.012	0.005	ok
	126,132.94	12	1.000	0.198	0.062	0.026	ok	0.145	0.030	0.009	0.004	ok

Haciendo una comparación gráfica de los valores tabulados en la Tabla 15 se identifica qué tipo de concreto y bajo qué condiciones de apoyos se obtiene un mejor desempeño en el control de deflexiones en la losa de sección compuesta con concreto estructural aligerado. Como lo podemos observar desde la figura Figura 34 a la Figura 41.

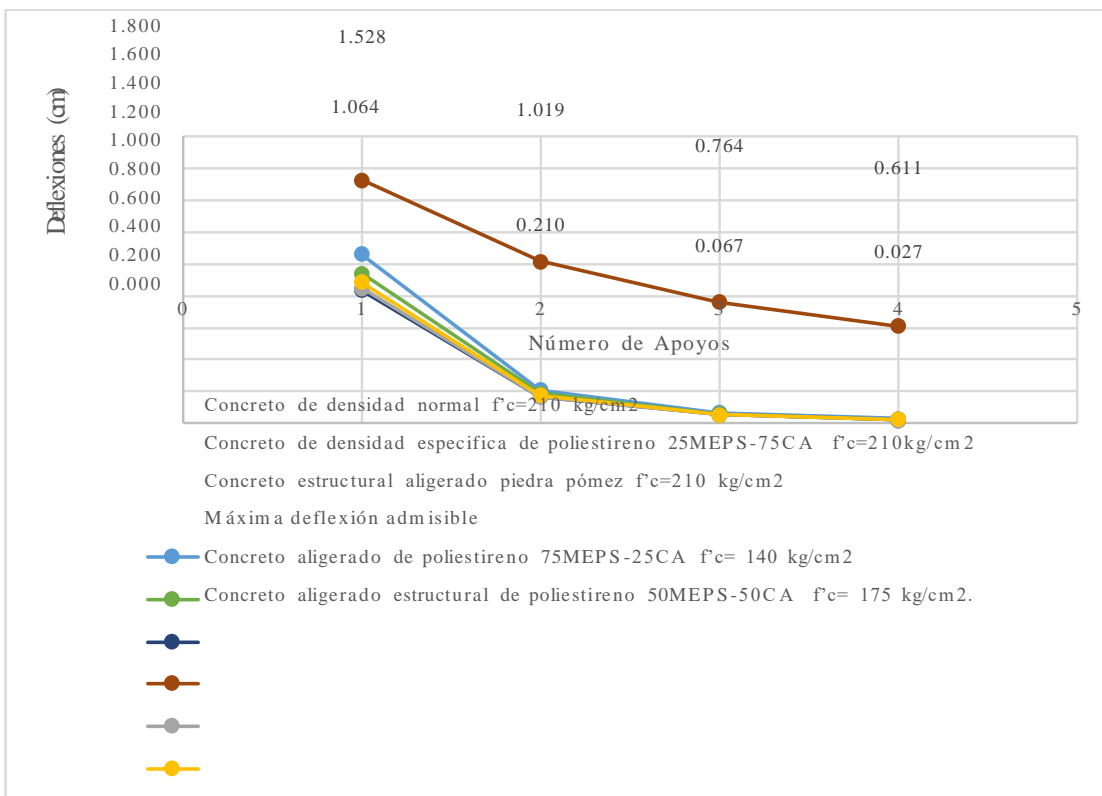


**Figura 34.** Comportamiento de deflexiones iniciales en losas con concreto aligerado versus concreto de densidad normal con un espesor de 5 cm

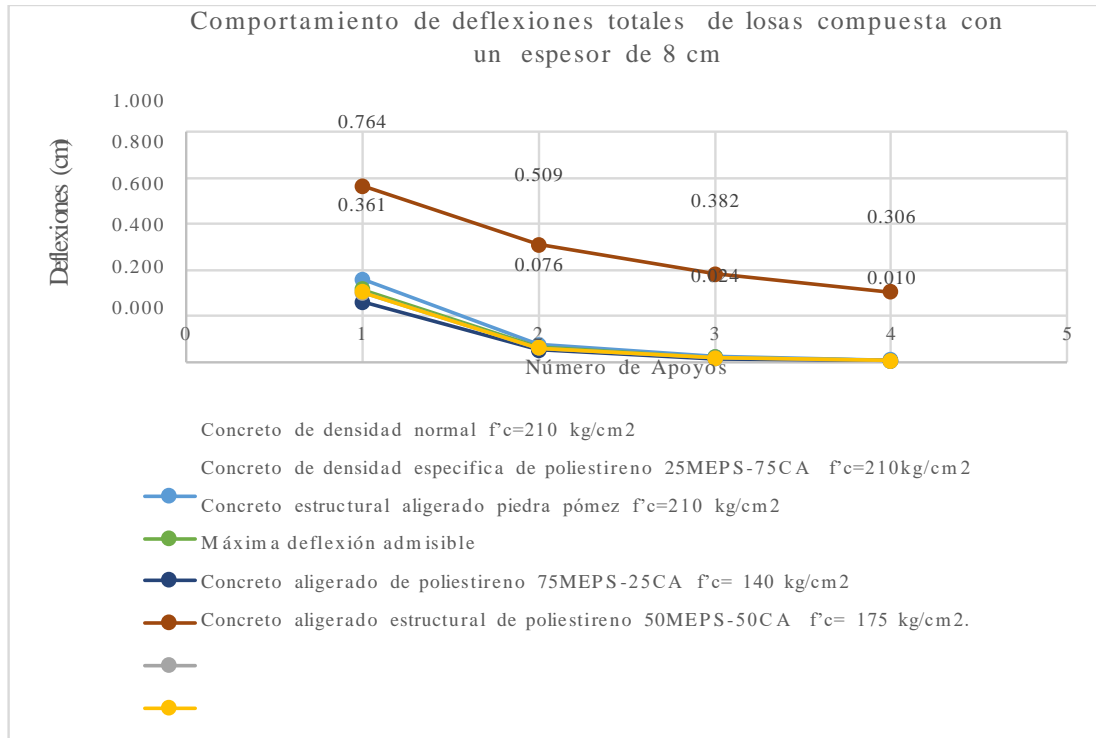




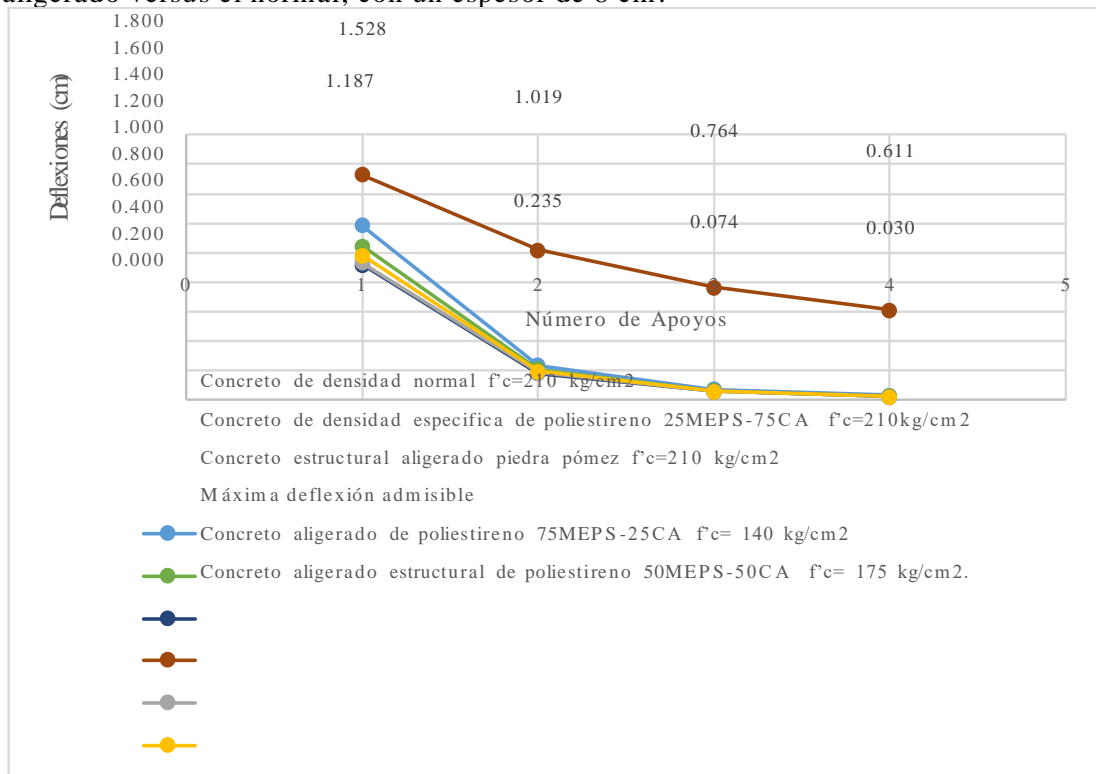
**Figura 35.**Comportamiento de deflexiones totales en losas de sección compuestas con concreto aligerado versus el normal, con un espesor de 5 cm.



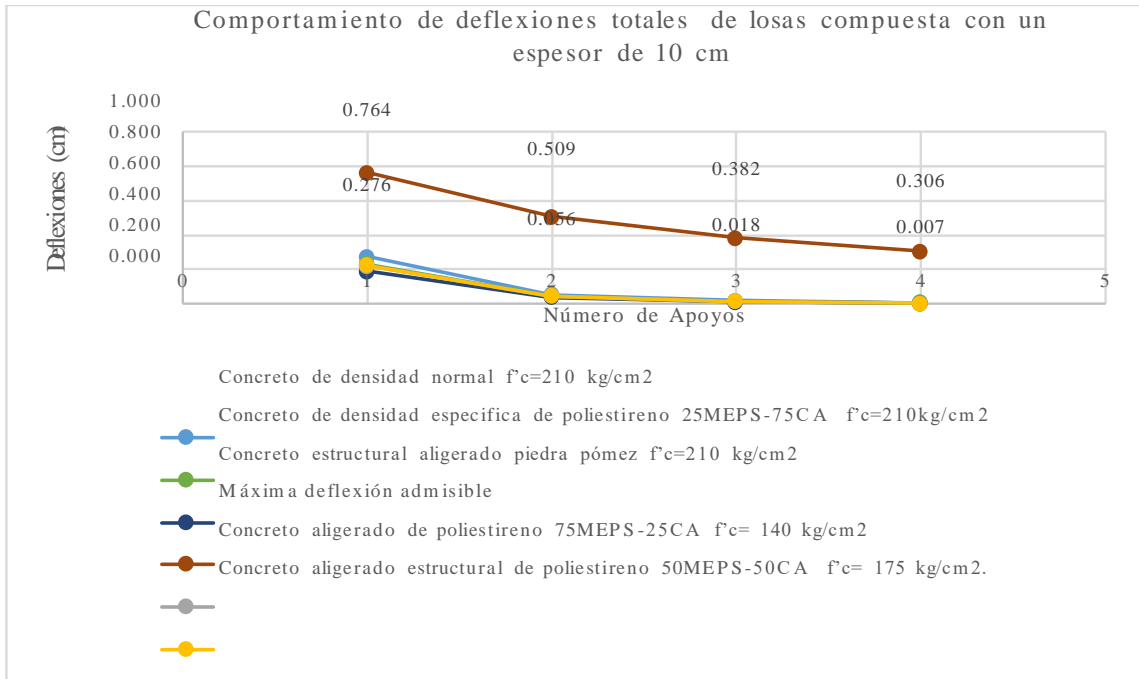
**Figura 36.**Comportamiento de deflexiones iniciales en losas con concreto aligerado versus concreto de densidad normal con un espesor de 8 cm.



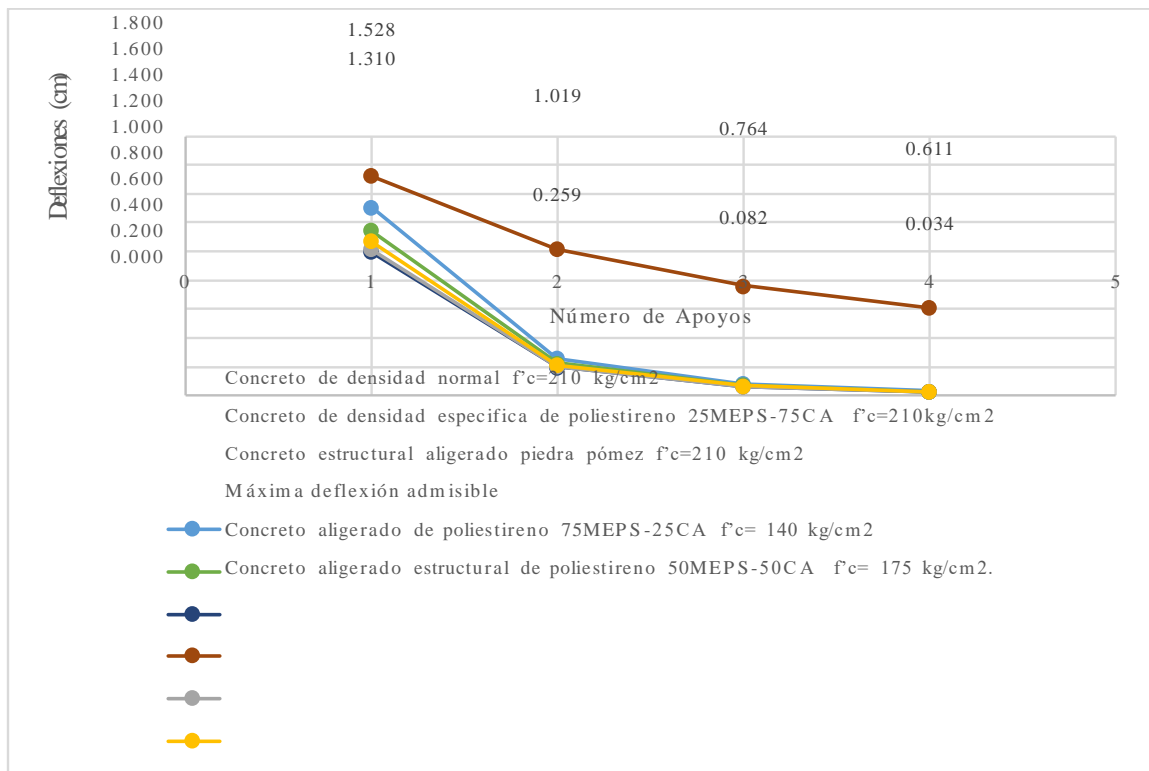
**Figura 37.** Comportamiento de deflexiones totales en losas de sección compuestas con concreto aligerado versus el normal, con un espesor de 8 cm.



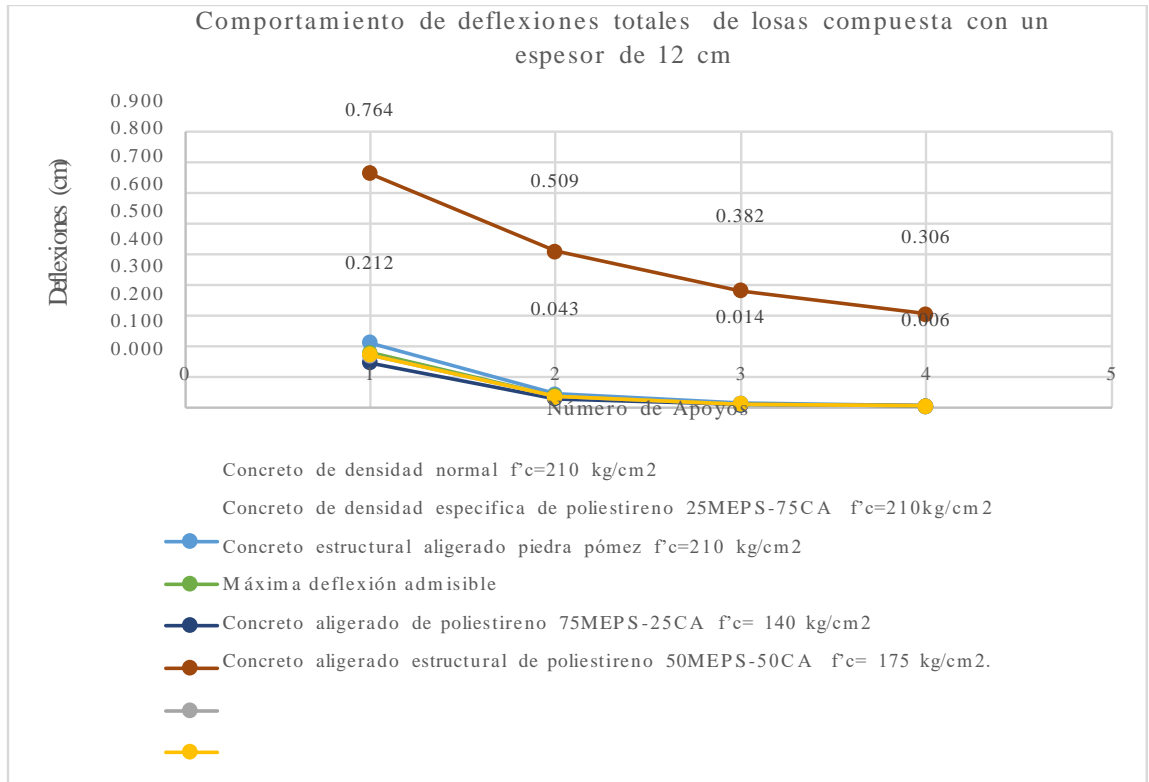
**Figura 38.** Comportamiento de deflexiones iniciales en losas con concreto aligerado versus concreto de densidad normal, con un espesor de 10 cm.



**Figura 39.** Comportamiento de deflexiones totales en losas de sección compuestas con concreto aligerado versus el normal, con un espesor de 10 cm.



**Figura 40.** Comportamiento de deflexiones iniciales en losas con concreto aligerado versus concreto de densidad normal, con un espesor de 12 cm.



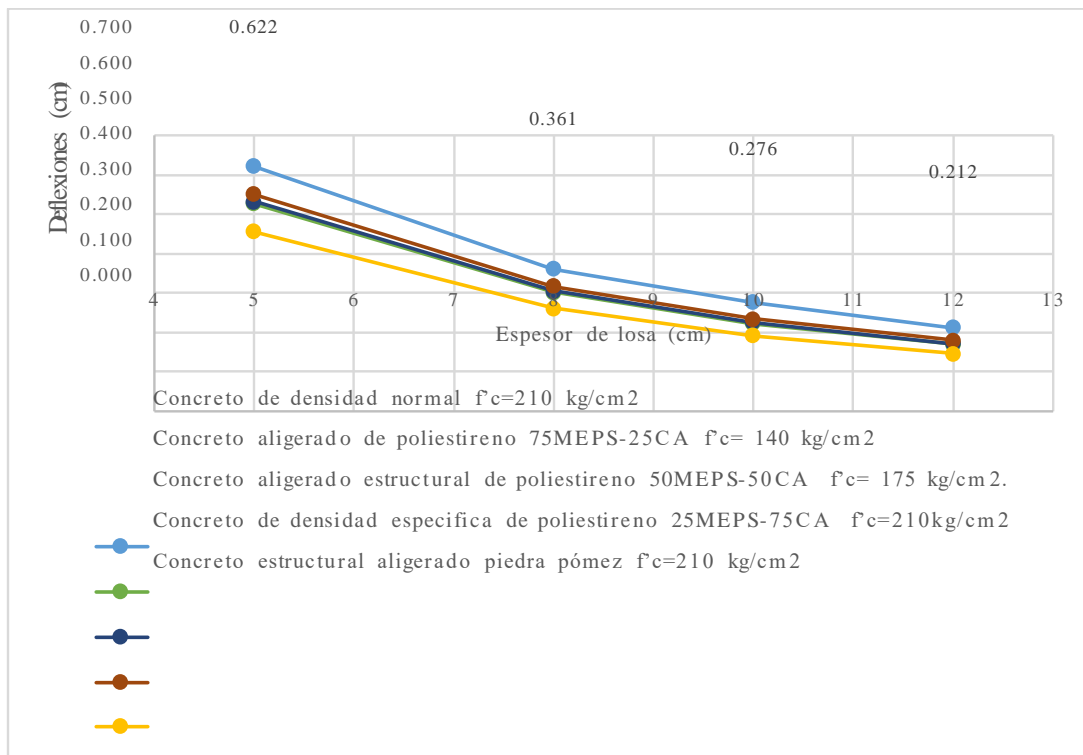
**Figura 41.** Comportamiento de deflexiones totales en losas de sección compuesta con concreto aligerado versus el normal, con un espesor de 12 cm.

El concreto aligerado con piedra pómez con un  $f_c$  de 210 presenta un mejor comportamiento al evaluar las deflexiones temporales en la primera etapa de diseño de este tipo de sistema de entepiso, donde se evalúan las deformaciones bajo el peso del concreto fresco, más la carga viva en etapa constructiva, las deflexiones totales, donde se evalúan la suma de las deflexiones a corto y largo plazo.

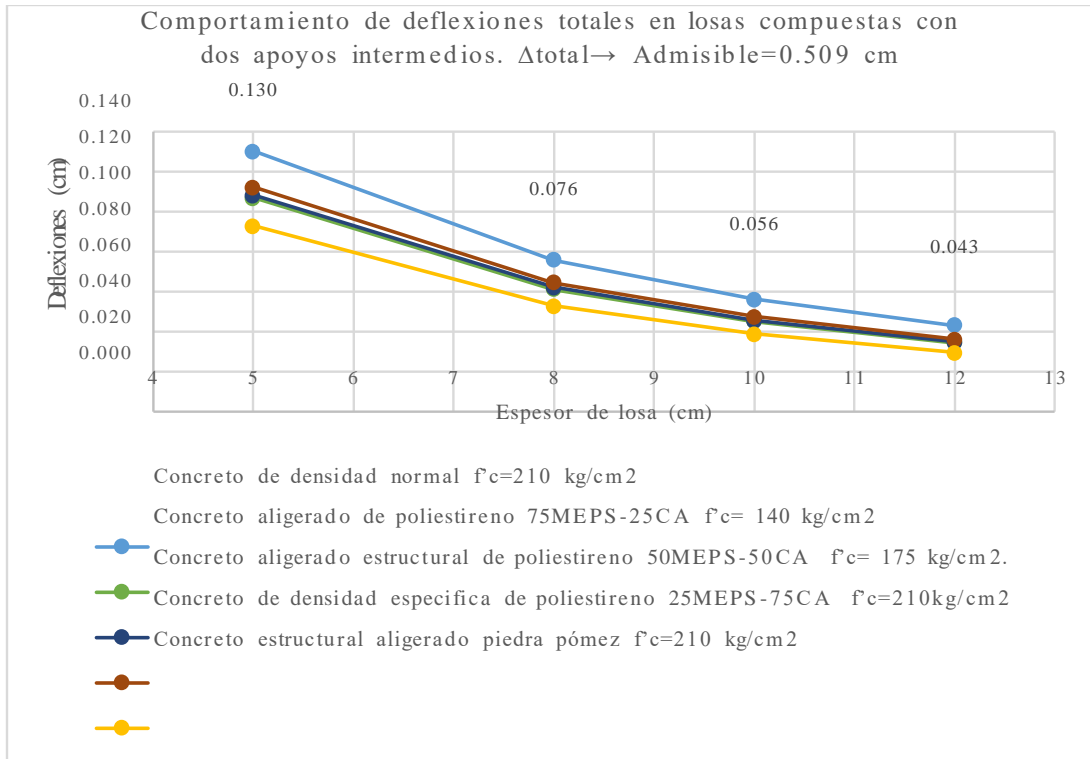
Además se identificó que la condición de apoyo óptima se da cuando tenemos dos apoyos intermedios, ya que es donde se aprecia una disminución significativa de deflexiones en referencia a la condición de un solo apoyo, entre los intercolumnios de tres y cuatro apoyos intermedios la disminución de deflexiones no es significativa.

Al identificar el espesor de losa óptimo de los modelos estudiados, se observa que el espesor de losa de 5 cm presenta la condición más crítica de deflexiones totales aunque es la que presenta la menores deformaciones iniciales, contrario a la losa con un espesor de 12 cm que presenta deflexiones mayores en la etapa inicial pero menores deformaciones totales (ver Tabla 15).

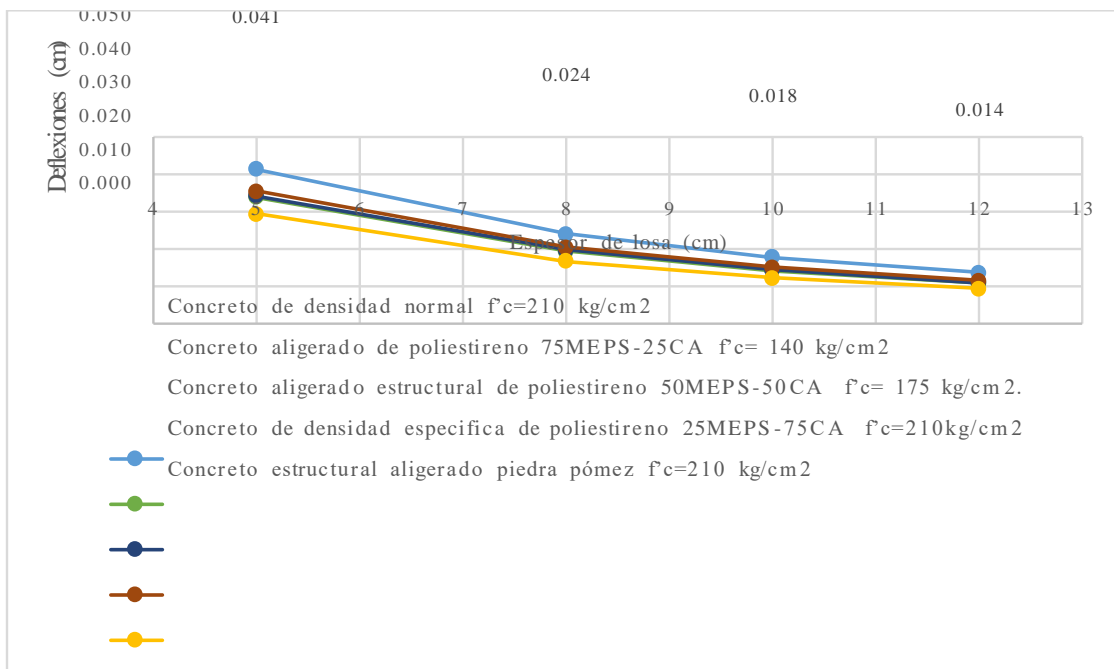
Sin embargo; la diferencia en función de cambio más significativo del control de deflexiones se observa al analizar el cambio del espesor de losas de 5 cm al de 8 cm sin importar la condición de apoyo en específico como se puede ver en las Figura 42 a la Figura 45. De este análisis comparativo se identifica que el espesor de 8 cm con concreto aligerado con piedra pómez tiene mejor control de deflexiones a largo plazo.



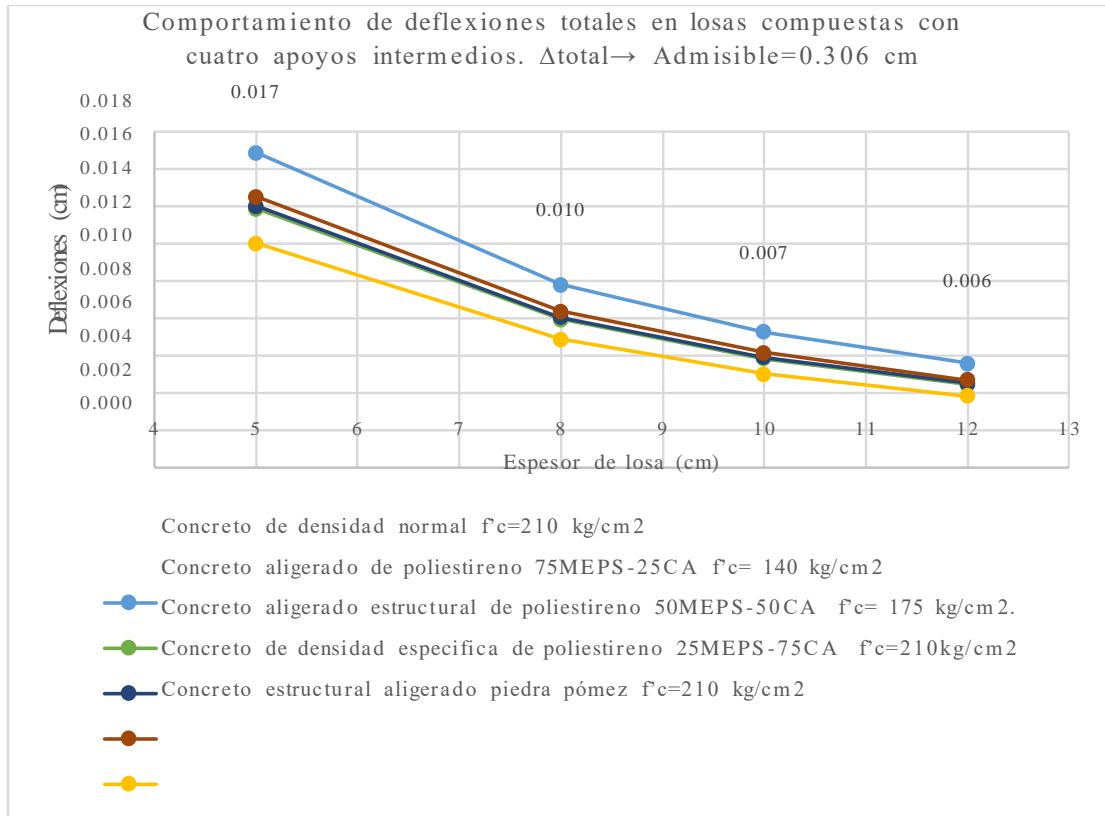
**Figura 42.** Comportamiento de deflexiones en losas compuestas con diferentes tipos de concreto variando espesor de losa para un apoyo intermedio.



**Figura 43.** Comportamiento de deflexiones en losas compuestas con diferentes tipos de concreto variando espesor de losa para dos apoyos intermedios.



**Figura 44.** Comportamiento de deflexiones en losas compuestas con diferentes tipos de concreto variando espesor de losa para tres apoyos intermedios.



**Figura 45.** Comportamiento de deflexiones en losas compuestas con diferentes tipos de concreto variando espesor de losa para cuatro apoyos intermedios.

Análisis de precios de entrepisos de losas compuestas con concreto aligerado en comparación a uno de densidad normal.

Para este análisis se realizaron fichas de costos de concretos aligerados y de densidad normal, para generar la tabla de costos correspondientes a las 20 secciones de losas en estudio, en los cuales se comparan los precios por metro cubico de los 5 tipos variaciones de concretos, y la comparación por metro cuadrado los 20 tipos de secciones de losas compuestas con concretos aligerados y de densidad normal con la variable en el cambio de espesor de la losa. Como se muestra en la **Tabla 16**

Donde los valores utilizados de las dosificaciones para la elaboración de concretos aligerados con poliestireno se basan en el estudio de “Propiedades electroquímicas y mecánicas de bloques de hormigón ligero con espuma de poliestireno expandido” de los autores *E.E. Maldonado-Bandala, D. Nieves-Mendoza, R. Romero-López, R. Tobias-Jaramillo, F. Almeraya-Calderón, C.P. Barrios-Durstewitz, R.E. Núñez Jaquez*. (Ver Anexos 5 tabla 4).

**Tabla 16: Análisis de costos de costos correspondientes a 20 secciones de losas en estudio.**

Tipo de concreto	Módulo de elasticidad $E_c =$ kgf/cm <sup>3</sup>	Costo por m <sup>3</sup> de concreto Lempiras	Porcentaje de costo referente a concreto normal	Espesor de losa $T_c =$ cm	Volumen de concreto requerido por m <sup>2</sup> de losa (m <sup>3</sup> )	Costo por m <sup>2</sup> de losa compuesta (Lempiras)	Porcentaje de costo referente a concreto normal
Concreto de densidad normal $f'_c = 210$ kg/cm <sup>2</sup>	218,819.79	2454.48	-	5	0.0815	5017.73	-
				8	0.1115	5092.83	-
				10	0.1315	5142.91	-
				12	0.1515	5192.98	-
Concreto de densidad específica de poliestireno 25MEPS-75CA $f'_c = 210$ kg/cm <sup>2</sup>	173,454.50	2803.03	14.20%	5	0.0815	5046.70	0.58%
				8	0.1115	5132.48	0.78%
				10	0.1315	5189.66	0.91%
				12	0.1515	5246.84	1.04%
Concreto aligerado estructural de poliestireno 50MEPS-50CA $f'_c = 175$ kg/cm <sup>2</sup> .	135,850.88	3031.62	23.51%	5	0.0815	5065.71	0.96%
				8	0.1115	5158.47	1.29%
				10	0.1315	5220.32	1.51%
				12	0.1515	5282.16	1.72%
Concreto aligerado de poliestireno 75MEPS-25CA $f'_c = 140$ kg/cm <sup>2</sup>	107,352.50	3260.21	32.83%	5	0.0815	5084.71	1.33%
				8	0.1115	5184.47	1.80%
				10	0.1315	5250.98	2.10%
				12	0.1515	5317.49	2.40%
Concreto estructural aligerado piedra pómez $f'_c = 210$ kg/cm <sup>2</sup>	126,132.94	3662.85	49.23%	5	0.0815	5118.18	2.00%
				8	0.1115	5230.26	2.70%
				10	0.1315	5304.99	3.15%
				12	0.1515	5379.71	3.60%



## **CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### 5.1. Conclusiones

- Se identifica que dentro de la muestra observada se conoce el sistema estructural de sección compuesta. Sin embargo; se determinó que hay poco conocimiento, esto se ve reflejado en que un 45% de los encuestados. Referente al uso de concreto aligerado estructural, el 68.3% nunca lo ha usado, además se observó un gran interés en conocer una propuesta de losas compuestas con concreto aligerado estructural con un porcentaje 88.3%, lo que se interpreta que el estudio es significativo para rubro al que está dirigido.
- Se identificó que en las losas compuestas con concreto aligerado estructural, se redujo la cantidad de acero requerido en los elementos portantes de los entrepisos, como lo son las columnas y las vigas. El mejor de los casos representó un 33% en reducción de peso de acero requerido para la estructura, que corresponde a la ubicación de cuatro apoyos entre intercolumnios y un espesor de losa de 8 cm.
- En el análisis del comportamiento de las deflexiones de un entrepiso de losa compuesta con concreto aligerado en comparación a uno de densidad normal, los 80 modelos estudiados para los entrepisos de losa compuesta con concreto aligerados tienen un mejor desempeño en comparación a uno de densidad normal.
- Entre los factores que influyen en el comportamiento diafragmático de un entrepiso de losa compuesta con concreto aligerado en el modelo de estudio, se identificó que incide más el espaciamiento entre vigas secundarias, luego está el espesor de la losa y por último la densidad del concreto.

- En el análisis comparativo en costos por m<sup>2</sup> de losas compuestas con concreto aligerado estructural versus el concreto de densidad normal, se identifica un incremento en costo máximo 3.6%, este incremento podría compensarse con la reducción en costo de la estructura portante, por lo que se concluye que este tipo de losas compuestas con concreto estructural aligerado podría ser una solución viable como una alternativa económica de entrepisos para edificios de uso residencial en Tegucigalpa M.D.C.

## 5.2. Recomendaciones

- Se recomienda la publicación de investigaciones, capacitaciones a través del Colegio de Ingenieros Civiles de Honduras y potenciar el tema en las universidades para incrementar el grado de conocimiento de los ingenieros especialistas y desarrolladores de edificios de uso residencial.
- Se recomienda a las distribuidoras de concreto y universidades, hacer estudios con diseños de mezcla para lograr concreto aligerado estructurales, que satisfagan los requerimientos de densidad y resistencia exigidas en la normativa de diseño Steel Deck del AISC con agregados disponibles en el país, como una incursión en la modalidad de concreto especiales para sistemas estructurales alternativos.

## CAPÍTULO VI. REFERENCIAS

- ACI Committee 213. (1999). ACI 213R-87.
- Àlvarez Palacios, G., & Saez Bravo, E. (2012). Hormigon Ligero aspectos tecnicos y esteticos. Madrid.
- Colegio de ingenieros Civiles de Honduras. (2008). CHOC. Codigo Hondureño de la Construcción. Tegucigalpa, Honduras: Publigrafias S. de R.L.
- Crisafulli, F. J. (2013). Diseño Sismo Resistente de Construcciones de Acero. Santiago de Chile: Asociación Latinoamericana del Acero - Alacero.
- Espinoza, D. (2017). Ingeniero de Geoconsult. (M. Oliva., Interviewer)
- Garino, P. (2010). Losas Mixtas Conformadas Por Placas de Acero Colaborante Con Vigas Compuestas.
- Hernández Sampieri, R. (2014). Metodología de la investigación.
- Lanza, M. (2017, Octubre 24/10/2017). Ingeniero, Gerente de Producción CONCREMIX. (M. Oliva, Interviewer)
- López Ávila , M., Larrúa Quevedo, R., & Recarey Morfa, C. (2007, Diciembre). Diseño de Embuticiones para Losas Compuestas. Revista de la Ingenieria de la Construcción, 22(3), 146.
- Maldonado Bandala, E., Nieves Mendoza, D., Romero Lopez, R., Tobias Jaramillo, R., Almeraya Calderon, F., Barrios Durstewitz, C., & Nuñez Jaquez, R. (2014). Propiedades electroquimicas de bloques de hormigon ligero con espuma de poliestireno expandido.
- McCormac, J., & Csernak, S. (2013). Diseño de Estructuras de Acero (Quinta Edicion ed.). México: Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C. V.
- Metalco. (n.d.). <http://www.metalco.net/documentos/manual-tecnico--metaldeck.pdf>.
- NRMCA (National Ready Mixed Concrete Association). (2003). NRMCA,(National Ready Mixed Concrete Association). From <https://www.nrmca.org/aboutconcrete/cips/36p.pdf>
- Piralla, M. (2002). Diseño Esstructural. Mexico: Limusa.
- Porrero S., J., Ramos R, C., Grases G., J., & J. Velazco, G. (2014). Manual de Concreto Estructural. Caracas.
- Ramirez, A. (2017, Septiembre 14/09/2017). Ing. Civil. (M. Oliva, Interviewer)

Relagado, M. (2017). Gerente de ventas Santos & Compañía. (M. Mejía, Interviewer)  
Steel deck Institute. (2012). C-2011 Standard for Composite steel floor deck-slabs.

Composite Structures according to Eurocode 4 - Ernst-und-Sohn.de. (s. f.). Recuperado 15 de septiembre de 2017, a partir de <https://www.ernst-und-sohn.de/en/composite-structures-according-to-eurocode-4>

Concreto simple ing. Gerardo a. Rivera l. (2015, mayo 23). Recuperado 17 de septiembre de 2017, a partir de <https://inforcivilonline.wordpress.com/2015/05/23/concreto-simple-ing-gerardo-a-rivera-l/>

Winter, G., & Nilson, A. H. (1977). Proyecto de estructuras de hormigón. Reverte.

## ANEXOS

### Anexos 1. Instrumento de investigación Encuesta

Buen día, somos estudiantes de UNITEC, cursando el proyecto de graduación de la maestría en Ingeniería de Estructuras. Solicitamos amablemente su colaboración en llenar la siguiente encuesta.

1. ¿Cuántos años de experiencia tiene en el rubro de la construcción?
2. ¿Conoce el sistema de entrepisos de secciones compuestas con lámina colaborante y conectores de cortante en edificios, comúnmente llamado “losacero”?
  - Si
  - No
3. ¿Qué tanto ha leído o escuchado del comportamiento de losas compuestas?
  - Nada
  - poco
  - Intermedio
  - mucho
4. ¿Ha utilizado concreto estructural aligerado en edificios?
  - Si
  - No
5. ¿Conoce distribuidores de concreto aligerado estructural?
  - Si
  - No
6. ¿Qué sistema de entrepiso ha utilizado con mayor frecuencia en edificios?
  - Losa Solida

- Losa compuesta (losacero)
  - Losas pos-tensadas
  - Losa de canaleta y concreto
  - Otros
7. ¿Al seleccionar un sistema de entrepiso que consideraciones son más relevantes?
- Conocimiento del sistema
  - Disponibilidad de materiales
  - Comportamiento estructural
  - Rapidez en la ejecución
  - Costo
8. En base a su experiencia o criterio técnico ¿Qué tan confiables estructuralmente considera el sistema de entrepiso con lámina colaborante con conectores de cortante (losacero)?
- Muy Bueno
  - Bueno
  - No lo recomiendo
  - No se
9. ¿Estaría interesado en utilizar un sistema de entrepiso de sección compuesta con concreto aligerado estructural?
- Si
  - No

10. ¿Cuándo realiza una construcción con concreto que aspectos tienen mayor importancia?

- Resistencia
- Acabado o apariencia final
- Atributos agregados como amigable con el medio ambiente, aislante térmico, aislante acústico.

11. ¿Le interesaría disponer de un documento que le explique cómo es el comportamiento de un entepiso con losas compuesta con concreto estructural aligerado?

- Muy interesado
- Medianamente interesado
- No me interesa

Anexos 2. Tablas de referencia

**Tabla 1.1.4-1 Cargas uniformes y concentradas**

OCUPACIÓN O USO		CARGA UNIFORME	CARGA CONCENTRADA	
Categoría	Descripción	Kg/m <sup>2</sup>	Kg	
1	Aceras y calles de entrada	Acceso público	1,250	Ver nota <u>b</u>
2	Áreas de reuniones públicas <sup>ε</sup> y auditorios, incluye balcones	Áreas con asientos fijos	250	0
		Áreas con asientos móviles y otras áreas	500	0
		Escenarios y plataformas	625	0
3	Armerías		750	0
4	Bibliotecas	Cuartos de lectura	300	500 <sup>d</sup>
		Cuartos de libros	625	750 <sup>d</sup>
5	Bodegas y almacenes	Liviana	625	0
		Pesada	1,250	0
6	Cornisas y marquesinas		300 <sup>ε</sup>	0
7	Cuartos de baño o sanitarios		Ver nota <u>f</u>	0
8	Escuelas	Aulas	200	500 <sup>d</sup>
9	Estacionamientos o garajes	Vehículos en general y/o taller	500	Ver nota <u>b</u>
		Automóviles privados (9 personas capacidad máxima)	250	Ver nota <u>b</u>
10	Fábricas	Liviana	375	1,000 <sup>d</sup>
		Pesada	625	1,500 <sup>d</sup>
11	Graderías, palcos, bancas o sillas		500	
12	Hospitales	Cuartos y divisiones	200	500 <sup>d</sup>
13	Imprentas	Cuartos de prensas	750	1,250 <sup>d</sup>
		Cuartos de ordenación y composición	500	1,000 <sup>d</sup>
14	Oficinas		250	1,000 <sup>d</sup>
15	Puentes peatonales y pasarelas		500	0
16	Residencial <sup>g</sup>	Área básica de piso	200	0 <sup>h</sup>
		Balcones exteriores	300 <sup>ε</sup>	0
		Terrazas	200 <sup>ε</sup>	0
17	Salidas de lugares públicos <sup>i</sup>		500	0 <sup>h</sup>
18	Sistemas de piso para acceso	Uso de oficinas	250	1,000 <sup>d</sup>
		Uso de computadoras	500	1,000 <sup>d</sup>
19	Terrazas en techos	Igual al área servida o para el tipo de ocupación acomodada		
20	Tiendas		500	1,500 <sup>d</sup>

<sup>a</sup> Ver la Sección 1.6 para reducción de carga viva.

<sup>b</sup> Ver la Sección 1.4.3, segundo párrafo, para cargas concentradas. Ver la Tabla 1.4-2 para barreras de vehículos.

<sup>ε</sup> Las áreas de reuniones públicas incluyen ocupaciones tales como salones de baile, cuartos de ejercicios, gimnasios, áreas de juego, plazas, terrazas y ocupaciones similares que generalmente son de acceso público.

<sup>d</sup> Ver la Sección 1.4.3, primer párrafo, para el área de aplicación de la carga.

<sup>e</sup> Ver la Sección 1.5.4 para techos con propósitos especiales.

<sup>f</sup> Las cargas en cuartos de baño o sanitarios no deberán ser menores que las cargas para la ocupación a la que están asociados, pero no necesita exceder 250 Kg/m<sup>2</sup>.

<sup>g</sup> Las ocupaciones residenciales incluyen residencias privadas, apartamentos y cuartos de huéspedes de hoteles.

<sup>h</sup> Las huellas individuales de las escaleras deberán diseñarse para soportar una carga concentrada de 150 Kg colocada en la posición que cause los esfuerzos mayores. Los soportes longitudinales de la escalera se pueden diseñar para la carga uniforme indicada en esta tabla.



<sup>i</sup> Las salidas de lugares públicos deberán incluir usos como corredores que sirven un área para 10 o más personas, las salidas para balcones exteriores, escaleras, escapes de incendios y usos similares. Fuente: (CHOC, 208, pág. 1-3).

**Tabla 1. 2.3-3 Coeficiente de presión  $C_q$**

Estructura o parte	Descripción	Factor $C_q$	Efecto	
1 Sistemas y marcos principales	<b>Método 1</b> (Método de la fuerza normal)			
	Muros:			
	Muro de barlovento	0.8	empuje	
	Muro de sotavento	0.5	succión	
	Techos <sup>a</sup> :			
	Viento perpendicular a la cumbrera			
	Techo de sotavento o techo plano	0.7	succión	
	Techo de barlovento			
	pendiente menor que 16.7%	0.7	succión	
	pendiente de 16.7% a 75%	0.9 o 0.3	succ. o emp.	
pendiente de 75% a 100%	0.4	empuje		
pendiente mayor que 100%	0.7	empuje		
Viento paralelo a la cumbrera y techos planos	0.7	succión		
	<b>Método 2</b> (Método del área proyectada)			
	Sobre el área vertical proyectada			
	Estructuras con altura menor o igual a 12 m	1.3	succ. y emp.	
	Estructuras con altura mayor que 12 m	1.4	succ. y emp.	
2 Elementos y componentes en áreas sin discontinuidades <sup>b</sup>	Elementos de muros			
		Todas la estructuras	1.2	empuje
		Estructuras cerradas y no cerradas	1.2	succión
		Estructuras parcialmente cerradas	1.6	succión
	Muros de parapetos	1.3	succ. o emp.	
	Elementos de techos <sup>c</sup>			
		Estructuras cerradas y no cerradas		
		pendiente menor que 58.3%	1.3	succión
		pendiente de 58.3% a 100%	1.3	succ. o emp.
		Estructuras parcialmente cerradas		
pendiente menor que 16.7%		1.7	succión	
pendiente de 16.7% a 58.3%	1.6 o 0.8	succ. o emp.		
pendiente de 58.3% a 100%	1.7	succ. o emp.		
3 Elementos y componentes en áreas de discontinuidades <sup>b, c, d</sup>	Muros: esquinas <sup>f</sup>	1.5 o 1.2	succ. o emp.	
	Techos: aleros, quiebres o cumbreras sin salientes <sup>f</sup>			
	pendiente menor que 16.7%	2.3	hacia arriba	
	pendiente de 16.7% a 58.3%	2.6	succión	
	pendiente de 58.3% a 100%	1.6	succión	
	Techos: para pendientes menores que 16.7%			
Salientes de aleros, quiebres o cumbreras y cobertizos	0.5	sumar arriba		
4 Chimeneas tanques y torres sólidas	Sección cuadrada o rectangular	1.4	succ. y emp.	
	Sección hexagonal u octagonal	1.1	succ. y emp.	
	Sección circular o elíptica	0.8	succ. y emp.	
5 Torres tipo armadura <sup>e, h</sup>	Forma cuadrada o rectangular			
	Diagonal	4.0		
	Normal	3.6		
	Forma triangular	3.2		
6 Accesorios en torres (como luces, escaleras, ductos, y elevadores)	Miembros cilíndricos			
	diámetro menor o igual a 5 cm	1.0		
	diámetro mayor que 5 cm	0.8		
Miembros planos a angulares	1.3			
7 Rótulos, astas, postes, estructuras menores.		1.4	succ. y emp.	

- <sup>a</sup> Para estructuras de un piso o el piso superior de estructuras de varios pisos parcialmente cerradas, un valor adicional de 0.5 deberá sumarse al valor de  $C_q$  de succión. La combinación más crítica deberá usarse para el diseño. Para la definición de estructuras parcialmente cerradas ver la Sección 2.2.
- <sup>b</sup> Los valores de  $C_q$  indicados son para áreas tributarias de 1 m<sup>2</sup>. Para áreas tributarias de 10 m<sup>2</sup> se le puede restar 0.3 a los valores de  $C_q$ , excepto en áreas de discontinuidades con pendientes menores a 58.3% donde se puede restar hasta 0.8. Se permite interpolar para áreas tributarias entre 1 y 10 m<sup>2</sup>. Para área mayores que 10 m<sup>2</sup> usar los valores para sistemas y marcos principales.
- <sup>c</sup> Para pendientes mayores que 100% usar los valores para elementos de muros.
- <sup>d</sup> Las presiones locales deberán aplicarse sobre una distancia desde la discontinuidad igual 3 metros o 0.1 veces el ancho más pequeño de la estructura, el que sea menor.
- <sup>e</sup> Las discontinuidades en las esquinas de muros o cumbreras de techo se definen como quiebres en la continuidad de la superficie donde el ángulo interno incluido mide 170° o menos.
- <sup>f</sup> La carga se aplicará en cualquier lado de la discontinuidad, pero no en ambos lados simultáneamente.
- <sup>g</sup> Las presiones del viento deberán aplicarse a toda el área normal proyectada de todos los elementos en una cara. Las fuerzas deberán suponerse que actúan paralelamente a la dirección del viento.
- <sup>h</sup> Los factores  $C_q$  para elementos cilíndricos son 2/3 de los factores para elementos planos o angulares indicados en esta tabla.

Fuente: (CHOC, 208, pág. 1-13).

**Tabla 1.3.4-3 Categoría de ocupación y factores de importancia**

Categoría de Ocupación	Descripción de la ocupación o funciones de la estructura	Factor de importancia a sísmica $I$	Factor de importancia a sísmica <sup>a</sup> $I_p$	Factor de importancia de viento $I_w$
1 Estructuras esenciales	Hospitales y otros centros médicos que tienen áreas de cirugía y emergencia. Estaciones de bomberos y policía Garajes y refugios para vehículos y aeronaves de emergencia. Estructuras y refugios en centros de preparación para emergencias. Torres de control de aviación. Estructuras y equipos esenciales del gobierno. Centros de comunicación y otros centros requeridos para la responder a una emergencia. Plantas y equipos generadores de energía para estructuras esenciales. Tanques y otras estructuras que albergan, contienen o soportan agua contra incendios requerida para la protección de estructuras con Categoría tipo 1, 2 o 3.	1.25	1.50	1.15
2 Estructuras peligrosas	Estructuras que albergan, contienen o soportan sustancias o químicos tóxicos o explosivos en cantidades suficientes que serían peligrosas a la seguridad del público en general si se soltaran.	1.25	1.50	1.15
3 Estructuras de ocupación especial	Centros de reuniones públicas para más de 300 personas. Escuelas y centros para niños o infantes. Universidades y centros similares para más de 500 estudiantes. Centros de inválidos para más de 50 residentes. Todas las estructuras para más de 5,000 personas. Las estructuras y equipos de plantas generadoras de energía; y otros centros de servicios públicos no incluidos en las Categorías 1 y 2, y que su operación continua es requerida.	1.00	1.00 <sup>b</sup>	1.00

4 Estructuras ordinarias	Todas las estructuras que tienen una ocupación o función no incluida en las Categorías 1, 2 o 3.	1.00	1.00 <sup>b</sup>	1.00
--------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------	------	-------------------	------

<sup>a</sup> La limitación de  $I_p$  para la conexión de paneles en la Sección 3.8.2.4, deberá ser 1.00 para todo el conector.

<sup>b</sup> Para el anclaje de maquinaria y equipo requerido para sistemas de seguridad de vidas humanas, el valor de  $I_p$  deberá tomarse como 1.5.

Fuente: (CHOC, 208, pág. 1-23)

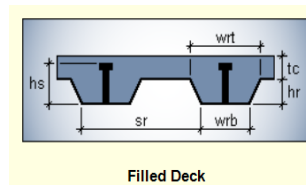
Anexo 3. Ejemplo de la hoja de cálculo para el cálculo de deflexiones 1 apoyo

### DISEÑO DE LOSA CON PLACA COLABORANTE o LOSA COMPUESTA PLACA COLABORANTE ACERO DECK

Tipo de Condición= Condición de tres o más tramos

$b :$  100 cm

$$As_{sd} = exlt_{sd}$$



Parámetros de lámina Acero-Deck

$Gage =$	20		
$e =$	0.09	cm	: Espesor de la lámina
$lt_{sd} =$	124.86	cm	: Longitud de la plancha / por el Ancho Total
$Assd =$	11.24	cm <sup>2</sup>	: Área de acero de la lámina de Acero-Deck
$Isd =$	76.02	cm <sup>4</sup>	: Inercia
$Spsd =$	22.66	cm <sup>3</sup>	: Módulo de Sección Superior
$Snsd =$	23.16	cm <sup>3</sup>	: Módulo de Sección Inferior
$Wssd =$	9.27	kgf/m	: Peso por unidad de longitud de la lámina de acero
$W_{wsd} =$	100	Kgf	Carga distribuida (kgf/m.)
$P_{sd} =$	225	Kgf	Carga puntual al Centro (kgf)

$E_s =$	2,030,000	kgf/cm <sup>2</sup>	: Modulo de Elasticidad del acero CHOC
			: Modulo de Elasticidad del Concreto Densidad
$E_c =$	218820	kgf/cm <sup>3</sup>	Normal f'c=210kg/cm <sup>2</sup>
$W_l =$	139.39	kg/m <sup>2</sup>	: Carga Muerta Superpuesta
$A_{con} =$	0.0815	m <sup>2</sup> /m	: Área del concreto.
$f'_c =$	210	kg/cm <sup>2</sup>	: Resistencia del concreto a la compresión
$f_y =$	3,500	Kgf/cm <sup>2</sup>	: Resistencia del Acero a la compresión
$\gamma_{con} =$	2,400	kg/m <sup>3</sup>	: Peso específico del concreto
$W_l =$	200.00	kg/m	: Carga Viva

Peso Propio de la Losa:

$$W_{con_{sd}} = A_{con_{sd}} \times (\gamma_{con}) \quad : \text{Peso de concreto por unidad de longitud (kgf/m).}$$

$$W_{con_{sd}} = \boxed{195.60} \text{ kg/m} \quad : \text{Carga Muerta}$$

$$W_{d_{sd}} = W_{con_{sd}} + W_{s_{sd}} + W_l \quad : \text{Carga muerta por unidad de longitud (kgf/m).}$$

$$W_{d_{sd}} = \boxed{344.26} \text{ kg/m}$$

$$L_{sd} = \boxed{2.75} \text{ m} \quad \text{Luz libre entre apoyos (m).}$$

$$T_c = \boxed{5} \text{ cm} \quad \text{Espesor del Patín de la Losa}$$

$$h_r = \boxed{6.3} \text{ cm} \quad \text{Altura de dentado de lámina}$$

$$w_{rt} = \boxed{19} \text{ cm} \quad \text{Ancho del dentado en la parte superior}$$

$$w_{rb} = \boxed{13} \text{ cm} \quad \text{Ancho del dentado en la parte inferior}$$

$$s_r = \boxed{32} \text{ cm} \quad \text{Espaciado de dentadura}$$

## 1.- Determinación de la deflexión de la plancha colaborante Acero-Deck actuando como encofrado

Se considera que la deformación admisible en el estado no compuesto, es decir, cuando aún la plancha de acero actúa únicamente como encofrado, debe ser no mayor que la luz libre de la losa entre 180 ó 1.9cm., considerando siempre válido el valor que sea menor.

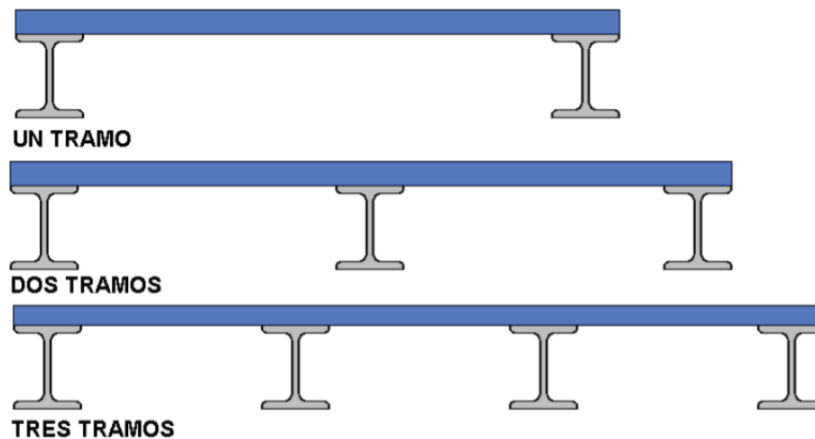
1.1- Cálculo de la deformación admisible:  $\delta_{adm}$

$$\delta_{adm} = \frac{L_{sd} \times 100}{180} \text{ ó } 1.9 \text{ cm (el valor que sea menor)}$$

$L_{sd} =$  2.75 m Luz libre de la losa

$\delta_{adm} =$  1.53 cm

1.2.- Deformación Calculada:  $\delta_{cal}$



Condición de un solo tramo

$$\delta_{cal} = \frac{0.013 \times W d_{sd} \times (L_{sd} \times 100)^4}{E_s \times I_{sd} \times b} \text{ cm.}$$

Condición de dos tramos

$$\delta_{cal} = \frac{0.0054 \times W d_{sd} \times (L_{sd} \times 100)^4}{E_s \times I_{sd} \times b} \text{ cm.}$$

Condición de tres o más tramos

$$\delta_{cal} = \frac{0.0069 \times W d_{sd} \times (L_{sd} \times 100)^4}{E_s \times I_{sd} \times b} \text{ cms}$$

Dónde:

W<sub>sd</sub>: Carga muerta por unidad de longitud (kgf/m).

L<sub>sd</sub>: Luz libre de la losa (m)

E<sub>s</sub>: Módulo de elasticidad del acero (kgf/cm<sup>2</sup>).

I<sub>sd</sub>: Inercia (cm<sup>4</sup> I<sub>sd</sub>: /m).

b: Ancho de análisis (m).

Tipo de Condición= Condición de tres o más tramos

b : 100 cm Ancho de análisis

$\delta_{cal}$  = 0.88 cm

Verificar: 0.88 < 1.53 cm **Bien**

$$\delta_{cal} \leq \delta_{adm}$$

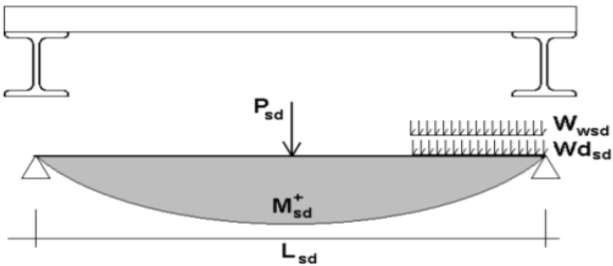
## 2. ESFUERZOS DE TRACCIÓN POR FLEXIÓN EN EL SISTEMA NO COMPUESTO:

### 2.1. Cálculo de Momentos Esfuerzos de tensión por flexión en el sistema no compuesto

Cuando se efectúa el vaciado del concreto, la plancha Acero-Deck, debe resistir los esfuerzos que se generan en su sección. Así, notamos que se generan esfuerzos por compresión y por tracción, debido al peso propio de la plancha más el peso del concreto fresco (cargas permanentes) y a las cargas propias de los trabajos de vaciado de concreto (cargas transitorias).

Estos esfuerzos serán tomados por la plancha, los cuales no deben exceder del 60% del esfuerzo a fluencia  $f_y$  (kgf/cm<sup>2</sup>) de la plancha (3,025 kgf/cm<sup>2</sup>).

Para las cargas generadas por el efecto de montaje (cargas transitorias), se considerarán dos posibles condiciones de carga: la primera es aplicando una carga puntual  $P_{sd}=225$  kgf en el centro de luz y la segunda es aplicando una carga distribuida  $W_{wsd}=100$  kgf/m<sup>2</sup>. Para determinar los esfuerzos que se producen debido a estas cargas, hallamos primero los momentos que se generan a lo largo de la plancha. Así, para un tramo simple, encontramos únicamente momentos positivos  $M_{sd}^+$  (kgf-m) y para dos o más tramos, se presentarán momentos positivos en el centro de luz, y negativos  $M_{sd}^-$  (kgf-m) en los apoyos intermedios sobre las viguetas.

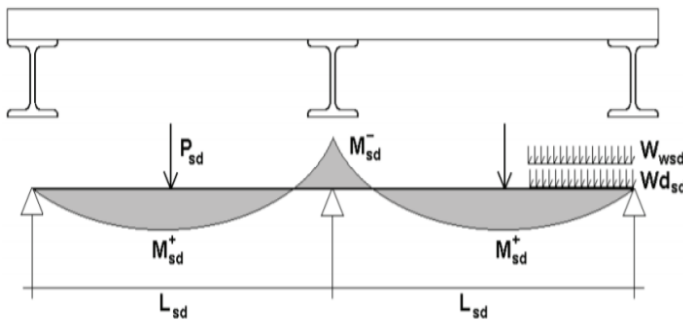


Para dos tramos: El mayor de:

$$M_{sd}^+ = 0.203xP_{sd}xL_{sd} + 0.096xW_{wsd}xL_{sd}^2$$

$$M_{sd}^+ = 0.096x(W_{sd} + W_{wsd})xL_{sd}^2$$

$$M_{sd}^- = 0.125x(W_{sd} + W_{wsd})xL_{sd}^2$$

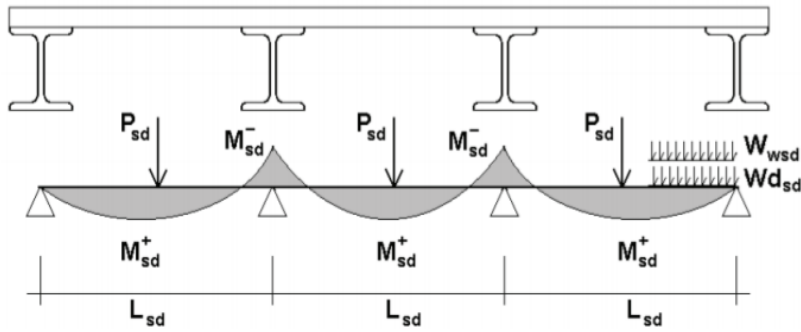


Para dos tramos: El mayor de:

$$M_{sd}^+ = 0.203xP_{sd}xL_{sd} + 0.096xW_{wsd}xL_{sd}^2$$

$$M_{sd}^+ = 0.096x(W_{sd} + W_{wsd})xL_{sd}^2$$

$$M_{sd}^- = 0.125x(W_{sd} + W_{wsd})xL_{sd}^2$$



Para tres tramos: El mayor de:

$$M_{sd}^+ = 0.20 \times P_{sd} \times L_{sd} + 0.094 \times W_{d_{sd}} \times L_{sd}^2$$

$$M_{sd}^+ = 0.096 \times (W_{d_{sd}} + W_{w_{sd}}) \times L_{sd}^2$$

$$M_{sd}^- = 0.117 \times (W_{d_{sd}} + W_{w_{sd}}) \times L_{sd}^2$$

Msd+ = Momento positivo en la lámina no compuesta (kgf-m)

Msd+ = 368.48 Kg-m

Msd- = Momento negativo en la lámina no compuesta (kgf-m)

Msd- = 393.09 Kg-m Ok

Psd = Carga puntual en el centro de luz (kgf).

Lsd = Luz libre entre apoyos (m).

Wdsd = Carga muerta por unidad de longitud (kgf/m).

Wwsd = Carga distribuida (kgf/m.)

### 2.2. Cálculo de Esfuerzos

$$f^+ = \frac{M_{sd}^+}{S_{n_{sd}}} \times 100$$

$$f^- = \frac{M_{sd}^-}{S_{p_{sd}}} \times 100$$

Esfuerzo positivo en la lámina (kgf/cm<sup>2</sup>)

f<sup>+</sup> =

1,591.00 kgf/cm<sup>2</sup>

f<sup>+</sup> =

Esfuerzo negativo en la lámina (kgf/cm<sup>2</sup>)

f<sup>-</sup> =

1,734.72 kgf/cm<sup>2</sup>

f<sup>-</sup> =



Spsd = Módulo de Sección Superior (cm<sup>3</sup>/m).

Snsd = Módulo de Sección Inferior (cm<sup>3</sup>/m).

f<sub>y</sub> = Esfuerzo de fluencia del acero de la plancha (kgf/cm<sup>2</sup>).

Entonces, verificar que:

$$1,591.00 < 2,100.00 \text{ kgf/cm}^2 \text{ Bien}$$

$$1,734.72 < 2,100.00 \text{ kgf/cm}^2 \text{ Bien}$$

$$f^+ \leq 0.60x f_y$$

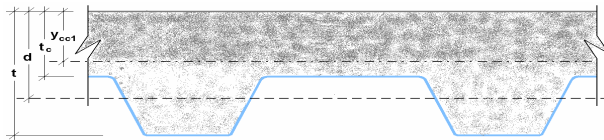
$$f^- \leq 0.60x f_y$$

### 3. - CÁLCULO DE ESFUERZOS ADMISIBLES EN EL SISTEMA COMPUESTO

3.1.- Cálculo del momento de inercia de la sección transformada fisurada:  $I_c$  (cm<sup>4</sup>)

Determinamos el momento de inercia de la sección transformada fisurada :

$$I_c = \frac{bxY_{cc1}^3}{3} + nxAs_{sd}xY_{cs}^2 + nxI_{sd}$$



Sacando la figura del Trapecio, por formula se tiene que:

Cálculo del Centroide (  $Y_{cg}$  ):

Donde:	B =	19	cm
	A =	13	cm
	hr=H =	6.3	cm
	t =	11.3	cm
	tc =	5.00	cm
	n =	9.3	

Cálculos:

$$Y_{cg} = 2.95 \text{ cm} \quad Y_{cg} = \frac{H}{3} \left( \frac{B+2A}{B+A} \right)$$

$$d = 8.35 \text{ cm} \quad d = t - Y_{cg} \quad n = \frac{E_s}{E_c}$$

$$\rho = 0.01346 \quad \rho = \frac{A s_{sd}}{b x d}$$

$$Y_{cc1} = 3.26 \text{ cm} \quad Y_{cc1} = dx \sqrt{2x \rho x n + (\rho x n)^2} - \rho x n$$

$$Y_{cs} = 5.09 \text{ cm} \quad Y_{cs} = d - Y_{cc1}$$

$$I_c = 4,557.73 \text{ cm}^4$$

Nota: el valor mínimo del f'c es 210 kgf/cm<sup>2</sup> dado que estamos trabajando con “elementos estructurales” tipo losa.

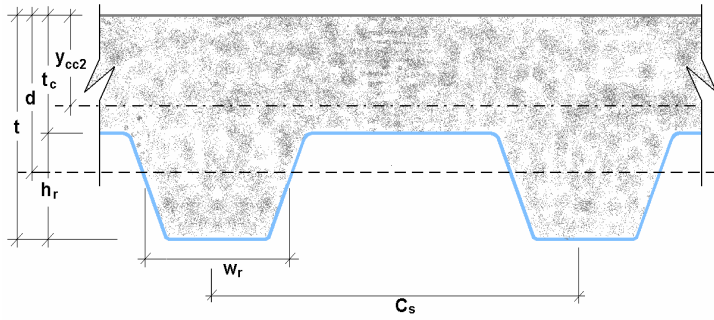
Si  $y_{cc1} > t_c$ , entonces se usará  $y_{cc1} = t_c$

3.2.- Cálculo del momento de inercia de la sección transformada no fisurada:  $I_u$  (cm<sup>4</sup>)

El momento de inercia de la sección transformada no fisurada será igual a :

$$I_u = \frac{b x t_c^3}{12} + b + t_c x (Y_{cc2} - 0.5 x t_c)^2 + n x I_{sd} + n x A s_{sd} x Y_{CS}^2 + \frac{b}{c_s} \left\{ w_r x h_r \left[ \frac{h_r^2}{12} + (t - Y_{cc2} - 0.5 x h_r)^2 \right] \right\}$$

$$Y_{cc2} = \frac{0.5 x b x t^2 + n x A s_{sd} x d - (C_s - w_r) b x h_r / C_s x (t - 0.5 h_r)}{b x t + n x A s_{sd} - \frac{b}{C_s} x h_r x (C_s - w_r)}$$



Datos

$$t = 11.30 \text{ cm}$$

$$d = 8.35 \text{ cm}$$

$$C_s = 32.00 \text{ cm}$$

$$W_r = 16.00 \text{ cm}$$

$$t_c = 5.00 \text{ cm}$$

Cálculos:

$$Y_{cc2} = 5.10 \text{ cm}$$

$$Y_{cs} = 3.25 \text{ cm}$$

$$I_u = 10,198.09 \text{ cm}^4$$

$$Y_{cs} = d - Y_{cc2}$$

w<sub>r</sub> = Ancho medio del valle del perfil colaborante Acero Deck utilizado (cm.).

C<sub>s</sub> = Espacio entre ejes de valles contiguos (cm.).

d : t – Y<sub>sb</sub>

3.3.- Cálculo del Momento de Inercia Efectivo : I<sub>e</sub> (cm<sup>4</sup>)

$$I_e = 7,377.91 \text{ cm}^4$$

$$I_e = \frac{I_u + I_c}{2}$$

3.4.- Cálculo del Y<sub>prom.</sub> :

$$Y_{prom} = 4.18 \text{ cm}$$

$$Y_{prom} = \frac{Y_{cc1} + Y_{cc2}}{2}$$

3.5.- Cálculo del Módulo de Sección Inferior del sistema compuesto: Sic (cm<sup>3</sup>)

$$S_{ic} = 1035.98 \text{ cm}^3 \quad S_{ic} = \frac{I_e}{t - Y_{prom}}$$

### 3.6.- Cálculo de Momentos positivos producidos por la carga muerta y viva sin mayorar en condición de apoyo simple

$M_{dsd}$  = Momento producido en la losa por las cargas muertas (kgf-m).

$W_{Isd}$  = Carga sobrepuesta (kgf/m).

3.6.1.- Cálculo del Momento producido en la losa por las cargas muertas:  $M_{dsd}$  (kgf-m).

$$\Psi = 1 \quad M_{dsd} = 325.43 \text{ kgf-m} \quad M_{dsd} = \frac{\Psi \times W_{dsd} \times L_{sd}^2}{8}$$

$\Psi$	: Factor de reducción de carga según apuntalamiento.
0	: Apuntalamiento es total
0.63	: Apuntalamiento temporal en los tercios de la luz durante el vaciado.
0.73	: Apuntalamiento temporal el centro de la luz durante el vaciado.
1	: No existe apuntalamiento.

3.6.2.- Cálculo del Momento producido en la losa por las cargas vivas:  $M_{Isd}$  (kgf-m).

$$M_{Isd} = 189.06 \text{ kgf-m} \quad M_{Isd} = \frac{W_{Isd} \times L_{sd}^2}{8}$$

3.6.3.- Verificación:

Para verificar los esfuerzos producidos en la plancha de acero, calculamos los momentos positivos producidos por la carga muerta y viva sin amplificar, en condición de apoyo simple y lo comparamos con el esfuerzo de fluencia de la plancha del acero a un 60% de su capacidad.

$$\frac{Md_{sd} + MI_{sd}}{S_{ic}} \times 100 \leq 0.6x f_y$$

$$49.66 < 2,100.00 \text{ Kgf/cm}^2 \text{ Bien}$$

Nota: Si existieran cargas adicionales a las mencionadas, como acabados de piso ó tabiquerías, estas deberán sumarse, para determinar el momento que puedan ejercer y su impacto con los esfuerzos producidos en la plancha colaborante Acero-Deck

#### 4.- CONDICIÓN DE MOMENTO ÚLTIMO O RESISTENCIA A LA FLEXIÓN

Tomaremos en cuenta que existen dos condiciones para la determinación del momento último. La primera será cuando trabajamos con una losa sub-reforzada en la cual la capacidad de la plancha de acero para tomar dicho momento será la condición crítica. La segunda condición será cuando estemos ante una losa sobre-reforzada, en la cual el acero de la plancha es excesivo y el momento estará sujeto a la capacidad del concreto para resistir dicha acción.

Así; para poder definir ante qué condición nos encontramos, se requiere verificar si la cuantía del sistema es menor o mayor que la cuantía balanceada. La cuantía balanceada se definirá suponiendo que la superficie superior de la plancha de acero alcanza su límite de fluencia en el mismo instante que la fibra superior del concreto llega a su límite de deformación en compresión. Así, tenemos que:

#### 4.1.- Cálculo de la Cuantía Balanceada: $\rho_b$

$$\rho_b = \frac{0.85x\beta_1x f'_c}{F_y} x \frac{0.003x(t-h_r)}{\left(0.003 + \frac{F_y}{E_s}\right)xd}$$

Dónde:

$\beta_1 = 0.85$  para concretos con  $f'_c$  menores a 280 kgf/cm<sup>2</sup> y se reduce en 5% con cada incremento de resistencia a compresión del concreto de 70 kgf/cm<sup>2</sup> ( $\beta_1$  mínimo = 0.65).

$$\rho_b = 0.01649$$

$$\beta_1 = 0.85$$

#### 4.2.- Cálculo del Momento nominal

Se reconocerá como losas sub-reforzadas a aquellas que presenten una cuantía “ $\rho$ ” menor que la cuantía balanceada “ $\rho_b$ ”. Entonces la capacidad del momento nominal se identificará como:

$$\text{si:} \\ \rho \leq \rho_b$$

$$M_n = A s_{sd} x f_y x \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$\text{Luego: } 0.01346 < 0.01649 \text{ losas sub-reforzadas}$$

$$\begin{aligned}
 a &= 2.20344 \quad \text{cm} \\
 M_n &= 284,962 \quad \text{Kg-cm} \\
 M_n &= 2,850 \quad \text{Kg-m}
 \end{aligned}$$

$$a = \frac{A_{s_{sd}} x f_y}{0.85 x f'_c x b}$$

$A_{s_{sd}}$  = Área de acero neta de la plancha por unidad de ancho.  
 Profundidad del bloque rectangular en compresión equivalente de ancho b.

#### 4.3.- Cálculo del Momento del Diseño, para falla de Flexión sub-reforzada

El momento de diseño será igual a  $\Phi \times M_n$ , donde  $\Phi$  es el coeficiente de reducción del Momento por Flexión para una falla sub-reforzada,  $\Phi = 0.90$ . La condición de losa sobre-reforzada sucederá cuando el concreto alcance su deformación límite y el acero de la plancha no haya alcanzado su límite de deformación de fluencia a la tracción.

$\Phi = 0.90$       Coeficiente de Reducción del Momento

$$M_d = \Phi x M_n$$

$$M_d = 256,465 \quad \text{Kg-cm} \quad \text{ó} \quad M_d = \frac{2,564.65}{100} \quad \text{Kg-m}$$

Es difícil encontrarse ante una situación de una losa sobre-reforzada, es decir que  $\rho > \rho_b$ . Aun así, para ése caso, puede definirse el momento nominal como: El momento de diseño será igual a  $\Phi \times M_n$ , donde  $\Phi$  es el coeficiente de reducción de resistencia, y según especificaciones del ASCE,  $\Phi = 0.75$ .

$$M_n = 0.85 \times \beta_1 \times f'_c \times b \times d^2 \times k_u \times (1 - \beta_2 \times K_u)$$

$$K_u = \sqrt{\rho \times \lambda + (\rho \times \lambda / 2)^2} - \rho \times \lambda / 2$$

$$\lambda = \frac{E_s \times \epsilon_u}{0.85 \times \beta_1 \times f'_c} : \text{Parámetro del material.}$$

■  $\epsilon_u = 0.003$  cm./cm. deformación máxima para el concreto.

■  $\beta_2 = 0.425$  para concretos con  $f'_c$  menores a 280 kg-f/cm<sup>2</sup> y se reduce en 2.5% con cada incremento de 70 kgf/cm<sup>2</sup> en el  $f'_c$  del concreto.

Nota: la falla que esperamos tener es la de una losa sub-reforzada, dado que el concreto es un material frágil, si la losa fuera sobre-reforzada, podríamos enfrentarnos a una falla tipo colapso.

## 5.- DISEÑO POR CORTANTE

Existen dos tipos de efectos de corte que se generan en el sistema Acero -Deck. El primero, es la toma de los efectos de corte que se generan en las vigas de apoyo y el segundo, el más importante, es la resistencia de adherencia al cortante. El primero está directamente relacionado a la capacidad de la sección de concreto contribuyente a la toma del corte, y el segundo a la capacidad de adherencia de la plancha de acero al concreto y su relación con los efectos de cortante horizontal. Designaremos al primero como Verificación por cortante y al segundo como Verificación de Adherencia al Cortante.



### 5.1.- Cálculo del Cortante Nominal

El capítulo 11 del Código ACI 318 del año 2005, establece que la resistencia al corte basada en un refuerzo de corte promedio sobre toda la sección transversal efectiva de la sección será resistida por el alma de concreto únicamente en caso este no tenga refuerzo de acero adicional por corte. La resistencia al corte proporcionado por el concreto  $V_c$  se supone que es la misma para vigas con y sin refuerzo por corte, y se toma como el corte que provoca un “agrietamiento inclinado significativo.” Al no llevar acero adicional por corte este tipo de sistemas de losas, se acepta que el corte será tomado netamente por la losa de concreto y se obvia que la plancha de acero pueda aportar en la resistencia al corte. Así, se considera que el cortante nominal o capacidad de tomar el cortante por parte del sistema es:

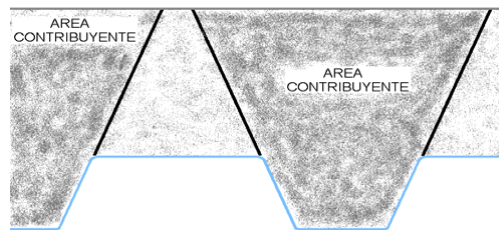
$$V_n = 0.53x\sqrt{f_c} \times A_c$$

Dónde:  $(f_c)^{1/2}$  no deberá exceder a 85 Kgf/cm<sup>2</sup>.

El área de concreto ( $A_c$ ) a considerar que contribuye a tomar el cortante es igual al área formada por las áreas sombreadas en la siguiente figura:

$$A_c = 207.70 \text{ cm}^2$$

$$V_n = 1,595.26 \text{ kgf}$$



### 5.2.- Cálculo del Cortante último a considerar cerca a los apoyos:

$$V_u = 620.55 \text{ kgf}$$

$$V_u = \frac{\psi \times W_{sd} \times L_{sd}}{2} + \frac{W_{l_{sd}} \times L_{sd}}{2}$$

### 5.3.- Verificación por Cortante:

$$V_u \leq \phi \times V_n$$

$$\Phi = 0.85$$

Coefficiente de reducción por corte.

$$\Phi \times V_n = \begin{matrix} 1,355.97 \\ 620.55 \end{matrix} \text{ kgf} < \begin{matrix} 1,355.97 \\ 620.55 \end{matrix} \text{ kgf} \quad \text{ok}$$

## 6.- ESFUERZO ADMISIBLE A COMPRESIÓN EN EL CONCRETO

Cuando un elemento tipo viga sufre una deflexión, sea debido a carga o debido a giros, se suceden efectos de compresión y de tracción. Para controlar los efectos de compresión del concreto, el ACI estipula que dicho esfuerzo  $S_{adm}$  será igual al 45% del  $f'_c$ .

Luego, los esfuerzos nominales a compresión serán iguales a:

$S_{adm}$ : Es el esfuerzo admisible

$S_{cc}$ : Módulo elástico de sección superior para la sección compuesta (cm<sup>3</sup>)

$$0.45x f'_c = 94.5 \text{ Kgf/cm}^2$$

$$S_{cc} = 1,765.75 \text{ cm}^3$$

$$\frac{M_{sd} + M_{l_{sd}} \times 10}{S_{cc} \times n} = 3.14 \text{ Kgf/cm}^2$$

$$\frac{M_{sd} + M_{l_{sd}}}{S_{cc} \times n} \times 100 \leq S_{adm} = 0.45x f'_c$$

$$S_{cc} = \frac{I_{prom.}}{Y_{prom.}}$$

$n = E_s/E_c$ : Ratio de los módulos de Young del acero y el concreto.

$$3.14 < \frac{94.5}{2} \text{ Kgf/cm} \quad \text{ok}$$

## 7.- DEFLEXIÓN DEL SISTEMA COMPUESTO

Cuando se emplea un elemento tipo losa ó viga, existirán dos tipos de deflexiones. La primera e inmediata, será la deformación elástica debido a la carga, se le llama elástica dado que el elemento podrá regresar a su estado original si se retira la carga. El otro tipo de deflexión existente es la deflexión por flujo plástico o deformación diferida que sucede

debido a las cargas y el paso del tiempo. Estas deformaciones, a diferencia de las deformaciones elásticas, no son totalmente reversibles.

En el caso del uso del sistema de placa colaborante Acero-Deck notaremos que dependiendo del uso de apuntalamientos temporales, se producirán diversos tipos de deflexiones. Si no se hubiera utilizado ningún tipo de apuntalamiento, las deflexiones que se producirán en el sistema compuesto dependerán exclusivamente de las cargas vivas que se le apliquen al sistema y las cargas muertas sobrepuestas después del desencofrado (en caso existieran) así también como de las deformaciones diferidas.

Si se hubieran utilizado apuntalamientos temporales, entonces se considerará que existirán deflexiones debido a las cargas propias de la losa, este adicional a las deformaciones del sistema sin apuntalar, y dichas deflexiones dependerán del tipo de apuntalamiento que se le haya dado al sistema en el momento del vaciado. Así, encontraremos que las deflexiones debido a cargas se podrán calcular de la siguiente forma:

#### 7.1.- Cálculo de las deflexiones inmediatas debido a cargas propias y cargas vivas

$$\Delta'_{ST} = \frac{5}{384} \times \frac{(Wd_{sd} + Wl_{sd}) \times L_{sd}^4}{E_c \times I_e} \times 10^6$$

Donde:

$$E_c = 15000 \times \sqrt{f'_c} \text{ (del ACI)}$$

Módulo de Young del concreto (kgf/cm<sup>2</sup>).

$$\Delta'_{ST} = 0.25$$

$$E_c = 217,371 \text{ Kgf/cm}^2$$

7.2.- Cálculo de las deformaciones diferidas o deformaciones a largo plazo

$$\Delta_{LT} = \Delta_{st}' \times \left[ 2 - 1.2 \times \frac{A_s'}{A_{s_{sd}}} \right]$$

$A_s' =$  Acero de flexión negativa en los apoyos ( $A_{comp}$ ) + el Acero de temperatura ( $A_{temp}$ )

$$A_s' = A_{temp} + A_{comp}$$

$A_{comp} = 2.84 \text{ cm}^2$

$A_{comp} = 4\#3$

$A_{temp.} = 2.22 \text{ cm}^2$

$A_{temp.} =$  Se considera malla electro soldada de 1/4" (15x15) En 1m de ancho de losa entran 7 varillas de 1/4"

$h = 6.3 \text{ cm}$

$A_{temp.} = 1.26 \text{ cm}^2$

$A_{temp} = 0.002 \times b \times h$  De acuerdo a la Norma

$A_s' = 5.06 \text{ cm}^2$

$\Delta_{LT} = 0.37 \text{ cm}$

7.3. Verificar que la deformación total no exceda la deformación admisible:

$$\Delta_{total} \leq \Delta_{adm}$$

$$\Delta_{adm} = \frac{L_{sd}}{360} \times 100$$

$$\Delta_{total} = \Delta_{LT} + \Delta_{st}'$$

$\Delta_{adm} = 0.76 \text{ cm}$

$\Delta_{total} = 0.62 \text{ cm}$

Luego:  $0.62 < 0.76 \text{ cm}$  **Ok**

Anexos 4. Fichas unitarias.

**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

UBICACIÓN TEGUCIGALPA M.D. C.

FECHA oct-17

<b>DESCRIPCION DE ACTIVIDAD</b>
Concreto de densidad normal f'c=210 kg/cm <sup>2</sup>

CODIGO	UNIDAD	IMPORTE	CANTIDAD
	m <sup>3</sup>	2454.48	1

Cod.	Descripción	Und	Rend.	Desp	Subtotal	P.Unit.	Total	Cant./utilizar	%
------	-------------	-----	-------	------	----------	---------	-------	----------------	---

Material

	Cemento gris	saco	9.4118	2%	9.60	195.00	1872.00	9.60	76.27%
	Arena de rio	m <sup>3</sup>	0.5520	2%	0.56	470.00	264.63	0.56	10.78%
	Grava	m <sup>3</sup>	0.5520	2%	0.56	483.00	271.95	0.56	11.08%
	Agua	gal	0.2250	2%	0.23	200.00	45.90	0.23	1.87%

Total Material Lps. 2454.48 100.00%

Mano de Obra

	Beneficios Sociales	%							

Total Mano de obra Lps. 0.00 0.00

Equipo y Herramientas


Total Equipo y Herramientas Lps. 0.00 0.00

TOTAL COSTO DIRECTO Lps. 2454.48 100.00

**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**DESCRIPCION DE ACTIVIDAD**

Concreto de densidad especifica de poliestireno 25MEPS-75CA f'c=210kg/cm2

UBICACIÓN TEGUCIGALPA M.D. C.

FECHA oct-17

CODIGO	UNIDAD	IMPORTE	CANTIDAD
	m <sup>3</sup>	2803.03	1

Cod.	Descripción	Und	Rend.	Desp	Subtotal	P.Unit.	Total	Cant./utilizar	%
------	-------------	-----	-------	------	----------	---------	-------	----------------	---

Materiales

	Cemento gris	saco	11.2235	2%	11.45	195.00	2232.36	11.45	79.64%
	Arena de rio	m <sup>3</sup>	0.2120	2%	0.22	470.00	101.63	0.22	3.63%
	Grava 3/4" tritura	m <sup>3</sup>	0.2850	2%	0.29	483.00	140.41	0.29	5.01%
	Agua	m <sup>3</sup>	0.2610	2%	0.27	200.00	53.24	0.27	1.90%
	poliestireno	m <sup>3</sup>	0.095	5%	0.10	2760.80	275.39	0.10	9.82%

Total Materiales Lps. 2803.03 100.00%

Mano de Obra

	Beneficios Sociales	%							

Total Mano de obra Lps. 0.00 0.00

Equipo y Herramientas


Total Equipo y Herramientas Lps. 0.00 0.00

**TOTAL COSTO DIRECTO Lps. 2803.03 100.00**

**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**DESCRIPCION DE ACTIVIDAD**

Concreto aligerado estructural de poliestireno  
50MEPS-50CA f'c= 175 kg/cm2.

UBICACIÓN TEGUCIGALPA M.D. C.

FECHA oct-17

CODIGO	UNIDAD	IMPORTE	CANTIDAD
	m <sup>3</sup>	3031.62	1

Cod.	Descripción	Und	Rend.	Desp	Subtotal	P.Unit.	Total	Cant./utilizar	%
------	-------------	-----	-------	------	----------	---------	-------	----------------	---

**Materiales**

	Cemento gris	saco	11.2235	2%	11.45	195.00	2232.36	11.45	73.64%
	Arena de rio	m <sup>3</sup>	0.2120	2%	0.22	470.00	101.63	0.22	3.35%
	Grava 3/4" tritura	m <sup>3</sup>	0.1900	2%	0.19	483.00	93.61	0.19	3.09%
	Agua	m <sup>3</sup>	0.2610	2%	0.27	200.00	53.24	0.27	1.76%
	poliestireno	m <sup>3</sup>	0.19	5%	0.20	2760.80	550.78	0.20	18.17%
							0.00		

Total Materiales Lps. 3031.62 **100.00%**

**Mano de Obra**

	Beneficios Sociales	%							

Total Mano de obra Lps. 0.00 **0.00**

**Equipo y Herramientas**


Total Equipo y Herramientas Lps. 0.00 **0.00**

**TOTAL COSTO DIRECTO Lps. 3031.62 100.00**

**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**DESCRIPCION DE ACTIVIDAD**

Concreto aligerado de poliestireno 75MEPS-  
25CA f'c= 140 kg/cm2

UBICACIÓN TEGUCIGALPA M.D. C.

FECHA oct-17

CODIGO	UNIDAD	IMPORTE	CANTIDAD
	m <sup>3</sup>	3260.21	1

Cod.	Descripción	Und	Rend.	Desp	Subtotal	P.Unit.	Total	Cant./utilizar	%
------	-------------	-----	-------	------	----------	---------	-------	----------------	---

**Materiales**

	Cemento gris	saco	11.2235	2%	11.45	195.00	2232.36	11.45	68.47%
	Arena de rio	m <sup>3</sup>	0.2120	2%	0.22	470.00	101.63	0.22	3.12%
	Grava 3/4" triturada	m <sup>3</sup>	0.0950	2%	0.10	483.00	46.80	0.10	1.44%
	Agua	m <sup>3</sup>	0.2610	2%	0.27	200.00	53.24	0.27	1.63%
	poliestireno	m <sup>3</sup>	0.285	5%	0.30	2760.80	826.17	0.30	25.34%

Total Materiales Lps. 3260.21 **100.00%**

**Mano de Obra**

	Beneficios Sociales	%							

Total Mano de obra Lps. 0.00 **0.00**

**Equipo y Herramientas**


Total Equipo y Herramientas Lps. 0.00 **0.00**

**TOTAL COSTO DIRECTO Lps. 3260.21 100.00**



**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**DESCRIPCION DE ACTIVIDAD**

Concreto estructural aligerado piedra pómez  
f'c=210 kg/cm2

UBICACIÓN TEGUCIGALPA M.D. C.

FECHA oct-17

CODIGO	UNIDAD	IMPORTE	CANTIDAD
	m <sup>3</sup>	3662.85	1

Cod.	Descripción	Und	Rend.	Desp	Subtotal	P.Unit.	Total	Cant./utilizar	%
------	-------------	-----	-------	------	----------	---------	-------	----------------	---

**Materiales**

	Cemento gris	saco	13.4682	2%	13.74	195.00	2678.83	13.74	73.14%
	Arena de rio	m <sup>3</sup>	0.2120	2%	0.22	470.00	101.63	0.22	2.77%
	Agua	m <sup>3</sup>	0.3500	2%	0.36	200.00	71.40	0.36	1.95%
	Piedra pómez	m <sup>3</sup>	0.48	5%	0.50	1609.10	810.99	0.50	22.14%

Total Materiales Lps. 3662.85 **100.00%**

**Mano de Obra**

	Beneficios Sociales	%							

Total Mano de obra Lps. 0.00 **0.00**

**Equipo y Herramientas**


Total Equipo y Herramientas Lps. 0.00 **0.00**

**TOTAL COSTO DIRECTO Lps. 3662.85 100.00**

**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

densidad normal

**DESCRIPCION DE ACTIVIDAD**

Losa colaborante con concreto de densidad normal  
f'c=210 kg/cm2 espesor de 5 cms

UBICACIÓN

TEGUCIGALPA M.D. C.

FECHA oct-17

CODIGO	UNIDAD	IMPORTE	CANTIDAD
	m2	5017.73	1

Cod .	Descripción	Und	Rend.	Des p	Subtotal	P.Unit.	Total	Cant./utiliza r	%
-------	-------------	-----	-------	-------	----------	---------	-------	-----------------	---

Materiales

	Concreto de densidad normal f'c=210 kg/cm2	m3	0.0815	2%	0.08	2454.48	204.04	0.08	4.07%
	Acero 1/4	Lance	1.7758	2%	1.81	470.00	851.30	1.81	16.97%
	Alambre de amarre	Lb.	0.8758	2%	0.89	483.00	431.46	0.89	8.60%
	Agua	gal	10.5000	25%	13.13	200.00	2625.00	13.13	52.31%
	lamida tipo deck, cal. 20	pie	3.2800	2%	3.35	65.00	217.46	3.35	4.33%
	varilla de 3/8 legitima	lance	0.4444	5%	0.47	107.53	50.18	0.47	1.00%
	curador	galón	0.0500	5%	0.05	192.97	10.13	0.05	0.20%
	perno tipo Nelson Stud tipo I	und	2.0000	0%	2.00	65.22	130.44	2.00	2.60%
	seguetas	und	0.0717	5%	0.08	23.00	1.73	0.08	0.03%

**90.12**

Total Materiales Lps. 4521.75

**%**

Mano de Obra

	Hecha de concreto	M³	1	0%	1.00	161.83	161.83		3%
	Armado, colocación de lamina	M²	1	0%	1.00	180	180.00		4%

Total Mano de obra Lps. 341.83

**7%**

Equipo y Herramientas

	herramienta menor	%	4%	2%	0.04	341.83	13.95		0%
	Concretetera	m3	1	0%	1.00	115.2	115.20		2%
	Vibrador	m3	1	0%	1.00	25	25.00		0%

Total Equipo y Herramientas Lps. 154.15

**3%**

**100%**

TOTAL COSTO DIRECTO Lps. 5017.73

**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**DESCRIPCION DE ACTIVIDAD**

Losa colaborante con concreto de densidad normal  
f'c=210 kg/cm2 espesor de 8 cms

**UBICACIÓN**

N TEGUCIGALPA M.D. C.

FECHA oct-17

CODIGO	UNIDAD	IMPORTE	CANTIDAD
	m2	5092.83	1

Cod	Descripción	Und	Rend.	Des p	Subtotal	P.Unit.	Total	Cant./utiliza r	%
-----	-------------	-----	-------	-------	----------	---------	-------	-----------------	---

**Materiales**

	Concreto de densidad normal f'c=210 kg/cm2	m3	0.1115	2%	0.11	2454.48	279.15	0.11	5.48%
	Acero 1/4	Lance	1.7758	2%	1.81	470.00	851.30	1.81	16.72%
	Alambre de amarre	Lb.	0.8758	2%	0.89	483.00	431.46	0.89	8.47%
	Agua	gal	10.5000	25%	13.13	200.00	2625.00	13.13	51.54%
	lamida tipo deck, cal. 20	pie	3.2800	2%	3.35	65.00	217.46	3.35	4.27%
	varilla de 3/8 legitima	lance	0.4444	5%	0.47	107.53	50.18	0.47	0.99%
	curador	galón	0.0500	5%	0.05	192.97	10.13	0.05	0.20%
	perno tipo Nelson Stud tipo I	und	2.0000	0%	2.00	65.22	130.44	2.00	2.56%
	seguetas	und	0.0717	5%	0.08	23.00	1.73	0.08	0.03%

**90.26**  
Total Materiales Lps. 4596.86 %

**Mano de Obra**

	Hecha de concreto	M <sup>3</sup>	1	0%	1.00	161.83	161.83		3%
	Armado, colocación de lamina	M <sup>2</sup>	1	0%	1.00	180	180.00		4%

Total Mano de obra Lps. 341.83 7%

**Equipo y Herramientas**

	herramienta menor	%	4%	2%	0.04	341.83	13.95		0%
	Concreteira	m3	1	0%	1.00	115.2	115.20		2%
	Vibrador	m3	1	0%	1.00	25	25.00		0%

Total Equipo y Herramientas Lps. 154.15 3%  
**100%**

**TOTAL COSTO DIRECTO** Lps. 5092.83 **100.00**

**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**DESCRIPCION DE ACTIVIDAD**

Losa colaborante con concreto de densidad normal  
f'c=210 kg/cm2 espesor de 10 cms

**UBICACIÓN**

N TEGUCIGALPA M.D. C.

FECHA oct-17

CODIGO	UNIDAD	IMPORTE	CANTIDAD
	m2	5142.91	1

Cod .	Descripción	Und	Rend.	Des p	Subtotal	P.Unit.	Total	Cant./utiliza r	%
-------	-------------	-----	-------	-------	----------	---------	-------	-----------------	---

**Materiales**

	Concreto de densidad normal f'c=210 kg/cm2	m3	0.1315	2%	0.13	2454.48	329.22	0.13	6.40%
	Acero 1/4	Lance	1.7758	2%	1.81	470.00	851.30	1.81	16.55%
	Alambre de amarre	Lb.	0.8758	2%	0.89	483.00	431.46	0.89	8.39%
	Agua	gal	10.5000	25%	13.13	200.00	2625.00	13.13	51.04%
	lamida tipo deck, cal. 20	pie	3.2800	2%	3.35	65.00	217.46	3.35	4.23%
	varilla de 3/8 legitima	lance	0.4444	5%	0.47	107.53	50.18	0.47	0.98%
	curador	galón	0.0500	5%	0.05	192.97	10.13	0.05	0.20%
	perno tipo Nelson Stud tipo I	und	2.0000	0%	2.00	65.22	130.44	2.00	2.54%
	seguetas	und	0.0717	5%	0.08	23.00	1.73	0.08	0.03%

**90.36**

Total Materiales Lps. 4646.93

**%**

**Mano de Obra**

	Hecha de concreto	M³	1	0%	1.00	161.83	161.83		3%
	Armado, colocación de lamina	M²	1	0%	1.00	180	180.00		3%

Total Mano de obra Lps. 341.83

**7%**

**Equipo y Herramientas**

	herramienta menor	%	4%	2%	0.04	341.83	13.95		0%
	Concreteira	m3	1	0%	1.00	115.2	115.20		2%
	Vibrador	m3	1	0%	1.00	25	25.00		0%

Total Equipo y Herramientas Lps. 154.15

**3%**

**100%**

TOTAL COSTO DIRECTO Lps. 5142.91

**100.00**

**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**DESCRIPCION DE ACTIVIDAD**

Losa colaborante con concreto de densidad normal  
f'c=210 kg/cm2 espesor de 12 cms

**UBICACIÓN**

N TEGUCIGALPA M.D. C.

FECHA oct-17

CODIGO	UNIDAD	IMPORTE	CANTIDAD
	m2	5192.98	1

Cod .	Descripción	Und	Rend.	Des p	Subtotal	P.Unit.	Total	Cant./utiliza r	%
-------	-------------	-----	-------	-------	----------	---------	-------	-----------------	---

**Materiales**

	Concreto de densidad normal f'c=210 kg/cm2	m3	0.1515	2%	0.15	2454.48	379.29	0.15	7.30%
	Acero 1/4	Lance	1.7758	2%	1.81	470.00	851.30	1.81	16.39%
	Alambre de amarre	Lb.	0.8758	2%	0.89	483.00	431.46	0.89	8.31%
	Agua	gal	10.5000	25%	13.13	200.00	2625.00	13.13	50.55%
	lamida tipo deck, cal. 20	pie	3.2800	2%	3.35	65.00	217.46	3.35	4.19%
	varilla de 3/8 legitima	lance	0.4444	5%	0.47	107.53	50.18	0.47	0.97%
	curador	galón	0.0500	5%	0.05	192.97	10.13	0.05	0.20%
	perno tipo Nelson Stud tipo I	und	2.0000	0%	2.00	65.22	130.44	2.00	2.51%
	seguetas	und	0.0717	5%	0.08	23.00	1.73	0.08	0.03%

**90.45**

Total Materiales Lps. 4697.00

**%**

**Mano de Obra**

	Hecha de concreto	M³	1	0%	1.00	161.83	161.83		3%
	Armado, colocación de lamina	M²	1	0%	1.00	180	180.00		3%

Total Mano de obra Lps. 341.83

**7%**

**Equipo y Herramientas**

	herramienta menor	%	4%	2%	0.04	341.83	13.95		0%
	Concreteira	m3	1	0%	1.00	115.2	115.20		2%
	Vibrador	m3	1	0%	1.00	25	25.00		0%

Total Equipo y Herramientas Lps. 154.15

**3%**

**100%**

TOTAL COSTO DIRECTO Lps. 5192.98

**100.00**

**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**DESCRIPCION DE ACTIVIDAD**

Losa colaborante con Concreto de densidad  
especifica de poliestireno 25MEPS-75CA  
f'c=210kg/cm2 espesor de 5 cms

UBICACIÓN TEGUCIGALPA M.D. C.

FECHA oct-17

CODIGO	UNIDAD	IMPORTE	CANTIDAD
	m2	5046.70	1

Cod.	Descripción	Und	Rend.	Desp	Subtotal	P.Unit.	Total	Cant./utilizar	%
------	-------------	-----	-------	------	----------	---------	-------	----------------	---

**Materiales**

	Concreto de densidad especifica de poliestireno 25MEPS- 75CA f'c=210kg/cm2	m3	0.0815	2%	0.08	2803.03	233.02	0.08	4.62%
	Acero 1/4	Lance	1.7758	2%	1.81	470.00	851.30	1.81	16.87%
	Alambre de amarre	Lb.	0.8758	2%	0.89	483.00	431.46	0.89	8.55%
	Agua	gal	10.5000	25%	13.13	200.00	2625.00	13.13	52.01%
	lamida tipo deck, cal. 20	pie	3.2800	2%	3.35	65.00	217.46	3.35	4.31%
	varilla de 3/8 legitima	lance	0.4444	5%	0.47	107.53	50.18	0.47	0.99%
	curador	galón	0.0500	5%	0.05	192.97	10.13	0.05	0.20%
	perno tipo Nelson Stud tipo I	und	2.0000	0%	2.00	65.22	130.44	2.00	2.58%
	seguetas	und	0.0717	5%	0.08	23.00	1.73	0.08	0.03%

Total Materiales Lps. 4550.73 **90.17%**

**Mano de Obra**

	Hecha de concreto	M <sup>3</sup>	1	0%	1.00	161.83	161.83		3%
	Armado, colocación de lamina	M <sup>2</sup>	1	0%	1.00	180	180.00		4%

Total Mano de obra Lps. 341.83 **7%**

**Equipo y Herramientas**

	herramienta menor	%	4%	2%	0.04	341.83	13.95		0%
	Concreteira	m3	1	0%	1.00	115.2	115.20		2%
	Vibrador	m3	1	0%	1.00	25	25.00		0%

Total Equipo y Herramientas Lps. 154.15 **3%**

**100%**

TOTAL COSTO DIRECTO Lps. 5046.70 **100.00**

**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**DESCRIPCION DE ACTIVIDAD**

Losa colaborante con Concreto de densidad  
especifica de poliestireno 25MEPS-75CA  
f'c=210kg/cm2 espesor de 8 cms

UBICACIÓN TEGUCIGALPA M.D. C.

FECHA oct-17

CODIGO	UNIDAD	IMPORTE	CANTIDAD
	m2	5132.48	1

Cod.	Descripción	Und	Rend.	Desp	Subtotal	P.Unit.	Total	Cant./utilizar	%
------	-------------	-----	-------	------	----------	---------	-------	----------------	---

**Materiales**

	Concreto de densidad especifica de poliestireno 25MEPS- 75CA f'c=210kg/cm2	m3	0.1115	2%	0.11	2803.03	318.79	0.11	6.21%
	Acero 1/4	Lance	1.7758	2%	1.81	470.00	851.30	1.81	16.59%
	Alambre de amarre	Lb.	0.8758	2%	0.89	483.00	431.46	0.89	8.41%
	Agua	gal	10.5000	25%	13.13	200.00	2625.00	13.13	51.14%
	lamida tipo deck, cal. 20	pie	3.2800	2%	3.35	65.00	217.46	3.35	4.24%
	varilla de 3/8 legitima	lance	0.4444	5%	0.47	107.53	50.18	0.47	0.98%
	curador	galón	0.0500	5%	0.05	192.97	10.13	0.05	0.20%
	perno tipo Nelson Stud tipo I	und	2.0000	0%	2.00	65.22	130.44	2.00	2.54%
	seguetas	und	0.0717	5%	0.08	23.00	1.73	0.08	0.03%

Total Materiales Lps. 4636.50 **90.34%**

**Mano de Obra**

	Hecha de concreto	M <sup>3</sup>	1	0%	1.00	161.83	161.83		3%
	Armado, colocación de lamina	M <sup>2</sup>	1	0%	1.00	180	180.00		4%

Total Mano de obra Lps. 341.83 **7%**

**Equipo y Herramientas**

	herramienta menor	%	4%	2%	0.04	341.83	13.95		0%
	Concreteira	m3	1	0%	1.00	115.2	115.20		2%
	Vibrador	m3	1	0%	1.00	25	25.00		0%

Total Equipo y Herramientas Lps. 154.15 **3%**  
**100%**

TOTAL COSTO DIRECTO Lps. 5132.48 **100.00**

**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**DESCRIPCION DE ACTIVIDAD**

Losa colaborante con Concreto de densidad  
especifica de poliestireno 25MEPS-75CA  
f'c=210kg/cm2 espesor de 10 cms

UBICACIÓN TEGUCIGALPA M.D. C.

FECHA oct-17

CODIGO	UNIDAD	IMPORTE	CANTIDAD
	m2	5189.66	1

Cod.	Descripción	Und	Rend.	Desp	Subtotal	P.Unit.	Total	Cant./utilizar	%
------	-------------	-----	-------	------	----------	---------	-------	----------------	---

**Materiales**

	Concreto de densidad especifica de poliestireno 25MEPS- 75CA f'c=210kg/cm2	m3	0.1315	2%	0.13	2803.03	375.97	0.13	7.24%
	Acero 1/4	Lance	1.7758	2%	1.81	470.00	851.30	1.81	16.40%
	Alambre de amarre	Lb.	0.8758	2%	0.89	483.00	431.46	0.89	8.31%
	Agua	gal	10.5000	25%	13.13	200.00	2625.00	13.13	50.58%
	lamida tipo deck, cal. 20	pie	3.2800	2%	3.35	65.00	217.46	3.35	4.19%
	varilla de 3/8 legitima	lance	0.4444	5%	0.47	107.53	50.18	0.47	0.97%
	curador	galón	0.0500	5%	0.05	192.97	10.13	0.05	0.20%
	perno tipo Nelson Stud tipo I	und	2.0000	0%	2.00	65.22	130.44	2.00	2.51%
	seguetas	und	0.0717	5%	0.08	23.00	1.73	0.08	0.03%

Total Materiales Lps. 4693.68 **90.44%**

**Mano de Obra**

	Hecha de concreto	M <sup>3</sup>	1	0%	1.00	161.83	161.83		3%
	Armado, colocación de lamina	M <sup>2</sup>	1	0%	1.00	180	180.00		3%

Total Mano de obra Lps. 341.83 **7%**

**Equipo y Herramientas**

	herramienta menor	%	4%	2%	0.04	341.83	13.95		0%
	Concreteira	m3	1	0%	1.00	115.2	115.20		2%
	Vibrador	m3	1	0%	1.00	25	25.00		0%

Total Equipo y Herramientas Lps. 154.15 **3%**  
**100%**

TOTAL COSTO DIRECTO Lps. 5189.66 **100.00**  
129



**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**DESCRIPCION DE ACTIVIDAD**

Losa colaborante con Concreto de densidad  
especifica de poliestireno 25MEPS-75CA  
f'c=210kg/cm2 espesor de 12 cms

UBICACIÓN TEGUCIGALPA M.D. C.

FECHA oct-17

CODIGO	UNIDAD	IMPORTE	CANTIDAD
	m2	5246.84	1

Cod.	Descripción	Und	Rend.	Desp	Subtotal	P.Unit.	Total	Cant./utilizar	%
------	-------------	-----	-------	------	----------	---------	-------	----------------	---

**Materiales**

	Concreto de densidad especifica de poliestireno 25MEPS- 75CA f'c=210kg/cm2	m3	0.1515	2%	0.15	2803.03	433.15	0.15	8.26%
	Acero 1/4	Lance	1.7758	2%	1.81	470.00	851.30	1.81	16.23%
	Alambre de amarre	Lb.	0.8758	2%	0.89	483.00	431.46	0.89	8.22%
	Agua	gal	10.5000	25%	13.13	200.00	2625.00	13.13	50.03%
	lamida tipo deck, cal. 20	pie	3.2800	2%	3.35	65.00	217.46	3.35	4.14%
	varilla de 3/8 legitima	lance	0.4444	5%	0.47	107.53	50.18	0.47	0.96%
	curador	galón	0.0500	5%	0.05	192.97	10.13	0.05	0.19%
	perno tipo Nelson Stud tipo I	und	2.0000	0%	2.00	65.22	130.44	2.00	2.49%
	seguetas	und	0.0717	5%	0.08	23.00	1.73	0.08	0.03%
<b>Total Materiales</b>					Lps.		<b>4750.86</b>		<b>90.55%</b>

**Mano de Obra**

	Hecha de concreto	M <sup>3</sup>	1	0%	1.00	161.83	161.83		3%
	Armado, colocación de lamina	M <sup>2</sup>	1	0%	1.00	180	180.00		3%
<b>Total Mano de obra</b>					Lps.		<b>341.83</b>		<b>7%</b>

**Equipo y Herramientas**

	herramienta menor	%	4%	2%	0.04	341.83	13.95		0%
	Concreteira	m3	1	0%	1.00	115.2	115.20		2%
	Vibrador	m3	1	0%	1.00	25	25.00		0%
<b>Total Equipo y Herramientas</b>					Lps.		<b>154.15</b>		<b>3%</b>

**TOTAL COSTO DIRECTO** Lps. **5246.84** **100.00**  
130

**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**DESCRIPCION DE ACTIVIDAD**

Concreto aligerado estructural de poliestireno  
50MEPS-50CA f'c= 175 kg/cm2. espesor de 5 cms

UBICACIÓN TEGUCIGALPA M.D. C.

FECHA oct-17

CODIGO	UNIDAD	IMPORTE	CANTIDAD
	m2	5065.71	1

Cod.	Descripción	Und	Rend.	Desp	Subtotal	P.Unit.	Total	Cant./utilizar	%
------	-------------	-----	-------	------	----------	---------	-------	----------------	---

**Materiales**

	Concreto aligerado estructural de poliestireno 50MEPS-50CA f'c= 175 kg/cm2.	m3	0.0815	2%	0.08	3031.62	252.02	0.08	4.97%
	Acero 1/4	Lance	1.7758	2%	1.81	470.00	851.30	1.81	16.81%
	Alambre de amarre	Lb.	0.8758	2%	0.89	483.00	431.46	0.89	8.52%
	Agua	gal	10.5000	25%	13.13	200.00	2625.00	13.13	51.82%
	lamida tipo deck, cal. 20	pie	3.2800	2%	3.35	65.00	217.46	3.35	4.29%
	varilla de 3/8 legitima	lance	0.4444	5%	0.47	107.53	50.18	0.47	0.99%
	curador	galón	0.0500	5%	0.05	192.97	10.13	0.05	0.20%
	perno tipo Nelson Stud tipo I	und	2.0000	0%	2.00	65.22	130.44	2.00	2.57%
	seguetas	und	0.0717	5%	0.08	23.00	1.73	0.08	0.03%

Total Materiales Lps. 4569.73 **90.21%**

**Mano de Obra**

	Hecha de concreto	M <sup>3</sup>	1	0%	1.00	161.83	161.83		3%
	Armado, colocación de lamina	M <sup>2</sup>	1	0%	1.00	180	180.00		4%

Total Mano de obra Lps. 341.83 **7%**

**Equipo y Herramientas**

	herramienta menor	%	4%	2%	0.04	341.83	13.95		0%
	Concretera	m3	1	0%	1.00	115.2	115.20		2%
	Vibrador	m3	1	0%	1.00	25	25.00		0%

Total Equipo y Herramientas Lps. 154.15 **3%**

**100%**

TOTAL COSTO DIRECTO Lps. 5065.71 **100.00**

**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**DESCRIPCION DE ACTIVIDAD**

Concreto aligerado estructural de poliestireno  
50MEPS-50CA f'c= 175 kg/cm2. espesor de 8 cms

UBICACIÓN TEGUCIGALPA M.D. C.

FECHA oct-17

CODIGO	UNIDAD	IMPORTE	CANTIDAD
	m2	5158.47	1

Cod.	Descripción	Und	Rend.	Desp	Subtotal	P.Unit.	Total	Cant./utilizar	%
------	-------------	-----	-------	------	----------	---------	-------	----------------	---

Materiales

	Concreto aligerado estructural de poliestireno 50MEPS-50CA f'c= 175 kg/cm2.	m3	0.1115	2%	0.11	3031.62	344.79	0.11	6.68%
	Acero 1/4	Lance	1.7758	2%	1.81	470.00	851.30	1.81	16.50%
	Alambre de amarre	Lb.	0.8758	2%	0.89	483.00	431.46	0.89	8.36%
	Agua	gal	10.5000	25%	13.13	200.00	2625.00	13.13	50.89%
	lamida tipo deck, cal. 20	pie	3.2800	2%	3.35	65.00	217.46	3.35	4.22%
	varilla de 3/8 legitima	lance	0.4444	5%	0.47	107.53	50.18	0.47	0.97%
	curador	galón	0.0500	5%	0.05	192.97	10.13	0.05	0.20%
	perno tipo Nelson Stud tipo I	und	2.0000	0%	2.00	65.22	130.44	2.00	2.53%
	seguetas	und	0.0717	5%	0.08	23.00	1.73	0.08	0.03%

Total Materiales Lps. 4662.50 **90.39%**

Mano de Obra

	Hecha de concreto	M <sup>3</sup>	1	0%	1.00	161.83	161.83		3%
	Armado, colocación de lamina	M <sup>2</sup>	1	0%	1.00	180	180.00		3%

Total Mano de obra Lps. 341.83 **7%**

Equipo y Herramientas

	herramienta menor	%	4%	2%	0.04	341.83	13.95		0%
	Concretera	m3	1	0%	1.00	115.2	115.20		2%
	Vibrador	m3	1	0%	1.00	25	25.00		0%

Total Equipo y Herramientas Lps. 154.15 **3%**  
**100%**

**TOTAL COSTO DIRECTO Lps. 5158.47 **100.00****

**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**DESCRIPCION DE ACTIVIDAD**

Concreto aligerado estructural de poliestireno 50MEPS-50CA f'c= 175 kg/cm2.espesor de 10 cms
-------------------------------------------------------------------------------------------------

UBICACIÓN TEGUCIGALPA M.D. C.

FECHA oct-17

CODIGO	UNIDAD	IMPORTE	CANTIDAD
	m2	5220.32	1

Cod.	Descripción	Und	Rend.	Desp	Subtotal	P.Unit.	Total	Cant./utilizar	%
------	-------------	-----	-------	------	----------	---------	-------	----------------	---

**Materiales**

	Concreto aligerado estructural de poliestireno 50MEPS-50CA f'c= 175 kg/cm2.	m3	0.1315	2%	0.13	3031.62	406.63	0.13	7.79%
	Acero 1/4	Lance	1.7758	2%	1.81	470.00	851.30	1.81	16.31%
	Alambre de amarre	Lb.	0.8758	2%	0.89	483.00	431.46	0.89	8.27%
	Agua	gal	10.5000	25%	13.13	200.00	2625.00	13.13	50.28%
	lamida tipo deck, cal. 20	pie	3.2800	2%	3.35	65.00	217.46	3.35	4.17%
	varilla de 3/8 legitima	lance	0.4444	5%	0.47	107.53	50.18	0.47	0.96%
	curador	galón	0.0500	5%	0.05	192.97	10.13	0.05	0.19%
	perno tipo Nelson Stud tipo I	und	2.0000	0%	2.00	65.22	130.44	2.00	2.50%
	seguetas	und	0.0717	5%	0.08	23.00	1.73	0.08	0.03%

Total Materiales Lps. 4724.34 **90.50%**

**Mano de Obra**

	Hecha de concreto	M <sup>3</sup>	1	0%	1.00	161.83	161.83		3%
	Armado, colocación de lamina	M <sup>2</sup>	1	0%	1.00	180	180.00		3%

Total Mano de obra Lps. 341.83 **7%**

**Equipo y Herramientas**

	herramienta menor	%	4%	2%	0.04	341.83	13.95		0%
	Concretera	m3	1	0%	1.00	115.2	115.20		2%
	Vibrador	m3	1	0%	1.00	25	25.00		0%

Total Equipo y Herramientas Lps. 154.15 **3%**  
**100%**

**TOTAL COSTO DIRECTO Lps. 5220.32 100.00**

**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**DESCRIPCION DE ACTIVIDAD**

Concreto aligerado estructural de poliestireno  
50MEPS-50CA f'c= 175 kg/cm2. espesor de 12 cms

UBICACIÓN TEGUCIGALPA M.D. C.

FECHA oct-17

CODIGO	UNIDAD	IMPORTE	CANTIDAD
	m2	5282.16	1

Cod.	Descripción	Und	Rend.	Desp	Subtotal	P.Unit.	Total	Cant./utilizar	%
------	-------------	-----	-------	------	----------	---------	-------	----------------	---

**Materiales**

	Concreto aligerado estructural de poliestireno 50MEPS-50CA f'c= 175 kg/cm2.	m3	0.1515	2%	0.15	3031.62	468.48	0.15	8.87%
	Acero 1/4	Lance	1.7758	2%	1.81	470.00	851.30	1.81	16.12%
	Alambre de amarre	Lb.	0.8758	2%	0.89	483.00	431.46	0.89	8.17%
	Agua	gal	10.5000	25%	13.13	200.00	2625.00	13.13	49.70%
	lamida tipo deck, cal. 20	pie	3.2800	2%	3.35	65.00	217.46	3.35	4.12%
	varilla de 3/8 legitima	lance	0.4444	5%	0.47	107.53	50.18	0.47	0.95%
	curador	galón	0.0500	5%	0.05	192.97	10.13	0.05	0.19%
	perno tipo Nelson Stud tipo I	und	2.0000	0%	2.00	65.22	130.44	2.00	2.47%
	seguetas	und	0.0717	5%	0.08	23.00	1.73	0.08	0.03%

Total Materiales Lps. 4786.19 **90.61%**

**Mano de Obra**

	Hecha de concreto	M <sup>3</sup>	1	0%	1.00	161.83	161.83		3%
	Armado, colocación de lamina	M <sup>2</sup>	1	0%	1.00	180	180.00		3%

Total Mano de obra Lps. 341.83 **6%**

**Equipo y Herramientas**

	herramienta menor	%	4%	2%	0.04	341.83	13.95		0%
	Concretera	m3	1	0%	1.00	115.2	115.20		2%
	Vibrador	m3	1	0%	1.00	25	25.00		0%

Total Equipo y Herramientas Lps. 154.15 **3%**  
**100%**

**TOTAL COSTO DIRECTO Lps. 5282.16 100.00**

**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**DESCRIPCION DE ACTIVIDAD**

Concreto aligerado de poliestireno 75MEPS-25CA f'c= 140 kg/cm2. espesor de 5 cms

UBICACIÓN TEGUCIGALPA M.D. C.

FECHA oct-17

CODIGO	UNIDAD	IMPORTE	CANTIDAD
	m2	5084.71	1

Cod .	Descripción	Und	Rend.	Desp	Subtotal	P.Unit.	Total	Cant./utilizar	%
-------	-------------	-----	-------	------	----------	---------	-------	----------------	---

**Materiales**

	Concreto aligerado de poliestireno 75MEPS-25CA f'c= 140 kg/cm2	m3	0.0815	2%	0.08	3260.21	271.02	0.08	5.33%
	Acero 1/4	Lance	1.7758	2%	1.81	470.00	851.30	1.81	16.74%
	Alambre de amarre	Lb.	0.8758	2%	0.89	483.00	431.46	0.89	8.49%
	Agua	gal	10.500	25%	13.13	200.00	2625.00	13.13	51.63%
	lamida tipo deck, cal. 20	pie	3.2800	2%	3.35	65.00	217.46	3.35	4.28%
	varilla de 3/8 legitima	lance	0.4444	5%	0.47	107.53	50.18	0.47	0.99%
	curador	galón	0.0500	5%	0.05	192.97	10.13	0.05	0.20%
	perno tipo Nelson Stud tipo I	und	2.0000	0%	2.00	65.22	130.44	2.00	2.57%
	seguetas	und	0.0717	5%	0.08	23.00	1.73	0.08	0.03%

**90.25**  
Total Materiales Lps. 4588.73 %

**Mano de Obra**

	Hecha de concreto	M <sup>3</sup>	1	0%	1.00	161.83	161.83		3%
	Armado, colocación de lamina	M <sup>2</sup>	1	0%	1.00	180	180.00		4%

Total Mano de obra Lps. 341.83 7%

**Equipo y Herramientas**

	herramienta menor	%	4%	2%	0.04	341.83	13.95		0%
	Concreteira	m3	1	0%	1.00	115.2	115.20		2%
	Vibrador	m3	1	0%	1.00	25	25.00		0%

Total Equipo y Herramientas Lps. 154.15 3%  
**100%**

**TOTAL COSTO DIRECTO** Lps. 5084.71 **100.00**

**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**DESCRIPCION DE ACTIVIDAD**

Concreto aligerado de poliestireno 75MEPS-25CA f'c= 140 kg/cm2 espesor de 8 cms

UBICACIÓN TEGUCIGALPA M.D. C.

FECHA oct-17

CODIGO	UNIDAD	IMPORTE	CANTIDAD
	m2	5184.47	1

Cod .	Descripción	Und	Rend.	Desp	Subtotal	P.Unit.	Total	Cant./utilizar	%
-------	-------------	-----	-------	------	----------	---------	-------	----------------	---

**Materiales**

	Concreto aligerado de poliestireno 75MEPS-25CA f'c= 140 kg/cm2	m3	0.1115	2%	0.11	3260.21	370.78	0.11	7.15%
	Acero 1/4	Lance	1.7758	2%	1.81	470.00	851.30	1.81	16.42%
	Alambre de amarre	Lb.	0.8758	2%	0.89	483.00	431.46	0.89	8.32%
	Agua	gal	10.5000	25%	13.13	200.00	2625.00	13.13	50.63%
	lamida tipo deck, cal. 20	pie	3.2800	2%	3.35	65.00	217.46	3.35	4.19%
	varilla de 3/8 legitima	lance	0.4444	5%	0.47	107.53	50.18	0.47	0.97%
	curador	galón	0.0500	5%	0.05	192.97	10.13	0.05	0.20%
	perno tipo Nelson Stud tipo I	und	2.0000	0%	2.00	65.22	130.44	2.00	2.52%
	seguetas	und	0.0717	5%	0.08	23.00	1.73	0.08	0.03%

**90.43**  
Total Materiales Lps. 4688.49 %

**Mano de Obra**

	Hecha de concreto	M <sup>3</sup>	1	0%	1.00	161.83	161.83		3%
	Armado, colocación de lamina	M <sup>2</sup>	1	0%	1.00	180	180.00		3%

Total Mano de obra Lps. 341.83 7%

**Equipo y Herramientas**

	herramienta menor	%	4%	2%	0.04	341.83	13.95		0%
	Concretera	m3	1	0%	1.00	115.2	115.20		2%
	Vibrador	m3	1	0%	1.00	25	25.00		0%

Total Equipo y Herramientas Lps. 154.15 3%  
**100%**

**TOTAL COSTO DIRECTO Lps. 5184.47 100.00**

**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**DESCRIPCION DE ACTIVIDAD**

Concreto aligerado de poliestireno 75MEPS-25CA f'c= 140 kg/cm2 espesor de 10 cms

UBICACIÓN TEGUCIGALPA M.D. C.

FECHA oct-17

CODIGO	UNIDAD	IMPORTE	CANTIDAD
	m2	5250.98	1

Cod .	Descripción	Und	Rend.	Desp	Subtotal	P.Unit.	Total	Cant./utilizar	%
-------	-------------	-----	-------	------	----------	---------	-------	----------------	---

**Materiales**

	Concreto aligerado de poliestireno 75MEPS-25CA f'c= 140 kg/cm2	m3	0.1315	2%	0.13	3260.21	437.29	0.13	8.33%
	Acero 1/4	Lance	1.7758	2%	1.81	470.00	851.30	1.81	16.21%
	Alambre de amarre	Lb.	0.8758	2%	0.89	483.00	431.46	0.89	8.22%
	Agua	gal	10.5000	25%	13.13	200.00	2625.00	13.13	49.99%
	lamida tipo deck, cal. 20	pie	3.2800	2%	3.35	65.00	217.46	3.35	4.14%
	varilla de 3/8 legitima	lance	0.4444	5%	0.47	107.53	50.18	0.47	0.96%
	curador	galón	0.0500	5%	0.05	192.97	10.13	0.05	0.19%
	perno tipo Nelson Stud tipo I	und	2.0000	0%	2.00	65.22	130.44	2.00	2.48%
	seguetas	und	0.0717	5%	0.08	23.00	1.73	0.08	0.03%

**90.55**  
Total Materiales Lps. 4755.00 %

**Mano de Obra**

	Hecha de concreto	M <sup>3</sup>	1	0%	1.00	161.83	161.83		3%
	Armado, colocación de lamina	M <sup>2</sup>	1	0%	1.00	180	180.00		3%

Total Mano de obra Lps. 341.83 7%

**Equipo y Herramientas**

	herramienta menor	%	4%	2%	0.04	341.83	13.95		0%
	Concretera	m3	1	0%	1.00	115.2	115.20		2%
	Vibrador	m3	1	0%	1.00	25	25.00		0%

Total Equipo y Herramientas Lps. 154.15 3%  
**100%**

**TOTAL COSTO DIRECTO Lps. 5250.98 100.00**



**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**DESCRIPCION DE ACTIVIDAD**

Concreto aligerado de poliestireno 75MEPS-25CA f'c= 140 kg/cm2 espesor de 12 cms

UBICACIÓN TEGUCIGALPA M.D. C.

FECHA oct-17

CODIGO	UNIDAD	IMPORTE	CANTIDAD
	m2	5317.49	1

Cod .	Descripción	Und	Rend.	Desp	Subtotal	P.Unit.	Total	Cant./utilizar	%
-------	-------------	-----	-------	------	----------	---------	-------	----------------	---

**Materiales**

	Concreto aligerado de poliestireno 75MEPS-25CA f'c= 140 kg/cm2	m3	0.1515	2%	0.15	3260.21	503.80	0.15	9.47%
	Acero 1/4	Lance	1.7758	2%	1.81	470.00	851.30	1.81	16.01%
	Alambre de amarre	Lb.	0.8758	2%	0.89	483.00	431.46	0.89	8.11%
	Agua	gal	10.500	25%	13.13	200.00	2625.00	13.13	49.37%
	lamida tipo deck, cal. 20	pie	3.2800	2%	3.35	65.00	217.46	3.35	4.09%
	varilla de 3/8 legitima	lance	0.4444	5%	0.47	107.53	50.18	0.47	0.94%
	curador	galón	0.0500	5%	0.05	192.97	10.13	0.05	0.19%
	perno tipo Nelson Stud tipo I	und	2.0000	0%	2.00	65.22	130.44	2.00	2.45%
	seguetas	und	0.0717	5%	0.08	23.00	1.73	0.08	0.03%

**90.67**  
Total Materiales Lps. 4821.51 %

**Mano de Obra**

	Hecha de concreto	M <sup>3</sup>	1	0%	1.00	161.83	161.83		3%
	Armado, colocación de lamina	M <sup>2</sup>	1	0%	1.00	180	180.00		3%

Total Mano de obra Lps. 341.83 6%

**Equipo y Herramientas**

	herramienta menor	%	4%	2%	0.04	341.83	13.95		0%
	Concretera	m3	1	0%	1.00	115.2	115.20		2%
	Vibrador	m3	1	0%	1.00	25	25.00		0%

Total Equipo y Herramientas Lps. 154.15 3%  
**100%**

**TOTAL COSTO DIRECTO** Lps. 5317.49 **100.00**

**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**DESCRIPCION DE ACTIVIDAD**

Concreto estructural aligerado piedra pómez  
f'c=210 kg/cm2 espesor de 5 cms

UBICACIÓN TEGUCIGALPA M.D. C.

FECHA oct-17

CODIGO	UNIDAD	IMPORTE	CANTIDAD
	m2	5118.18	1

Cod.	Descripción	Und	Rend.	Desp	Subtotal	P.Unit.	Total	Cant./utilizar	%
------	-------------	-----	-------	------	----------	---------	-------	----------------	---

**Materiales**

	Concreto estructural aligerado piedra pómez f'c=210 kg/cm2	m3	0.0815	2%	0.08	3662.85	304.49	0.08	5.95%
	Acero 1/4	Lance	1.7758	2%	1.81	470.00	851.30	1.81	16.63%
	Alambre de amarre	Lb.	0.8758	2%	0.89	483.00	431.46	0.89	8.43%
	Agua	gal	10.500	25%	13.13	200.00	2625.00	13.13	51.29%
	lamida tipo deck, cal. 20	pie	3.2800	2%	3.35	65.00	217.46	3.35	4.25%
	varilla de 3/8 legitima	lance	0.4444	5%	0.47	107.53	50.18	0.47	0.98%
	curador	galón	0.0500	5%	0.05	192.97	10.13	0.05	0.20%
	perno tipo Nelson Stud tipo I	und	2.0000	0%	2.00	65.22	130.44	2.00	2.55%
	seguetas	und	0.0717	5%	0.08	23.00	1.73	0.08	0.03%

Total Materiales Lps. 4622.20 **90.31%**

**Mano de Obra**

	Hecha de concreto	M <sup>3</sup>	1	0%	1.00	161.83	161.83		3%
	Armado, colocación de lamina	M <sup>2</sup>	1	0%	1.00	180	180.00		4%

Total Mano de obra Lps. 341.83 **7%**

**Equipo y Herramientas**

	herramienta menor	%	4%	2%	0.04	341.83	13.95		0%
	Concreteira	m3	1	0%	1.00	115.2	115.20		2%
	Vibrador	m3	1	0%	1.00	25	25.00		0%

Total Equipo y Herramientas Lps. 154.15 **3%**

**100%**

**TOTAL COSTO DIRECTO Lps. 5118.18 100.00**

**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**DESCRIPCION DE ACTIVIDAD**

Concreto estructural aligerado piedra pómez  
f'c=210 kg/cm2 espesor de 8 cms

UBICACIÓN TEGUCIGALPA M.D. C.

FECHA oct-17

CODIGO	UNIDAD	IMPORTE	CANTIDAD
	m2	5230.26	1

Cod.	Descripción	Und	Rend.	Desp	Subtotal	P.Unit.	Total	Cant./utilizar	%
------	-------------	-----	-------	------	----------	---------	-------	----------------	---

**Materiales**

	Concreto estructural aligerado piedra pómez f'c=210 kg/cm2	m3	0.1115	2%	0.11	3662.85	416.58	0.11	7.96%
	Acero 1/4	Lance	1.7758	2%	1.81	470.00	851.30	1.81	16.28%
	Alambre de amarre	Lb.	0.8758	2%	0.89	483.00	431.46	0.89	8.25%
	Agua	gal	10.5000	25%	13.13	200.00	2625.00	13.13	50.19%
	lamida tipo deck, cal. 20	pie	3.2800	2%	3.35	65.00	217.46	3.35	4.16%
	varilla de 3/8 legitima	lance	0.4444	5%	0.47	107.53	50.18	0.47	0.96%
	curador	galón	0.0500	5%	0.05	192.97	10.13	0.05	0.19%
	perno tipo Nelson Stud tipo I	und	2.0000	0%	2.00	65.22	130.44	2.00	2.49%
	seguetas	und	0.0717	5%	0.08	23.00	1.73	0.08	0.03%

Total Materiales Lps. 4734.29 **90.52%**

**Mano de Obra**

	Hecha de concreto	M <sup>3</sup>	1	0%	1.00	161.83	161.83		3%
	Armado, colocación de lamina	M <sup>2</sup>	1	0%	1.00	180	180.00		3%

Total Mano de obra Lps. 341.83 **7%**

**Equipo y Herramientas**

	herramienta menor	%	4%	2%	0.04	341.83	13.95		0%
	Concreteira	m3	1	0%	1.00	115.2	115.20		2%
	Vibrador	m3	1	0%	1.00	25	25.00		0%

Total Equipo y Herramientas Lps. 154.15 **3%**

**100%**

**TOTAL COSTO DIRECTO Lps. 5230.26 100.00**

**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**DESCRIPCION DE ACTIVIDAD**

Concreto estructural aligerado piedra pómez  
f'c=210 kg/cm2 espesor de 10 cms

UBICACIÓN TEGUCIGALPA M.D. C.

FECHA oct-17

CODIGO	UNIDAD	IMPORTE	CANTIDAD
	m2	5304.99	1

Cod.	Descripción	Und	Rend.	Desp	Subtotal	P.Unit.	Total	Cant./utilizar	%
------	-------------	-----	-------	------	----------	---------	-------	----------------	---

**Materiales**

	Concreto estructural aligerado piedra pómez f'c=210 kg/cm2	m3	0.1315	2%	0.13	3662.85	491.30	0.13	9.26%
	Acero 1/4	Lance	1.7758	2%	1.81	470.00	851.30	1.81	16.05%
	Alambre de amarre	Lb.	0.8758	2%	0.89	483.00	431.46	0.89	8.13%
	Agua	gal	10.5000	25%	13.13	200.00	2625.00	13.13	49.48%
	lamida tipo deck, cal. 20	pie	3.2800	2%	3.35	65.00	217.46	3.35	4.10%
	varilla de 3/8 legitima	lance	0.4444	5%	0.47	107.53	50.18	0.47	0.95%
	curador	galón	0.0500	5%	0.05	192.97	10.13	0.05	0.19%
	perno tipo Nelson Stud tipo I	und	2.0000	0%	2.00	65.22	130.44	2.00	2.46%
	seguetas	und	0.0717	5%	0.08	23.00	1.73	0.08	0.03%

Total Materiales Lps. 4809.01 **90.65%**

**Mano de Obra**

	Hecha de concreto	M <sup>3</sup>	1	0%	1.00	161.83	161.83		3%
	Armado, colocación de lamina	M <sup>2</sup>	1	0%	1.00	180	180.00		3%

Total Mano de obra Lps. 341.83 **6%**

**Equipo y Herramientas**

	herramienta menor	%	4%	2%	0.04	341.83	13.95		0%
	Concreteira	m3	1	0%	1.00	115.2	115.20		2%
	Vibrador	m3	1	0%	1.00	25	25.00		0%

Total Equipo y Herramientas Lps. 154.15 **3%**

**100%**

**TOTAL COSTO DIRECTO Lps. 5304.99 100.00**

**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**DESCRIPCION DE ACTIVIDAD**

Concreto estructural aligerado piedra pómez  
f'c=210 kg/cm2 espesor de 12 cms

UBICACIÓN TEGUCIGALPA M.D. C.

FECHA oct-17

CODIGO	UNIDAD	IMPORTE	CANTIDAD
	m2	5379.71	1

Cod.	Descripción	Und	Rend.	Desp	Subtotal	P.Unit.	Total	Cant./utilizar	%
------	-------------	-----	-------	------	----------	---------	-------	----------------	---

**Materiales**

	Concreto estructural aligerado piedra pómez f'c=210 kg/cm2	m3	0.1515	2%	0.15	3662.85	566.02	0.15	10.52%
	Acero 1/4	Lance	1.7758	2%	1.81	470.00	851.30	1.81	15.82%
	Alambre de amarre	Lb.	0.8758	2%	0.89	483.00	431.46	0.89	8.02%
	Agua	gal	10.5000	25%	13.13	200.00	2625.00	13.13	48.79%
	lamida tipo deck, cal. 20	pie	3.2800	2%	3.35	65.00	217.46	3.35	4.04%
	varilla de 3/8 legitima	lance	0.4444	5%	0.47	107.53	50.18	0.47	0.93%
	curador	galón	0.0500	5%	0.05	192.97	10.13	0.05	0.19%
	perno tipo Nelson Stud tipo I	und	2.0000	0%	2.00	65.22	130.44	2.00	2.42%
	seguetas	und	0.0717	5%	0.08	23.00	1.73	0.08	0.03%

Total Materiales Lps. 4883.73 **90.78%**

**Mano de Obra**

	Hecha de concreto	M <sup>3</sup>	1	0%	1.00	161.83	161.83		3%
	Armado, colocación de lamina	M <sup>2</sup>	1	0%	1.00	180	180.00		3%

Total Mano de obra Lps. 341.83 **6%**

**Equipo y Herramientas**

	herramienta menor	%	4%	2%	0.04	341.83	13.95		0%
	Concreteira	m3	1	0%	1.00	115.2	115.20		2%
	Vibrador	m3	1	0%	1.00	25	25.00		0%

Total Equipo y Herramientas Lps. 154.15 **3%**  
**100%**

**TOTAL COSTO DIRECTO Lps. 5379.71 **100.00****