

**ESTUDIO DE ALTERNATIVA DE PLACA DE ENTREPISO EN LOSA MACIZA
DE SECCIÓN VARIABLE.**

**SERGIO.ABRIL RODRIGUEZ
ALVARO ANDRÉS RONDÓN FLOREZ**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO – MECANICAS
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
BUCARAMANGA
2010**

**ESTUDIO DE ALTERNATIVA DE PLACA DE ENTREPISO EN LOSA MACIZA
DE SECCIÓN VARIABLE.**

**SERGIO ABRIL RODRIGUEZ,
ALVARO ANDRÉS RONDÓN FLOREZ**

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Civil

**DIRECTOR
DALTON MORENO GIRARDOT.**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO – MECANICAS
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
BUCARAMANGA
2010**

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION	1
1 HISTORIA-VENTAJAS	3
1.1 EVOLUCIÓN DE LAS ESTRUCTURAS	3
1.2 VENTAJAS (PLACA MACIZA DE SECCIÓN VARIABLE)	6
2. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE LOSA MACIZA CON SECCIÓN VARIABLE	9
2.1 GEOMETRÍA	9
2.2 CONCRETO	10
2.3 REFUERZO POR RETRACCION Y TEMPERATURA.	10
2.4. REFUERZO NEGATIVO EN LA LOZA	11
2.5 ESPESOR DE LOSA Y RECUBRIMIENTO MINIMO.	11
3. ASPECTOS DE DISEÑO.	13
3.1 CONSIDERACIONES DE DISEÑO.	13
3.2. PROPIEDADES.	15
3.2.1. Centroide	15
3.2.2. Momentos De Inercia	17
3.2.2.1 Momentos De Inercia No Fisurado	17
3.2.2.2 Momentos De Inercia No Fisurado	18
3.3 CARGAS	19
3.3.1. Cargas	19
3.4 RESISTENCIA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL.	20
3.4.1 Momentos	23
3.4.2 Cortante	24

3.5 DEFLEXIONES	25
3.6 FUNCIONAMIENTO COMO DIAFRAGMA	28
3.7 CONECTORES DE CORTANTE.	29
3.8 VIBRACIONES AMBIENTALES Y CARGAS DINÁMICAS	30
4. ASPECTOS CONSTRUCTIVOS	32
4.1 FORMALETA Y ACCESORIOS	32
4.2 INSTALACION Y MANIPULACIÓN	43
4.3 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	44
5 COMPARACION CON OTROS SISTEMAS DE ENTREPISO	47
5.1 INSTALACIÓN Y MONTAJE STELL DECK	47
5.2 LOSAS MACIZAS	53
5.3 LOSAS ALIGERADAS	56
5.4 CONSTRUCTIBILIDAD	58
5.5 ESTETICO	59
5.6 ECONOMICO	61
5.7 FUNCIONALIDAD	62
6. DISEÑO Y ANALISIS DEL MODELO DE PLACA DE ENTREPISO EN LOSA MACIZA DE SECCION VARIABLE, UTILIZADO EN LA PRUEBA DE CARGA	63
6.1 DISEÑO MODELO DE LOSA MACIZA DE SECCIÓN VARIABLE	63
6.2 MODELADO EN ANSYS DE LA PRUEBA DE CARGA	71
6.3 ENSAYO DE PRUEBA DE CARGA.	74
6.4 PRUEBA DE CARGA	80
6.5 ANALISIS DE DATOS OBTENIDOS EN LA PRUEBA	83
6.6 ESTIMACIÓN DE LA ROTURA.	86
CONCLUSIONES	87

BIBLIOGRAFÍA

89

ANEXOS

90

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Panteón de Roma.	6
Figura 2. Sección transversal placa maciza de sección variable.	9
Figura 3. Centro de gravedad de una placa.	15
Figura 4. Área de la parte variable del sistema de entrepiso.	16
Figura 5. Centroides de un área	17
Figura 6. Deformaciones y esfuerzos en una viga rectangular.	20
Figura 7. Distribución de deformaciones para diferentes modos de falla por flexión.	21
Figura 8. Sección transformada.	26
Figura 9. Fotografía formaleta en Construcción.	33
Figura 10. Fotografía grapa.	34
Figura 11. Lamina delgada de acero se utilizo como guía de corte.	35
Figura 12. Dimensiones formaleta metálica para entrepiso macizo de sección variable (medidas en milímetros)	36
Figura 13. Diseño para construcción de formaleta.	36
Figura 14. Laminas cortadas y perforadas para construir el encofrado.	38
Figura 15. Laminas que se utiliza para dar la forma curva del encofrado.	38
Figura 16. Adecuación de la lámina superior con láminas exteriores.	39
Figura 17. Soldadura de la lámina superior con láminas exteriores.	39
Figura 18. Corte de rigidizadores transversales del encofrado.	40
Figura 19. Soldadura rigidizadores transversales del encofrado.	40
Figura 20. Pasadores o uñas de la formaleta.	41
Figura 21. Soldadura de pasadores a la estructura del encofrado.	42
Figura 22. Desencofrado.	42
Figura 23. Instalación de formaletas para fundir entrepiso.	43
Figura 24. Dirección de colocación del metaldeck.	47
Figura 25. Dirección de colocación del metaldeck en plantas irregulares.	48
Figura 26. Corte de laminas metaldeck.	48
Figura 27. Posición de instalación de la lamina metaldeck.	49

Figura 28. Apuntalamiento temporal laminas de metaldeck.	50
Figura 29. Tapas de cierre metaldeck.	50
Figura 30. Instalación de malla.	51
Figura 31. Distanciadores.	52
Figura 32. Sección típica metaldeck.	52
Figura 33. Losa maciza.	54
Figura 34. Proceso constructivo losa maciza	55
Figura 35. Detalle de refuerzo losa maciza.	56
Figura 36. Corte transversal losa aligerada.	57
Figura 37. Sección típica losa aligerada.	58
Figura 38. Geometría de la sección transversal de la losa utilizada para el modelo	63
Figura 39. Áreas aferentes del modelo de entrepiso.	64
Figura 40. Diagramas análisis en SAP 2000.	65
Figura 41. Sección de diseño	67
Figura 42. Detalles de refuerzo transversal del entrepiso de sección variable.	70
Figura 43. Detalle del refuerzo por retracción de fraguado y temperatura.	70
Figura 44. Geometría del modelo.	71
Figura 45. Diagrama de deformaciones direccionales.	71
Figura 46. Diagrama de deformaciones absolutas.	72
Figura 47. Deformaciones más representativas del modelo.	72
Figura 48. Distribución de esfuerzos normales.	73
Figura 49. Distribución de esfuerzos normales máximos.	73
Figura 50. Corte de esfuerzos normales máximos	74
Figura 51. Modelos para construcción en el laboratorio.	74
Figura 52. Corte transversal en 3D del modelo construido.	75
Figura 53. Vista en planta del modelo construido.	76
Figura 54. Marca para ubicar el deformimetro	80
Figura 55. Ubicación de Deformímetros.	80
Figura 56. Recipiente azul con 150kg de triturado.	81
Figura 57. Levantamiento de carga con ayuda del puente grúa.	82
Figura 58. Carga sobre impuesta 11toneladas.	83
Figura 59. Descarga de placa para medir la deflexión residual.	83
Figura 60. Comportamiento del sistema en C1	84

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Espesores mínimos de h para no calcular deflexiones.	26
Tabla 2. Deflexiones máximas calculadas permisibles.	28

RESÚMEN

TÍTULO: ESTUDIO DE ALTERNATIVA DE PLACA DE ENTREPISO EN LOSA MACIZA DE SECCIÓN VARIABLE.*

AUTORES: SERGIO ABRIL RODRIGUEZ
ALVARO ANDRÉS RONDÓN FLOREZ**

PALABRAS CLAVES Teoría de Whitney, modelo en Ansys, sección variable

DESCRIPCIÓN:

En este trabajo se propuso una nueva alternativa de placa de entrepiso en losa maciza de sección variable, se hizo una comparación frente a otros sistemas constructivos utilizados en la actualidad, dando a conocer las ventajas que ofrece la nueva propuesta, además se realizó la valoración teórica basada en el método de los estados límites, teniendo como parámetro de análisis y diseño las Normas Colombianas Sismo Resistentes.

En este documento se indica cómo se debe realizar el diseño y construcción, de la nueva alternativa de entrepiso de losa maciza de sección variable, contiene material de ayuda al ingeniero calculista, propiedades de las secciones, combinaciones de acero comunes para los nervios de apoyo con su respectivo momento nominal.

Adicional a los estudios teóricos, llevo a cabo una evaluación de tipo experimental por medio de una prueba de carga, en la cual se observo el funcionamiento de la placa de entrepiso en losa maciza de sección variable, se aplico una carga sobre impuesta mayorada superior a $0.85(1.7L + 1.4D)$, y se cumplió con los requisitos exigidos por la norma en el capítulo C.19.

Se realizó modelo en Ansys V12, simulando las condiciones de carga y apoyo de la prueba, en cual se visualizó el comportamiento de la placa de entrepiso, dada la configuración o geometría transversal de la losa maciza, los esfuerzos normales se concentraron en su mayor parte en los nervios de apoyo, disminuyendo sollicitaciones por flexión de la losa maciza en el centro de luz.

* Trabajo de grado

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas, Escuela de Ingeniería Civil.
Director: Dalton Moreno Girardot.

ABSTRACT

TITLE: STUDY OF ALTERNATIVE MEZZANINE BOARD SOLID SLAB OF VARIABLE SECTION*

AUTHORS: Sergio Abril Rodríguez
Álvaro Andrés Rondón Flórez**

KEYWORDS: Whitney theory, variable section, Ansys model.

DESCRIPCIÓN:

This project proposed a new alternative for mezzanine board in massif slabs of variable section, a comparison was made over other building methods used at present, knowing the advantages of the new proposal, besides It was performed a theoretical valuation method based on limits states, having as an analysis and design parameter Colombian Quake Resistant Standards.

In this document we indicate how to carry out the design and construction of new mezzanine alternative massif slab of variable section contains support engineer, properties of sections, combinations of common steel nerves of support their respective nominal time.

In addition to theoretical studies, carry out an experimental evaluation using a load test, which it was observed in the functioning of the mezzanine board in massif slabs of variable section, a load on imposing more than 0.85 (1.7L +1.4 D), and it fulfilled with the demanded requirements of the rule in Chapter C.19.

Ansys model was performed, simulating the loading conditions and supporting evidence, which it was visualized in the behavior of the mezzanine board, with the configuration or cross-sectional geometry of the massif slab, the normal efforts are concentrated mostly in Support nerves, decreasing flexural solicitations massif slab in the center of light.

* Grade Project

** Faculty of Physical-Mechanical Engineering, Civil Engineering School, Director Dalton Moreno Girardot.

INTRODUCCION

La presente investigación se refiere al cómo crear un nuevo sistema de entrepiso de sección transversal variable, lo cual implica la consideración teórica y experimental de los requisitos contemplados dentro de su funcionalidad, tal como conformar un diafragma rígido y también la función de recibir cargas gravitacionales tales como su propio peso, cargas sobre-impuestas y la carga viva.

La característica principal de este trabajo es buscar la optimización de los sistemas constructivos. De manera que los estos procesos sean eficientes y económicos, que requiera de menor recurso humano y consumo de tiempo en su montaje, haciendo que el precio de obra ejecutada sea menor.

El ingeniero estudia continuamente, no se conforma con lo que sabe, día a día va de la mano con la tecnología, se preocupa por informarse de los nuevos avances, además aplica todo su conocimiento en la solución de problemas, en la optimización de recursos para facilitar procesos y mejorar la productividad.

Este trabajo es de carácter teórico practico, y consta de un marco conceptual basado en la mecánica de materiales y en la teoría de los estados limites del diseño por flexión, se realizara el montaje del modelo propuesto para el sistema de entrepiso, al cual se le aplicaran cargas progresivamente para observar el comportamiento y poder realizar los ajustes necesarios para que el resultado final sea el esperado, de todo el proceso se llevara registro fotográfico que permitirá establecer diferencias con otros sistemas constructivos.

Como resultado de la investigación se presentara el diseño y la construcción de un sistema de formaleta que tendrá como principal característica su fácil manipulación e instalación dentro de las obras.

1 HISTORIA-VENTAJAS

1.1 EVOLUCIÓN DE LAS ESTRUCTURAS

El hábitat de los primeros homínidos fueron refugios líneos cubiertos con pieles que se desmontaban y trasladaban de un lugar a otro, que junto con las cuevas y cavernas de cada lugar, servían para resguardarse en las épocas más frías.

En el periodo Neolítico (7.000 a.d.C-2.500 d.C) el hombre empieza a cultivar la tierra y domesticar animales reproduciéndolos en cautividad. Con la agricultura y la ganadería, se convierte en sedentario y con ello empieza la construcción de refugios con los materiales de cada lugar.

De esta forma, en las zonas más septentrionales del planeta, con climas muy fríos y bosques abundantes se ha utilizado la madera como material de construcción que, con las mejoras tecnológicas de cada época, ha llegado hasta nuestros días. En el resto del territorio se ha utilizado básicamente la piedra, la cerámica y la tierra para conformar los edificios.

La piedra, la cerámica y la tierra prensada (tapial) son materiales que se caracterizan por un buen comportamiento estructural a los esfuerzos de compresión, pero deficiente a los esfuerzos de flexo-tracción. Es por ello que los profesionales de la construcción se las ingeniaron para crear tipologías estructurales con el fin de cubrir espacios con estos materiales, generando bóvedas, arcos, muros, pilares, dinteles y contrafuertes.

Esta construcción mural se caracteriza por una estructura vertical a base de muros de grandes dimensiones con materiales de una densidad elevada y una estructura

horizontal formada con materiales trabajando a compresión y bien aparejados entre ellos.

También la madera ha estado presente en la cubrición de espacios, debido a su buen comportamiento a flexo-tracción, pero es notorio que han sido los materiales pétreos y cerámicos a los que la arquitectura culta occidental les ha conferido esta misión en los edificios emblemáticos. De esta forma se edificaron las basílicas romanas, las iglesias, los monasterios románicos y las catedrales góticas que llevaron a la piedra a su límite estructural.

Con este tipo de construcción mural masiva, el aumento de la masa de los elementos estructurales favorece y mejora todos sus requerimientos.

- La resistencia especialmente a compresión aumenta con la masa.
- Con el espesor y la densidad del material aumenta el aislamiento térmico.
- El aislamiento acústico mejora con la masa.
- La impermeabilización aumenta con la masa.
- Con una mayor masa los edificios son más durables.

Es por todo ello que esta tipología constructiva de construcción masiva, que ha llegado hasta nuestros días ha generado una tendencia a identificar que la masividad es favorable y de esta forma, aún hoy en día, está bastante extendido identificar la densidad de los materiales con la solidez y calidad constructiva o estructural. Curiosamente esto no pasa en los países con una tradición en la construcción en madera donde se ha desarrollado una tipología constructiva ligera.

Aunque nuestra tradición constructiva se caracteriza por la masividad y la densidad de los materiales no es menos cierto que el espíritu de superación del hombre y la ambición de crear cada vez edificios mayores, han hecho pensar en

aligerar las estructuras, especialmente los elementos horizontales, para cubrir edificios con luces cada vez mayores.

De esta forma encontramos en la historia de la construcción brillantes ejemplos de aligeramiento como el Panteón de Roma que hizo construir Marco Agripa en el 27 a.C. cubierto con una bóveda de 43,30 m. de diámetro interior, aligerada con fornículas interiores y formada con una argamasa de piedra tosca y escoria volcánica.

A lo largo de los últimos 5.000 años de construcción masiva podemos encontrar otros ejemplos singulares de aligeramiento, pero en general este sistema constructivo ha llegado con muy pocas variables hasta el siglo XIX, en que diversos descubrimientos científicos y tecnológicos han llevado a una renovación tecnológica en la construcción.

Estos avances llevaron principalmente a la obtención de dos materiales de nueva creación, como fueron el acero y el hormigón armado.

También se desarrollaron nuevas propuestas científicas para analizar el comportamiento mecánico y estructural, que acabaron por modificar el sistema constructivo tradicional y de esta forma se estableciese un nuevo modelo estructural, la estructura porticada.

Este nuevo sistema constructivo provocó un cambio profundo en la forma de diseñar y ejecutar la arquitectura ya que, además de utilizar unos nuevos materiales con prestaciones y comportamientos diferentes a los tradicionales, ha supuesto una pérdida de la homogeneidad que aportaba la estructura, dado que ella sola, configuraba, prácticamente todo el edificio. La nueva tipología constructiva es heterogénea y cada elemento cumple una función específica. La

estructura soporta el edificio, el cerramiento protege, la cubierta impermeabiliza, etc...

Figura 1. Panteón de Roma.



Fuente: celialosabe.wordpress.com

1.2 VENTAJAS (PLACA MACIZA DE SECCIÓN VARIABLE)

Resistencia estructural con menos peso: utilizando las propiedades del acero a su máxima eficiencia en el diseño y fabricación de las formaletas, estas resultan con una alta resistencia en relación con su peso. de manera tal que los costos de transporte, montaje de la estructura pueden ser más bajos en comparación con otros sistemas.

Tiene una apariencia llamativa debido a que tiene luces más largas entre los nervios y una forma convexa haciéndolo visualmente muy atractivo cuando este sea expuesto en aplicaciones arquitectónicas.

Elimina los costos y retrasos que puedan presentarse en otros sistemas de entrepiso ocasionados por las condiciones del clima dado que el sistema puede ser instalado en la mayoría de las condiciones climáticas

El sistema combina los bajos costos con óptimo comportamiento el sistema minimiza el desperdicio de material, requiere en general menor volumen de concreto que otros sistemas y por otro lado reduce el peso de la edificación.

El sistema posee una facilidad constructiva ya que las formaletas son mano portables tienen un óptimo almacenamiento en obra, rapidez de instalación no es biodegradable, no contamina otros materiales puede usarse tanto en estructuras metálicas como de concreto

Sirve como plataforma de trabajo y formaleta además el sistema es recuperable y reutilizable en posteriores construcciones de entrepisos

No necesita la colocación de apuntalamientos o cimbras para soportar el peso del hormigón antes del endurecimiento del mismo, lo que simplifica mucho la ejecución de la obra, permitiendo ejecuciones muy rápidas.

En el caso de forjados a una determinada altura importante, por ejemplo por encima de 5 metros, al no necesitar apuntalamiento ni cimbras resulta muy adecuado para no tener que montar castilletes o varios niveles de apuntalamiento, simplificando y abaratando la ejecución

Permite ahorrar hasta un 12% aproximadamente de hormigón, gracias a la forma convexa de la formaleta de acero. Esta reducción en el peso propio de la losa produce una reducción significativa de la carga que soporta la estructura, dando lugar a una construcción más ligera que un edificio tradicional de hormigón.

2. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE LOSA MACIZA CON SECCIÓN VARIABLE

2.1 GEOMETRÍA

Figura 2. Sección transversal placa maciza de sección variable.



$f(x) = \frac{\sqrt{x}}{k}$, Ecuación que rige la forma de las zonas 1 y 3.

La zona 2 es de espesor constante.

La placa maciza de sección variable, fue pensada con el objeto de distribuir momentos de una forma especial a lo largo de la luz. Se pensó en que el diagrama de momentos fuese más pronunciado en los apoyos es decir en la zona de mayor rigidez de losa con el objetivo de que los momentos positivos tendieran a ser lo más pequeño posibles.

Realmente ha sido complejo evaluar la variación de la distribución de momentos de manera exacta, lo que sí es claro, es que la variación de la inercia permite que la losa sea más rígida en los extremos de la luz, con el objetivo de que los momentos sean mayores en los extremos de la luz.

Lo anterior también contribuye a que las deflexiones sean menores en el centro de luz, comparadas con un tramo de placa de altura constante.

Podría pensarse en calcular una sección con una variación de inercia de mayor pendiente, pero debe haber un equilibrio entre el tramo de sección constante y los tramos de sección variable.

2.2 CONCRETO

El concreto reforzado es un material utilizado en la construcción que consta de la mezcla de cemento, arena, triturado y agua. Depende de su dosificación y características de sus componentes se obtienen distintos valores de resistencia.

Para obtener una buena calidad del concreto además de una buena combinación de materiales es necesario garantizar un buen mezclado, colocación, vibración, curado y durabilidad, debe cumplir con los requisitos de la NSR-98 sec C3, C4 y C5.

Para el caso particular del ensayo de prueba de carga se extrajeron muestras, y se les practico ensayos de compresión para hallar la resistencia del concreto.

2.3 REFUERZO POR RETRACCION Y TEMPERATURA.

Con el fin de evitar fisuras, provocadas por cambios volumétricos debidos a la evaporación de agua y contracciones provocadas por cambios de temperatura, se debe colocar una malla de acero de refuerzo en la dirección perpendicular al refuerzo principal, que absorba los efectos de retracción de fraguado y temperatura. Para escoger la malla electro soldada, se debe cumplir con las especificaciones de la NSR-98 sec C.7.12.1:

Mallas electro soldadas de alambre liso o corrugado ----- $\rho = 0.0018$

Si se desea controlar la fisuración la cuantía mínima anterior se debe multiplicar por los siguientes factores.

Para concreto expuesto a la intemperie-----1.50

Para concreto que no esté expuesto a la intemperie-----1.25

El acero necesario por retracción y temperatura se obtiene de:

$$A_{st} = 0.0018 * 100 * h_f \text{ [cm}^2\text{]}$$

En la ecuación anterior h_f en cm (ver anexo B)

2.4. REFUERZO NEGATIVO EN LA LOZA

Para losas que involucren varias luces consecutivas, el ingeniero puede seleccionar un sistema de losa continuo en los apoyos, caso en el cual es necesario diseñar la losa para el momento negativo que se genera y deberá colocarse el refuerzo negativo complementario en estos puntos de apoyo

2.5 ESPESOR DE LOSA Y RECUBRIMIENTO MINIMO.

El refuerzo de acero debe estar protegido de óxidos y sustancias que se encuentran en el medio ambiente, para evitar su corrosión.

Se debe dejar un recubrimiento mínimo donde se garantice la protección del refuerzo, este valor de espesor puede variar dependiendo de la agresividad del medio donde se localice la estructura.

Este recubrimiento además de proteger el acero, debe proporcionar un área de contacto suficiente entre el acero y el concreto para que exista una buena transferencia de esfuerzos entre ellos.

Espesores mínimos según la NSR-98 sec C.7.7.1:

Hormigón no expuesto a la intemperie ni en contacto con tierras de relleno

En placas y viguetas----- 20 mm

3. ASPECTOS DE DISEÑO.

3.1 CONSIDERACIONES DE DISEÑO.

La teoría elástica es ideal para calcular los esfuerzos y deformaciones que se presentan en una estructura de concreto bajo las cargas de servicio. Sin embargo esta teoría es incapaz de predecir la resistencia última de la estructura con el fin de determinar la intensidad de las cargas que provocan la ruptura y así poder asignar coeficientes de seguridad, ya que la hipótesis de proporcionalidad entre esfuerzos y deformaciones es completamente errónea en la vecindad de la falla de la estructura.

Esta teoría también es conocida como el método de las tensiones admisibles, tiene varios inconvenientes, unos de tipo económicos otros de seguridad, razón por la cual en la actualidad se utilizan otras metodologías de diseño.

Para el diseño de la nueva alternativa de entrepiso de losa maciza de sección variable, se debe tener en cuenta el método de los estados límites, tal como lo establece la NSR-98 este método permite diseñar la estructura de tal manera que la probabilidad de falla para los estados límites de resistencia y servicio estén dentro de un intervalo de valores aceptables.

El método del estado límite de resistencia, también conocido como método de diseño a la rotura permite un mejor uso de los materiales empleados en la construcción desde el punto de vista económico, además proporciona un concepto más real de la seguridad.

Basado en la teoría plástica es un método para calcular y diseñar secciones de concreto reforzado fundado en las experiencias y teorías correspondientes al estado de ruptura de las teorías consideradas, es el utilizado actualmente.

En la NSR-98 en el capítulo C.8.1.2 se contemplan dos estados límites

- a-) El estado límite de resistencia que corresponde a la máxima capacidad portante.
- b-) El estado límite de funcionamiento o servicio, que corresponde a los criterios que gobiernan el uso normal y la durabilidad.

Hipótesis del método del estado límite de resistencia

Se admite que las secciones planas antes de la flexión, permanecen planas después de ella, es decir las deformaciones son proporcionales a su distancia al eje neutro. Esta hipótesis se ha verificado experimentalmente y es correcta, excepto para mediciones muy pequeñas y en la rama descendiente del diagrama tensión – deformación.

El diagrama de tensiones de compresión no es rectilíneo y debe ajustarse a los resultados experimentales sobre cilindros. El ACI-318-02 Sec 10.2.6 y la NSR-98 sec 10.2.6 aceptan para el bloque de compresiones cualquier curva siempre que sus predicciones de la última resistencia estén en concordancia razonable con los datos experimentales. En otros términos, no se acepta la proporcionalidad entre tensiones y deformaciones.

Se admite la adherencia perfecta entre el hormigón y el acero. Para el hormigón reforzado con varillas corrugadas esta hipótesis es realista.

El trabajo del hormigón a tracción es despreciable. El despreciar la magnitud de estas tensiones no influye apreciablemente en la exactitud de los resultados.

Resultados experimentales en vigas demuestran que la deformación del hormigón en el instante de la falla o rotura, ϵ_{uc} , varía entre 0.0032 y 0.0037. Para hormigones de 9,8 a 24,5 Mpa, estando del lado de la seguridad, se asume que la falla es inminente cuando ϵ_{uc} alcanza el valor de 0.003.

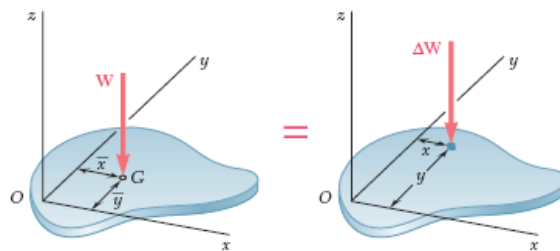
3.2. PROPIEDADES.

(ver el anexo A)

3.2.1. Centroide

Centroide de la parte curva.

Figura 3. Centro de gravedad de una placa.



Fuente: Beer Johnston Estática-6ta Ed.

$$\bar{X} = \frac{\sum x_i A_i}{\sum A_i}$$

$$\bar{X} = \frac{\int_{x_1}^{x_2} X f(X) dx}{\int_{x_1}^{x_2} f(X) dx}$$

Condiciones de la sección $x_1 = 0$ $x_2 = x$

$$\bar{X}_3 = \frac{\int_0^x X \left[H - \frac{\sqrt{x}}{k} \right] dx}{\int_0^x \left[H - \frac{\sqrt{x}}{k} \right] dx} = \frac{15 x k H - 12x^{3/2}}{30 k H - 20 \sqrt{x}}$$

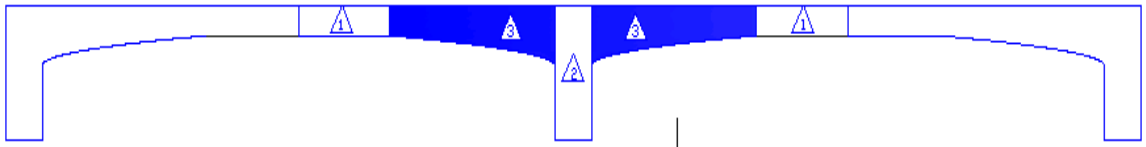
$$\bar{Y}_3 = \frac{1}{2} \frac{\int_{x_1}^{x_2} f(X) f(X) dx}{\int_{x_1}^{x_2} f(X) dx}$$

$$\bar{Y}_3 = \frac{1}{2} \frac{\int_0^x \left[H - \frac{\sqrt{x}}{k} \right]^2 dx}{\int_0^x \left[H - \frac{\sqrt{x}}{k} \right] dx} = \frac{6 k^2 H^2 - 8\sqrt{x} k H + 3x}{12 k^2 H - 8\sqrt{x} K}$$

Centroide de la parte constante

$$\bar{Y}_2 = \frac{hf}{2}$$

Figura 4. Área de la parte variable del sistema de entrepiso.



El área de la parte variable se puede obtener por medio de una integral

$$\text{Área 1} = A_1 = (x_k * hf)$$

$$\text{Área 2} = A_2 = (bw * h)$$

$$\text{Área 3} = A_3 = \int_0^{0.45} H - \frac{\sqrt{x}}{k} dx$$

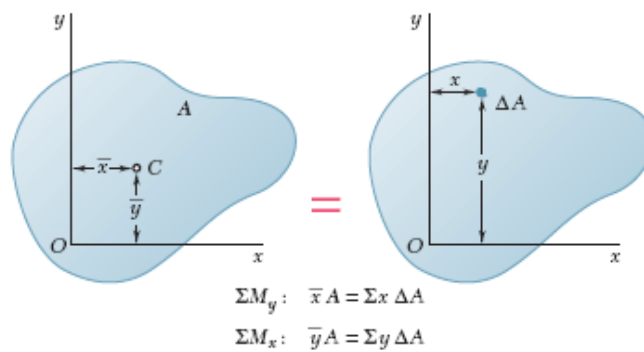
$$\text{Área total} = A_c = A_1 + A_2 + A_3$$

$$\bar{Y}_{SC} = \frac{A_1 \bar{Y}_1 + A_2 \bar{Y}_2 + A_3 \bar{Y}_3}{A_1 + A_2 + A_3}$$

3.2.2. Momentos De Inercia

3.2.2.1 Momentos De Inercia No Fisurado

Figura 5. Centroide de un área



Fuente: Beer Johnston Estática-6ta Ed.

$$Q_x = 0 = \sum w_i * y_i = \int \bar{y} dw$$

$$Q_y = 0 = \sum w_i * x_i = \int \bar{x} dw$$

Para elementos de geometría regular y compuestos de un material homogéneo se puede trabajar en función del área.

$$Q_x = 0 = \int \bar{y} dA$$

El segundo momento o momento de inercia

Momento de inercia de la parte curva

$$I_x = \int f(x) dA$$

$$I_x = \int \bar{y}^2 dA$$

Según el teorema de Steiner

$$I = I_x + ad^2$$

$$I_{xc} = I - ad^2$$

$$I_{xc_3} = \int_0^x [f(x)]^2 dA - \frac{[\frac{1}{2} \int_0^x [f(x)]^2 dx]^2}{\int_0^x f(x) dx}$$

$$I_{xc_3} = \frac{1}{3} \int_0^x [H - \frac{\sqrt{x}}{k}]^3 dx - \frac{[\frac{1}{2} \int_0^x [H - \frac{\sqrt{x}}{k}]^2 dx]^2}{\int_0^x [H - \frac{\sqrt{x}}{k}] dx}$$

$$I_{xc_1} = \frac{60XK^4H^4 - 160X^{\frac{3}{2}}K^3H^3 + 180X^2K^2H^2 - 96X^{\frac{3}{2}}KH + 19X^3}{720K^4H - 480\sqrt{X}K^3}$$

Momento de inercia de la parte constante

$$I_{xc_1} = \frac{1}{12} (xk)(hf)^3$$

Momento de inercia de la vigueta

$$I_{xc_2} = \frac{1}{12} (bw)(h)^3$$

El momento de inercia de la sección completa no fisurada está dado por la siguiente expresión:

$$I_{xcc} = 2 * [I_{xc_3} + A_3(\bar{Y}_{sc} - \bar{Y}_3)^2] + 2[I_{xc_1} + A_1(\bar{Y}_{sc} - \bar{Y}_1)^2] + [I_{xc_2} + A_2(\bar{Y}_{sc} - \bar{Y}_2)^2]$$

3.2.2.2 Momentos De Inercia No Fisurado

$$I_{cr} = bf \frac{a^3}{2} - n A_s (d - a)^2 + (2n - 1) A'_s (a - d')^2$$

3.3 CARGAS

3.3.1. Cargas

Las cargas que se deben tener en cuenta para el diseño son las siguientes:

Carga muerta

Peso propio del concreto reforzado, con una densidad de $24 \frac{Kn}{m^3}$

Cargas sobre-impuestas, se toman los valores del capítulo B.3 de la NSR 98:

Cargas de acabados

Cargas de muros

Otro tipo de carga

Carga muerta = \sum *carga sobreimpuesta* + *peso propio*

Carga viva, se toma el valor del capítulo B.4 de la NSR-98

La combinación de carga, usando el método de estado límite de resistencia es

$$1.4D + 1.7L$$

Donde D corresponde a la carga muerta y L corresponde a la carga viva.

Las cargas vivas son afectadas por un mayor factor de seguridad que las muertas, debido a que su evaluación es más incierta.

Estos factores de seguridad fueron deducidos experimentalmente en estudios de probabilidad de falla y su aplicación es universal.

3.4 RESISTENCIA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL.

El análisis y diseño de la sección está basado en la teoría de Withney, la cual consiste en suponer una distribución uniforme de los esfuerzos de compresión de intensidad $0.85 f'_c$ actuando sobre un área rectangular limitada por los bordes de la sección y una recta paralela el eje neutro, localizada a una distancia $a = \beta_1 c$ de la fibra de máxima deformación en compresión.

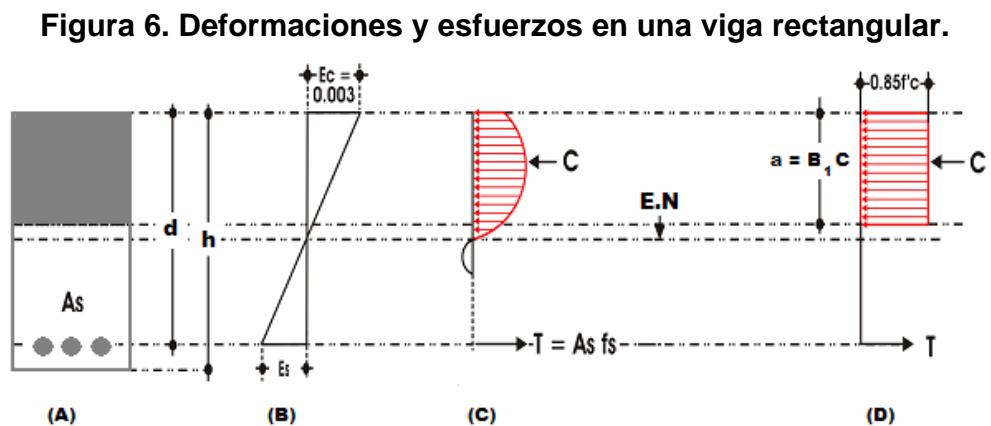
En la carga ultima, la viga de concreto reforzado no es ni elástica, ni homogénea, entonces las ecuaciones de esta teoría de flexión no son aplicables.

Para definir el comportamiento de la sección se consideran las siguientes hipótesis.

- Se supone una distribución lineal de la deformación.
- La deformación en el acero y concreto es la misma antes del agrietamiento del concreto o de la fluencia del acero.
- El concreto es débil a la tensión $< 10\%$ resistencia limite de compresión.

Condición de equilibrio

$$C = T \quad (1)$$



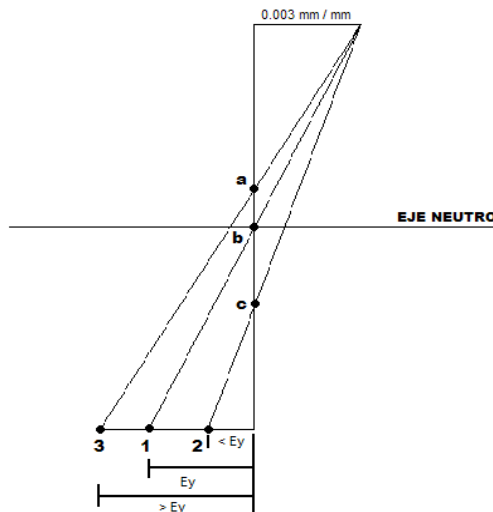
Bloque rectangular equivalente

El valor de $0.85 f'_c$ para el esfuerzo promedio del bloque equivalente de compresión se basa en los resultados de pruebas de muestras de concreto de la estructura a una edad mínima de 28 días.

Basado en muchas pruebas experimentales el ACI adopto como un valor limite de seguridad una deformación máxima permisible de 0.003 in/in.

Se asume una distribución lineal de deformaciones, el diagrama de deformaciones puede presentar los siguientes comportamientos

Figura 7. Distribución de deformaciones para diferentes modos de falla por flexión.



Existe un tipo de falla para cada uno de los casos mostrados

- Sección balanceada :

En este tipo de falla el acero comienza a fluir cuando el concreto alcanza su capacidad última de deformación y empieza a aplastarse.

- Sección sobre-reforzada :

Falla que ocurre por el aplastamiento inicial del concreto, dicha condición se logra utilizando mas refuerzo en la cara de la tensión que el requerido para la condición balanceada.

- Sección sub- reforzada

La falla tiene lugar por fluencia inicial del acero, este continua estirándose en función de la carga aplicada hasta aumentar su deformación mas allá de E_y , cuando el área del refuerzo utilizada en la viga es menor que la requerida para la condición de deformación balanceada.

La mayoría de las normas en práctica recomiendan diseñar elementos sub-reforzados a fin de proporcionar advertencia suficiente, tal como una deformación excesiva antes de la falla. En el caso de estructuras estáticamente indeterminadas, la falla dúctil es esencial para una apropiada redistribución de momentos.

La NSR-98 sec C.10.3.3, con el fin de garantizar que las secciones sean sub-reforzadas limita la cuantía de diseño a un valor un valor máximo del 75% del valor balanceado.

$$\rho_b = \beta_1 \frac{0.85 f'_c}{F_y} \frac{600}{600 + F_y}$$

$$\rho \leq 0.75 \rho_b$$

β_1 Representa el valor del factor de profundidad del bloque de esfuerzo

$$\beta_1 = 0.85 \quad \text{Para } 0 < f'_c < 28\text{Mpa}$$

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05 \left(\frac{f'_c - 28}{7} \right) \quad \text{Para } 28 < f'_c < 56\text{Mpa}$$

$$\beta_1 = 0.65 \quad \text{Para } f'_c > 56\text{Mpa}$$

Del mismo modo que la se controla el refuerzo máximo suministrado se debe colocar una cantidad mínima de refuerzo.

Si la resistencia del concreto $f'c \leq 28$ Mpa.

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{F_y}$$

Si la resistencia del concreto $f'c \geq 28$ Mpa.

$$\rho_{\min} = \frac{\sqrt{f'c}}{4F_y}$$

Para secciones en forma de T, donde el ala está sometida a tracción y el alma a compresión, el A_s suministrado no debe ser menor que el mínimo valor obtenido por medio de las siguientes ecuaciones

$$A_s \min = \frac{\sqrt{f'c}}{2F_y} db_w$$

$$A_s \min = \frac{\sqrt{f'c}}{2F_y} db_f$$

Donde b_w es el ancho del alma y b_f el del ala.

3.4.1 Momentos

Desarrollo de la ecuación de flexión

$$\phi M_n = M_u \quad (2)$$

$$0.85 f'c a b = A_s F_y$$

Se utiliza el nombre de a para la profundidad del eje neutro en la ruptura.

$$a = \frac{A_s F_y}{0.85 f'c b} \quad (3)$$

El momento nominal del par es:

$$M_n = 0.85 f'c a b \left[d - \frac{a}{2} \right] \quad (4)$$

$$M_n = A_s F_y \left[d - \frac{a}{2} \right] \quad (5)$$

La cantidad de acero es función de la cuantía.

$$A_s = \rho b d \quad (6)$$

$$M_n = \rho b d F_y \left[d - \frac{a}{2} \right] \quad (7)$$

Reemplazando la ecuación (6) en (3)

$$a = \frac{(\rho b d) F_y}{0.85 f'c b}$$

$$a = \frac{(\rho d) F_y}{0.85 f'c}$$

$$a = 1.17 \rho d * \frac{F_y}{f'c} \quad (8)$$

Reemplazando (8) en (7)

$$M_n = \rho F_y b d^2 \left[1 - 0.59 \rho \frac{F_y}{f'c} \right]$$

Esta expresión del momento nominal, según la norma NSR-98 en el capítulo **C.9.3.1** propone afectarlas por un coeficiente de reducción de resistencia de 0.9,

Resistencia de Diseño = ϕ Resistencia Nominal ϕ Resistencia Requerida = U, por lo que finalmente la ecuación será:

$$\phi M_n = \phi \rho F_y b d^2 \left[1 - 0.59 \rho \frac{F_y}{f'c} \right]$$

3.4.2 Cortante

Si la sección transversal del elemento es insuficiente para satisfacer las solicitaciones por tensión cortante, debe reforzarse con estribos ubicados a una separación. La NSR-98 en la sec C.11.1 propone hacer los siguientes chequeos:

$$v_u = \frac{V}{bw d}$$

$$v_c = \frac{\sqrt{f'c}}{6}$$

$$\phi v_n \geq v_u$$

Se realiza una comparación entre v_u esfuerzo mayorado y v_n esfuerzo nominal que es función del V_c esfuerzo nominal del concreto, para determinar si la sección requiere refuerzo a cortante.

$$v_n > v_c$$

Resistencia nominal a cortante suministrada por el refuerzo de cortante.

$$v_s = v_n - v_c$$

$$s = \frac{A_v Fy}{v_s bw}$$

Esta separación es comparada con la separación máxima propuesta en la NSR-98, para el caso de viguetas se puede tomar

$$s_{max} = \frac{d}{2}$$

y se toma el menor valor de separación, este proceso es el mismo tanto en la zona confinada como en la no confinada.

3.5 DEFLEXIONES

Se entiende por deflexiones las deformaciones que sufre un elemento debido a las cargas actuantes en el mismo, para el caso del entrepiso carga viva y carga muerta incluido peso propio.

El elemento debe de estar diseñada de tal forma que tenga suficiente rigidez para limitar las deflexiones que puedan comprometer el uso normal y funcionalidad de la estructura.

La siguiente tabla es extraída de la NSR-98, con el fin de no calcular deflexiones

Tabla 1. Espesores mínimos de h para no calcular deflexiones.

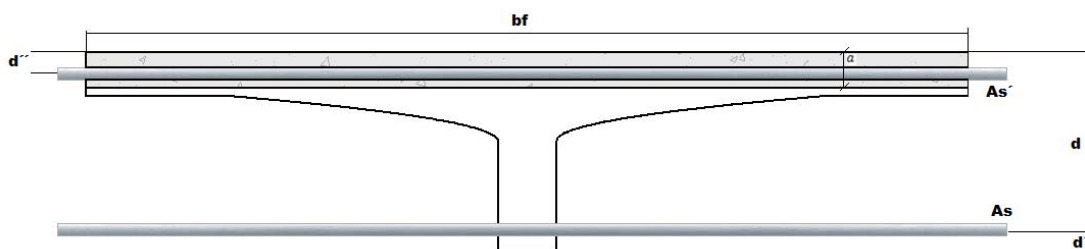
TABLA C.9-1(a) – COMPATIBLE CON LA SECCION B.3.4.2 - ESPESORES MINIMOS h PARA QUE NO HAYA NECESIDAD DE CALCULAR DEFLEXIONES, DE VIGAS Y LOSAS, NO PREEFORZADAS, QUE TRABAJEN EN UNA DIRECCION Y QUE SOSTENGAN MUROS DIVISORIOS Y PARTICIONES FRAGILES SUSCEPTIBLES DE DAÑARSE DEBIDO A DEFLEXIONES GRANDES

Elemento	espesor mínimo, h			
	Simplemente apoyados	Un apoyo continuo	Ambos apoyos continuos	Voladizos
Losas macizas	$\frac{\ell}{14}$	$\frac{\ell}{16}$	$\frac{\ell}{19}$	$\frac{\ell}{7}$
Vigas, o losas con nervios, amadas en una dirección	$\frac{\ell}{11}$	$\frac{\ell}{12}$	$\frac{\ell}{14}$	$\frac{\ell}{5}$

Si se requiere hacer un control de deflexiones se pueden estimar los esfuerzos producidos en el acero y el concreto por acciones exteriores en condiciones de servicio, pueden utilizarse las hipótesis usuales de la teoría elástica de vigas. Si el momento de agrietamiento es mayor que el momento exterior, se considerará la sección completa del concreto sin tener en cuenta el acero. Si el momento de agrietamiento es menor que el momento actuante, se recurrirá a la sección transformada, despreciando el concreto agrietado.

Para el cálculo del momento de inercia se realiza la sección transformada

Figura 8. Sección transformada.



$$bf \frac{a^2}{2} - n As (d - a) + (2n - 1)A's(a - d') = 0$$

Despejada a de la ecuación anterior se calcula el momento de inercia fisurado.

$$I_{cr} = bf \frac{a^3}{2} - n A_s (d - a)^2 + (2n - 1) A_s (a - d')^2$$

Momento de inercia de la sección no fisurada.

$$I_{xcc} = I_g$$

Modulo de ruptura del concreto

$$f_r = 0.7 \sqrt{f'_c} \text{ En Mpa}$$

Momento de fisuración.

$$M_{cr} = \left(\frac{f_r I_g}{y_t} \right)$$

Inercia efectiva

$$I_e = \left(\frac{M_{cr}}{M_a} \right) I_g + \left[1 - \left(\frac{M_{cr}}{M_a} \right)^3 \right] I_{cr}$$

De la tabla de deflexiones máximas, se escoge la fórmula para calcular el valor, de acuerdo a las condiciones de apoyo, por ejemplo en el caso de una condición de apoyo simple.

$$\Delta = \frac{5wl^4}{384EI}$$

(Ver anexo C para el cálculo de deflexiones según la condición de apoyo de la placa entrepiso).

Una vez calculada la deflexión se debe verificar que no sea superior a los límites establecidos por la NSR-98 sec C.9.5.2.5

Tabla 2. Deflexiones máximas calculadas permisibles.

TABLA C.9-2
DEFLEXIONES MAXIMAS CALCULADAS PERMISIBLES

Tipo de elemento	deflexión que se considera	deflexión límite
Cubiertas planas que no soportan o no están unidas a elementos no estructurales que puedan ser dañados por deflexiones grandes	Deflexión instantánea debida a la carga viva	$\frac{\ell}{180}$ Nota (1)
Losas que no soportan o no están unidos a elementos no estructurales que puedan ser dañados por deflexiones grandes	Deflexión instantánea debida a la carga viva	$\frac{\ell}{360}$
Cubiertas o losas que soportan o están unidos a elementos no estructurales susceptibles de daño debido a deflexiones grandes	La parte de la deflexión total que se presenta después de la unión a elementos no estructurales, o sea la suma de las deflexiones a largo plazo debida a cargas permanentes, más la instantánea debida a cualquier carga viva adicional - Véase la Nota (3)	$\frac{\ell}{480}$ Nota (2)
Cubiertas o losas que soporten o estén unidos a elementos no estructurales que no puedan ser dañados por deflexiones grandes		$\frac{\ell}{240}$ Nota (4)

Fuente: NSR-98 tabla C.9.2

El ACI 318-02 sec 9.5.2.5. y el NSR 98 sec C.9.5.2.4 sugieren calcular las deflexiones generadas a largo plazo, como el producto de las deflexiones inmediatas y el factor magnificador para deflexiones adicionales a largo plazo, en la siguiente ecuación se muestra como hallar este factor:

$$\lambda = \frac{\xi}{1 + 50\rho'}$$

Entendiéndose por ρ' = cuantía del refuerzo a compresión y ξ =coeficiente de efectos a largo plazo

5 años o más..... $\xi = 2.0$

12 meses..... $\xi = 1.4$

6 meses..... $\xi = 1.2$

3 meses..... $\xi = 1.0$

3.6 FUNCIONAMIENTO COMO DIAFRAGMA

Como diafragma de piso tiene como objetivo principal distribuir las cargas horizontales generadas por efectos de viento o de sismo, a los elementos

estructurales o de resistencia sísmica que hacen parte de un sistema de pórticos, sin deformarse en su propio plano.

La esbeltez de la losa es controlada por el espesor de la placa y la limitación entre de la distancia entre las viguetas que corresponde a 1.50 entre ejes.

$\frac{Kl}{0.3t} = \frac{0.5 * 1500}{0.3 * 60} = 41.6$ que corresponde a un valor apto de control de pandeo por efecto de la carga axial que viaja por el diafragma.

3.7 CONECTORES DE CORTANTE.

Para el uso de nervios en perfil de acero o almas de concreto prefabricado, se usan conectores de cortante con el fin de garantizar el trabajo de la sección transversal como una sola sección denominada compuesta. Los conectores deben espaciarse una distancia necesaria para responder con la fuerza de corte que se desplaza por el plano de unión entre los dos materiales.

También los conectores contribuyen en la resistencia al corte generado por la carga gravitacional.

Según la NSR-98 sec C.21.6.4.2 los diafragmas compuestos por elementos prefabricados, deben tener una porción superior vaciada en sitio, la cual debe ser reforzada y detallada para garantizar una transferencia total de las fuerzas sísmicas a los elementos colectores. La superficie del concreto endurecido sobre el cual se vacía la parte superior debe estar limpia, libre de lechada y debe tener rugosidades hechas intencionalmente.

Si las estrías producidas intencionalmente tienen una profundidad aproximada de 6mm, según la NSR 98 sec C.17.5.2.3 la resistencia a cortante v_{nh} se puede tomar como $(1.8 + 0.6 \rho_v f_y)$ sin exceder un máximo de 3.5 Mpa

3.8 VIBRACIONES AMBIENTALES Y CARGAS DINÁMICAS

Toda edificación está sometida a distintos tipos de efectos causados por factores ambientales, entre ellos se encuentra las vibraciones las cuales son de suma importancia y deben considerarse en el diseño de una estructura.

La mayoría de actividades humanas por ejemplo el tráfico, perforaciones, excavaciones, fábricas entre otras, producen distintas vibraciones las cuales se deben tener en cuenta en el diseño del sistema de entrepiso.

Los suelos es otro factor a tener en cuenta en el diseño, en el caso de suelos blandos las señales de vibración se pueden incrementar de manera significativa.

La NSR-98 propone en el capítulo B.4.7 que las estructuras expuestas a efectos dinámicos, deben ser diseñadas de tal manera que tengan frecuencias naturales superiores a 5 Hz ($T=0.2$ seg)

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}$$

La rigidez para el sistema de entrepiso se calcula de la siguiente forma, L es la longitud paralela a las viguetas.

$$k = \frac{P}{\Delta}$$

(Ver anexo C para el cálculo de deflexiones según la condición de apoyo de la placa entrepiso).

Para el caso de elementos simplemente apoyados

$$k = \frac{wl}{\frac{5wl^4}{384EI}}$$

$$k = \frac{384EI}{5l^3}$$

I_g Corresponde al momento de inercia de la sección no fisurada calculado en el para el caso en el que se encuentre en el rango elástico y no fisurada cuando lo supere.

4. ASPECTOS CONSTRUCTIVOS

Qué importancia tienen las formaletas, las formaletas hoy día pueden ser de varios materiales, Madera, Aluminio, pvc, y materiales de arcilla, plásticos, etc.

Entendemos como formaleta al elemento Horizontal o vertical que nos dará forma a un elemento que diseñamos, al cual vaciaremos concreto y estará estructurado con estructura de Hierro, estos elementos son parte de un todo pues deben estar estructurados con parales, andamios, puntales o estructuras que permitan que al unir la estructura de hierro, con concreto formen un todo, sin perder su forma, por lo que debemos calcular muy bien cada uno de los elementos a colocar, desde el clavo, tornillos, alambre de amarre elemento de gran importancia, en nuestras obra por lo general pensamos y diseñamos las formaletas para que cumplan una función y le perdemos el concepto de cómo se quitaran los elementos lo cual causa que las formaletas posean solo un uso, por lo cual debemos tener mucho cuidado pues el costo de este elemento es considerable y debe de funcionar para varios usos sino sufrirán nuestros costos. La supervisión en la hora de colocar y quitar es muy importante.

4.1 FORMALETA Y ACCESORIOS

El nuevo sistema de entrepiso cuenta con un grupo liviano de formaletas que se unen entre si y que son mano portales con el fin de agilizar la construcción dando como resultado una formaleta reutilizable en un sinfín de veces hasta que por causas extremas esta formaleta sufra alguna avería o daño.

La forma de la formaleta viene definida por medio de la función..... la cual nos describe una curva parabólica esto con el fin de aprovechar la inercia de la sección variable y construir la losa mas optima en consumo. Sin olvidarnos de la parte arquitectónica y la estética un factor muy importante en la ingeniería moderna “no solo diseñar y construir cosas funcionales si no bellas que nos hagan sentir admirados de lo que aprecian nuestros ojos y satisfechos de que la función para la cual fue diseñada se llevara a cabo seguramente.

Figura 9. Fotografía formaleta en Construcción.



Las formaletas irán sujetas entre sí por medio de grapas que fueron diseñadas y construidas a la medida de los orificios ($3/8$ de pulgada de diámetro) que tiene la formaleta en la parte frontal y en la parte posterior para darles un mayor agarre entre formaletas y con esto evitar que el concreto se salga.

Figura 10. Fotografía grapa.



Problemas más frecuentes:

Recordemos que todo acontecimiento posee una causa y un efecto, por lo que una mala colocación de formaleta nos puede hacer que un elemento a fundir nos quede deforme por la abertura de una formaleta, lo cual nos puede causar sobrecosto de mano de obra, para reparar el elemento, falta de material a la hora de fundir por lo que recomiendo, supervisar los siguientes elementos antes de fundir:

- Evaluar la forma de fundición donde se iniciará y como se fundirá
- Evaluar los puntos de riesgo para mantener personal en el punto
- Tener siempre aéreas extras para vaciar concreto si este sobra

4.1.2 CONSTRUCCIÓN DE FORMALETAS

Figura 11. Lamina delgada de acero se utilizo como guía de corte.



Las formaletas que se utilizaron para el sistema de entepiso de placa maciza de sección variable tienen forma convexa y están definidas por la ecuación:

$$Y = 120 - \frac{\sqrt{x}}{0.3536}$$

En su primer tramo, luego tiene una parte recta y posteriormente al final describe la misma curva que al principio pero utilizando el principio de reflexión de funciones o mediante un espejo dando con esto simetría a la forma definitiva del encofrado metálico.

Figura 12. Dimensiones formaleta metálica para entrepiso macizo de sección variable (medidas en milímetros)

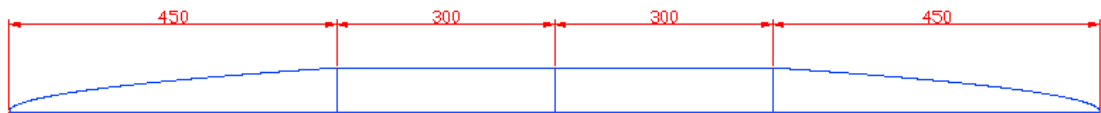
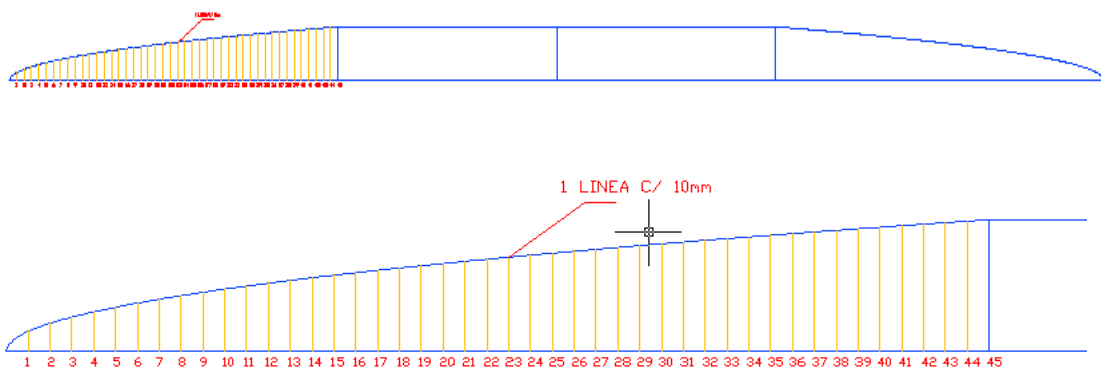


Figura 13. Diseño para construcción de formaleta.



Forma como se discretizo la parte curva de la formaleta para efectos constructivos.

La forma de la formaleta se dibujo e imprimió en escala real y se llevo a los talleres de la empresa Dalmo S.A. donde se recorto por el borde y se pego sobre una lamina de acero delgada posteriormente se corto por el borde del papel dándole la forma de la plantilla a la lamina delgada de acero que servirá de guía para hacer el corte con oxicorte de las demás piezas necesarias de espesor de 2.5 milímetros

Se usan sopletes de aspiración, equipados con boquilla de presión. Para cortar chapas delgadas se usan "boquillas escalonadas". Para grosores mayores se usan boquillas anulares, ranuradas o de bloque. Se pueden recomendar también

sopletes de oxicorte manual sin boquilla de presión -con boquillas de corte que mezclan gases. Estas herramientas ofrecen gran seguridad con respecto a al retroceso de la llama. La presión del oxígeno para el corte suele ser de un orden de 6 bar como mínimo. La presión de trabajo correcta se puede consultar en la tabla de corte que viene troquelada en la boquilla. El diseño de la boquilla y la presión del oxígeno de corte se relacionan entre sí. Por lo tanto, solo tiene sentido establecer una presión mayor que la indicada en la tabla cuando se produce una pérdida de presión, como por ejemplo, en mangueras muy largas.

Con la lámina delgada de acero que sirve como guía se marca sobre las láminas rectangulares con una tiza la forma que deben tener estas (forma descrita en la figura 13.) luego de manera manual se procede al corte de estas laminas con el equipo de oxicorte.

Para el armado de una formaleta se necesita 3 laminas que describan la forma convexa mencionada anteriormente la lamina del medio estará rigidizándola y evitara el pandeo de la lamina superior cuando los trabajadores estén sobre ella y por el peso del mismo concreto las otras dos laminas la frontal y la posterior tendrán que ser perforadas antes de proceder a soldarlas con la lamina superior estas perforaciones con el fin de que se puedan pasar una grapa especialmente diseñada para la sujeción de formaleta y formaleta.

Figura 14. Láminas cortadas y perforadas para construir el encofrado.



Cuando las láminas de 3 milímetros de espesor ya se encuentran listas como lo muestra la fotografía anterior se procede a soldarlas con la lámina de 2 milímetros de espesor que ha sido previamente doblada siguiendo las indicaciones dadas por nosotros en la fábrica proveedora a continuación se muestra en la siguiente fotografía como fue entregada la lámina y con sus respectivos dobleces.

Figura 15. Láminas que se utiliza para dar la forma curva del encofrado.



Figura 16. Adecuación de la lámina superior con láminas exteriores.



Sobre dos andamios se monta la lámina de dos milímetros de espesor lámina superior de la formaleta de tal forma que sea de fácil manejo para soldarla con las laminas frontal y posterior teniendo mucho cuidado se procede a colocar puntos de soldadura entre las laminas exteriores de la formaleta y la lamina superior para que la lamina superior valla tomando la curvatura deseada.

Figura 17. Soldadura de la lámina superior con láminas exteriores.



Posteriormente se procede a soldar los rigidizadores transversales cada uno tiene una longitud 295.5 milímetros y están cortados en lamina de 3 milímetros de grosor.

Figura 18. Corte de rigidizadores transversales del encofrado.



Figura 19. Soldadura rigidizadores transversales del encofrado.



A la par de la construcción del esqueleto del encofrado se van construyendo los pasadores o unas sobre los cuales se va a soportar la estructura estos son fabricados como un dispositivo de cerrojo que se pueden deslizar, se sacan a la hora de colocar la formaleta y para el desencofrado estas uñas se guardan y se baja la formaleta.

Figura 20. Pasadores o uñas de la formaleta.



Estas uñas se soldán al esqueleto del encofrado y luego se abre un agujero sobre la lamina superior para que deje deslizar estas uñas.

En la parte interior la platina que se desliza tiene una ranura la cual le permite deslizarse hasta que se choca con puntos de soldadura para que esta platina no se salga

Figura 21. Soldadura de pasadores a la estructura del encofrado.



Figura 22. Desencofrado.



Figura 23. Instalación de formaletas para fundir entrepiso.



4.2 INSTALACION Y MANIPULACIÓN

Entrega recepción y transporte de las formaletas

Para la entrega del material se debe tener una entrada adecuada para la obra y contar con personal para el manejo de las formaletas.

Corresponde tener en cuenta que las instalaciones deben permitir y soportar el equipo de izaje y el camión de transporte.

Para levantar las formaletas, vigas prefabricadas y colocarlos en el sitio previsto el equipo de izaje debe ser el adecuado.

La totalidad del material debe revisarse contarse e inventariarse en el momento de la recepción. Cualquier daño o imperfección deberá ser notificada de manera

inmediata al distribuidor (Dalmo s.a.). O cualquier diferencia en el pedido de los materiales.

4.3 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO

Posteriormente a que las vigas prefabricadas ya se encuentren ubicadas en el sitio donde van a quedar definitivamente se procede al izaje de las formaletas estas se pueden poner con dos obreros uno que la levante hasta el sitio y otro que la ubique correctamente sacando las uñas de la formaletas y apoyándolas sobre las viguetas prefabricadas así hasta tener totalmente encofrada la superficie a fundir.

Luego se procede a dejar libre de herramientas, materiales o mugre la superficie de las formaletas antes de la colocación del concreto. Previamente a la colocación de este con aceite quemado y con ayuda de una esponjilla toda la parte superior de las formaletas se engruda de este aceite, esto con el fin de que la formaleta no se quede pegada al concreto.

Antes del vaciado del concreto, el constructor debe estar seguro que toda la plataforma esta completa y adecuadamente sujeta. Todo el refuerzo, los alambres y las barras deben estar asegurados adecuadamente en su sitio.

El concreto debe vaciarse desde un nivel bajo para evitar el impacto sobre las laminas.

Debe colocarse de manera uniforme sobre la estructura de soporte y debe espaciarse hacia el centro de la luz.

No se debe permitir la agrupación de trabajadores alrededor de la zona de colocación del concreto.

Si se utiliza carretilla para la colocación del concreto deben utilizarse entablados sobre los cuales se concentrara todo el tráfico. No se debe permitir, por ningún motivo, el tránsito de carretillas o elementos pesados sobre la lámina misma de la formaleta sin la colocación previa de entablados adecuados. El entablado debe tener la rigidez suficiente para distribuir las fuerzas concentradas a la lámina del tablero sin causar daños o deflexiones excesivas.

Deben evitarse los daños en la formaleta producidos por el manejo de las barras de refuerzos o por una colocación poco cuidadosa.

Posteriormente a que el concreto allá endurecido y curado correctamente se procede a desencofrar para ello con ayuda de un martillo y una retazo de varilla se golpean las uñas hasta que estas queden completamente guardadas dentro de la estructura de la formaleta luego se procede a jalar hacia abajo la formaleta y así sucesivamente con cada una de las formaletas hasta desencofrar por completo todo el entrepiso.

Los encofrados metálicos presentan un desgaste mínimo con un manejo adecuado.

Se deben limpiar bien luego de usarlos, e impregnarlos con un producto desmoldante comercial: aceite, petróleo ó, ACPM con parafina al 50%, dependiendo del acabado que se quiera lograr.

Se debe evitar la oxidación protegiéndolos periódicamente con pintura anticorrosiva, sobre todo si va a estar mucho tiempo a la intemperie.

Debe protegérsele también de los rayos del sol y de la lluvia.

Se debe almacenar en sitios cubiertos y secos, colocado verticalmente o ligeramente inclinado cuando se recuesten sobre un muro y levantados del piso sobre zancos o estibas.

Las piezas o componentes defectuosos se deben reparar o reemplazar debida y oportunamente.

5 COMPARACION CON OTROS SISTEMAS DE ENTREPISO

5.1 INSTALACIÓN Y MONTAJE STELL DECK

Las siguientes recomendaciones generales son aplicables para cualquier construcción de losas de entrepiso y cubierta usando METALDECK.

Se destacan principalmente los sistemas más comunes:

- Estructura en Concreto
- Estructura en Acero
- Estructura mixta (combinan estructura de concreto y acero).

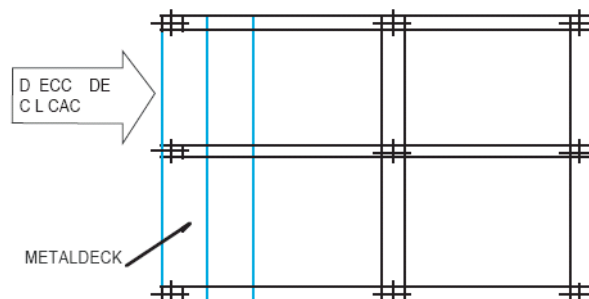
DIRECCIÓN DE COLOCACIÓN DEL METALDECK

Se debe tener en cuenta la geometría del área a cubrir y se debe empezar en un lado para terminar en el otro como indica la figura.

DIRECCIÓN DE COLOCACIÓN

En este caso es igual comenzar de uno u otro extremo.

Figura 24. Dirección de colocación del metaldeck.

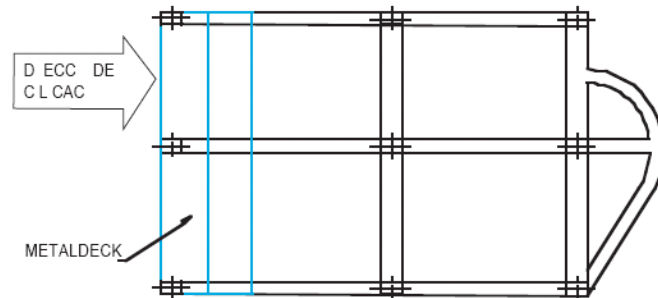


Fuente: Manual de instalación del metaldeck.

Dirección de colocación

Se recomienda dejar el lado Irregular para el final.

Figura 25. Dirección de colocación del metaldeck en plantas irregulares.

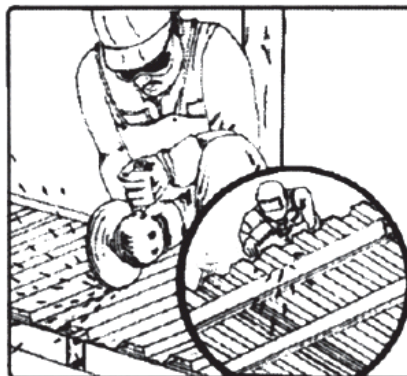


Fuente: Manual de instalación del metaldeck.

CORTE DE LAS LÁMINAS EN LA OBRA

Cuando se requieran cortes por geometrías irregulares en la obra es necesario el uso de sistemas de corte aplicables al acero galvanizado tales como sistemas de corte por abrasión (pulidoras), corte por acetileno (soplete) o con electrodos (soldadura).

Figura 26. Corte de laminas metaldeck.

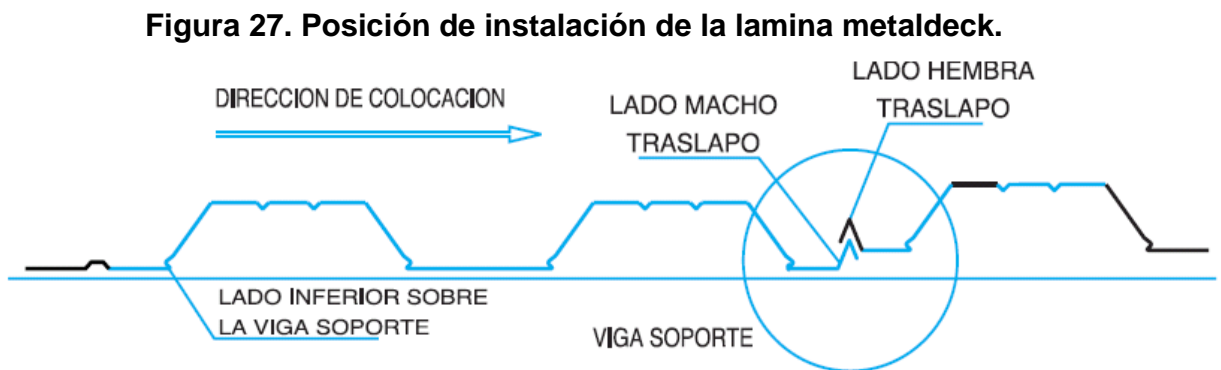


Fuente: Manual de instalación del metaldeck.

POSICIÓN DE INSTALACIÓN DE LA LÁMINA METALDECK

Debe tenerse especial cuidado en la correcta posición de colocación de las láminas, garantizando que ellas queden trabajando de una forma adecuada.

Verifique la posición de colocación del metaldeck de acuerdo con la figura, ya que las láminas colocadas en forma invertida reducen la capacidad de carga de la losa.

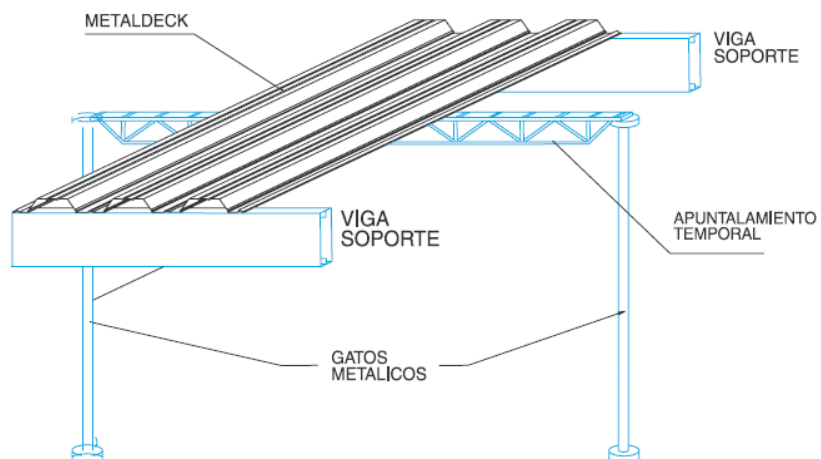


Fuente: Manual de instalación del metaldeck.

APUNTALAMIENTO TEMPORAL

Verifique si la luz que cubre el METALDECK requiere o no de apuntalamientos temporales. En el caso de emplear apuntalamientos temporales, estos deben permanecer de 10 a 15 días y se colocarán en la mitad de la luz.

Figura 28. Apuntalamiento temporal laminas de metaldeck.

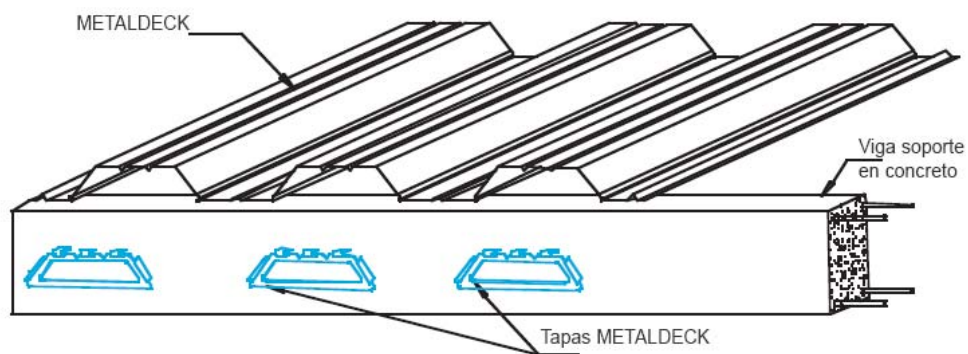


Fuente: Manual de instalación del metaldeck.

TAPAS DE CIERRE METALDECK

Instale las tapas de cierre para evitar que el concreto se salga en los casos en que el vaciado del concreto lo requiera.

Figura 29. Tapas de cierre metaldeck.



Fuente: Manual de instalación del metaldeck.

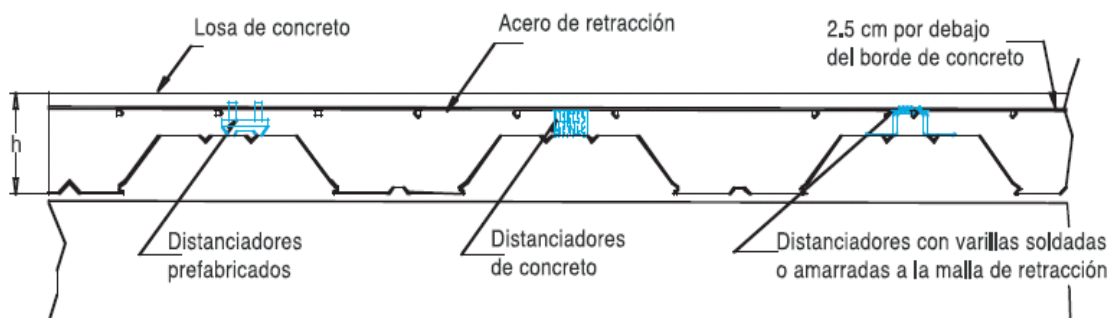
FIJACIÓN LATERAL

Las láminas de METALDECK deben sujetarse unas con otras en sentido longitudinal con tornillos autoperforantes, puntos de soldadura o remaches pop cada 0.90 m. Para el calibre 22 utilizar puntos muy superficiales de soldadura para evitar daños en la lámina.

INSTALACIÓN DE MALLA O ACERO DE RETRACCIÓN DE FRAGUADO

Instale la malla electro-soldada sobre los dados de concreto prefabricados (panelitas) de tal forma que esta quede a 2.5 cm por debajo de la superficie de la losa de concreto.

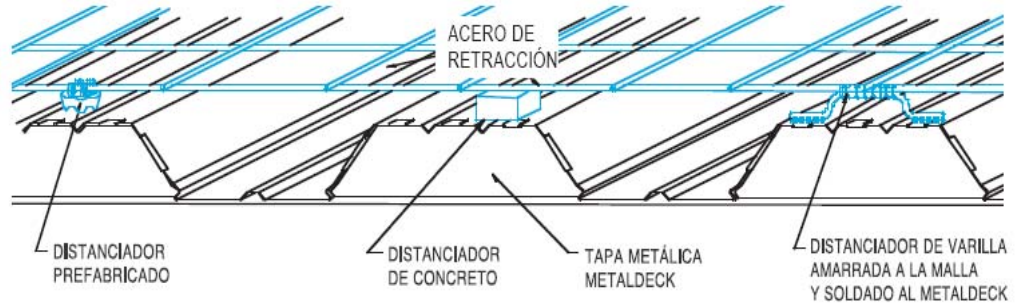
Figura 30. Instalación de malla.



Fuente: Manual de instalación del metaldeck.

La malla mínima recomendada es de 5 mm de diámetro a cuadrículas de 15 cm x 15 cm. ó varillas amarradas a mano en ambos sentidos que provean la misma cantidad de acero que la malla.

Figura 31. Distanciadores.

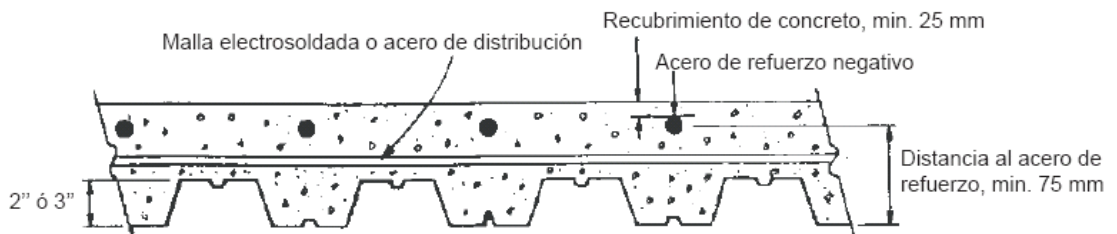


Fuente: Manual de instalación del metaldeck.

Se recomienda amarrar los distanciadores de concreto con alambre recocido No. 18 como lo muestra la gráfica anterior.

REFUERZO NEGATIVO PARA LOSAS DE METALDECK

Figura 32. Sección típica metaldeck.



Fuente: Manual de instalación del metaldeck.

Al fundir una placa de Metaldeck con varias luces continuas, generalmente se presenta sobre el apoyo, tensión en la parte superior de la placa de concreto. Esto normalmente genera fisuras en la superficie, que aunque en muchos casos no presentan problemas estructurales, si presentan problemas estéticos.

En estas zonas es necesario adicionar varillas de acero para absorber los esfuerzos que se generan y evitar la presencia de fisuras. En la mayoría de los

casos el acero que se coloca para controlar la retracción de fraguado no es suficiente para absorber la totalidad de los esfuerzos generados, por lo tanto se debe adicionar mayor refuerzo en estos puntos.

Para evitar estas fisuras, es recomendable utilizar varilla de acero No. 4 con una longitud mínima de 1.60 m. colocadas encima de los valles de la lámina, con un recubrimiento mínimo de concreto de 2.5 cm. La utilización de acero de retracción no se debe suspender en esta región.

Como recomendación general y para un mejor comportamiento del acero de refuerzo, es importante chequear que las varillas estén instaladas por encima del acero de retracción.

Las especificaciones dadas cubren una gran cantidad de casos generales, en un caso particular el ingeniero estructural puede variar parcial o totalmente esta especificación de acuerdo a su criterio. Cuando se manejan voladizos, este tipo de refuerzo es estrictamente necesario y es preciso que lo diseñe un ingeniero estructural.

5.2 LOSAS MACIZAS

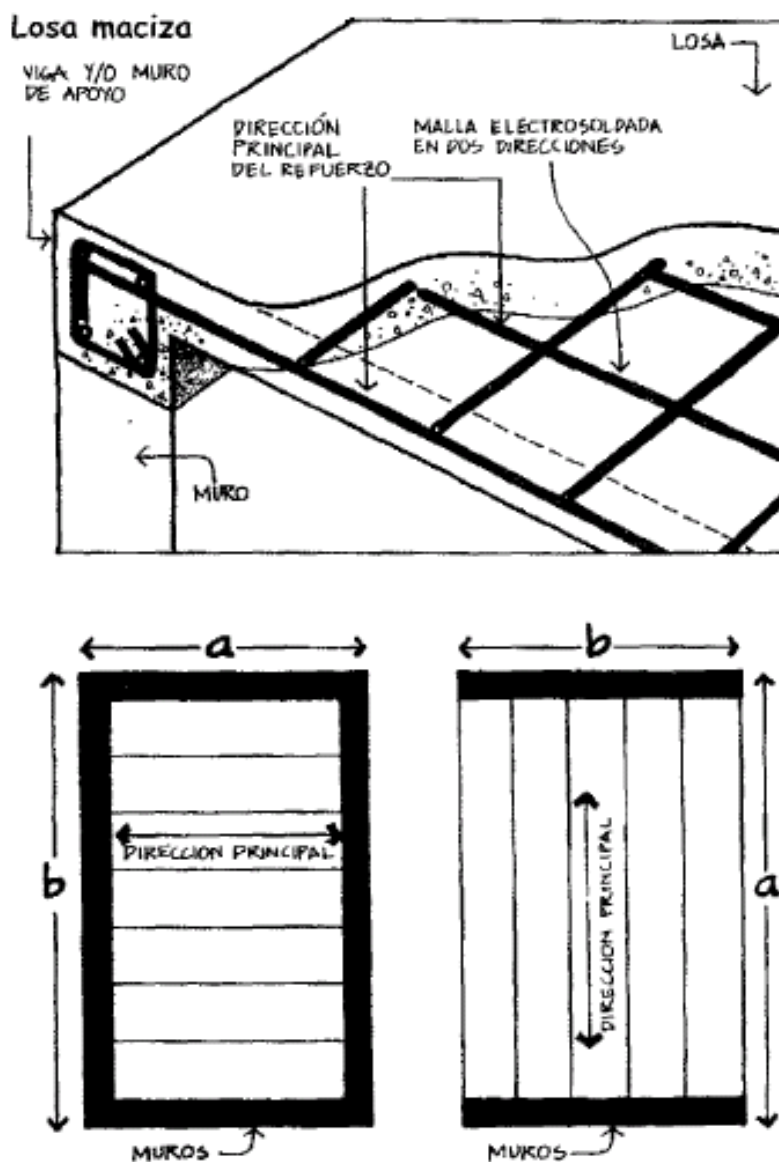
Este tipo de losa consta de una sección de concreto reforzado en dos direcciones

Dependiendo de cómo este apoyada, una losa maciza deberá tener mayor cantidad de refuerzo en un sentido que en el otro

Si la losa dispone de muros de apoyos en los cuatro lados su dirección principal será la del sentido más corto. Si es cuadrada cualquiera de los sentidos es igual.

Si la losa dispone de muros en solo dos la dos (deben ser opuestos), la dirección principal será en la dirección perpendicular a la dirección de los apoyos

Figura 33. Losa maciza.



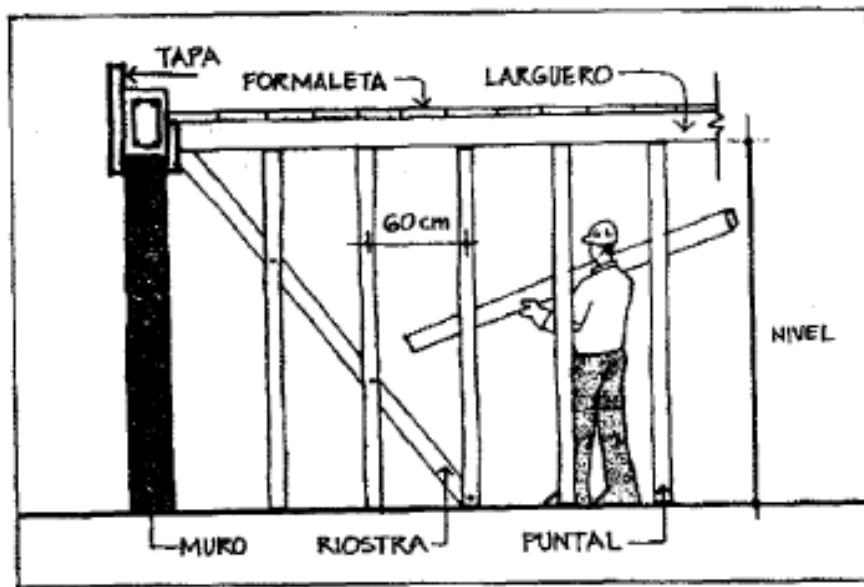
Fuente: www.asosismica.org.co

PROCESO CONSTRUCTIVO DE LOSAS MACIZAS

Preparación. Se deben alistar los materiales, consultar las especificaciones (forma, espesor, etc.) y nivelar el piso desde donde se van a tomar las medidas.

Apuntalado. Se colocan los largueros paralelos a los muros, apoyados sobre puntales aproximadamente cada 60 centímetros. Se procede a nivelar los largueros y cuñar los puntales. Los puntales se deben arriostrar (sostener con diagonales) para evitar su caída por desplazamiento horizontal.

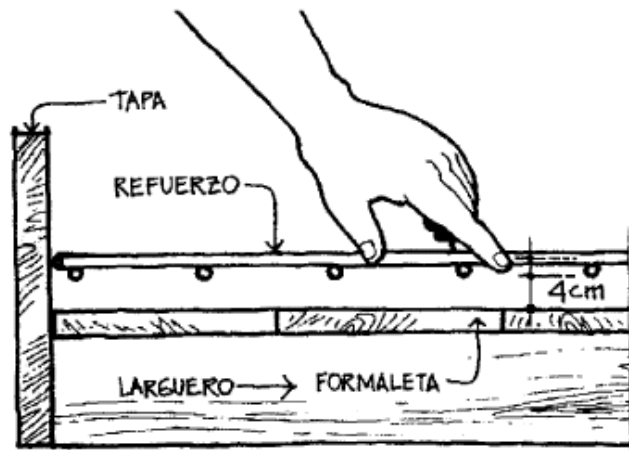
Figura 34. Proceso constructivo losa maciza



Fuente: www.asosismica.org.co

Formaleta. se colocan las tablas apoyadas entre los largueros formando una superficie lo más ajustada que se pueda para que no se escape el concreto por entre los espacios. La formaleta debe quedar nivelada.

Figura 35. Detalle de refuerzo losa maciza.



Fuente: www.asosismica.org.co

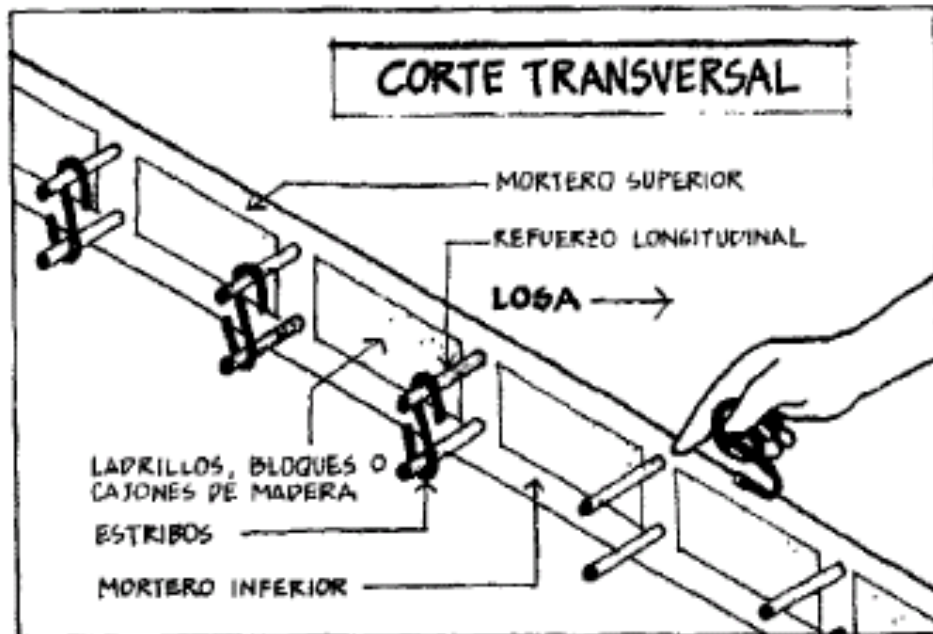
Armar el refuerzo. Se debe colocar el refuerzo calculado sobre la formaleta, apoyado de tal forma que al vaciar el concreto, el refuerzo quede totalmente rodeado por este. El recubrimiento mínimo de concreto sobre el acero debe ser de 4 centímetros.

Vaciado del concreto. Se debe hacer con cuidado para evitar que la formaleta se pueda caer. Recuerde los cuidados para hacer y vaciar el concreto

5.3 LOSAS ALIGERADAS

En este tipo de losa parte del concreto se reemplaza por otros materiales como cajones de madera, guadua y principalmente cuando se trata de viviendas de uno y dos pisos se reemplaza por ladrillos o bloques. De esta forma se disminuye el peso de la losa y se pueden cubrir mayores luces de manera más económica.

Figura 36. Corte transversal losa aligerada.



Fuente: www.asosismica.org.co

En este sistema, la losa tiene cuatro componentes: una torta inferior que se coloca sobre las tablas de la formaleta; los bloques o elementos aligerantes; la torta o plaqueta superior con refuerzo nominal y las viguetas en concreto reforzado.

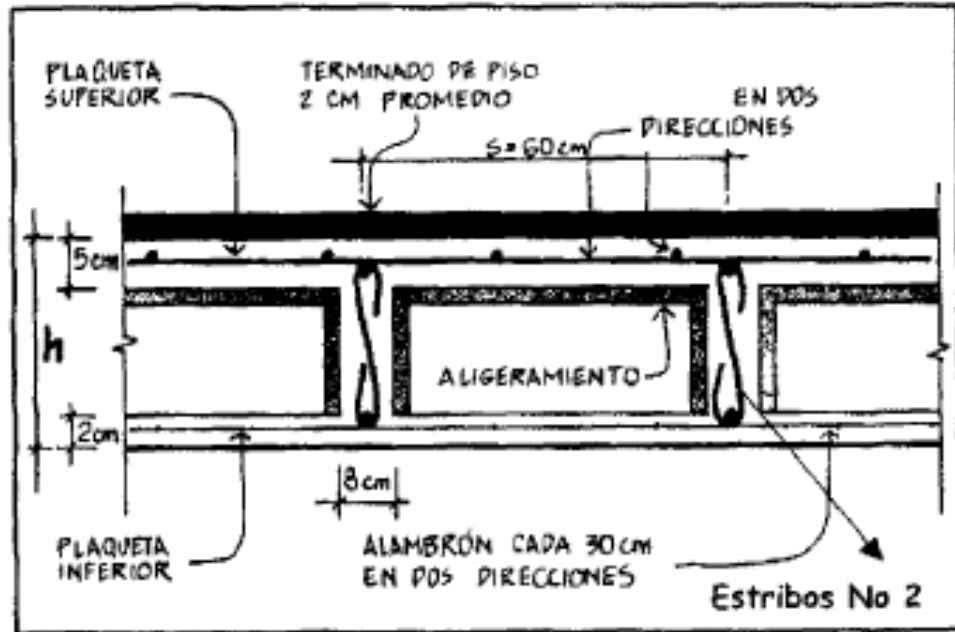
La torta inferior es un mortero con dosificación de 1:3 de 2 cm de espesor que permite cubrir el aligeramiento y el refuerzo principal de la losa o elementos aligerantes.

Los bloques o elementos aligerantes se colocan de tal manera que formen las cavidades de las viguetas con separaciones estipuladas según los cálculos normalmente entre 50 y 70 centímetros para edificaciones de 2 pisos.

La plaqueta superior es un concreto fundido monolítico con el sistema de piso, con 5 centímetros de espesor.

La sección típica de una placa aligerada se indica en la siguiente figura.

Figura 37. Sección típica losa aligerada.



Fuente: www.asosismica.org.co

5.4 CONSTRUCTIBILIDAD

Tanto en el sistema de losa maciza como en el sistema de placa aligerada y en algunas ocasiones en las construcciones de entrepiso con sistema de steel-deck es necesario el uso de puntales y andamios para que soporten los entrepisos durante su construcción y acabado mientras que en el sistema de placa maciza de sección variable no son necesarios ya que la formaleta se soporta sobre las uñas que tiene la formaleta y a su vez estas unas se apoyan sobre las viguetas prefabricadas.

En la mayoría de sistemas de entrepiso aligerados este aligeramiento se hace con casetones de madera o guadua, con poliestireno extruido y este material se pierde o queda embebido dentro del sistema de entrepiso en el sistema de losa maciza de sección variable estas formaletas son recuperables y reutilizables para posteriores ocasiones.

Siendo el sistema de placa maciza de fácil construcción no es necesario tener personal calificado para el manejo de las formaletas como si debe ser en el sistema de steel-deck.

En el sistema de steel deck la formaleta sirve como superficie de trabajo y a la vez como refuerzo una vez el concreto se endurece en el sistema de losa maciza de sección variable la formaleta también es útil como superficie de trabajo pero no tiene ninguna función o aporte de resistencia a la losa.

En los sistemas de entrepiso actuales y según la NSR -98 la luz máxima entre nervios de sistemas de entrepiso es 1.20 metros en el sistema de losa maciza de sección variable se trabajan luces de hasta 1.50 metros entre ejes de nervios.

Dada la fácil utilización de las formaletas la construcción del sistema de entrepiso de placa maciza con sección variable será mucho más rápida comparada con los otros sistemas constructivos de entrepisos existentes.

5.5 ESTETICO

En los sistemas de entrepiso aligerados, conformados por viguetas prefabricadas y a la vista no generan un aspecto visualmente agradable en tanto el sistema de losa maciza de sección variable tiene una apariencia llamativa debido a que tiene

luces más largas entre los nervios y una forma convexa haciéndolo visualmente muy atractivo cuando este es expuesto en aplicaciones arquitectónicas

Para aplicaciones de concreto a la vista en el caso del sistema de placa maciza de sección variable después de retiradas las formaletas se debe proceder a limpiar la parte inferior de la placa ya que pueden haber habido chorreados debido a que se escapa un poco de agua por donde sobresalen las uñas de la formaleta esto no se da en el sistema de steel deck donde prácticamente no hay chorreados de agua.

Dado el caso de ser necesario la instalación de servicios tales como aguas negras y luz, etc. que tengan que atravesar el sistema de entrepiso se procederá a poner falsos techos como es el caso de los sistemas de placas macizas convencionales y el mismo sistema de steel deck para así no dejar a la vista todo este entramado de tuberías y dar un mejor aspecto a la edificación.

En edificaciones con irregularidades donde el sistema de steel deck se acopla de una mejor manera ya que las láminas se cortan de la forma que sea requerida el sistema de placa maciza de sección variable tendrá algunas limitantes dependiendo de si es muy irregular o no para ello es sistema de entrepiso de losa maciza de sección variable cuenta con formaletas más pequeñas ensamblables entre sí para poder ajustarse lo mas que se puede a la irregularidad presentada en la distribución en planta de la edificación pero igual que dando restringida por la forma de las formaletas.

En una edificación con una distribución en planta en forma cuadrada o rectangular el sistema de losa maciza de sección variable se ajustara con mucha más facilidad y se construirá con mucha más rapidez que los otros sistemas de entrepisos existentes.

5.6 ECONOMICO

en cuanto al uso de aligerarte que quedan embebidos dentro del sistema de entrepiso, se puede decir que el sistema de placa maciza de sección variable tiene un menor costo ya que la formaleta que es utilizada es recuperable y reutilizable.

El consumo de concreto para un entrepiso determinado es menor con el sistema de placa maciza de sección variable que con cualquier otro de los sistemas de entrepisos mencionados con anterioridad dando como resultado una baja apreciable en los costos de material.

El sistema de placa maciza de sección variable posee una facilidad constructiva ya que las formaletas son mano portables tienen un optimo almacenamiento en obra, rapidez de instalación puede usarse tanto en estructuras metálicas como de concreto por lo tanto reduce los costos y tiempos de construcción en tanto no hay necesidad de utilizar puntales como en otros sistemas de entrepiso.

Este elimina los costos y retrasos que puedan presentarse en otros sistemas de entrepiso ocasionados por las condiciones del clima dado que el sistema puede ser instalado en la mayoría de las condiciones climáticas

Las formaletas del sistema de entrepiso de placa maciza de sección variable resultan con una alta resistencia en relación con su peso.de manera tal que los costos de transporte, montaje de la estructura pueden ser más bajos en comparación con otros sistemas.

5.7 FUNCIONALIDAD

El sistema de entrepiso de losa maciza de sección variable tiene la función estructural de distribuir uniformemente las cargas a las viguetas, estas a su vez las transmiten a las vigas de apoyo.

Observemos que el sistema de entrepiso de losa maciza de sección variable tiene bajo peso y masa con iguales o mayores capacidades de carga que los construidos en concreto macizo o aligerado.

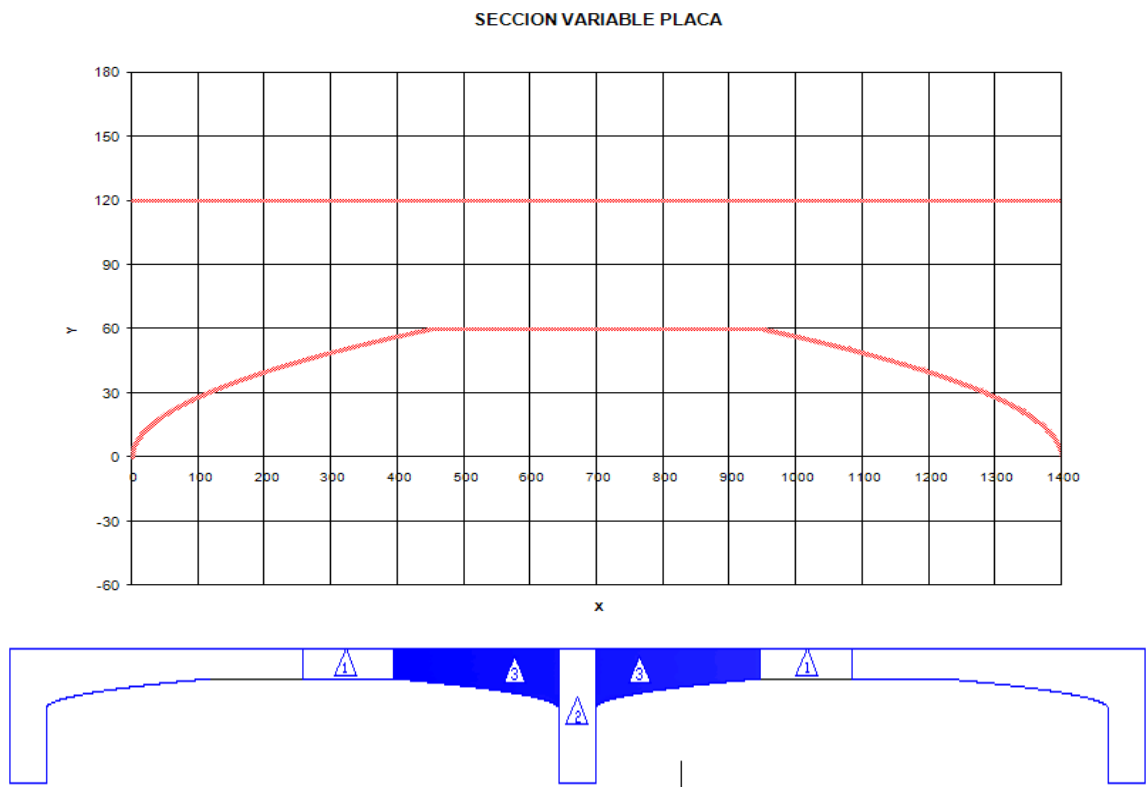
Al ofrecer economía, rapidez de construcción, mínimos desperdicios y existencia de encofrado reutilizable el sistema de entrepiso de placa maciza de sección variable cumple con su función la de separar dos pisos, sirve de techo al inferior y de piso al superior de una manera más eficiente que otros sistemas de entrepiso existentes.

El encofrado del sistema de placa maciza de sección variable no es biodegradable y no contamina otros materiales ayudando así al no consumo de madera y guadua, la deforestación lleva a un incremento del dióxido de carbono (CO₂) en el aire debido a que los árboles vivos almacenan dicho compuesto químico en sus fibras, pero cuando son cortados, el carbono es liberado de nuevo hacia la atmósfera. El CO₂ es uno de los principales gases "invernadero", por lo que el corte de árboles contribuye al peligro del cambio climático.

6. DISEÑO Y ANALISIS DEL MODELO DE PLACA DE ENTREPISO EN LOSA MACIZA DE SECCION VARIABLE, UTILIZADO EN LA PRUEBA DE CARGA

6.1 DISEÑO MODELO DE LOSA MACIZA DE SECCIÓN VARIABLE

Figura 38. Geometría de la sección transversal de la losa utilizada para el modelo



El área de la parte variable se puede obtener por medio de una integral

$$\text{Área 1} = 2 (250 * 60) = 30000\text{m}^2$$

$$\text{Área 2} = (100 * 270) = 27000\text{m}^2$$

$$\text{Área 3} = 2 \int_0^{450} H - \frac{\sqrt{x}}{k} dx$$

$$\text{Área 3} = 2 \int_0^{450} 120 - \frac{\sqrt{x}}{0.3536} dx$$

$$\text{Área 3} = \left[120x - \frac{2}{3 * 0.3536} x^{\frac{3}{2}} \{x|450\} \right]$$

$$\text{Área 3} = 2 \left[120x - \frac{2}{3 * 0.3536} x^{\frac{3}{2}} \{x|450\} \right]$$

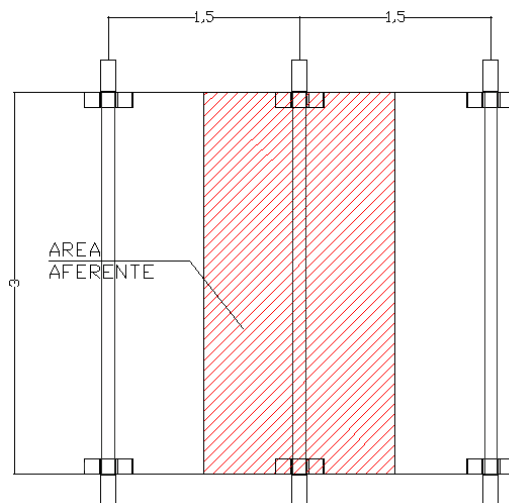
$$\text{Área 3} = 72004.74 \text{m}^2$$

$$\text{Área total} = \text{Área 1} + \text{Área 2} + \text{Área 3} = 129004.74 \text{mm}$$

$$\text{ESPESOR EQUIVALENTE} = \frac{129004.74}{1500} = 86.00 \text{mm}$$

Evaluación de cargas del modelo de ensayo

Figura 39. Áreas aferentes del modelo de entrepiso.



Cargas sobre impuestas

$$\text{Peso de acabados} = 1.50 \frac{\text{Kn}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Peso de muros} = 3.00 \frac{\text{Kn}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Peso propio} = \text{ESPESOR EQUIVALENTE} \times 24 \frac{\text{Kn}}{\text{m}^3}$$

$$\text{Peso propio} = 0.086\text{m} \times 24 \frac{\text{Kn}}{\text{m}^3} = 2.064 \frac{\text{Kn}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Carga muerta} = \text{WD} = 6.564 \frac{\text{Kn}}{\text{m}^2}$$

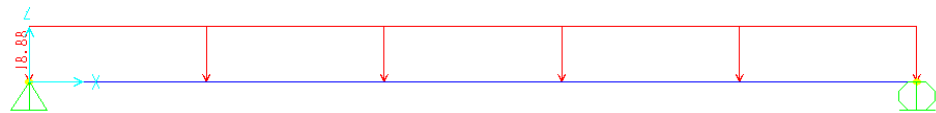
$$\text{Carga viva} = \text{WL} = 2 \frac{\text{Kn}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Wu} = 1.4 \text{WD} + 1.7 \text{WL} = 1.4 \times 6.56 + 1.7 \times 2 = 12.59 \frac{\text{Kn}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Wu/vigueta} = 12.58 \frac{\text{Kn}}{\text{m}^2} \times 1.50\text{m} = 18.88 \frac{\text{Kn}}{\text{m}}$$

Figura 40. Diagramas análisis en SAP 2000.

ANALISIS DE CARGAS EN SAP 2000



REACCIONES



DIAGRAMA DE CORTANTE

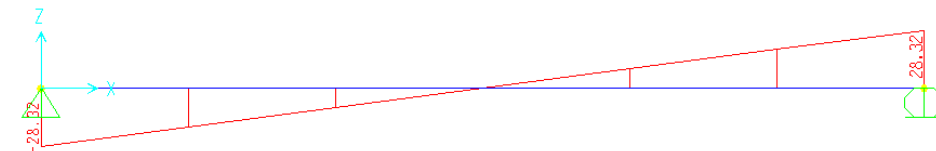


DIAGRAMA DE MOMENTOS



GLOBAL | KN, m, C

Chequeo de las dimensiones del elemento en forma T

Verificación de las dimensiones del elemento de entrepiso, para el cumplimiento de lo estipulado en el numeral C.8.5.7 de la Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente

El ancho de losa efectivo como ala de una viga T no debe exceder 1/4 de la luz de la viga.

$$\frac{1}{4}(3) = 0.75m > 0.06m$$

El ala efectiva que se proyecta hacia cada lado del alma no debe exceder: 8 veces el espesor de la losa $8(0.06) = 0.48m$ ok

La mitad de la distancia hasta el alma siguiente $\frac{1}{2}(1.40) = 0.80m$

Diseño a flexión en la luz

Datos conocidos

$$F_y = 420 \text{ Mpa}$$

$$d' = 40 \text{ mm}$$

$$f'c = 21 \text{ Mpa}$$

$$d = 230 \text{ mm}$$

$$b = 750 \text{ mm}$$

$$M_n = 21.24 \times 10^6 \text{ n-mm}$$

$$h = 270 \text{ mm}$$

$$M_n = 0.9 \rho F_y b d^2 \left[1 - 0.59 \rho \frac{F_y}{f'c} \right]$$

$$21.24E6 = 0.9 \rho 420 300 230^2 \left[1 - 0.59 \rho \frac{420}{21} \right]$$

$$\text{Despejando } \rho = 0.00144 \quad \rho_{\min} > \rho$$

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{420} = 0.0033$$

$$A_s = \rho * b * d = 0.0033 * 75 * 23 = 5.7 \text{ cm}^2$$

$$A_s' = \rho * b * d = 0.0033 * 10 * 23 = 0.76 \text{ cm}^2$$

Diseño a flexión en los apoyos

Datos conocidos

$F_y = 420 \text{ Mpa}$ $d' = 40 \text{ mm}$
 $f'c = 21 \text{ Mpa}$ $d = 230 \text{ mm}$
 $b = 100 \text{ mm}$ $M_n = 0 \text{ n-mm}$
 $h = 270 \text{ mm}$

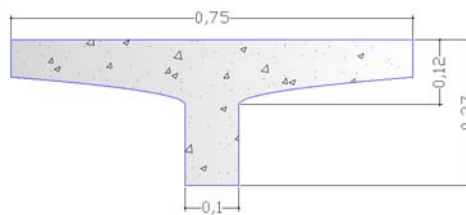
$$M_n = 0.9 \rho F_y b d^2 \left[1 - 0.59 \rho \frac{F_y}{f'c} \right]$$

$$\rho < \rho_{\min}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{420} = 0.0033$$

$$A_s_{\min} = \rho * b * d = 0.0033 * 100 * 230 = 0.77 \text{ cm}^2$$

Figura 41. Sección de diseño



Las medidas de la figura en [m]

Diseño a cortante a una distancia d del apoyo

$$v_u = \frac{V}{b w d}$$

$$v_u = \frac{28320}{100 * 230} = 1.23 \text{ Mpa}$$

$$v_c = \frac{\sqrt{f'c}}{6} = \frac{\sqrt{21}}{6} = 0.76 \text{ Mpa}$$

$$\phi v_n \geq v_u$$

Se realiza una comparación entre v_u esfuerzo mayorado y v_n esfuerzo nominal que es función del v_c esfuerzo nominal del concreto, para determinar si la sección requiere refuerzo a cortante.

$$v_n > v_c$$

$$\frac{1.23}{0.85} = 1.45 \text{ Mpa} > v_c \text{ requiere refuerzo a cortante}$$

Resistencia nominal a cortante suministrada por el refuerzo de cortante.

$$v_s = v_n - v_c$$

$$v_s = 1.45 - 0.76 = 0.69 \text{ Mpa}$$

Se escoge un estribo N2 de dos ramas.

$$A_v = 64 \text{ mm}^2 = 0.64 \text{ cm}^2$$

Se calcula la separación de estribos

$$s = \frac{A_v F_y}{v_s b w}$$

$$s = \frac{64 * 420}{0.69 * 100} = 389.6 \text{ mm} = 38.9 \text{ cm}$$

De la misma forma se calcula el refuerzo a cortante para 2d.

Se chequea la separación máxima propuesta en la NSR-98, para el caso de viguetas se puede tomar

$$s_{max} = \frac{d}{2}$$

$$s_{max} = \frac{230}{2} = 115 \text{ mm} = 11.5 \text{ cm}$$

Diseño de conectores de cortante.

Se le deben dejar estrías producidas intencionalmente a una profundidad aproximada de 6mm, para que elemento prefabricado tenga una buena adherencia a la losa, estos conectores forman parte del refuerzo por cortante de la sección transversal.

Según la NSR 98 sec C.17.5.2.3 la resistencia a cortante v_{nh} , para condiciones planteadas anteriormente se calcula como:

$(1.8 + 0.6 \rho_v f_y)$ Sin exceder un máximo de 3.5 Mpa

$$\rho_v = \frac{A_v}{b_v * s}$$

$$\rho_v = \frac{64}{100 * 115} = 0.0056$$

$$(1.8 + 0.6 * 0.0056 * 420) = 3.21 \text{ Mpa} < 3.5 \text{ Mpa} \text{ ok}$$

MODULO DE RUPTURA DEL CONCRETO

$$f_r = 0.7 \sqrt{f'_c} \text{ En Mpa}$$

$$f_r = 0.7 \sqrt{22.80} = 3.342 \text{ En Mpa}$$

Momento de fisuración

$$M_{cr} = \left(\frac{f_r I_g}{y_t} \right)$$

$$M_{cr} = \left(\frac{3.34 * 164025000}{135} \right) = 4058100 \frac{N}{mm^2}$$

VIBRACIÓN

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{8304.77 * 10^3 \text{kn/m}}{2250 \text{kg}}} = 9.67 \text{Hz} > 5 \text{Hz ok}$$

Figura 42. Detalles de refuerzo transversal del entrepiso de sección variable.

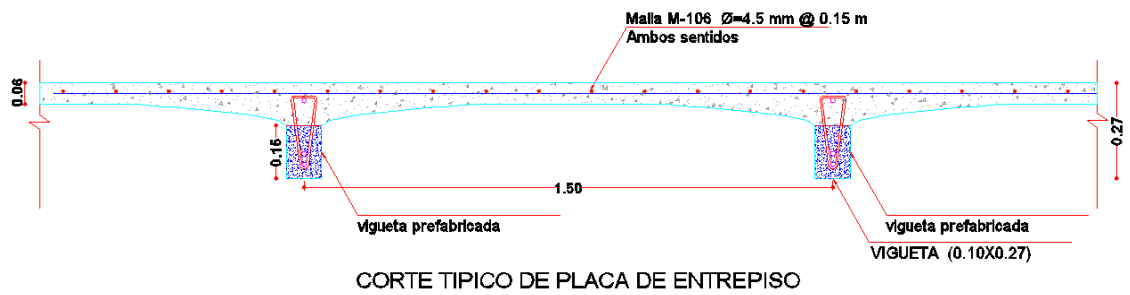
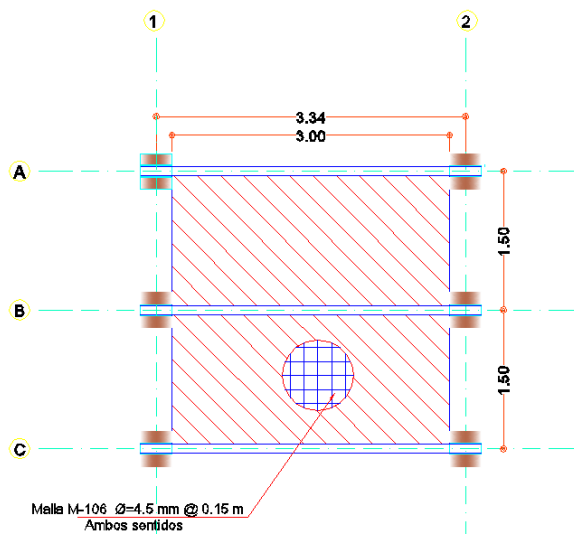


Figura 43. Detalle del refuerzo por retracción de fraguado y temperatura.



6.2 MODELADO EN ANSYS DE LA PRUEBA DE CARGA

Se realizó un modelado con el programa ansys versión 12, en cual se simuló lo mejor posible las condiciones bajo las cuales se efectuó el ensayo, esto se hizo con el fin de tener un control del ensayo evitar cualquier tipo de anomalía en el mismo, además de tener un punto de comparación con los resultados obtenidos en la prueba.

Figura 44. Geometría del modelo.

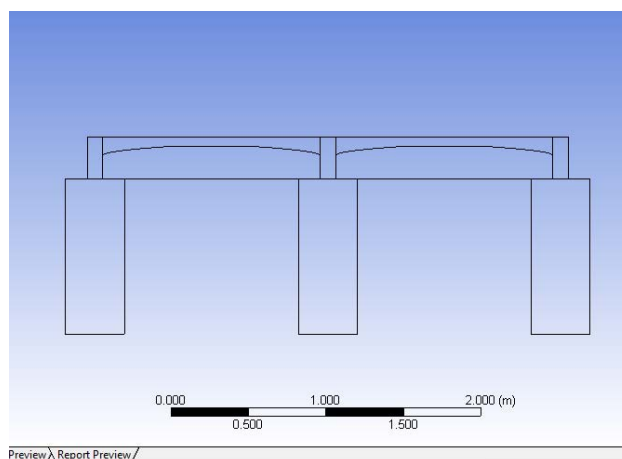
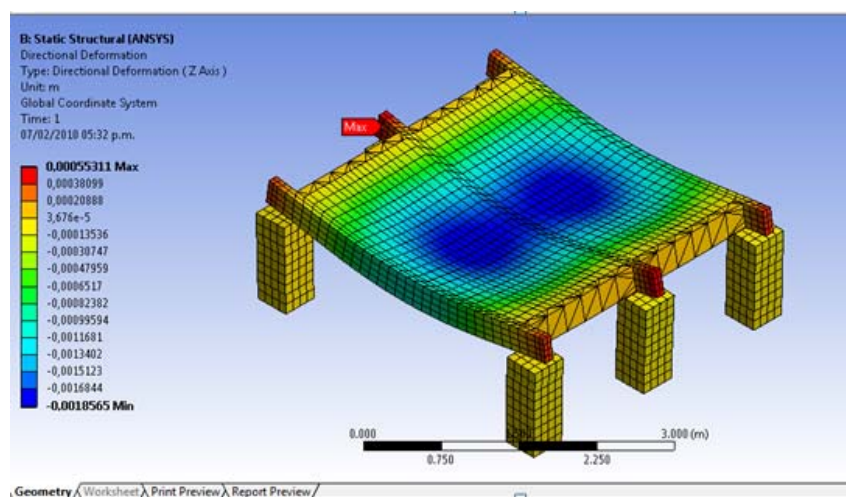


Figura 45. Diagrama de deformaciones direccionales.



Nota: los valores negativos corresponden a la fibras que se encuentran en tensión y los valores positivos compresión.

Figura 46. Diagrama de deformaciones absolutas.

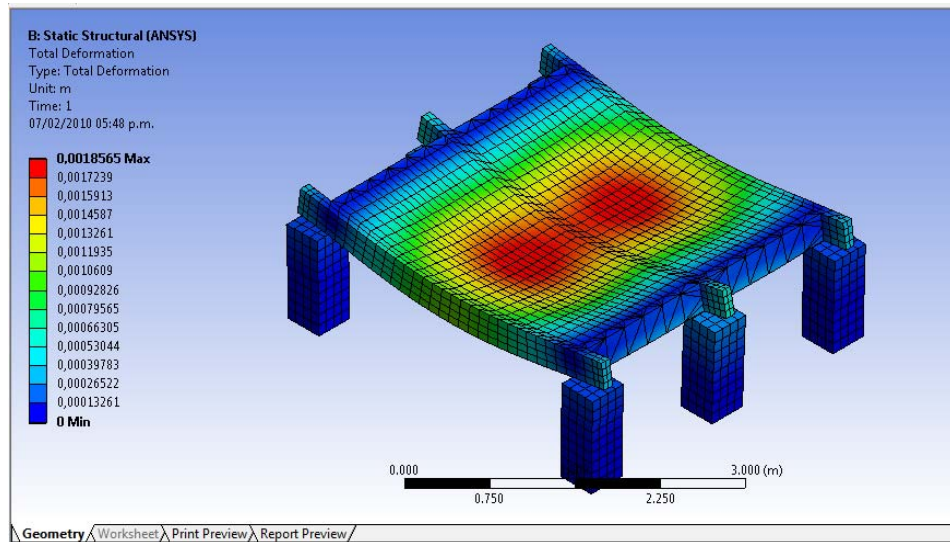


Figura 47. Deformaciones más representativas del modelo.

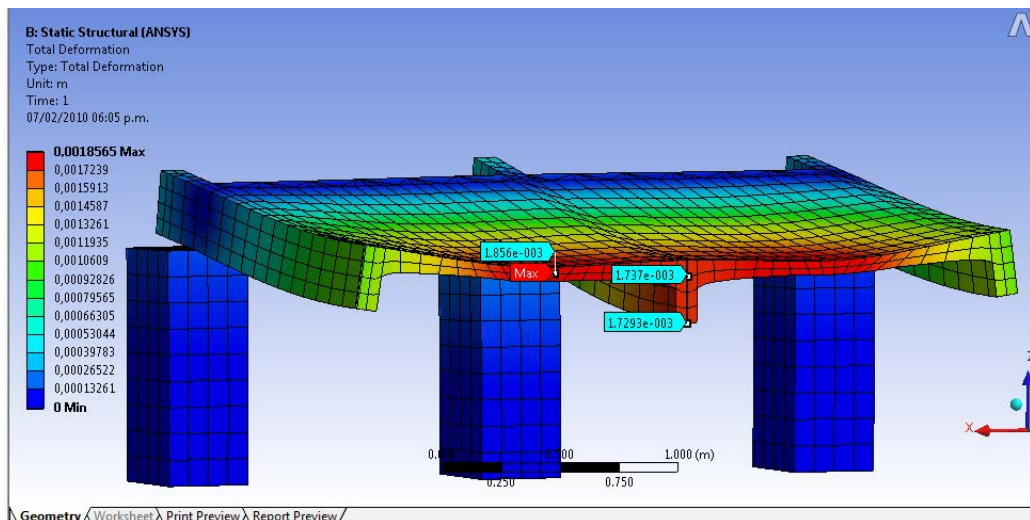


Figura 48. Distribución de esfuerzos normales.

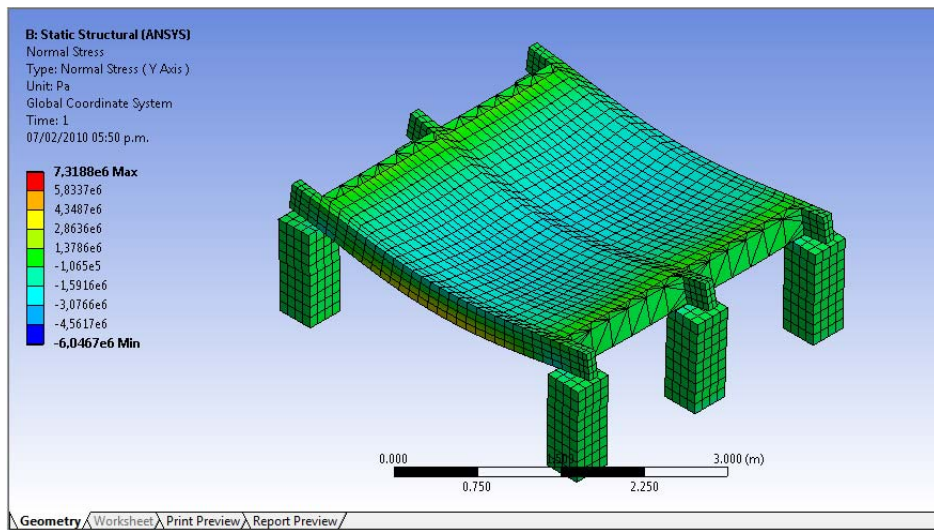


Figura 49. Distribución de esfuerzos normales máximos.

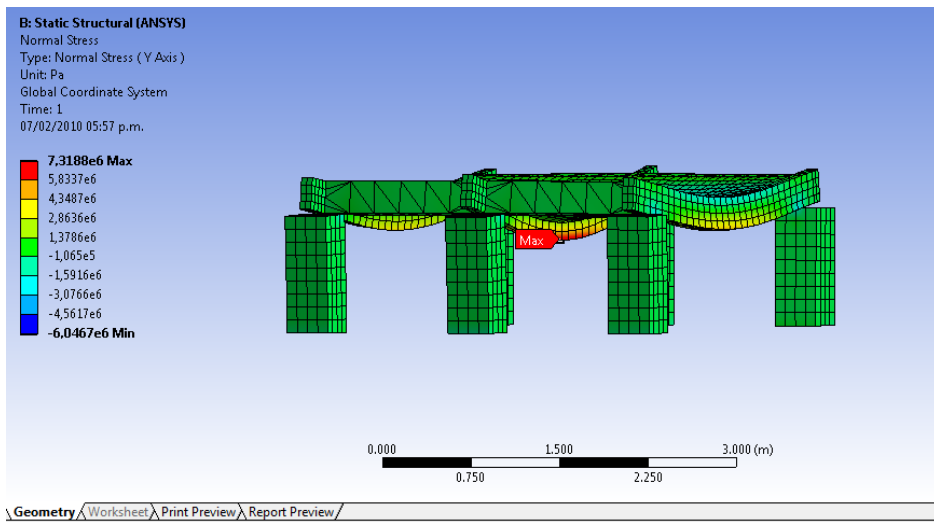
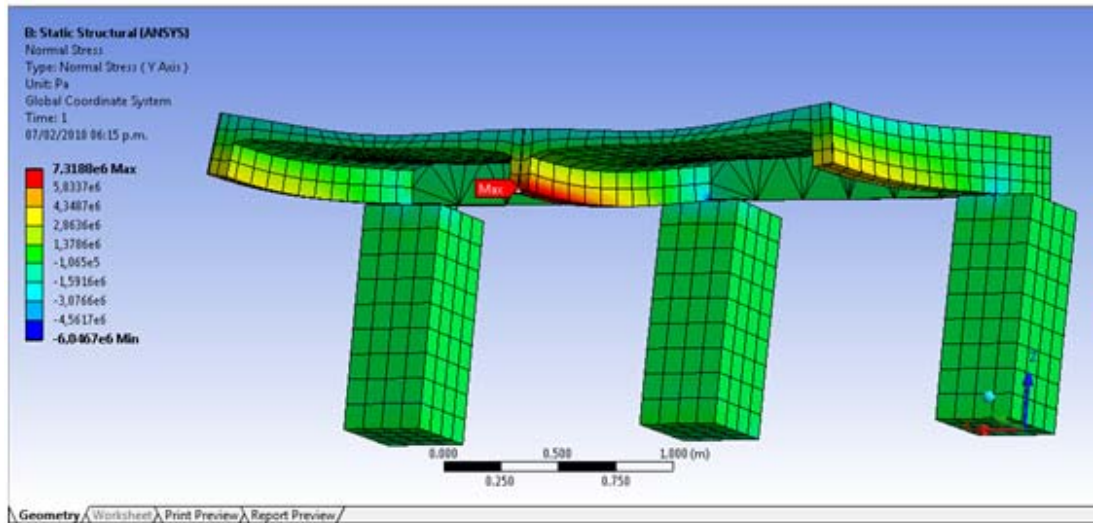


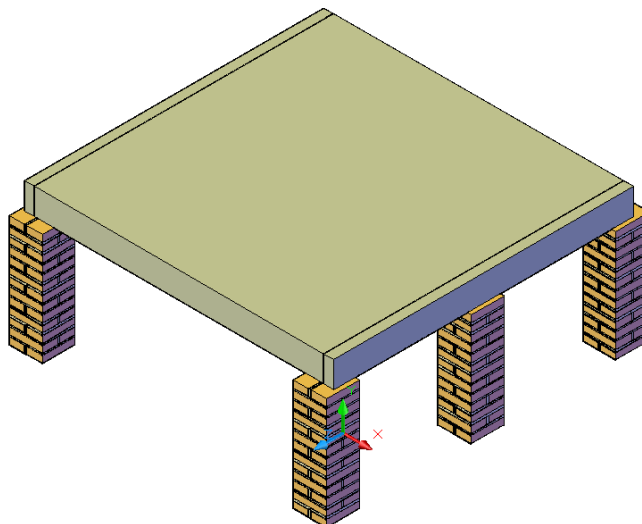
Figura 50. Corte de esfuerzos normales máximos



6.3 ENSAYO DE PRUEBA DE CARGA.

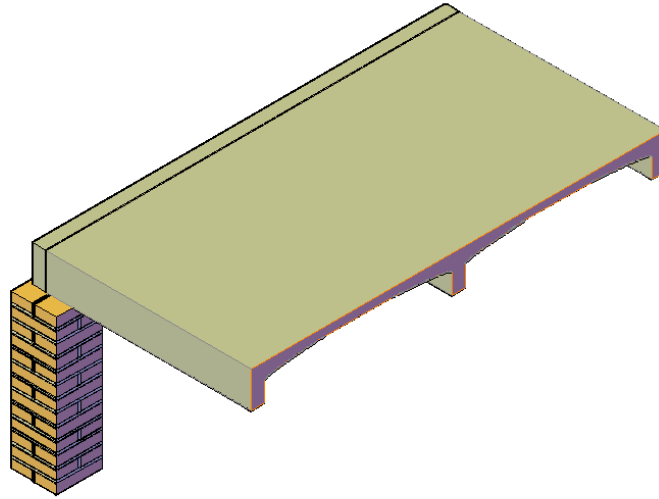
PREPARACION DEL MODELO

Figura 51. Modelos para construcción en el laboratorio.



El machón se levantara hasta una altura de 1.20m.

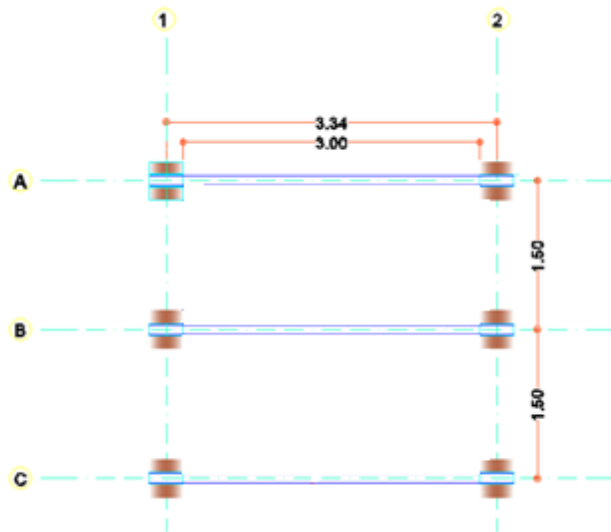
Figura 52. Corte transversal en 3D del modelo construido.



En las instalaciones del edificio Álvaro Beltrán pinzón de la Universidad Industrial de Santander se llevo a cabo la prueba de carga para el sistema de entrepiso de losa maciza de sección variable en primer lugar se construyeron 6 columnas con mampostería trabada con ladrillos temosa de dimensiones 0.34 x 0.34 m de sección transversal, suficiente para resistir los esfuerzos normales producidos por la carga transferida a las columnas durante la prueba y con una altura de 1.20

Las columnas están ubicadas en dos filas, perpendiculares al sentido de armado del entrepiso, en el siguiente grafico se muestra la ubicación de los apoyos.

Figura 53. Vista en planta del modelo construido.



Estas columnas se curaron durante 7 días mientras el mortero, adquiría la resistencia necesaria para seguir con el ensayo previsto.

Se utilizó personal calificado para efectuar las tareas de tipo constructivo, las siguientes fueron las tareas necesarias para la construcción del modelo.

Primera etapa

- Selección y adecuación del sitio de trabajo

Con el personal encargado del laboratorio se buscó la mejor ubicación para el modelo, por sus dimensiones se tuvo en cuenta aspectos como el espacio a ocupar y posible obstrucción de otras actividades, por cuestiones de seguridad se levantó el modelo sobre terreno firme, debido a la alta carga transmitida en el sitio de apoyo.

Posteriormente se realizó la limpieza del sitio, también se protegió los elementos cercanos al modelo con un plástico, para evitar la entrada de polvo en los elementos metálicos.

- Almacenamiento de materiales

Los materiales se almacenaron con los demás de su tipo, en sacos, para evitar el desorden.

- Replanteo

Se utilizó la cimbra para demarcar los ejes de las columnas y una escuadra para verificar la perpendicularidad entre estos, basados en un plano entregado al oficial.

- Fundición de columnas

Una vez teniendo los ejes de las columnas, se procedió a preparar el mortero con una relación de 1 a 3, en la parte exterior del laboratorio, se coloca la primera hilada de dos ladrillos en la misma dirección, posteriormente se colocó la segunda hilada perpendicular a la primera, garantizando un buen entabado. Se utilizó la plomada cada hilada para verificar la verticalidad de la columna.

- Colocación de formaletas metálicas para la viguetas

Se ubicaron las canaletas metálicas en el sitio basados en los planos, y se replanteó posteriormente para verificar alturas y separaciones, de tal forma que puedan ser colocadas sin forzarlas, para evitar cualquier tipo de daño en las formaletas curvas.

Por medio de piezas de madera se le dio la altura deseada.

- Armado del refuerzo

El acero longitudinal, estribos se figuraron y se cortaron en obra, se utilizó alambre negro para el amarre del acero, se tuvo especial cuidado en que las separaciones

de barras y estribos, recubrimientos y traslapes fueran las contempladas en el diseño.

Los estribos cumplen la tarea de conectores de cortante, por lo cual se dejaron, sobresalientes de los 15 cm, correspondientes a la porción ocupada por el elemento prefabricado.

- Vaciado de concreto

El concreto fue preparado en obra, se dosifico de tal forma que la resistencia fuera la de diseño, luego se vació dentro de las canaletas metálicas hasta un nivel de 15 cm, se vibro con una barra de acero de 3/8", de forma que no quedaran vacios por falta de vibrado, ni segregación por exceso del mismo. Adicional a los conectores de cortante, la superficie se dejo rugosa intencionalmente de tal forma que posteriormente cuando la losa se funda exista una mejor adherencia entre viga y losa.

- Extracción de cilindros para ensayo de compresión

- Desencofrado

El desencofrado de las viguetas se realizo a los 7 días, tiempo en cual elemento fundido ya tiene una resistencia adecuada.

- Curado

Durante los primeros días del fraguado es indispensable mantener húmeda la mezcla, pues la hidratación del cemento continua durante varios días, por esta razón se le aplico agua en toda su superficie dos veces al día.

Segunda etapa

- Colocación de formaletas curvas

Ya con las viguetas prefabricadas puestas en sitio, se ubicaron las formaletas de sección curva sobre los elementos prefabricados por medio de las uñas deslizantes y se aseguro el contacto entre formaletas por medio de grapas.

- Refuerzo retracción de fraguado y temperatura

Se utilizo una malla de acero m-106, fue cortada en obra, se instala sobre las formaletas haciendo el traslapo en el centro de luz que es lo mas recomendado para el refuerzo negativo.

- Enbandado perimetral

Por medio de tablas de madera se enbando todo el perímetro la losa, de manera que al vaciar el concreto se pueda obtener un nivel de 12 cm.

- Formaleteado de riostras.

Por medio de tablas de madera, se encofro la riostra dejando un espacio interior de 10 cm.

- Vaciado de concreto

El concreto fue preparado en obra, se dosifico de tal forma que la resistencia fuera la de diseño, luego se vació sobre las formaletería curva, se vibro con una barra de acero de 3/8", de forma que no quedaran vacios por falta de vibrado, ni segregación por exceso del mismo. Luego se procedió a darle un buen acabado en la parte superior del entrepiso por medio de una regla grande y una llana.

- Desencofrado

Las formaletas se quitaron a los 7 días, lo primero fue quitar las grapas o elementos de unión entre formaletas, luego de a una formaleta se le guardan las uñas deslizantes y con un martillo de platico dan suaves golpes hasta retirar la formaleta.

- Curado

Se le aplico agua en toda la superficie durante 15 días.

6.4 PRUEBA DE CARGA

El primer paso consistió en colocar las marcas los sitios donde se esperaban las mayores deflexiones.

Figura 54. Marca para ubicar el deformimetro



Luego se dispusieron los deformímetros en su sitio y se colocaron en ceros.

Figura 55. Ubicación de Deformímetros.



El material seleccionado para la aplicación de carga fue triturado, el recipiente de color azul se lleno en forma parcial, de a 30 kg pesados previamente en el recipiente de color claro, hasta llegar a 150kg.

Figura 56. Recipiente azul con 150kg de triturado.



Posteriormente se utilizó el puente grúa para transportarlo hasta el modelo, se tuvo especial cuidado en evitar que las personas presentes en la prueba se hicieran debajo del tanque suspendido, cada aplicación de carga se realizaba en lapsos de 10 min, hasta, completar las dos toneladas/día. Al aplicar la carga sobre la placa, se evitó la acumulación de material en un solo punto, se intentó esparcir, para de este modo poder simular mejor una carga repartida sobre toda la superficie.

Figura 57. Levantamiento de carga con ayuda del puente grúa.



La NSR-98 sec C19.4.4 sugiere que se realicen un conjunto de mediciones a la hora siguiente después de haber terminado cada incremento de carga y 24 horas después de haber colocado el último incremento.

En la prueba se cumplió con lo propuesto, adicionalmente se tomo medición diez min después de cada aplicación de 150 kg se revisaba el comportamiento de la placa por medio de los deformímetros, también se observaba si aparecía algún tipo de fisura.

Cuando se completaron 8.5 ton de carga sobre impuesta es decir más de $0.85(1.4D + 1.7L)$ se tomo la medición de la deformación 24 horas después de puesta la carga.

Figura 58. Carga sobre impuesta 11 toneladas.



Posteriormente se descargo el entrepiso en su totalidad para tomar la deflexión residual a las 24 horas.

Figura 59. Descarga de placa para medir la deflexión residual.



6.5 ANALISIS DE DATOS OBTENIDOS EN LA PRUEBA

CONDICIONES DE SERVICIO.

Figura 60. Comportamiento del sistema en C1

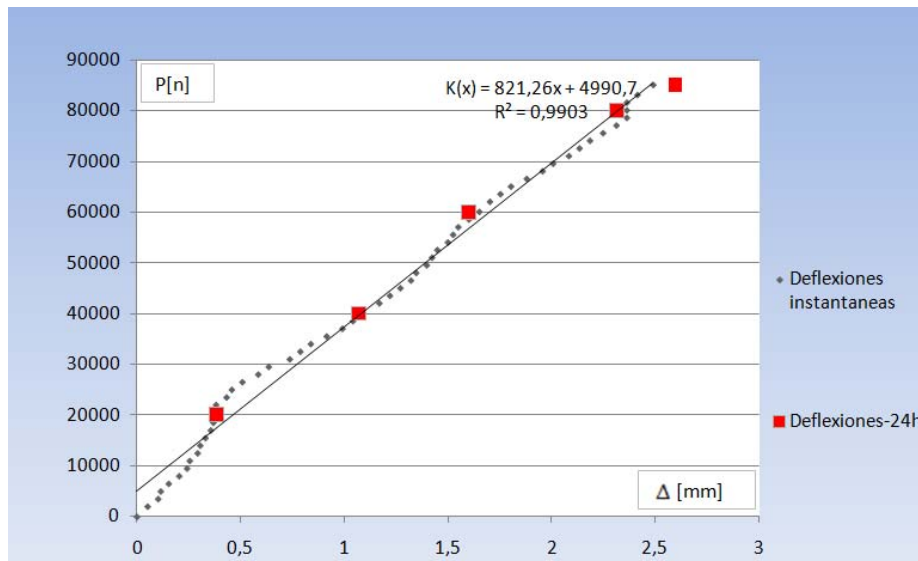
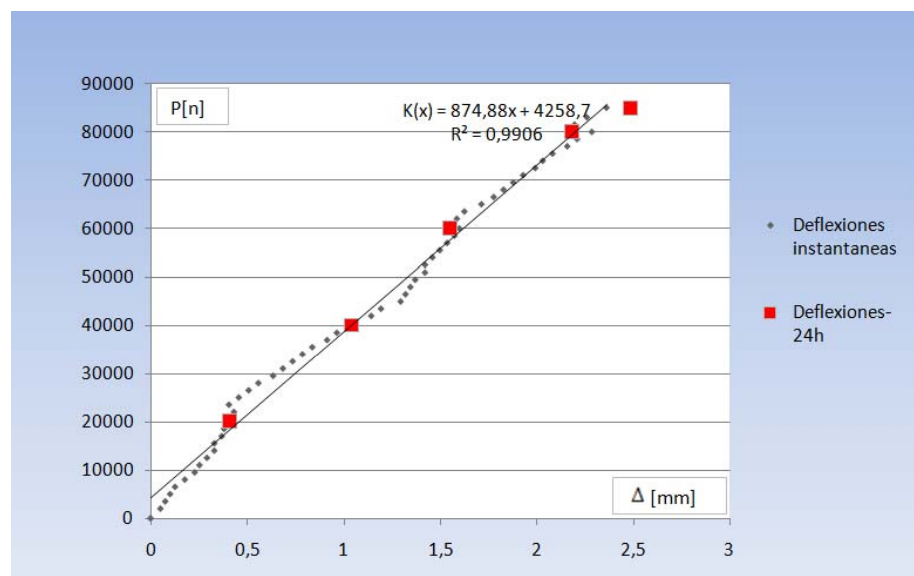


Figura 61. Comportamiento del sistema en C2



De las graficas anteriores se puede calcular la rigidez en como la pendiente de la carga en función de la deformación.

Las deformaciones en el sistema, registradas en los puntos en C1 y C2 bajo una carga de 8.5 ton, tomadas 24 horas después de aplicada fueron las siguientes:

$$\Delta C1 = 2.59mm$$

$$\Delta C2 = 2.48mm$$

Se toma como deflexión máxima del sistema

$$\Delta_{max} = 2.59mm$$

Luego de tomada la deflexión máxima, se descargo completamente la placa y 24 después se tomo la deflexiones la deflexión residuales.

$$\Delta r1 = 0.0254mm$$

$$\Delta r2 = 0$$

Criterio de aceptación de la prueba según el código NSR-98 sec19.5.2

Las flechas máximas medidas deben cumplir con alguna de las siguientes condiciones.

$$\Delta_1 = \frac{l_t^2}{20000h}$$

$$\Delta_1 = \frac{3000^2}{20000 * 270} = 1.66mm$$

Deflexión residual máxima

$$\Delta_{rmax} = \frac{\Delta_1}{4} = \frac{1.66}{4} = 0.415mm$$

Comparado con los datos del ensayo

$$\Delta r1 = 0.0254mm < \Delta_{rmax}$$

Cumple con los requisitos de servicio establecidos anteriormente.

6.6 ESTIMACIÓN DE LA ROTURA.

Luego de calcular las deflexiones permisibles, se retiraron los deformímetros y se empezó a cargar de nuevo el modelo en forma progresiva, en aplicaciones parciales de 150 kg, para cada aplicación se reviso el estado del modelo, si aparecía algún tipo de fisura.

Finalmente se llego a una carga sobre impuesta de 11 toneladas en el modelo, y no se había registrado ninguna fisura, por cuestiones de seguridad del operario se decidió suspender la prueba en este momento, debido a que la altura de material en la superficie tenía un valor promedio de 1.2m.

CONCLUSIONES

Se puede concluir que las formaletas cumplieron con la función para la cual fueron diseñadas, siendo estas manoportables y necesitándose solo una persona o máximo dos para instalarlas obteniendo como beneficio la disminución del recurso humano en su instalación y retiro.

En los sistemas de entrepiso actuales y según la NSR -98 la luz máxima entre nervios de sistemas de entrepiso es 1.20 metros en el sistema de losa maciza de sección variable se trabajan luces de hasta 1.50 metros entre ejes de nervios con un muy buen funcionamiento estructural y capacidad de carga.

Dada la fácil utilización de las formaletas la construcción del sistema de entrepiso de placa maciza de sección variable será mucho más rápida comparada con los otros sistemas constructivos de entrepisos existentes.

En el sistema de placa maciza de sección variable no se necesitan apuntalamientos ya que la formaleta se soporta sobre las uñas que tiene la formaleta y a su vez estas uñas se apoyan sobre las viguetas prefabricadas reduciendo por lo tanto los costos de construcción debido a que no es necesario el alquiler de andamios y apuntalamientos.

en cuanto al uso de aligerarte que quedan embebidos dentro del sistema de entrepiso, se puede decir que el sistema de placa maciza de sección variable tiene un menor costo ya que la formaleta que es utilizada es recuperable y reutilizable. Las formaletas del sistema de entrepiso de placa maciza de sección variable resultan con una alta resistencia en relación con su peso.de manera tal que los costos de transporte, montaje de la estructura pueden ser más bajos en comparación con otros sistemas.

Por la configuración de la losa maciza de sección variable, los esfuerzos se transfieren en gran parte a los apoyos, siendo estos los puntos críticos en el análisis por flexión, debido a que la rigidez aumenta en cercanías a los nervios de apoyo.

Los resultados del ensayo fueron satisfactorios, se ajustaron a los parámetros de la norma colombiana sismo resistente, no se excedió el límite del rango elástico, la recuperación con respecto a la forma inicial fue del 98 %.

No se llevo el modelo a la rotura por cuestiones de seguridad del operario, se cargo hasta un 17% más de la carga total de diseño y no mostro ningún tipo de fisura.

BIBLIOGRAFÍA

- AIS, Normas colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR-98.
- Bogotá: AIS, 1998.

- BEER, E, Rusell .Mecánica de materiales. Mc Graw Hill, 1994.

- HIGDON, Archie et al. Mecánica Aplicada a la Resistencia de Materiales. 1^a ed.
- México: CECSA, 1971.

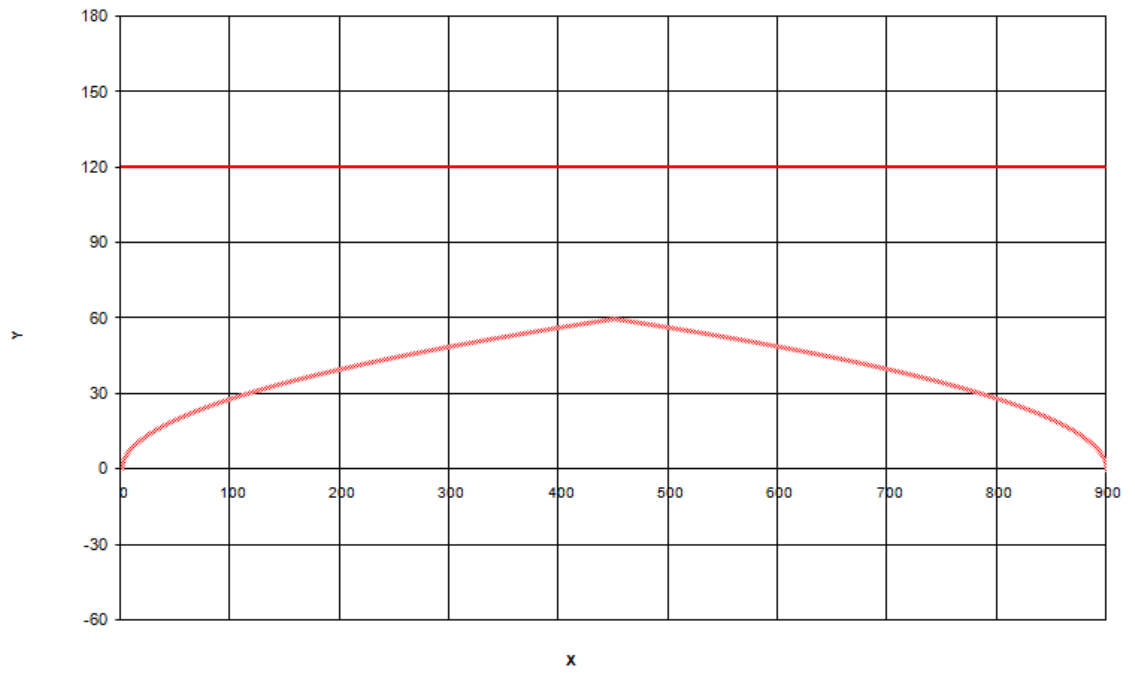
- NAWY, G, Edward. Concreto reforzado, un enfoque básico. PHH Prentice
- Hall, 1998.

- NILSON, Arthur H. Diseño de Estructuras de Concreto. Duodécima ed. Bogotá: Mc Graw Hill. 1999.

ANEXOS

ANEXO A-PROPIEDADES GEOMÉTRICAS Y AYUDAS DE DISEÑO

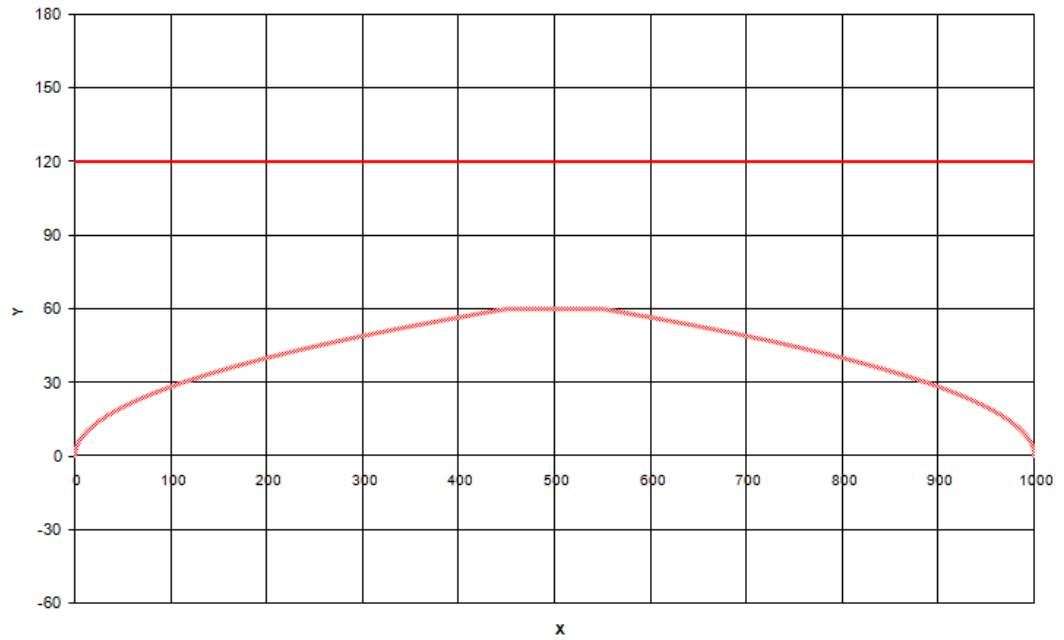
SECCION VARIABLE PLACA 900 mm de longitud



PROPIEDADES GEOMETRICAS DE LA SECCIÓN

Area [mm ²]	72001,16
Ee [mm]	80,00
\bar{x} [mm]	450,00
\bar{y} [mm]	41,25
Ig [mm ⁴]	45974549,68

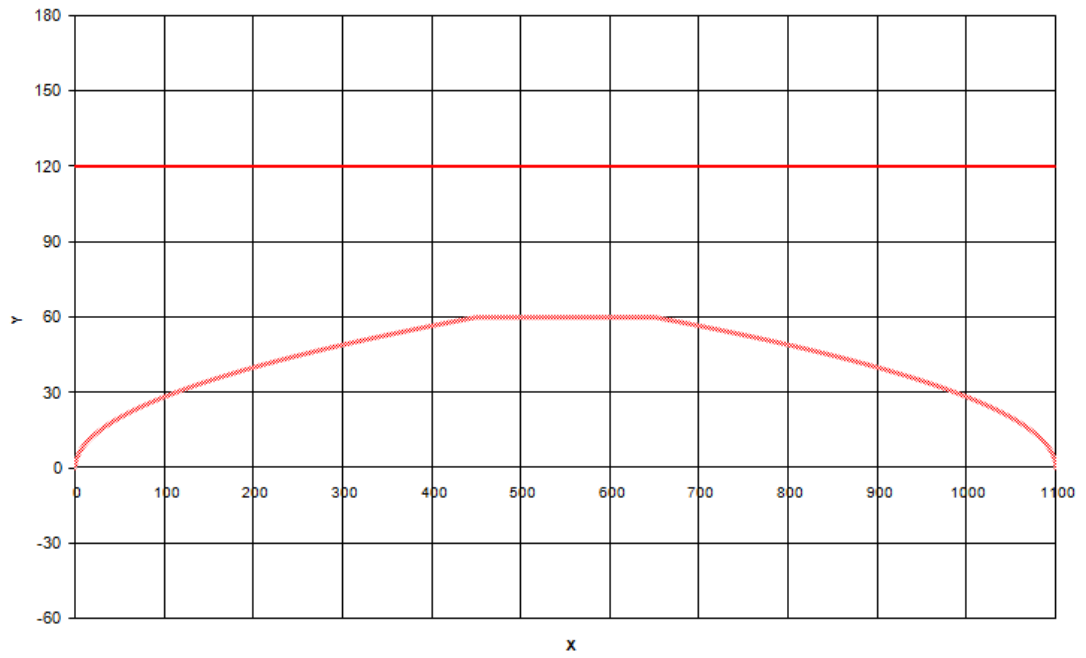
SECCION VARIABLE PLACA



PROPIEDADES GEOMETRICAS DE LA SECCIÓN

Area [mm ²]	78001,16
Ee [mm]	78,00
\bar{x} [mm]	500,00
\bar{y} [mm]	40,39
Ig [mm ⁴]	48475661,88

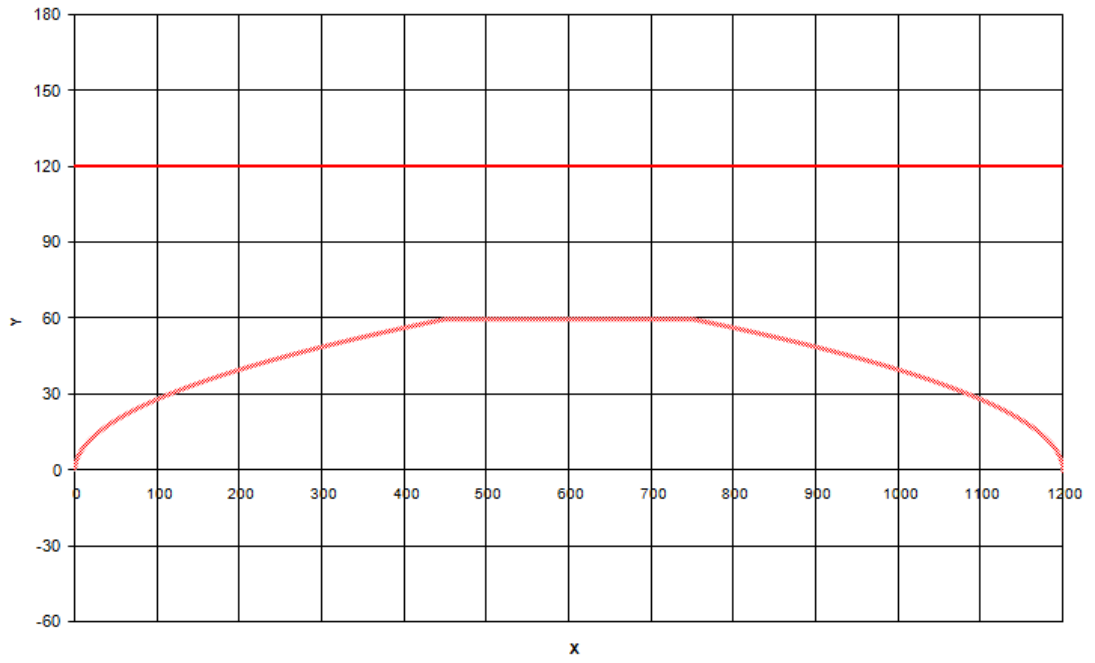
SECCION VARIABLE PLACA



PROPIEDADES GEOMETRICAS DE LA SECCIÓN

Area [mm ²]	84001,16
Ee [mm]	76,36
\bar{x} [mm]	550,00
\bar{y} [mm]	39,64
Ig [mm ⁴]	50876616,58

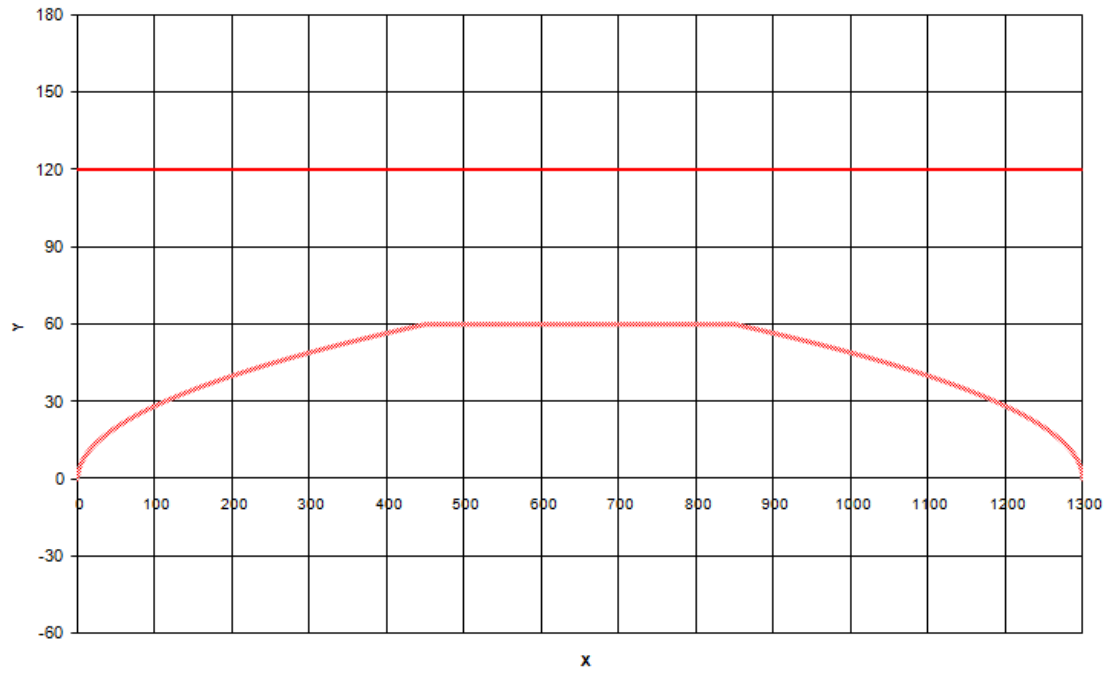
SECCION VARIABLE PLACA



PROPIEDADES GEOMETRICAS DE LA SECCIÓN

Area [mm ²]	90001,16
Ee [mm]	75,00
\bar{x} [mm]	600,00
\bar{y} [mm]	39,00
Ig [mm ⁴]	53197445,02

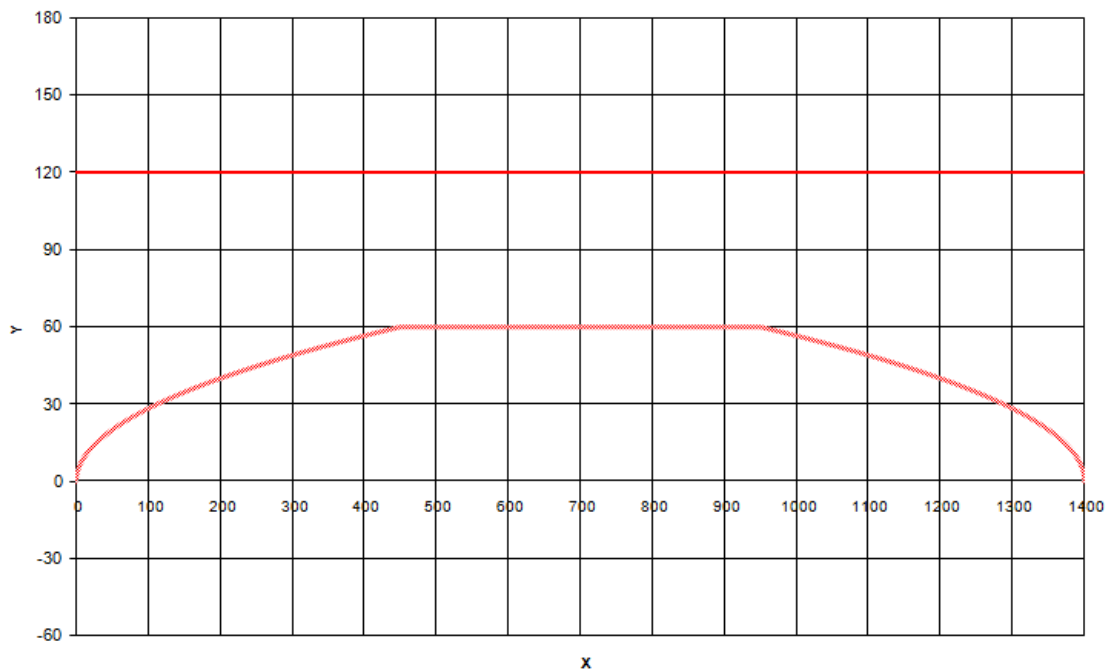
SECCION VARIABLE PLACA



PROPIEDADES GEOMETRICAS DE LA SECCIÓN

Area [mm ²]	96001,16
Ee [mm]	73,85
\bar{x} [mm]	650,00
\bar{y} [mm]	38,44
Ig [mm ⁴]	55453170,70

SECCION VARIABLE PLACA



PROPIEDADES GEOMETRICAS DE LA SECCIÓN

Area [mm ²]	102001,16
Ee [mm]	72,86
\bar{x} [mm]	650,00
\bar{y} [mm]	37,94
Ig [mm ⁴]	57655282,19

MOMENTO POSITIVO

f'c	21	Mpa	h	270	mm
Fy	420	Mpa	d'	40	mm
β	0,8500		d	230	mm
ρ min	0,0018		hf	60	mm
ρ bal	0,0213		bf	750	mm
ρ max	0,0159		bw	100	mm
As max	27,49	cm ²			
As min	3,11	cm ²			

Área barras [mm ²]	
N2	32
N3	71
N4	129
N5	199
N6	284
N7	387
N8	510

combinaciones de barras	REFUERZO					As [mm ²]	bf [mm]	Mn [Kn/m]	a[mm]	a < hf
	Cantidad	Designación	+	Cantidad	Designación					
	1	N3	+	1	N3	142	750	12,23	4	si
1	N3	+	1	N4	200	750	17,15	6	si	
1	N4				129	750	11,12	4	si	
1	N4	+	1	N3	200	750	17,15	6	si	
1	N4	+	1	N4	258	750	22,04	8	si	
1	N4	+	1	N5	328	750	27,88	10	si	
1	N5				199	750	17,07	6	si	
1	N5	+	1	N5	398	750	33,66	12	si	
1	N5	+	1	N6	483	750	40,61	15	si	
1	N6				284	750	24,21	9	si	
1	N6	+	1	N6	568	750	47,47	18	si	

MOMENTO POSITIVO

f'c	24,5	Mpa	h	270	mm
Fy	420	Mpa	d'	40	mm
β	0,8500		d	230	mm
ρ min	0,0018		hf	60	mm
ρ bal	0,0248		bf	750	mm
ρ max	0,0186		bw	100	mm
As max	32,07	cm ²			
As min	3,11	cm ²			

Área barras [mm ²]	
N2	32
N3	71
N4	129
N5	199
N6	284
N7	387
N8	510

combinaciones de barras	REFUERZO					As [mm ²]	bf [mm]	Mn [Kn/m]	a[mm]	a < hf
	Cantidad	Designación	+	Cantidad	Designación					
	1	N3	+	1	N3	142	750	12,24	4	si
1	N3	+	1	N4	200	750	17,18	5	si	
1	N4				129	750	11,13	3	si	
1	N4	+	1	N3	200	750	17,18	5	si	
1	N4	+	1	N4	258	750	22,09	7	si	
1	N4	+	1	N5	328	750	27,97	9	si	
1	N5				199	750	17,10	5	si	
1	N5	+	1	N5	398	750	33,80	11	si	
1	N5	+	1	N6	483	750	40,81	13	si	
1	N6				284	750	24,28	8	si	
1	N6	+	1	N6	568	750	47,74	15	si	

MOMENTO POSITIVO

f'c	28	Mpa	h	270	mm
Fy	420	Mpa	d'	40	mm
β	0,8500		d	230	mm
ρ min	0,0018		hf	60	mm
ρ bal	0,0283		bf	750	mm
ρ max	0,0213		bw	100	mm
As max	36,66	cm ²			
As min	3,11	cm ²			

Área barras [mm ²]	
N2	32
N3	71
N4	129
N5	199
N6	284
N7	387
N8	510

	REFUERZO					As [mm ²]	bf [mm]	Mn [Kn/m]	a[mm]	a < hf
	Cantidad Designación		Cantidad Designación							
combinaciones de barras	1	N3	+	1	N3	142	750	12,26	3	si
	1	N3	+	1	N4	200	750	17,21	5	si
	1	N4				129	750	11,14	3	si
	1	N4	+	1	N3	200	750	17,21	5	si
	1	N4	+	1	N4	258	750	22,13	6	si
	1	N4	+	1	N5	328	750	28,04	8	si
	1	N5				199	750	17,12	5	si
	1	N5	+	1	N5	398	750	33,90	9	si
	1	N5	+	1	N6	483	750	40,95	11	si
	1	N6				284	750	24,33	7	si
	1	N6	+	1	N6	568	750	47,95	13	si

MOMENTO POSITIVO

f'c	21	Mpa	h	320	mm
Fy	420	Mpa	d'	40	mm
β	0,8500		d	280	mm
ρ min	0,0018		hf	60	mm
ρ bal	0,0213		bf	750	mm
ρ max	0,0159		bw	100	mm
As max	33,47	cm ²			
As min	3,78	cm ²			

Área barras [mm ²]	
N2	32
N3	71
N4	129
N5	199
N6	284
N7	387
N8	510

combinaciones de barras	REFUERZO					As [mm ²]	bf [mm]	Mn [Kn/m]	a[mm]	a < hf
	Cantidad	Designación	+	Cantidad	Designación					
	1	N3	+	1	N3	142	750	14,91	4	si
1	N3	+	1	N4	200	750	20,93	6	si	
1	N4				129	750	13,55	4	si	
1	N4	+	1	N3	200	750	20,93	6	si	
1	N4	+	1	N4	258	750	26,91	8	si	
1	N4	+	1	N5	328	750	34,08	10	si	
1	N5				199	750	20,83	6	si	
1	N5	+	1	N5	398	750	41,19	12	si	
1	N5	+	1	N6	483	750	49,74	15	si	
1	N6				284	750	29,58	9	si	
1	N6	+	1	N6	568	750	58,20	18	si	

MOMENTO POSITIVO

f'c	24,5	Mpa	h	320	mm
Fy	420	Mpa	d'	40	mm
β	0,8500		d	280	mm
ρ min	0,0018		hf	60	mm
ρ bal	0,0248		bf	750	mm
ρ max	0,0186		bw	100	mm
As max	39,05	cm ²			
As min	3,78	cm ²			

Área barras [mm ²]	
N2	32
N3	71
N4	129
N5	199
N6	284
N7	387
N8	510

	REFUERZO					As [mm ²]	bf [mm]	Mn [Kn/m]	a[mm]	a < hf
	Cantidad	Designación	+	Cantidad	Designación					
combinaciones de barras	1	N3	+	1	N3	142	750	14,93	4	si
	1	N3	+	1	N4	200	750	20,96	5	si
	1	N4				129	750	13,57	3	si
	1	N4	+	1	N3	200	750	20,96	5	si
	1	N4	+	1	N4	258	750	26,97	7	si
	1	N4	+	1	N5	328	750	34,17	9	si
	1	N5				199	750	20,86	5	si
	1	N5	+	1	N5	398	750	41,32	11	si
	1	N5	+	1	N6	483	750	49,94	13	si
	1	N6				284	750	29,65	8	si
	1	N6	+	1	N6	568	750	58,48	15	si

MOMENTO POSITIVO

f'c	28	Mpa	h	320	mm
Fy	420	Mpa	d'	40	mm
β	0,8500		d	280	mm
p min	0,0018		hf	60	mm
p bal	0,0283		bf	750	mm
p max	0,0213		bw	100	mm
As max	44,63	cm ²			
As min	3,78	cm ²			

Área barras [mm ²]	
N2	32
N3	71
N4	129
N5	199
N6	284
N7	387
N8	510

combinaciones de barras	REFUERZO					As [mm ²]	bf [mm]	Mn [Kn/m]	a[mm]	a < hf
	Cantidad	Designación	Cantidad	Designación						
	1	N3	+	1	N3	142	750	14,94	3	si
1	N3	+	1	N4	200	750	20,99	5	si	
1	N4				129	750	13,58	3	si	
1	N4	+	1	N3	200	750	20,99	5	si	
1	N4	+	1	N4	258	750	27,01	6	si	
1	N4	+	1	N5	328	750	34,24	8	si	
1	N5				199	750	20,89	5	si	
1	N5	+	1	N5	398	750	41,42	9	si	
1	N5	+	1	N6	483	750	50,08	11	si	
1	N6				284	750	29,70	7	si	
1	N6	+	1	N6	568	750	58,68	13	si	

MOMENTO POSITIVO

f'c	21	Mpa	h	370	mm
Fy	420	Mpa	d'	40	mm
β	0,8500		d	330	mm
ρ min	0,0018		hf	60	mm
ρ bal	0,0213		bf	750	mm
ρ max	0,0159		bw	100	mm
As max	39,45	cm ²			
As min	4,46	cm ²			

Área barras [mm ²]	
N2	32
N3	71
N4	129
N5	199
N6	284
N7	387
N8	510

	REFUERZO					As [mm ²]	bf [mm]	Mn [Kn/m]	a[mm]	a < hf
	Cantidad		Designación		+					
	Cantidad	Designación	Cantidad	Designación						
combinaciones de barras	1	N3	+	1	N3	142	750	17,59	4	si
	1	N3	+	1	N4	200	750	24,71	6	si
	1	N4				129	750	15,99	4	si
	1	N4	+	1	N3	200	750	24,71	6	si
	1	N4	+	1	N4	258	750	31,79	8	si
	1	N4	+	1	N5	328	750	40,28	10	si
	1	N5				199	750	24,59	6	si
	1	N5	+	1	N5	398	750	48,71	12	si
	1	N5	+	1	N6	483	750	58,87	15	si
	1	N6				284	750	34,95	9	si
	1	N6	+	1	N6	568	750	68,94	18	si

MOMENTO POSITIVO

f'c	24,5	Mpa	h	370	mm
Fy	420	Mpa	d'	40	mm
β	0,8500		d	330	mm
ρ min	0,0018		hf	60	mm
ρ bal	0,0248		bf	750	mm
ρ max	0,0186		bw	100	mm
As max	46,02	cm ²			
As min	4,46	cm ²			

Área barras [mm ²]	
N2	32
N3	71
N4	129
N5	199
N6	284
N7	387
N8	510

combinaciones de barras	REFUERZO					As [mm ²]	bf [mm]	Mn [Kn/m]	a[mm]	a < hf
	Cantidad	Designación	+	Cantidad	Designación					
	1	N3	+	1	N3	142	750	17,61	4	si
1	N3	+	1	N4	200	750	24,74	5	si	
1	N4				129	750	16,01	3	si	
1	N4	+	1	N3	200	750	24,74	5	si	
1	N4	+	1	N4	258	750	31,84	7	si	
1	N4	+	1	N5	328	750	40,37	9	si	
1	N5				199	750	24,62	5	si	
1	N5	+	1	N5	398	750	48,84	11	si	
1	N5	+	1	N6	483	750	59,06	13	si	
1	N6				284	750	35,02	8	si	
1	N6	+	1	N6	568	750	69,21	15	si	

MOMENTO POSITIVO

f'c	28	Mpa	h	370	mm
Fy	420	Mpa	d'	40	mm
β	0,8500		d	330	mm
ρ min	0,0018		hf	60	mm
ρ bal	0,0283		bf	750	mm
ρ max	0,0213		bw	100	mm
As max	52,59	cm ²			
As min	4,46	cm ²			

Área barras [mm ²]	
N2	32
N3	71
N4	129
N5	199
N6	284
N7	387
N8	510

	REFUERZO					As [mm ²]	bf [mm]	Mn [Kn/m]	a[mm]	a < hf
	Cantidad	Designación		Cantidad	Designación					
			+							
combinaciones de barras	1	N3	+	1	N3	142	750	17,62	3	si
	1	N3	+	1	N4	200	750	24,77	5	si
	1	N4				129	750	16,02	3	si
	1	N4	+	1	N3	200	750	24,77	5	si
	1	N4	+	1	N4	258	750	31,89	6	si
	1	N4	+	1	N5	328	750	40,44	8	si
	1	N5				199	750	24,65	5	si
	1	N5	+	1	N5	398	750	48,94	9	si
	1	N5	+	1	N6	483	750	59,21	11	si
	1	N6				284	750	35,07	7	si
	1	N6	+	1	N6	568	750	69,42	13	si

MOMENTO NEGATIVO

f'c	21	Mpa	h	270	mm
Fy	420	Mpa	d'	40	mm
β	0,8500		d	230	mm
ρ min	0,0018		hw	210	mm
ρ bal	0,0213		bw	100	mm
ρ max	0,0159		bf	750	mm
As max	3,67	cm ²			
As min	0,41	cm ²			

Área barras [mm ²]	
N2	32
N3	71
N4	129
N5	199
N6	284
N7	387
N8	510

combinaciones de barras	REFUERZO						As [mm ²]	bw [mm]	Mn [Kn/m]	a[mm]	a < hw
	Cantidad	Designación	+	Cantidad	Designación						
	1	N3	+	1	N3		142	100	11,45	33	si
1	N3	+	1	N4		200	100	15,61	47	si	
1	N4					129	100	10,48	30	si	
1	N4	+	1	N3		200	100	15,61	47	si	
1	N4	+	1	N4		258	100	19,47	61	si	
1	N4	+	1	N5		328	100	23,73	77	si	
1	N5					199	100	15,54	47	si	
1	N5	+	1	N5		398	100	27,56	94	si	
1	N5	+	1	N6		483	100	31,62	114	si	
1	N6					284	100	21,10	67	si	
1	N6	+	1	N6		568	100	35,03	134	si	

MOMENTO NEGATIVO

f'c	24,5	Mpa	h	270	mm
Fy	420	Mpa	d'	40	mm
β	0,8500		d	230	mm
ρ min	0,0018		hw	210	mm
ρ bal	0,0248		bw	100	mm
ρ max	0,0186		bf	750	mm
As max	4,28	cm ²			
As min	0,41	cm ²			

Área barras [mm ²]	
N2	32
N3	71
N4	129
N5	199
N6	284
N7	387
N8	510

combinaciones de barras	REFUERZO						As [mm ²]	bw [mm]	Mn [Kn/m]	a[mm]	a < hw
	Cantidad	Designación	+	Cantidad	Designación						
	1	N3	+	1	N3	142	100	11,58	29	si	
1	N3	+	1	N4	200	100	15,86	40	si		
1	N4				129	100	10,58	26	si		
1	N4	+	1	N3	200	100	15,86	40	si		
1	N4	+	1	N4	258	100	19,89	52	si		
1	N4	+	1	N5	328	100	24,42	66	si		
1	N5				199	100	15,79	40	si		
1	N5	+	1	N5	398	100	28,56	80	si		
1	N5	+	1	N6	483	100	33,10	97	si		
1	N6				284	100	21,62	57	si		
1	N6	+	1	N6	568	100	37,08	115	si		

MOMENTO NEGATIVO

f'c	28	Mpa	h	270	mm
Fy	420	Mpa	d'	40	mm
β	0,8500		d	230	mm
ρ min	0,0018		hw	210	mm
ρ bal	0,0283		bw	100	mm
ρ max	0,0213		bf	750	mm
As max	4,89	cm ²			
As min	0,41	cm ²			

Área barras [mm ²]	
N2	32
N3	71
N4	129
N5	199
N6	284
N7	387
N8	510

combinaciones de barras	REFUERZO						As [mm ²]	bw [mm]	Mn [Kn/m]	a[mm]	a < hw
	Cantidad	Designación	+	Cantidad	Designación						
	1	N3	+	1	N3	142	100	11,67	25	si	
1	N3	+	1	N4	200	100	16,05	35	si		
1	N4				129	100	10,66	23	si		
1	N4	+	1	N3	200	100	16,05	35	si		
1	N4	+	1	N4	258	100	20,21	46	si		
1	N4	+	1	N5	328	100	24,93	58	si		
1	N5				199	100	15,98	35	si		
1	N5	+	1	N5	398	100	29,32	70	si		
1	N5	+	1	N6	483	100	34,21	85	si		
1	N6				284	100	22,00	50	si		
1	N6	+	1	N6	568	100	38,62	100	si		

MOMENTO NEGATIVO

f'c	21	Mpa	h	320	mm
Fy	420	Mpa	d'	40	mm
β	0,8500		d	280	mm
p min	0,0018		hw	260	mm
p bal	0,0213		bw	100	mm
p max	0,0159		bf	750	mm
As max	4,46	cm ²			
As min	0,50	cm ²			

Área barras [mm ²]	
N2	32
N3	71
N4	129
N5	199
N6	284
N7	387
N8	510

combinaciones de barras	REFUERZO					As [mm ²]	bw [mm]	Mn [Kn/m]	a[mm]	a < hw
	Cantidad	Designación	+	Cantidad	Designación					
	1	N3	+	1	N3	142	100	14,13	33	si
1	N3	+	1	N4	200	100	19,39	47	si	
1	N4				129	100	12,91	30	si	
1	N4	+	1	N3	200	100	19,39	47	si	
1	N4	+	1	N4	258	100	24,35	61	si	
1	N4	+	1	N5	328	100	29,93	77	si	
1	N5				199	100	19,30	47	si	
1	N5	+	1	N5	398	100	35,08	94	si	
1	N5	+	1	N6	483	100	40,75	114	si	
1	N6				284	100	26,47	67	si	
1	N6	+	1	N6	568	100	45,77	134	si	

MOMENTO NEGATIVO

f'c	24,5	Mpa	h	320	mm
Fy	420	Mpa	d'	40	mm
β	0,8500		d	280	mm
ρ min	0,0018		hw	260	mm
ρ bal	0,0248		bw	100	mm
ρ max	0,0186		bf	750	mm
As max	5,21	cm ²			
As min	0,50	cm ²			

Área barras [mm ²]	
N2	32
N3	71
N4	129
N5	199
N6	284
N7	387
N8	510

combinaciones de barras	REFUERZO					As [mm ²]	bw [mm]	Mn [Kn/m]	a[mm]	a < hw
	Cantidad Designación		Cantidad Designación							
	1	N3	+	1	N3	142	100	14,26	29	si
	1	N3	+	1	N4	200	100	19,64	40	si
	1	N4				129	100	13,02	26	si
	1	N4	+	1	N3	200	100	19,64	40	si
	1	N4	+	1	N4	258	100	24,77	52	si
	1	N4	+	1	N5	328	100	30,61	66	si
	1	N5				199	100	19,55	40	si
	1	N5	+	1	N5	398	100	36,09	80	si
	1	N5	+	1	N6	483	100	42,23	97	si
	1	N6				284	100	26,98	57	si
	1	N6	+	1	N6	568	100	47,82	115	si

MOMENTO NEGATIVO

f'c	28	Mpa	h	320	mm
Fy	420	Mpa	d'	40	mm
β	0,8500		d	280	mm
ρ min	0,0018		hw	260	mm
ρ bal	0,0283		bw	100	mm
ρ max	0,0213		bf	750	mm
As max	5,95	cm ²			
As min	0,50	cm ²			

Área barras [mm ²]	
N2	32
N3	71
N4	129
N5	199
N6	284
N7	387
N8	510

combinaciones de barras	REFUERZO						As [mm ²]	bw [mm]	Mn [Kn/m]	a[mm]	a < hw		
	Cantidad		Designación		Cantidad							Designación	
	1		N3	+	1		N3	142	100	14,36	25	si	
	1		N3	+	1		N4	200	100	19,83	35	si	
	1		N4					129	100	13,10	23	si	
	1		N4	+	1		N3	200	100	19,83	35	si	
	1		N4	+	1		N4	258	100	25,09	46	si	
	1		N4	+	1		N5	328	100	31,13	58	si	
	1		N5					199	100	19,74	35	si	
	1		N5	+	1		N5	398	100	36,84	70	si	
	1		N5	+	1		N6	483	100	43,34	85	si	
	1		N6					284	100	27,37	50	si	
	1		N6	+	1		N6	568	100	49,36	100	si	

MOMENTO NEGATIVO

f'c	21	Mpa	h	370	mm
Fy	420	Mpa	d'	40	mm
β	0,8500		d	330	mm
p min	0,0018		hw	310	mm
p bal	0,0213		bw	100	mm
p max	0,0159		bf	750	mm
As max	5,26	cm ²			
As min	0,59	cm ²			

Área barras [mm ²]	
N2	32
N3	71
N4	129
N5	199
N6	284
N7	387
N8	510

combinaciones de barras	REFUERZO						As [mm ²]	bw [mm]	Mn [Kn/m]	a[mm]	a < hw
	Cantidad	Designación		Cantidad	Designación						
	1	N3	+	1	N3		142	100	16,82	33	si
1	N3	+	1	N4		200	100	23,17	47	si	
1	N4					129	100	15,35	30	si	
1	N4	+	1	N3		200	100	23,17	47	si	
1	N4	+	1	N4		258	100	29,22	61	si	
1	N4	+	1	N5		328	100	36,13	77	si	
1	N5					199	100	23,06	47	si	
1	N5	+	1	N5		398	100	42,60	94	si	
1	N5	+	1	N6		483	100	49,87	114	si	
1	N6					284	100	31,84	67	si	
1	N6	+	1	N6		568	100	56,51	134	si	

MOMENTO NEGATIVO

f'c	24,5	Mpa	h	370	mm
Fy	420	Mpa	d'	40	mm
β	0,8500		d	330	mm
ρ min	0,0018		hw	310	mm
ρ bal	0,0248		bw	100	mm
ρ max	0,0186		bf	750	mm
As max	6,14	cm ²			
As min	0,59	cm ²			

Área barras [mm ²]	
N2	32
N3	71
N4	129
N5	199
N6	284
N7	387
N8	510

combinaciones de barras	REFUERZO					As [mm ²]	bw [mm]	Mn [Kn/m]	a[mm]	a < hw
	Cantidad	Designación	+	Cantidad	Designación					
	1	N3		1	N3	142	100	16,94	29	si
1	N3	+	1	N4	200	100	23,42	40	si	
1	N4				129	100	15,46	26	si	
1	N4	+	1	N3	200	100	23,42	40	si	
1	N4	+	1	N4	258	100	29,65	52	si	
1	N4	+	1	N5	328	100	36,81	66	si	
1	N5				199	100	23,31	40	si	
1	N5	+	1	N5	398	100	43,61	80	si	
1	N5	+	1	N6	483	100	51,36	97	si	
1	N6				284	100	32,35	57	si	
1	N6	+	1	N6	568	100	58,55	115	si	

MOMENTO NEGATIVO

f'c	28	Mpa	h	370	mm
Fy	420	Mpa	d'	40	mm
β	0,8500		d	330	mm
ρ min	0,0018		hw	310	mm
ρ bal	0,0283		bw	100	mm
ρ max	0,0213		bf	750	mm
As max	7,01	cm ²			
As min	0,59	cm ²			

Área barras [mm ²]	
N2	32
N3	71
N4	129
N5	199
N6	284
N7	387
N8	510

combinaciones de barras	REFUERZO						As [mm ²]	bw [mm]	Mn [Kn/m]	a[mm]	a < hw		
	Cantidad		Designación		Cantidad							Designación	
	1		N3	+	1		N3	142	100	17,04	25	si	
	1		N3	+	1		N4	200	100	23,61	35	si	
	1		N4					129	100	15,54	23	si	
	1		N4	+	1		N3	200	100	23,61	35	si	
	1		N4	+	1		N4	258	100	29,96	46	si	
	1		N4	+	1		N5	328	100	37,33	58	si	
	1		N5					199	100	23,50	35	si	
	1		N5	+	1		N5	398	100	44,36	70	si	
	1		N5	+	1		N6	483	100	52,47	85	si	
	1		N6					284	100	32,74	50	si	
	1		N6	+	1		N6	568	100	60,09	100	si	

**ANEXO B-MALLAS ELECTROSOLDADAS
STANDARD MARCA DIACO**

MALLAS ELECTROSOLDADAS STANDARD.

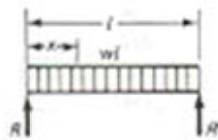
TIPO	Referencias Equivalente	Ø	Espacio	No. VARIAS	PESO PANFI	SECCIÓN cm ² /mt	TIPO	Referencias Equivalente	Ø	Espacio	No. VARIAS	PESO PANFI	SECCIÓN cm ² /mt
R-1	H-04	L3.0 T3.0	15 25	16 24	8.45	0.47 0.28	Q-0	M-024	L T3.0	30	8 20	5.26	0.24
R-2	H-071	L3.0 T3.0	10 15	24 40	13.19	0.71 0.47	Q-1	E-047	L T3.0	15	16 40	10.53	0.47
R-2.1	H-084	L4.0 T4.0	15 25	16 24	15.01	0.84 0.50	Q-1.1	M-084	L T3.5	15	16 40	14.33	0.64
R2.1d		L4.0d T4.0	15 25	32 24	24.47	1.68 0.50	Q-2	M-084	L T4.0	15	16 40	18.72	0.84
R-2.2		L4.0 T4.0	25 35	10 18	10.08	0.50 0.38	Q-2.1	E-050	L T4.0	25	10 24	11.47	0.50
R-2.3		L4.0 T4.0	20 30	12 20	11.72	0.63 0.42	Q-2.2		L T4.0	20	12 30	14.04	0.63
R-3	H-106R	L4.5 T3.0	15 25	16 24	15.10	1.06 0.28	Q-3	M-106	L T4.5	15	16 40	23.69	1.06
R-3.1	H-131	L5.0 T4.0	15 30	16 20	19.41	1.31 0.42	Q-3.1	M131	L T5.0	15	16 40	29.25	1.31
R-3.2	H-158	L5.5 T4.0	15 25	16 24	23.44	1.58 0.50	Q-3.2	L-038	L T5.0	20	12 30	21.63	0.98
R-3.3	H-106	L4.5 T4.0	15 25	16 24	17.53	1.06 0.50	Q-4	M-159	L T5.5	15	16 40	35.39	1.59
R3.4d		L5.0d T4.5	15 25	32 24	36.59	2.62 0.64	Q-5	M-188	L T6.0	15	16 40	42.12	1.89
R-4	H-283	L6.0 T5.0	10 25	24 24	40.61	2.83 0.78	Q-6	M-221	L T6.5	15	16 40	49.43	2.21
R-5	H-335R	L8.0 T6.0	15 20	16 30	53.46	3.35 1.42	Q-8.1	M-262	L T7.0	15	16 40	57.33	2.57
R-5.1	H-378	L8.5 T5.0	15 25	16 24	51.39	3.78 0.78	Q-7	M-295	L T7.5	15	16 40	65.81	2.95
R-5.2	H-442R	L7.5 T5.5	10 15	24 24	60.38	4.42 0.95	Q-7.1	M-335	L T8.0	15	16 40	74.88	3.35

R-5.3	H-335	L8.0 T5.0	15 25	16 24	46.51	3.35 0.79	Q-8	M-378	L T8.5	15	16 40	84.53	3.78
R-6	H-503	L8.0 T6.0	10 20	24 30	72.38	5.03 1.42	Q-9	M-442	L T7.5	10	24 60	98.71	4.42
R-7	H-587	L8.5 T6.0	10 20	24 30	79.89	5.87 1.42	Q-10	M-587	L T8.5	10	24 60	126.79	5.67
R-8	H-106	L5.0 T3.5	10 30	24 20	25.71	1.06 0.32	<p>L= Longitudinal T= Transversal d= Alambres dobles en el sentido longitudinal</p> <p>Dimensión Panel= 6.00 x 2.35 mts. Area Total= 14.10 mts. Area Util= 13.40 mts.</p> <p>Mallas especiales según requerimiento</p>						
R-8.1	H-221	L6.5 T4.0	15 25	16 24	2.21 30.53	0.50							
R-8.2	H-257	L7.0 T5.0	15 25	16 24	37.85	2.57 0.78							
R8.3d	H-531	L7.0d T6.0	15 25	32 24	70.43	5.13 1.13							

ANEXO C- TABLAS DE DEFLEXIONES PARA CONDICIONES DE APOYO MÁS COMUNES

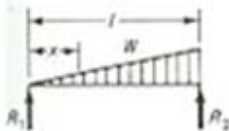
TABLAS DE DEFLEXIONES PARA CONDICIONES DE APOYO MÁS COMUNES

Extraído de fundamentos básicos del concreto reforzado Edward Nawy.



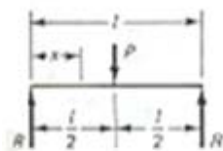
$$M_x = \frac{wx}{2} (l - x)$$

$$\Delta_{\max} \text{ (en el centro)} = \frac{5wx^4}{384EI}$$



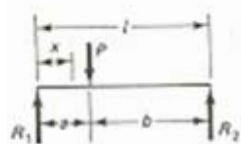
$$\Delta_{\max} \left(\text{en } x = l \sqrt{1 - \sqrt{\frac{8}{15}}} = 0.5193l \right) = 0.01304 \frac{Wl^3}{EI}$$

$$\Delta_x = \frac{Wx}{180EI l^2} (3x^4 - 10l^2x^2 + 7l^4)$$



$$\Delta_{\max} \text{ (bajo la carga)} = \frac{Pl^3}{48EI}$$

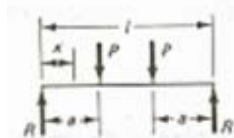
$$\Delta_x \text{ (cuando } x < \frac{l}{2}) = \frac{Px}{48EI} (3l^2 - 4x^2)$$



$$\Delta_{\max} \left(\text{en } x = \frac{\sqrt{3ab(a+2b)}}{3} \text{ cuando } a > b \right) = \frac{P_2b(a+2b)\sqrt{3ab(a+2b)}}{27EI l}$$

$$\Delta_x \text{ (bajo la carga)} = \frac{Px^2b^2}{3EI l}$$

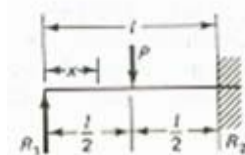
$$\Delta_x \text{ (cuando } x < a) = \frac{Pbx}{6EI l} (l^2 - b^2 - x^2)$$



$$\Delta_{\max} \text{ (en el centro)} = \frac{Pb}{24EI} (3l^2 - 4a^2)$$

$$\Delta_x \text{ (cuando } x < a) = \frac{Px}{6EI} (3a - 3a^2 - x^2)$$

$$\Delta_x \text{ (cuando } x > a \text{ y } < (l - a)) = \frac{Pb}{6EI} (3(x - 3a^2 - a^2))$$

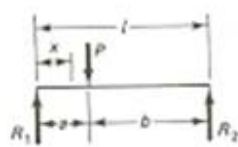


$$\Delta_{\max} \left(\text{en } x = l \sqrt{\frac{1}{6}} = 0.4472l \right) = \frac{Pl^3}{48EI \sqrt{6}} = 0.009317 \frac{Pl^3}{EI}$$

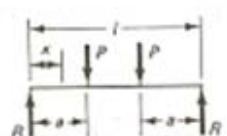
$$\Delta_x \text{ (bajo la carga)} = \frac{7Pl^3}{768EI}$$

$$\Delta_x \text{ (cuando } x < \frac{l}{2}) = \frac{Px}{96EI} (3l^2 - 5x^2)$$

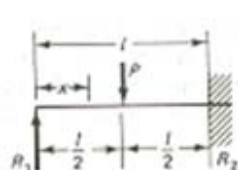
$$\Delta_x \text{ (cuando } x > \frac{l}{2}) = \frac{P}{96EI} (x - l)^2 (11x - 2l)$$



$\Delta_{\text{máx}}$ (en $x = \sqrt{\frac{a(b+2b)}{3}}$ cuando $a > b$) = $\frac{Pab(b+2b)\sqrt{3a(b+2b)}}{27EI l}$
 Δx (bajo la carga) = $\frac{Pa^2b^2}{3EI l}$
 Δx (cuando $x < a$) = $\frac{Pbx}{6EI l} (l^2 - b^2 - x^2)$



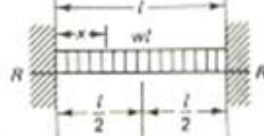
$\Delta_{\text{máx}}$ (en el centro) = $\frac{Pa}{24EI} (3l^2 - 4a^2)$
 Δx (cuando $x < a$) = $\frac{Px}{6EI} (3a - 3a^2 - x^2)$
 Δx (cuando $x > a$ y $< (l-a)$) = $\frac{Px}{6EI} (3a - 3a^2 - a^2)$



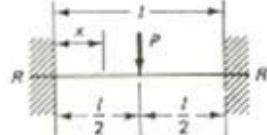
$\Delta_{\text{máx}}$ (en $x = l \sqrt{\frac{1}{5}} = 0,4472l$) = $\frac{Pl^3}{48EI \sqrt{5}} = 0,006317 \frac{Pl^3}{EI}$
 Δx (bajo la carga) = $\frac{7Pl^3}{768EI}$
 Δx (cuando $x < \frac{l}{2}$) = $\frac{Px}{96EI} (3l^2 - 5x^2)$
 Δx (cuando $x > \frac{l}{2}$) = $\frac{P}{96EI} (x - l)^2 (11x - 2l)$



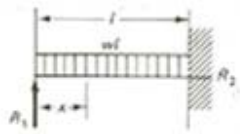
$\Delta_{\text{máx}}$ (en el extremo libre) = $\frac{wl^4}{8EI}$
 Δx = $\frac{w}{24EI} (x^4 - 4l^3x + 3l^4)$



$\Delta_{\text{máx}}$ (en el centro) = $\frac{wl^4}{384EI}$
 Δx = $\frac{wx^2}{24EI} (l-x)^2$

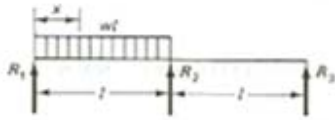


$\Delta_{\text{máx}}$ (en el centro) = $\frac{Pl^3}{192EI}$
 Δx (cuando $x < \frac{l}{2}$) = $\frac{Px^2}{48EI} (3l - 4x)$

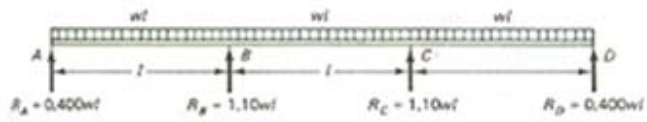


$$\Delta_{\max} \left(\text{em } x = \frac{l}{16} (1 + \sqrt{33}) = 0,4215l \right) = \frac{wl^4}{185EI}$$

$$\Delta x = \frac{wx}{48EI} (l^3 - 3lx^2 + 2x^3)$$

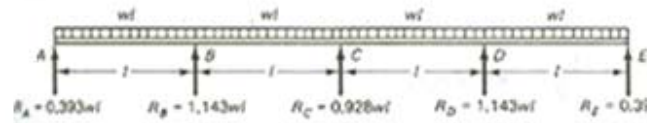


$$\Delta_{\max} (0,47l \text{ de } R_1) = \frac{0,0092wl^4}{EI}$$



$$R_A = 0,400wl \quad R_B = 1,10wl \quad R_C = 1,10wl \quad R_D = 0,400wl$$

$$\Delta_{\max} (0,446l \text{ de } A \text{ o } D) = \frac{0,0069wl^4}{EI}$$



$$R_A = 0,393wl \quad R_B = 1,143wl \quad R_C = 0,928wl \quad R_D = 1,143wl \quad R_E = 0,393wl$$

$$\Delta_{\max} (0,440l \text{ de } A \text{ o } E) = \frac{0,0055wl^4}{EI}$$