



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
TRABAJO ESPECIAL DE GRADO



**DISEÑO DE UN SOFTWARE PARA EL CÁLCULO DE LOSAS
DE CONCRETO ARMADAS EN DOS DIRECCIONES
SEGÚN LA NORMA COVENIN 1753-2006**

AUTOR:

Raga R. Adacil J.

TUTOR:

Ing. Martínez Edson

Valencia, Julio del 2011.



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
TRABAJO ESPECIAL DE GRADO



**DISEÑO DE UN SOFTWARE PARA EL CÁLCULO DE LOSAS
DE CONCRETO ARMADAS EN DOS DIRECCIONES SEGÚN LA
NORMA COVENIN 1753-2006**

**TRABAJO ESPECIAL DE GRADO PRESENTADO ANTE LA ILUSTRE
UNIVERSIDAD DE CARABOBO PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL.**

AUTOR:

Raga R. Adacil J.

TUTOR:

Ing. Martínez Edson

Valencia, Julio del 2011.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar quiero agradecerle a *Dios y a los Santos*, por ser mi fortaleza, por guiarme y protegerme en cada momento de mi vida para hacer posible una de mis más preciadas metas.

Quiero agradecerles a mis *Padres y Hermanos*, por estar siempre a mi lado, por impulsarme a conseguir mis más anheladas metas ya que gracias a ellos, soy la persona que soy hoy en día, por sus enseñanzas, por apoyarme y darme ánimo en los momentos más difíciles no solo de mi carrera sino de toda mi vida.

A mi esposa *july, (mi vida)* que con mucho cariño me ha apoyado en las buenas y en las malas, ayudándome a salir adelante sin importar el obstáculo, a lo largo de mi carrera y sobre todo por haber soportado tanto tiempo a mi lado, (Pd: espero que lo sigas haciendo ok)

A lo más grande que tengo en mi vida "*mi Angelito*", a ti hijo, que desde que llegaste a nuestras vidas me hiciste cambiar completamente y gracias a ese cambio te estoy haciendo esta dedicatoria ahora. Te amo!

A mi compadre *Mario Moreno*, por su gran colaboración, paciencia, dedicación y tiempo aportado en la realización del software. (Hey!... y también por las buenas comidas que allí se dieron cita.)

Al excelente *prof. Edson Martínez*, tutor de este trabajo, por guiarme, por su amistad y por estar siempre dispuesto a ayudarme en la realización de este trabajo de grado.

Al resto de mi familia (incluyendo a la de mi esposa que en cierta forma también es la mía), especialmente a mi abuelo José Gregorio y mi tío Alfredo (tirri), por estar siempre pendientes y no dejar de creer en mí.

A Todos mis amigos, los que siguieron y los que se fueron, por ayudarme en los momentos más difíciles, por compartir y disfrutar conmigo de los mejores momentos durante mi carrera.

Y a *todos los profesores* de la facultad de ingeniería de la Universidad de Carabobo, especialmente a los profesores de la escuela de Ingeniería Civil. Ya que son ellos los que con esfuerzo y dedicación nos ayudan a comprender los detalles de esta hermosa carrera, dándonos aire para seguir adelante, ayudando a hacer realidad este gran sueño de ser Ingeniero Civil.

Adacil Jr. Raga Rojas.

UNIVERSIDAD DE CARABOBO.
FACULTAD DE INGENIERÍA.
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL.
TRABAJO ESPECIAL DE GRADO.

**“DISEÑO DE UN SOFTWARE PARA EL CÁLCULO DE LOSAS
NERVADAS Y MACIZAS ARMADAS EN DOS DIRECCIONES
EN FUNCION A LA NORMA COVENIN 1753-2006”**

TUTOR:

Ing. Edson Martínez.

AUTOR:

Adacil J. Raga R.

RESUMEN

El objetivo principal de este trabajo está basado en el diseño de un software para el cálculo de losas nervadas y macizas armadas en dos direcciones. La codificación del software se realizó bajo el lenguaje de programación Fox-Pro. El software está fundamentado en las teorías de diseño de losas por el método del pórtico equivalente, esto siguiendo con los parámetros exigidos por las normas que rigen el diseño de estructuras de concreto armado en Venezuela.

Con este software se obtiene como resultado final; partiendo de las solicitaciones a las que está sometida la losa, los porcentajes de acero necesarios para resistir dichas solicitaciones sin llegar a su falla, así como los momentos y cortantes actuantes y resistentes y longitud de macizado (si el tipo de losa es nervada) de dicha losa en estudio para casos de maciza o nervada.

Palabras Claves: software, losas en concreto armadas en dos direcciones, método del pórtico equivalente, norma covenin 1753-2006, lenguaje de programación fox pro

UNIVERSIDAD DE CARABOBO.
FACULTAD DE INGENIERÍA.
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL.
TRABAJO ESPECIAL DE GRADO.

**“DISEÑO DE UN SOFTWARE PARA EL CÁLCULO DE LOSAS
NERVADAS Y MACIZAS ARMADAS EN DOS DIRECCIONES
EN FUNCION A LA NORMA COVENIN 1753-2006”**

TUTOR:

Ing. Edson Martínez.

AUTOR:

Adacil J. Raga R.

ABSTRACT

The main objective of this work is based on the design of software for the calculation of ribbed slabs and massive armed in two directions. The software coding was performed under the programming language of Fox-Pro. The software is based on theories of design of slabs by the method of gate equivalent, this according to the parameters required by the rules governing the design of concrete structures in Venezuela.

This software is obtained as final result based on the stresses to which is under the slab, the percentages of steel needed to resist these solicitations without his fault, as well as moments and shear and strong acting and solid length (if the slab is ribbed type) of the slab studied in cases of solid or ribbed.

Keywords: software, reinforced concrete slabs in two directions, equivalent gate method, COVENIN 1753-2006, fox pro programming language.

INDICE GENERAL

Índice de Figuras.....	Pág xiv	
Introducción.....	1	
 CAPITULO I: EL PROBLEMA		
Planteamiento del problema.....	3	
Formulación del Problema.....	3	
Objetivos de la investigación.....	4	
Justificación del estudio.....	5	
Alcance.....	6	
Limitaciones.....	6	
	7	
 CAPITULO II: MARCO TEORICO		
Antecedentes.....	8	
Bases teóricas.....	9	
 CAPITULO III: MARCO METODOLOGICO		
Tipo de investigación.....	29	
Diseño de la investigación.....	29	
Descripción de la metodología.....	30	
Técnicas e instrumentos de recolección de información.....	32	
Análisis de datos.....	33	
 CAPITULO IV: LA PROPUESTA		
Diagrama de Flujo.....	34	
Requerimientos del sistema.....	35	
Procedimiento y ejercicio resuelto.....	35	
 CONCLUSIONES.....		91
RECOMENDACIONES.....		93
BIBLIOGRAFIA.....		94
GUÍA DE MANEJO DEL SOFTWARE.....		95

Índice de figuras y tablas

Figuras	Pág.
Figura 1. Componentes de una losa.....	9
Figura 2. a) Losas apoyadas sobre vigas. b) Losas apoyadas sobre muros.....	10
Figura 3. Esquema de losas planas.....	11
Figura 4. Vista del encofrado de un entrepiso conformado por losas unidireccionales.....	12
Figura 5. Sección típica de losa nervada.....	13
Figura 6. Dibujo del ejercicio a realizar. <i>Fuente: Creación Propia</i>	35
Figura 7. Valores mínimos y máximos del nervio.....	44
Figura 8. Secciones transversales de la franja de diseño.....	47
Figura 9. Descomposición en rectángulos de vigas extremas.....	62
Figura 10. Descomposición en rectángulos de vigas internas.....	63
Figura 11. Distribución de cortantes por pórtico. Fuente: Elaboración propia.....	83
Figura 12. Ubicación del Momento Positivo Fuente: Elaboración propia....	86
Tablas	
Tabla 1. Altura mínima en función a las condiciones de la losa.....	15
Tabla 2.1. Porcentaje de los momentos totales que se asignan a las franjas de columnas.....	26
Tabla 2.2. Distribución de los momentos de las franjas de columnas entre vigas y losas.....	27
Diagrama de Flujo	34
Tabla 3.1. Dimensiones de vigas en la dirección de X e Y para el ejemplo.	38
Tabla 3.2. Dimensiones de columnas para el ejercicio.....	39
Tabla 4. Resultados de inercia 2, por sentido para cada nodo de la estructura.....	52
Tabla 5.1. Valores de λ en cada cara de columna en el sentido X.....	54
Tabla 5.2. Valores de λ en cada cara de columna en el sentido Y.....	54
Tabla 6.1. Valores de factor de rigidez y transporte provenientes de la grafica de Gonzales Cuevas en el sentido X.....	55
Tabla 6.2. Valores de factor de rigidez y transporte provenientes de la grafica de Gonzales Cuevas en el sentido Y.....	56
Tabla 7.1. Valores de factor de rigidez K en el sentido X.....	56

Tabla 7.2. Valores de factor de rigidez K en el sentido Y.....	57
Tabla 8.1. Valores de Momento provenientes de la Ec. 6 en el sentido X...	57
Tabla 8.2. Valores de Momento provenientes de la Ec. 5 en el sentido Y...	57
Tabla 9.1. Valores de inercia de las columnas inferiores.....	58
Tabla 9.2. Valores de inercia de las columnas en el piso superior.....	59
Tabla 10.1. Valores de λ , kgraf, FT y K de las columnas en el piso inferior por sentido.....	60
Tabla 10.2. Valores de λ , kgraf, FT y K de las columnas en el piso superior por sentido.....	60
Tabla 11. Valores de C tanto para las vigas en X como las vigas en Y.....	66
Tabla 12. Valores de Kt en cada nodo de la estructura en ambos sentidos.	67
Tabla 13. Inercia de franja de losa por sentidos.....	68
Tabla 14.1. Valores de Kta de cada nodo en el sentido de X.....	69
Tabla 14.2. Valores de Kta de cada nodo en el sentido de Y.....	70
Tabla 15.1. Valores de Kec de cada nodo en el sentido de X.....	71
Tabla 15.2. Valores de Kec de cada nodo en el sentido de Y.....	71
Tabla 16.1. Factor de distribución en el pórtico 1 para cada nodo respectivo, en X.....	72
Tabla 16.2. Factor de distribución en el pórtico 2 para cada nodo respectivo, en X.....	72
Tabla 16.3. Factor de distribución en el pórtico 3 para cada nodo respectivo, en X.....	73
Tabla 16.4. Factor de distribución en el pórtico 4 para cada nodo respectivo, en X.....	73
Tabla 16.5. Factor de distribución en el pórtico A para cada nodo respectivo, en Y.....	73
Tabla 16.6. Factor de distribución en el pórtico B para cada nodo respectivo, en Y.....	74
Tabla 16.7. Factor de distribución en el pórtico C para cada nodo respectivo, en Y.....	74
Tabla 17.1. Método de Cross para la franja A	75
Tabla 17.2. Método de Cross para la franja 1.....	76
Tabla 17.2. Método de Cross, Valores correspondientes a las franjas en sentido X	78
Tabla 17.3. Método de Cross, Valores correspondientes a las franjas en sentido Y.....	78
Tabla 18.1. Valores de Ib, Is y el resultado de α_1 en el sentido X.....	80
Tabla 18.2. Valores de Ib, Is y el resultado de α_1 en el sentido Y.....	80
Tabla 19. Valores de β_t por sentido en cada extremo.....	81

Tabla 20. Valores de $L2/L1$ por sentido en cada extremo.....	81
Tabla 21. Valores de porcentajes y momentos resultantes en la franja 1....	82
Tabla 22. Valores de Cortantes resultantes en la franja 1.....	84
Tabla 23. Valores de Momentos Positivos resultantes en la franja 1.....	86
Tabla 24. Valores de porcentajes y momentos positivos totales resultantes en la franja1	86
Tabla 25. Valores de porcentajes y momentos resultantes en la franja 1...	88
Tabla 26. Informe final para la franja 1.....	90

INTRODUCCIÓN.

El hecho de construir es algo que se hace desde tiempos pre-históricos, y con el pasar del tiempo su evolución es notable, desde la construcción realizada por ensayo y error hasta la actualidad donde se pre-dimensiona y se hacen los ensayos respectivos para asegurar que una vez hecha la construcción, ésta sea exitosa (si se siguen los parámetros establecidos).

Desde aquella 1era época, han surgido tanto, nuevos materiales, como nuevas teorías de cálculos, y muchas de éstas son en base a esos resultados de ensayo y error. Así mismo, también la tecnología. Y estos dos campos (la construcción y la tecnología informática), se han unido para crear nuevos métodos de diseños más eficientes y eficaces, con la finalidad de aminorar los errores de diseño, optimizar los resultados y disminuir el tiempo de obtención de los mismos.

Por muchos años los cálculos de edificaciones se realizaban manualmente, es decir se aplicaban las teorías de diseño a cada uno de los elementos de la estructura por separado, y si bien esto tomaba menos tiempo que las construcciones en la antigüedad, los tiempos de diseños se tornaban algo excesivos, siendo ésta una operación muy laboriosa.

Con esta investigación se busca unificar el lenguaje de programación Fox-Pro con las teorías de diseño de losas de concreto armadas en dos direcciones; este lenguaje artificial se utiliza para definir una secuencia de instrucciones correspondientes al método de cálculo de análisis del pórtico equivalente, para luego ser procesadas por un computador y obtener rápidamente el diseño de la sección solicitada; es decir, los valores de

momento, cortantes y el acero necesario para que ésta soporte las cargas a las que estará sometida durante su vida útil.

Con este software se logra disminuir el tiempo de cálculo y diseño de losas de concreto armadas en dos direcciones, así como también los errores humanos que se pudiesen cometer en los cálculos manuales.

CAPITULO I

EL PROBLEMA.

Planteamiento del problema

A medida que el tiempo avanza el hombre se esmera en hacer de los cálculos estructurales, algo simple. Gracias a la tecnología de hoy en día se puede disminuir el tiempo empleado en el cálculo y diseño de estructuras y así facilitarle al calculista el proceso como tal, esto se logra mediante el uso de software o programas de computadoras que realiz an el mismo proceso en un intervalo de tiempo mucho menor.

Cabe destacar que las computadoras son parte esencial del desarrollo humano, por ende es de suma importancia el conocimiento y aplicación de las ventajas que éstas ofrecen. Los programas creados con la finalidad de facilitar los cálculos cada vez se hacen más comunes y nuestro país no se escapa de esto.

En la actualidad existen muchos programas para el cálculo estructural pero muchas veces éstos son de difícil acceso o de manejo complejo para los estudiantes, por lo que se hace necesario proponer en las casas de estudio la elaboración de programas que se conviertan en una herramienta útil para los usuarios

En la Universidad de Carabobo no se hace énfasis en el estudio y aplicaciones de éste tipo de programas. Los creados por ya egresados de ésta casa de estudio, están obsoletos y requieren de actualizaciones.

Tal es el caso del “diseño de software para el cálculo de losas de concreto armadas en dos direcciones” (Leonidas Guillen L, 2003). Dicho software requiere de una actualización y a su vez la adaptación a la norma vigente COVENIN 1753–2006 “PROYECTO Y CONSTRUCCION DE OBRAS EN CONCRETO ESTRUCTURAL”.

Por esta razón, surge la necesidad de crear un programa con la norma vigente y de fácil manejo para el usuario en un lenguaje actual como lo es el FOX-PRO. Tomando en cuenta además el procedimiento para el cálculo y diseño de losas de concreto propuesto en marzo del 2008 (Rosangel Esquivel), donde se plantea un diagrama de flujo pero en LENGUAJE C.

Formulación del problema

En vista de lo mencionado anteriormente surge la necesidad de plantear la siguiente interrogante:

¿Qué se puede hacer para que el cálculo de las losas de concreto nervadas y macizas armadas en dos direcciones resulte algo fácil y accesible con resultados inmediatos?

Objetivos de la investigación

Objetivo General

Diseño de un software para el cálculo de losas de concreto armadas en dos (2) direcciones según la norma vigente COVENIN 1753-2006, en el lenguaje de programación Fox-Pro

Objetivos Específicos

- Estudiar las metodologías para el cálculo y diseño de losas de concreto armadas en dos (2) direcciones
- Aplicar los requerimientos para el diseño de losas de acuerdo a la norma actual hasta la fecha (COVENIN 1753-2006)
- Comparar y analizar el proceso metodológico utilizado para la propuesta del fluograma en Lenguaje C.
- Identificación de los requerimientos necesarios para la elaboración del software
- Elaborar un software mediante el lenguaje de programación Fox-Pro
- Evaluar dicho software mediante comparación con ejemplos ya verificados
- Ejecutar y crear una guía de manejo del software

Justificación

Actualmente, la utilización de las computadoras a nivel profesional es muy común, y como fue señalado anteriormente es de vital importancia la actualización de los programas, tanto a nivel de software como de sus componentes (NORMAS QUE LO RIGEN)

En la rama de la ingeniería civil de la universidad de Carabobo se hace muy poco énfasis como tal en lo que respecta a programas para cálculos estructurales actualizados, es por ello que es necesaria la actualización de los ya existentes.

El presente trabajo tiene la finalidad de ofrecer un software que será diseñado de manera tal que se calculen las variables básicas para el cálculo de las losas y a su vez el chequeo de las mismas en función a la norma vigente.

Dicho programa está destinado para el uso de estudiantes y profesionales en el campo de la ingeniería civil.

Alcance

Esta propuesta está diseñada con la finalidad de calcular el espesor de losa, valores de momentos, cortantes, actuantes y resistentes, y el área de acero de refuerzo en función a los datos proporcionados. Así mismo el cálculo sólo contemplará el estudio de losas nervadas y macizas tradicionales.

Todos los cálculos incluidos en el presente trabajo están regidos por los requerimientos de la Norma COVENIN 1753-2006 “PROYECTO Y CONSTRUCCION DE OBRAS EN CONCRETO ESTRUCTURAL” y el lenguaje de programación Fox-Pro

Limitaciones

La propuesta no ofrece resultados de torsión ni deflexión, así como tampoco involucra el análisis y cálculo de las cargas actuantes sobre las losas a diseñar, pero en el momento preciso muestra una grafica para ubicar el nivel de carga variable (CV) correspondiente al caso.

El tipo de losa a estudiar debe ser la de tipo convencional (cuadrada o rectangular) sin ábacos, adicionalmente, en cada intersección de vigas, debe existir una columna.

El valor de $F'c$ no debe ser mayor que 280kg/cm^2 , debido a que es en función a ésta limitación que se obtiene la cuantía mecánica para el cálculo del área de acero.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

Antecedentes de la investigación

Para la elaboración del presente trabajo de investigación se cuenta con tres Trabajos de Grado realizadas en la Universidad de Carabobo que datan de los años 1985, 2003 y 2008 los cuales son:

Esquivel Rosangela. 2008. Fluograma para el cálculo y diseño de losas de concreto armadas en dos direcciones, considerando la norma COVENIN 1753-2006. Este trabajo de grado tuvo la finalidad de crear un fluograma para el cálculo de losas macizas y nervadas armadas en ambas direcciones y para ser llevado al lenguaje C. El procedimiento propuesto será base fundamental para la elaboración de esta investigación.

Guillén L. Leonidas. 2003. Programa Computarizado para el Cálculo de Losas de Concreto Armadas en Dos Direcciones. Este trabajo tuvo la finalidad de desarrollar un programa que facilitara el cálculo de losas de concreto armadas en dos direcciones, y que estuviera adaptado a las normas vigentes para la fecha (COVENIN – MINDUR 1753-87 y COVENIN – MINDUR provisional). El programa fue realizado en el lenguaje de programación Visual Basic. Se usara como guía para establecer parámetros y limitantes en el programa.

Baggio P. Bruma A. y otras. 1985. Programación para el cálculo de losas en dos direcciones. Dicho trabajo tuvo como objetivo principal, diseñar un programa que permita calcular losas exclusivamente macizas armadas en

dos direcciones basándose en el Método del Pórtico Equivalente. El programa fue codificado en Lenguaje Basic y procesado en un computador Burroughs. De este trabajo se podrá obtener como orientación el estudio del Pórtico Equivalente así como el estudio de las losas macizas armadas en dos direcciones y compararlos con las modificaciones de la norma actual.

Bases Teóricas

Losas

Las losas son elementos estructurales bidimensionales, en los que la tercera dimensión es pequeña comparada con las otras dos dimensiones básicas, y cuya función principal es resistir directamente las cargas de uso de la edificación o estructura. Las cargas que actúan sobre las losas son esencialmente perpendiculares al plano principal de las mismas, por lo que su comportamiento está dominado por la flexión. Los componentes característicos de una losa típica se muestran a continuación (ver Fig. 1)

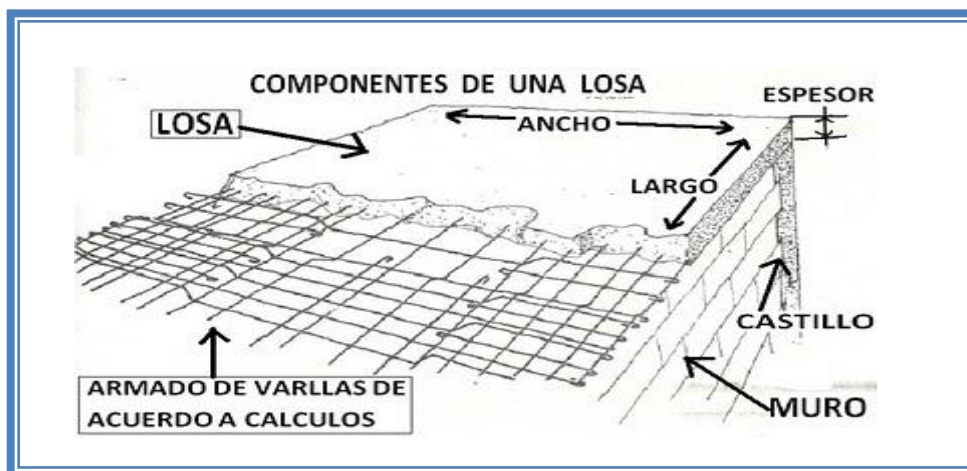


Figura1. Componentes de una losa
Fuente: <http://armadodelosa.blogspot.com>

Tipos de losas

Las losas se pueden clasificar de varias maneras; según el tipo de apoyo, según la dirección de armado y según la distribución interior del hormigón. Dependiendo del tipo de apoyo se tienen:

Losas apoyadas sobre Vigas: estas losas están soportadas por vigas compactas de mayor peralte, o por vigas de otros materiales independientes e integrados a la losa.

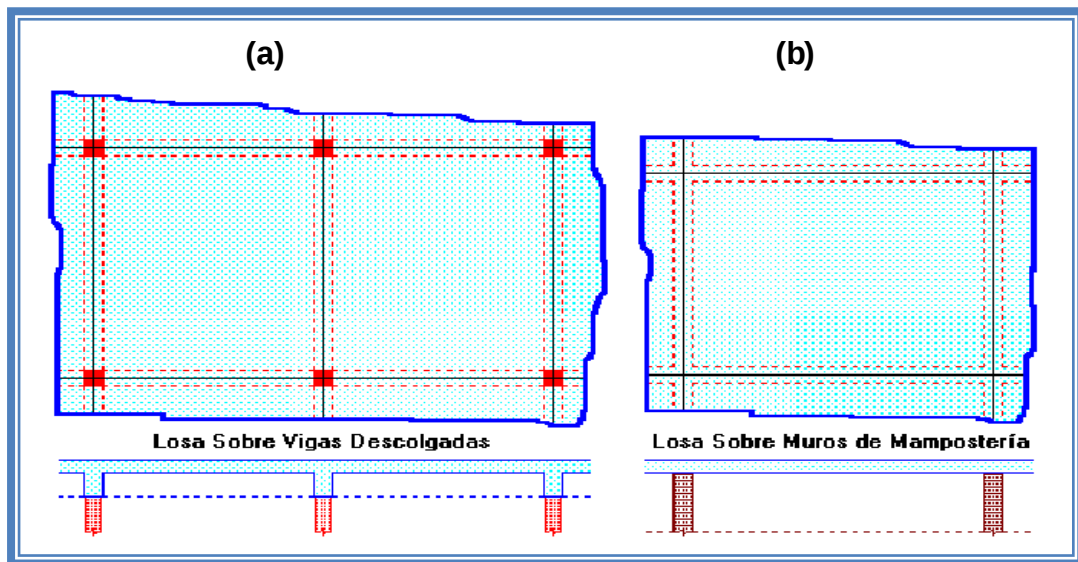


Figura 2. a) Losas apoyadas sobre vigas; b) Losas apoyadas sobre muros. Fuente: <http://www.manualespdf.es/manual-losas-concreto/>

Losas apoyadas sobre Muros: En este caso el sistema de apoyo de las losas está conformado por muros de concreto armado, muros de mampostería o muros de otro material.

Losas Planas: son las que se apoyan directamente sobre las columnas, en su forma tradicional no poseen resistencia suficiente para irrumpir dentro

del rango inelástico de comportamiento de los materiales, y su uso no es permitido para zonas de alto riesgo sísmico.

Ahora bien si se desea mejorar la resistencia de las losas al punzonamiento y la integración de estas losas planas con las columnas se recomienda la utilización de los capiteles y ábacos.

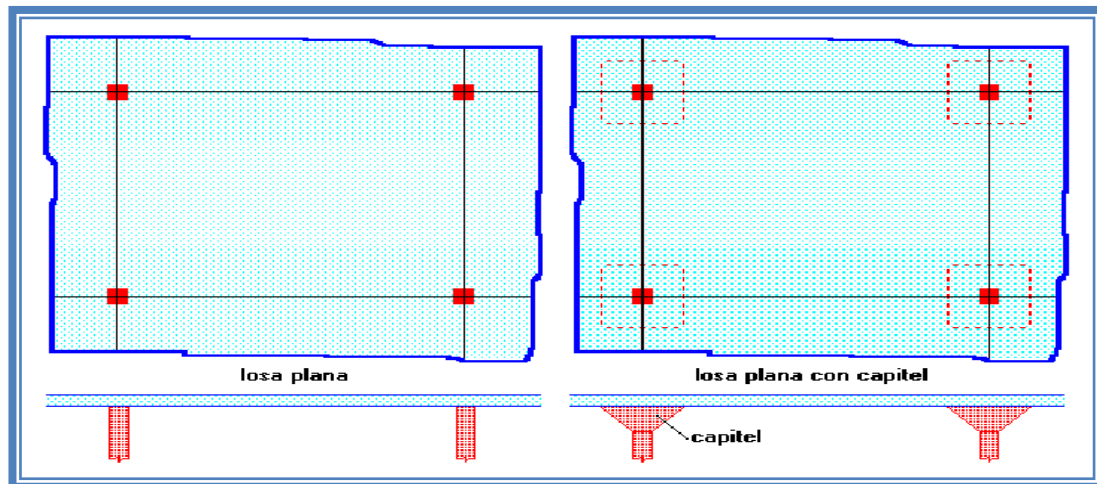


Figura 3. Esquema de losas planas.

Fuente: <http://www.manualespdf.es/manual-losas-concreto>

Losas Planas con Vigas Embebidas: estos tipos de losas son muy resistentes ante efectos sísmicos ya que estas están incorporadas con vigas banda o embebidas para mejorar su comportamiento frente a los terremotos, estas pueden ser útiles para edificios de hasta 4 plantas, con luces y cargas pequeñas y medianas

Dependiendo del armado del refuerzo las losas se pueden clasificarse de dos (2) tipos diferentes:

Losas en una dirección: Conocidas también como losas unidireccionales, en este caso los esfuerzos en una dirección son preponderantes sobre los esfuerzos en la dirección ortogonal, por consiguiente el refuerzo principal se coloca en una sola dirección, (ver figura 4)



Figura 4. Vista del encofrado de un entrepiso conformado por losas unidireccionales. Fuente: *Elaboración propia, (archivos caseros)*

Losas en dos direcciones: también llamadas losas bidireccionales, son aquellas en las que la geometría de la losa y el tipo de apoyo determinan que la magnitud de los esfuerzos en dos direcciones ortogonales sean comparables, y por lo tanto el acero de refuerzo principal se coloca en las dos direcciones

Dependiendo del sistema constructivo y la disposición del concreto las losas se pueden clasificar en:

Losas macizas: Cuando el concreto ocupa todo el espesor de la losa, no existiendo vacíos ni otro tipo de material embebido en su sección.

Losas nervadas: Las losas nervadas constituyen un arreglo lineal de nervios, que actuando como vigas soportan la carga de un plano horizontal.

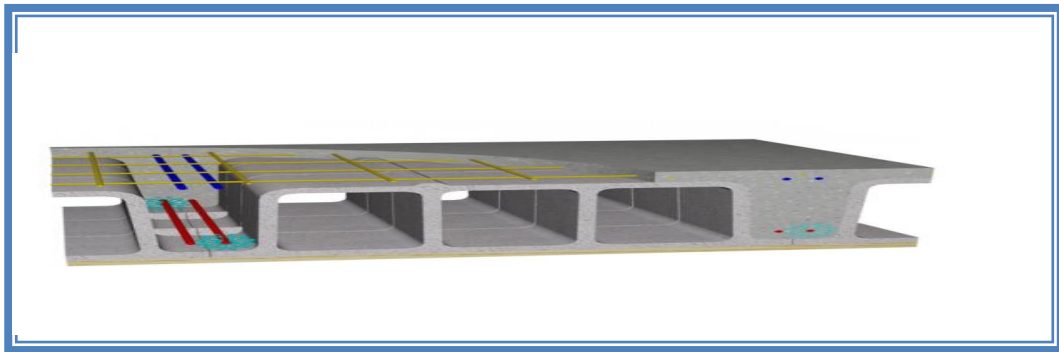


Figura 5. Sección típica de losa nervada.

Fuente: www.aglomeradoszabaleta.com

Ya sea que las losas sean nervadas o macizas, pueden estar armadas en una o dos direcciones, ya que el objetivo principal de esta investigación es el diseño de un software para el cálculo de losas armadas en dos direcciones, a continuación se describirá en detalle sus principales características.

Losas armadas en dos direcciones

Las losas macizas armadas en dos direcciones no poseen nervios y es esto lo que las diferencia de las losas nervadas, aunque ambas usen aceros de refuerzo, en todo caso ambas son elementos estructurales que en la mayoría de los casos soportan cargas perpendiculares a su plano principal (ancho-largo) por ende se puede decir que su comportamiento está regido por la flexión

Su soporte viene dado por diferentes tipos de apoyos no alineados como vigas, columnas, muros, etc., estos son vaciados monolíticamente con la losa, lo que produce esfuerzos (momentos) en ambas direcciones, dichos esfuerzos conllevan a colocar refuerzos en esas direcciones, de allí su nombre.

Cabe destacar que hay diferentes formas de apoyar las columnas, si estas son vaciadas directamente en la columna (monolíticamente) entonces serán llamadas losas planas, este caso es muy desfavorable en las zonas sísmicas debido a que no poseen la capacidad resistente suficiente para incursionar dentro del rango inelástico y por ende afecta su ductilidad. Considérese que hay procedimientos para mejorar en éste tipo de losas la resistencia al punzonamiento

También se encuentran las losas sustentadas sobre vigas y las sustentadas sobre muros las cuales, como su nombre lo indica tienen como bases vigas o muros respectivamente.

Por otro lado, la relación de longitudes de las losas (ancho-largo) define el funcionamiento o la actuación de los momentos, es decir, mientras más cuadradas sean, mejor será la distribución de momentos a lo largo y ancho de ésta.

Sea cual sea el caso lo importante en el diseño de la losa es que en cualquier punto de la placa el momento ultimo actuante sea menor que el momento resistente de la misma.

Dimensionamiento de la Losa

La Norma COVENIN – 1753-2006 en su artículo 9.6.3, establece las formulas necesarias que se deben cumplir para determinar el espesor mínimo de placas o sistemas armados en dos direcciones que tengan una relación entre la luz larga y la luz corta no mayor que dos (2).

Donde:

- Para $\alpha m \leq 0,2$; el espesor no debe ser menor a lo que se establece a continuación:

Tabla 1

Altura mínima en función a las condiciones de la losa

Acero de refuerzo, según Norma Venezolana 316	SIN ABACOS			CON ABACOS		
	Panel Exterior		Panel interior	Panel Exterior		Panel interior
	Sin vigas de borde	Con vigas de borde		Sin vigas de borde	Con vigas de borde	
S-40	Ln/33	Ln/36		Ln/40		
S-60 ó W-60	Ln/30	Ln/33		Ln/36		
W-70	Ln/28	Ln/31		Ln/34		
a) Para otros tipos de acero que cumplan con el artículo 9.4, se permite la interpolación						
b) Los ábacos están definidos en el artículo 2.1						
c) En las vigas de borde el valor de la relación de rigidez, α no debe ser menor de 0,8 tal como se define en el artículo 2.2						

Fuente: Capítulo 9.6 Norma COVENIN 1753-2006

- Para $0,2 < \alpha m \leq 2,0$; el espesor no debe ser menor que:

$$\text{➤ } h = \frac{\ln \left(0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 5\beta (\alpha m - 0,2)}$$

Pero no menor que 12 cm

- Para $\alpha m > 2$, el espesor no será menor que:

$$\text{➤ } h = \frac{\ln \left(0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 9\beta}$$

Pero no menor que 9 cm.

En los bordes discontinuos se colocara una viga de borde con una relación de rigidez α no menor de 0,8 de lo contrario el espesor mínimo calculado con las ecuaciones anteriores se incrementara en un diez por ciento (10%) en el panel con el borde discontinuo

Donde:

- **L_n :** luz libre (medida desde las caras de las columnas)
- **f_y :** resistencia cedente especificada de la armadura
- **β :** relación de la luz libre en la dirección larga a la luz libre en la dirección corta de las placas
- **α :** relación de la rigidez a la flexión de la sección de la viga respecto de la rigidez a flexión de un ancho de losa limitado lateralmente por la línea central del panel adyacente (si lo hay) a cada lado de la viga
- **α_m :** valor promedio de α para todas las vigas en los bordes de un panel

Métodos de diseño

Los métodos de diseño de losas bidireccionales más comúnmente usados son:

- Método Directo
- Método del Pórtico Equivalente

✓ Método Directo

El Método de Diseño Directo es un procedimiento aproximado para analizar sistemas de losas en dos direcciones solicitados exclusivamente por cargas gravitatorias. Debido a que se trata de un procedimiento aproximado, la aplicación de este método se limita a los sistemas de losas que satisfacen las limitaciones especificadas a continuación. Los sistemas de losas en dos

direcciones que no satisfacen estas limitaciones se deben analizar mediante procedimientos más exactos tal como el Método del Pórtico Equivalente

Limitaciones

El Método de Diseño Directo sólo es aplicable cuando se satisfacen las siguientes limitaciones

1. En cada dirección debe haber tres o más tramos continuos;
2. Los paneles de losa deben ser rectangulares, con una relación entre la luz mayor y la luz menor (medidas entre los centros de los apoyos) no mayor que 2;
3. Las longitudes de las luces sucesivas en cada dirección (medidas entre los centros de los apoyos) no deben diferir en más de 1/3 de la luz mayor;
4. Las columnas no deben estar desalineadas respecto de cualquier eje que une centros de columnas sucesivas más de 10% de la luz (en la dirección del desalineamiento);
5. Las cargas deben ser uniformemente distribuidas, y la sobrecarga no mayorada o de servicio no debe ser mayor que dos veces la carga permanente no mayorada o de servicio ($L/D \leq 2$);
6. Para las losas en dos direcciones con todos sus lados apoyados en vigas, la rigidez relativa de las vigas en dos direcciones perpendiculares debe satisfacer los requisitos mínimos y máximos especificados por la norma
7. No está permitida la redistribución de momentos negativos.

✓ **Método del Pórtico Equivalente**

Este método consiste en convertir un sistema aporricado tridimensional con losas en dos direcciones en una serie de pórticos bidimensionales (viga,

placa, columnas), sistema en el cual cada pórtico se extiende en la totalidad de la estructura.

El análisis completo del sistema de losas en dos direcciones consiste en analizar una serie de pórticos interiores y exteriores equivalentes que atraviesan la estructura transversal y longitudinalmente. Para cargas gravitatorias, las vigas placas en cada piso o cubierta (nivel) se pueden analizar de forma independiente, considerando empotrados los extremos más alejados de las columnas

El análisis elástico mediante el Método del Pórtico Equivalente se aplica a estructuras en las cuales las columnas están dispuestas formando un patrón básicamente ortogonal, con hileras de columnas dispuestas en forma longitudinal.

Dicho método se puede utilizar para analizar una estructura solicitada por cargas laterales, siempre que la rigidez de los elementos del pórtico se modifique para tomar en cuenta la fisuración y otros factores relevantes

Idealización de la estructura

1. Franja de diseño

Para realizar un sistema de losas en dos direcciones, ya sea mediante el Método de Diseño Directo o como es el caso, el Método del Pórtico Equivalente, el sistema de losas se divide en franjas de diseño o marcos, que consiste en una franja de columna y la mitad de una o dos franjas intermedias dependiendo de la ubicación.

La franja de columna se define como una franja que tiene un ancho igual a la mitad de la luz transversal o longitudinal, cualquiera sea el valor que resulte menor, mientras que la franja intermedia es una franja limitada por dos franjas de columnas. Para franjas de columna en las cuales la luz es variable a lo largo de la franja de diseño. El diseñador aplicara su criterio personal/profesional.

El motivo por el cual se especifica que la franja de columna se debe basar en la menor de las longitudes es para tomar en cuenta la tendencia que tienen los momentos de concentrarse alrededor de la línea de columnas cuando la longitud de la franja de diseño es menor que su ancho

2. Sección efectiva de una viga

Para los sistemas de losas con vigas entre sus apoyos, las vigas deben incluir partes de la losa de modo de alas

Las columnas de los marcos equivalentes son iguales a las columnas de la estructura, modificadas de tal manera que, además de la columna propiamente dicha, incluyen la viga perpendicular a la dirección del marco equivalente. Esta modificación se hace para tomar en cuenta el efecto de la restricción por torsión que ejercen las vigas sobre la losa. Entonces tenemos que:

- | | |
|----------------------------|-----------------------|
| ✓ $h_b < 4h_a$ | para la viga borde |
| ✓ $b + 2h_b \leq b + 8h_a$ | para la viga interior |

Donde:

- h_a : Altura de la losa
- h_b : Parte de la viga que sobresale de la losa

- c_1 : Ancho de la columna en dirección de la franja
- b : Base de la viga transversal a la franja

3. Elementos del pórtico equivalente

Los elementos que componen el pórtico equivalente son Vigas, Placa y elementos torsionales (elementos horizontales transversales) soportados por columnas (elementos verticales). Los elementos torsionales permiten transferir momentos entre las vigas, placa y las columnas.

Columnas

Las columnas influyen sobre la distribución de momentos en la losa, por la restricción que ejercen sobre las vigas y losa, o sea, por el empotramiento parcial que proporcionan a estos elementos estructurales.

Si la rigidez flexionante de las columnas es grande en comparación a la de las vigas y losa, entonces la restricción de las columnas en los extremos de la viga continua es grande, y trae como consecuencia que los momentos flexionantes en estos extremos sean relativamente grandes. En caso de esta comparación sea pequeña, entonces los dichos momentos también serán pequeños.

Rigidez torsionante de las vigas

La rigidez torsionante de las vigas proporciona un empotramiento parcial de las losas. Su efecto es especialmente importante en los bordes de sistema de pisos y en tableros interiores.

Para que un sistema de piso exista el efecto de la rigidez torsionante de las vigas, es necesario que estas sean monolíticas con la losa y con las columnas.

Si no se cumple la primera condición, las vigas no pueden resistir o empotrar a la losa en los bordes del sistema de piso. Si la viga no es monolítica con las columnas, no pueden desarrollarse en ella momentos torsionantes, pues giraría libremente en sus extremos.

Determinación de la rigidez de los elementos

Para calcular la rigidez se considera únicamente secciones gruesas sin agrietar y sin tomar en cuenta el acero de refuerzo. A continuación se presenta por separado los métodos de cálculo de las rigideces:

a. Columnas del marco equivalente

El concepto de columna equivalente modifica la rigidez de la columna para tomar en cuenta la flexibilidad torsional de la unión losa-columna que reduce su eficiencia para transmitir momentos. La columna equivalente consiste en las columnas reales por encima y por debajo de las vigas placas, mas elementos torsionales “unidos” a ambos lados de las columnas, los cuales se extienden hasta los ejes de los paneles adyacentes.

Es de considerar que para los pórticos de borde, solo hay un elemento solicitado a torsión unido en uno de los lados. La presencia de vigas paralelas también afecta la rigidez de la columna equivalente.

La rigidez flexional de la columna equivalente, K_{ec} , se da en términos de su inversa, o flexibilidad, de la siguiente manera:

$$\Rightarrow \frac{1}{K_{ec}} = \frac{1}{\sum K_c} + \frac{1}{\sum K_t} \quad (\text{Ec.2})$$

Para propósitos de cálculo se puede expresar directamente en términos de rigidez:

$$\Rightarrow K_{ec} = \frac{\sum K_c \times \sum K_t}{\sum K_c + \sum K_t} \quad (\text{Ec.2.1})$$

Una vez determinados los valores de K_c y K_t se calcula la rigidez de la columna equivalente.

$$\Rightarrow K_{ec} = \frac{(K_{ct} + k_{cb})(K_{ta} + K_{tb})}{K_{ct} + K_{cb} + K_{ta} + K_{tb}}$$

Donde:

- K_{ct} : Rigidez flexional en la parte superior de la columna inferior que concurre a la unión;
- K_{cb} : Rigidez flexional en la parte inferior de la columna superior que concurre a la unión;
- K_{ta} : rigidez torsional de cada elemento torsional, uno a cada lado de la columna, incrementada debido a la presencia de vigas paralelas.

Para calcular la rigidez K_c en sistemas con vigas, se supone que I es constante e igual al de la sección gruesa de cada columna entre la cara superior de la losa y la base de la viga del nivel superior, y el tramo de rigidez infinita se toma como el comprendido entre la cara superior de la losa y el lecho inferior de la viga de mayor peralte (Fig.2-6). Para calcular las rigideces

se considera que la altura de las columnas se mide centro a centro de las losas.

La rigidez torsional K_t , de un elemento torsional se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\checkmark \quad K_t = \frac{9.E_c.C}{I_f \left(1 - \frac{C^2}{I_f}\right)^{1/3}} \quad (\text{Ec. 2.2})$$

Donde la sumatoria abarca los elementos torsionales que concurren a una unión: dos es el caso de pórticos interiores, y uno en el caso de pórticos exteriores.

El termino C es una constante de la sección transversal que define las propiedades torsionales de cada uno de los elementos torsionales que concurren en la unión.

$$\text{➤} \quad C = \left(1 - 0,63 \frac{x}{y}\right) \frac{x^3 y}{3} \quad (\text{Ec. 2.3})$$

Siendo x la menor dimensión rectangular e y la mayor dimensión de un componente rectangular.

La suma que aparece en la Ec.2.3 se refiere a los rectángulos en que puede descomponerse la sección T o L de la viga; debe usarse el mayor valor de C que se pueda obtener. A partir de los valores K_c y K_t se calcula la rigidez de la columna equivalente, K_{ec} , con la Ec.2.1.

El cálculo de K_t con la Ec. 2.1 se basa en suponer una distribución triangular de los momentos torsionantes en la viga perpendicular al marco

que se considera. Cuando el tablero tiene una viga paralela a la dirección en que actúa el momento flexionante, la hipótesis ya no es válida.

Se recomienda en este caso multiplicar el valor de K_t calculado con la Ec. 2.1 por el factor I_a/I_s donde I_s es el momento de inercia de un ancho de losa igual al ancho del tablero, L_2 , excluyendo la parte del alma de la viga que se proyecta arriba y debajo de la losa, y, I_a es el momento de la inercia de la misma losa, incluyendo la parte de la viga que se proyecta arriba y debajo de la losa.

Por lo tanto I_s es el momento de inercia de un rectángulo con base l_2 y altura igual al espesor de la losa, y, I_a es el momento de inercia de una sección T, o L si es tablero de borde. La rigidez torsionante modificada por la presencia de la viga paralela es:

$$\checkmark K_{ta} = K_t * (I_a/I_s) \quad (\text{Ec. 2.4})$$

b. Análisis estructural de los marcos

Una vez calculada los rigideces de las vigas y columnas de la estructura equivalente, se efectúa el análisis estructural por cualquier método de cálculo. En este caso se utilizó el Método de Cross.

El análisis por carga vertical puede efectuarse aislando cada uno de los pisos y suponiendo, que las columnas superiores e inferiores, la sección crítica para los momentos mayorados está localizada en las caras de las columnas pero a una distancia no mayor de $0,175L_1$ del centro de la columna.

c. Distribución de los momentos flexionantes

Es necesario distribuir los momentos totales calculados en el análisis, entre los elementos del sistema de piso (losa, viga y columna). Las vigas del marco equivalente representan las franjas del sistema de piso.

Para hacer esta distribución, La franja de piso se divide en una franja de columnas y una o dos medias franjas centrales. La franja de columna incluye las vigas del sistema de piso.

Una vez hecha la división en franjas señaladas anteriormente, se distribuyen los momentos obtenidos en el análisis estructural entre las franjas de columnas y las franjas centrales, de la manera siguiente. Se calculan los momentos en las franjas de columnas, multiplicando los momentos totales por los porcentajes.

Después, se distribuyen los momentos de las franjas de columna entre las vigas, y los tramos de la losa, por último, se calculan los momentos de las franjas de columnas de los momentos totales.

La distribución de los momentos en las tablas está hecha sobre la base de la relación de los claros (L_2/L_1) y de los factores que involucran la rigidez a flexión de vigas y losas y la rigidez a torsión de las vigas de borde.

Se ha visto anteriormente que estos parámetros son los que más influyen en el comportamiento de los sistemas de piso. Los factores α_1 y β_t que aparecen en las tablas y se definen a continuación:

α_1 : Relación entre la rigidez a flexión de la sección de la viga y la rigidez a flexión de los tramos de la losa a cada lado de la viga. Esta viga debe

considerarse de sección T o L, con un ancho de patin a cada lado del alma igual a la proyección del alma arriba o debajo de la losa, pero sin exceder cuatro veces el espesor de la losa. Puede expresarse como $(E_{cb} \cdot I_b / E_{cs} \cdot I_s)$, donde E_{cb} es el modulo de elasticidad del concreto de la losa; I_b el momento de inercia de la viga; E_{cs} , modulo de elasticidad del concreto de la losa e I_s el momento de inercia de la losa.

β_t : Relación entre la rigidez a torsión de la sección transversal de la viga de borde y la rigidez a flexion de un tramo de losa cuyo ancho es igual al claro centro a centro de apoyos de la viga de borde. Se expresa como $(E_{cb} \cdot C / 2 E_{cs} \cdot I_s)$. Los términos ya han sido también definidos. Obsérvese que en este caso, I_s es el momento de inercia de un ancho de losa igual a I_2 .

Tabla 2.1

Porcentaje de los momentos totales que se asignan a las franjas de columnas

			valores de I_2/I_1		
		relacion de rigideces	0,5	1	2
Momentos negativos en apoyos internos	$(\alpha_1, L_2/L_1)=0$		75	75	75
	$(\alpha_1, L_2/L_1) \geq 1$		90	75	45
Momentos negativos en apoyos exteriores	$(\alpha_1, L_2/L_1)=0$	$\beta_t=0$	100	100	100
		$\beta_t \geq 2,5$	75	75	75
	$(\alpha_1, L_2/L_1) \geq 1$	$\beta_t=0$	100	100	100
		$\beta_t \geq 2,5$	90	75	45
Momentos positivos	$(\alpha_1, L_2/L_1)=0$		60	60	60
	$(\alpha_1, L_2/L_1) \geq 1$		90	75	45

Fuente: Norma Covenin 1753-2006

Tabla 2.2

Distribución de los momentos de las franjas de columnas entre vigas y losas

	Porcentaje que se le asigna a la viga	Porcentaje que se le asigna a la losa
Relación de rigideces		
$(\alpha_1, L_2/L_1)=0$	0	100
$(\alpha_1, L_2/L_1)\geq 1$	85	15

Si el resultado arroja un valor entre los rangos mostrados se debe usar la interpolación.

Fuente: Norma Covenin 1753-2006

Ya con los valores de β_t , relación de luces y α_1 , se entra en la tabla y se determina el porcentaje del momento total que le corresponde a la losa, bien sea la losa de la franja de columna o la losa de la semi-franja central, en caso de ser necesario se interpolan los valores.

d. Dimensionamiento de los elementos de la estructura

Una vez obtenidas las acciones internas (momentos flexionantes) en los miembros estructurales, se procede al dimensionamiento de los mismos y a la determinación del área de acero requerida a tracción y compresión en la losa.

Se determina el área de acero necesario para la franja de columna y para la semi-franja central ya sea para una franja exterior o interior de la losa, en función del momento que actúa sobre ellas.

Cabe destacar que dicho cálculo varía en función al tipo de losa estudiada (losas nervadas o losas macizas) el valor resultante de acero se chequea con el mínimo recomendado por la norma en función del tipo de losa.

Una vez hecho el cálculo de acero se continúa con el cálculo de la fuerza cortante, esta será determinada para cada tramo de cada franja en la cara de los apoyos de la losa, es decir en el borde de las vigas transversales que la soportan. Este corte representa el corte último que actúa sobre el tramo.

Determinación de la fuerza cortante admisible (ϕV_n) y chequeo por corte

El corte admisible se determina para cada tramo de la franja y varía según el ancho del tramo en estudio. Se debe cumplir para cada tramo de la franja que el esfuerzo ultimo sea menor que el admisible. ($V_u \leq \phi V_n$)

Finalmente se calcula la longitud del macizado para el caso de losas nervadas, es importante mencionar que Si $V_u > \phi$ se debe macizar

No es necesario desmayorar ningún valor ya que todos son valores últimos mayorados. Esta longitud de macizado obtenida de esta manera viene dada por la distancia medida cara a cara de los apoyos debido que al corte ultimo usado es el que actúa en el borde de las vigas y no en el eje de estas.

Todos estos procesos son repetitivos hasta que se logre estudiar todas y cada una de las franjas equivalentes por lo que el uso de la computadora como herramienta de cálculo, es de vital importancia ya que esta reduce notablemente el tiempo de cálculo.

CAPITULO III

MARCO METODOLÓGICO.

Tipo de investigación

El estudio por su intención de aplicar lo ya conocido a la solución de un problema corresponde a una investigación de tipo descriptiva porque consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento. y es de variable independiente ya que dicho estudio se basa en metodologías ya establecidas, motivo por el cual no se plantean hipótesis.

Diseño de la investigación

El presente trabajo consiste en la elaboración y desarrollo de un modelo operativo viable para solucionar un problema práctico o satisfacer una necesidad detectada por medio de la puesta en funcionamiento de un programa, adaptado a la situación planteada. De acuerdo a las características que lo identifican

Según el manual de trabajos de grado de especialización, maestría y doctorado de la UPEI (2006) (pág. 11).” El Proyecto especial lo integran “Trabajos que lleven a creaciones tangibles, susceptibles de ser utilizadas como soluciones a problemas demostrados, o que respondan a necesidades e intereses de tipo cultural. Se incluyen en esta categoría los trabajos de elaboración de libros de texto y de materiales de apoyo educativo, el

desarrollo de software, prototipos y de productos tecnológicos en general, así como también los de creación literaria y artística.”

Por lo antes mencionado, este trabajo se define como una investigación descriptiva con diseño de tipo documental bajo la modalidad de proyecto especial.

Descripción de la Metodología

- Seleccionar el método para el análisis y diseño del cálculo de las losas de concreto.

Esta selección se realizara a través de la identificación, revisión y análisis de los diferentes métodos de diseño propuestos en la bibliografía existente, buscando así que el método a utilizar permita que el software sea más preciso y que arroje resultados confiables que puedan ser utilizados con seguridad para el posterior diseño de las losas

- Aplicar los requerimientos para el diseño de losas de acuerdo la norma actual, COVENIN 1753-2006.

Los métodos para el diseño o calculo de losas deben estar regidos por la norma COVENIN 1753-2006., ésta se aplica al diseño de estructuras de concreto armado en este país, es decir, el software deberá estar regido por el método de cálculo antes elegido y por la norma COVENIN, para así garantizar que el diseño se encuentre dentro de los parámetros legales en nuestro país.

- Evaluar el diagrama de flujo propuesto y adaptarlo al nuevo lenguaje, así mismo establecer los datos de entrada y los pasos a seguir para obtener los resultados del análisis.

Utilizando los comandos de programación de Fox-Pro se analizará, comparará y en caso de ser posible, se completará el fluograma propuesto, con la finalidad de lograr crear un software que represente el procedimiento o metodología de diseño de las losas, y que garantice que el proceso se lleve a cabo con precisión y rapidez

- Identificar los requerimientos necesarios para el desarrollo del software.

Una vez elegido el método de diseño para las losas se determinaran las variables presentes; esto con la finalidad de tener conocimiento de los limites y parámetros que guiaran el programa.

- Datos de entradas necesarios.
- Fórmulas a utilizar para el cálculo de las losas
- Factores de seguridad a ser utilizados para el desarrollo del programa.
- Datos de salida del programa.

- Elaborar el software mediante la programación de Fox-Pro

Una vez obtenidas las variables y datos necesarios para el desarrollar del software, se procederá a realizar la programación en Fox-Pro, siguiendo con los criterios que exige este programa y verificando que se integren perfectamente la metodología de diseño de losas, los datos de entrada,

variables, normas exigidas, de forma tal que los datos de salida sean correctos y precisos.

- Evaluar el software mediante comparación con ejemplos ya verificados.

Mediante la comparación de los datos obtenidos por el software y los datos obtenidos por medio de la realización de ejemplos ya verificados, se evalúan los resultados y se chequean que estos sean correctos, es decir que sean iguales a los resultados de los ejemplos verificados.

- Elaborar una guía de manejo del software.

Mediante un manual, se desglosaran las condiciones necesarias para la utilización del software y así garantizar su correcto funcionamiento y obtención de resultados correspondientes a los datos de entrada.

Técnicas e Instrumentos de recolección de información

La investigación se basará en la recopilación de información de diferentes textos bibliográficos, acerca del análisis y métodos utilizados para el diseño y cálculo de las losas, así como también de las diferentes normas y especificaciones que se deben tomar en cuenta para el diseño que se encuentran en los códigos y normas de la construcción civil.

Análisis de datos

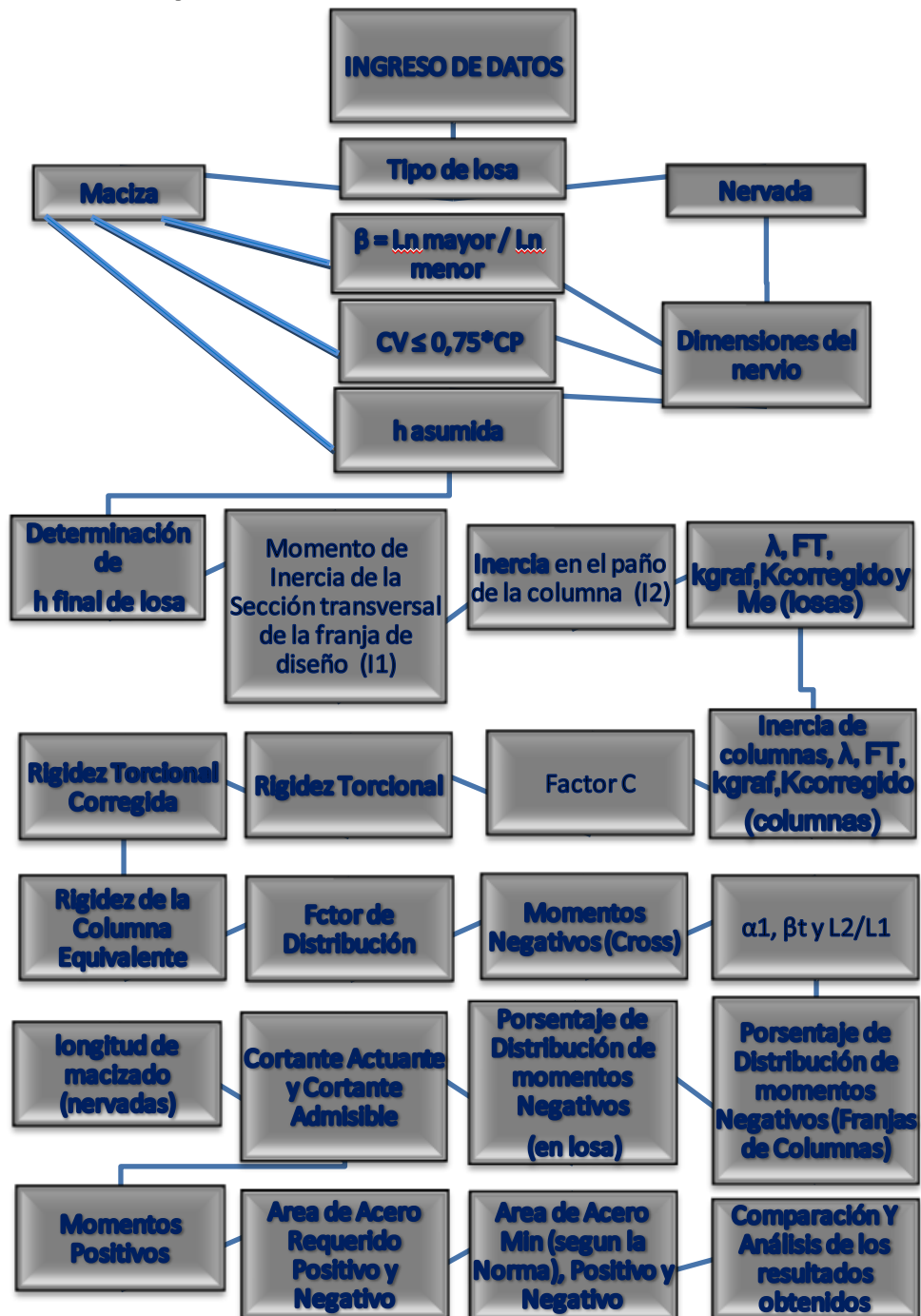
Durante el proceso de investigación se analizarán diferentes métodos para el diseño de losas de concreto antes mencionados, para la codificación del software es necesario escoger uno en específico; esta selección se realizara comparando los métodos encontrados mediante distintas variables como lo son: la eficiencia de dichos métodos, la exactitud y precisión de los resultados obtenidos al aplicarlos y por ultimo pero no menos importante, la compatibilidad con la codificación del software.

Una vez escogido el método más idóneo para realizar el diseño, este se codificara utilizando la programación de Fox-Pro y así obtener un software con la capacidad de calcular losas de concreto armadas en dos direcciones.

CAPITULO IV

LA PROPUESTA

Diagrama de Flujo:



Requerimiento del sistema

Para el excelente funcionamiento del Software se recomienda un Procesador que cumpla como mínimo con las siguientes características:

- PENTIUM I o superior
- Sistema Operativo Microsoft Windows 95 o superior
- Memoria de 256K o superior
- **Visual fox pro** Para visualización de gráficos es necesaria su instalación en el equipo

Procedimiento

A continuación se muestra el procedimiento de cálculo directamente con un ejercicio hecho y explicado paso por paso con el método de análisis del pórtico equivalente:

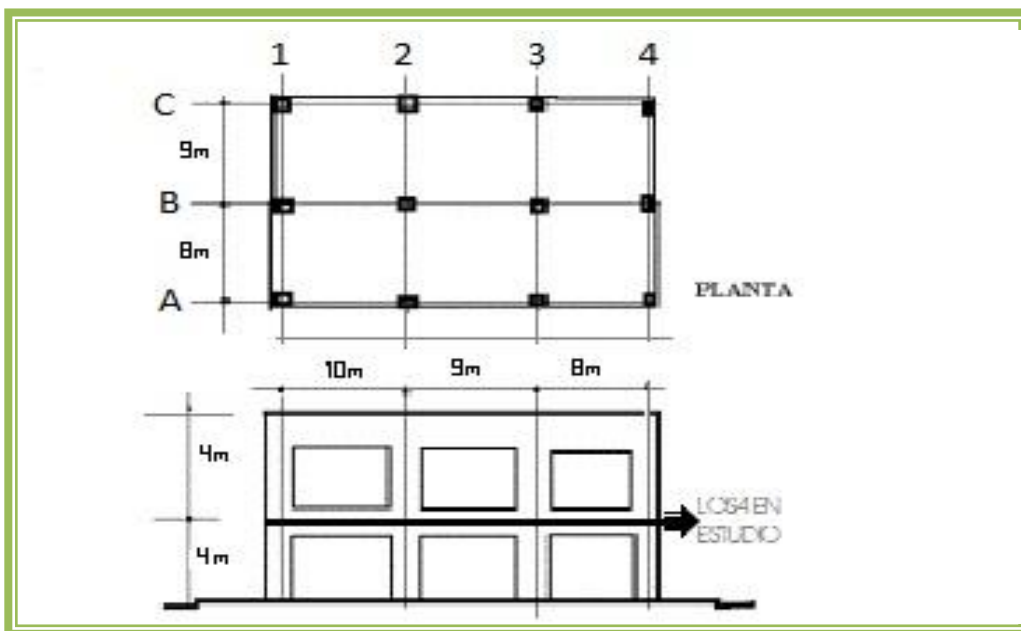


Figura 6. Dibujo del ejercicio a realizar. Fuente: Creación Propia

Cabe destacar que a medida que se avance en la explicación se hará referencia a los ejes X e Y, es por ello que es necesario explicar que al mencionar al eje X se está dirigiendo a los elementos que lo componen, es decir, en función al ejercicio, (ver figura 6), los valores respectivos al eje x son las vigas 1, 2, 3 y 4. De igual manera para el eje Y donde sus valores son los respectivos a las vigas A, B y C.

De esta manera cuando se hable, por ejemplo de la inercia de las vigas en el sentido de Y, se estará hablando de A, B Y C

Ingreso de datos:

Tipo de losa: **maciza o nervada**

De paneles en el sentido X: **3**

De paneles en el sentido Y: **2**

Fy: **4200 kg/cm²**

F'c: **250 kg/cm²**

Una vez introducidos estos valores el programa hace una relación de valores y grafica en la pantalla el sistema de losa correspondiente nombrando a los valores en el sentido X como números y los valores en el sentido Y como letras.

Seguidamente asocia a las intersecciones extremas de dos lados principales perpendiculares entre sí y pide el ingreso de las longitudes correspondientes (en cm), adicionalmente exige el valor de Fy y valores de carga para asociar a la formula correspondiente (según Tabla 9.6.3 de la norma COVENIN 1753-06) y asumir una altura para iniciar los cálculos de inercia:

Nota: Para el cálculo correcto de las solicitaciones, todas las dimensiones deberán ser introducidas en cm.

Longitud del panel 1-2 **1000cm**

Longitud del panel 2-3: **900cm**

Longitud del panel 3-4: **800cm**

Longitud del panel A-B: **800cm**

Longitud del panel B-C: **900cm**

Carga variable: **350kgf/m²**

Carga permanente: **600kgf/m²**

Altura de entrepiso: **400cm**

Seguidamente se calcula el valor de β , éste viene dado por la división de la longitud libre (L_n) mayor entre la longitud libre menor:

- $\beta = \frac{L_n \text{ mayor}}{L_n \text{ menor}}$ Para que estos cálculos puedan continuar, se debe cumplir con la condición que **$\beta \leq 2$**
- Adicionalmente se debe cumplir la siguiente relación de carga **$CV \leq 0,75*CP$** según la norma.

Para ello el programa selecciona la mayor de las dimensiones en uno de los ejes y continuamente la menor en el otro de esta forma se asegura que el cálculo sea el correcto.

✓ En este caso $\beta = \frac{1000}{800} = 1,25 < 2$ **ok**

✓ Y $CV \leq 0,75*CP = 350 \leq 487,5$ **ok**

Automáticamente el programa realizará el cálculo de la Carga Ultima con la combinación que se muestra a continuación:

$$W_u: 1,2CP+1,6CV = 600*1,2+350*1,6 =1280\text{kgf/m}^2$$

Una vez que estas dos condiciones se cumplan el programa pedirá los valores de las dimensiones de las vigas y columnas correspondientes a los números o letras dependiendo de su ubicación

Ingreso de las dimensiones de vigas y columnas:

Tabla 3.1

Dimensiones de vigas en la dirección de X e Y para el ejemplo

Vigas en X		
Vigas	Base	Altura
1	40	40
2	40	35
3	35	35
4	40	30
Vigas en Y		
Vigas	Base	Altura
A	40	30
B	30	30
C	40	35

Cabe destacar que para este caso de ingreso de datos serán necesarios los valores dimensionales de las columnas pertenecientes al nivel superior e

inferior respecto del sistema de losa en estudio así como también la altura de entrepiso.

Tabla 3.2

Datos de columnas para el ejercicio (Vistas desde el sentido en X):

Columnas del Nivel Inferior:			Columnas del Nivel Superior:		
columna	X	Y	Columna	X	Y
1-A	40	40	1-A	40	40
1-B	30	35	1-B	30	30
1-C	40	40	1-C	40	40
2-A	30	35	2-A	25	30
2-B	30	30	2-B	30	30
2-C	30	35	2-C	25	30
3-A	30	35	3-A	25	30
3-B	30	30	3-B	30	30
3-C	30	35	3-C	25	30
4-A	40	40	4-A	40	40
4-B	30	35	4-B	30	30
4-C	40	40	4-C	40	40

Altura de entrepiso: **400cm**

Una vez introducidos los valores se hacen los cálculos de las inercias de vigas tanto en X como en Y, que vienen dadas por la formula convencional, donde:

$$I_v = \frac{b \cdot h^3}{12}$$

Según los cálculos:

Vigas en X	Vigas en Y
$I_{v1} = (40 \cdot 40^3) / 12 = \mathbf{213333,33 \text{ cm}^4}$	$I_{vA} = \mathbf{90000,00 \text{ cm}^4}$
$I_{v2} = \mathbf{142916,67 \text{ cm}^4}$	$I_{vB} = \mathbf{67500,00 \text{ cm}^4}$
$I_{v3} = \mathbf{125052,08 \text{ cm}^4}$	$I_{vC} = \mathbf{142916,67 \text{ cm}^4}$
$I_{v4} = \mathbf{90000,00 \text{ cm}^4}$	

Luego se procederá a realizar el cálculo de longitud libre L_n , siendo ésta la distancia libre de la losa. Para ello se asocian los valores de entrada para que el programa lleve a cabo los cálculos respectivos es decir:

$$L_n(i) = \text{long panel}(i) - (b_{\text{viga}}(i)/2) - (b_{\text{viga}}(i+1)/2)$$

Al aplicar la formula se obtienen los siguientes resultados:

Para el eje X:

$$\begin{aligned} L_{n \text{ 1-2}} &= 1000 - 20 - 20 = \mathbf{960 \text{ cm}} \\ L_{n \text{ 2-3}} &= \mathbf{862,5 \text{ cm}} \\ L_{n \text{ 3-4}} &= \mathbf{762,5 \text{ cm}} \end{aligned}$$

Para el eje Y:

$$\begin{aligned} L_{n \text{ A-B}} &= \mathbf{765 \text{ cm}} \\ L_{n \text{ B-C}} &= \mathbf{865 \text{ cm}} \end{aligned}$$

1. Calculo de altura (h)

Según la norma, la altura inicial asumida depende del tipo de acero a usar, para este caso se usara el convencional, si $F_y = 4200$, h asumida = L_n menor / 33

➤ **En el caso de losas macizas:**

Según la expresión correspondiente de la tabla 9.6.3, $hasum. = 762,5/33 = 23,1$. Este valor se aproxima al entero mayor próximo, es decir, **hasum=24cm**

A continuación se calcula la inercia de la longitud de franja de losa, donde dicha longitud es la mitad de la L_n correspondiente si esta en un extremo, de lo contrario será intermedia, siendo LF el resultado de la suma de los L_n medios adyacentes y se tomará la altura asumida según en el paso anterior.

ILF1E: (Inercia Longitud Franja eje 1 Externo)

ILF2I: (Inercia Longitud Franja eje 2 Interno)

Y así sucesivamente siguen las abreviaciones:

Para X:

$$ILF1E: (LF1 \times h^3)/12 = (480 \times 24^3)/12 = \mathbf{552960 \text{ cm}^4}$$

$$ILF2I = \mathbf{1049760 \text{ cm}^4}$$

$$ILF3I = \mathbf{936000 \text{ cm}^4}$$

$$ILF4E = \mathbf{438912 \text{ cm}^4}$$

Para Y:

$$ILFAE = \mathbf{440640 \text{ cm}^4}$$

$$ILFBI = \mathbf{938880 \text{ cm}^4}$$

$$ILFCE = \mathbf{498240 \text{ cm}^4}$$

Se calcula la rigidez a flexión de la sección de viga respecto de la longitud de franja respectiva denominada α , ya sea en uno u otro sentido, externo o interno. Dicha relación viene dada por la división de la inercia de la viga entre la inercia de longitud de franja como se muestra a continuación:

$$\alpha_{ext1}: (213333,33/552960) = \mathbf{0,385}$$

$$\alpha_{extA} = \mathbf{0,204}$$

$$\alpha_{int2} = \mathbf{0,136}$$

$$\alpha_{intB} = \mathbf{0,072}$$

$$\alpha_{int3} = \mathbf{0,134}$$

$$\alpha_{extC} = \mathbf{0,287}$$

$$\alpha_{ext4} = \mathbf{0,205}$$

Se calcula un promedio de estos valores (α_m) para clasificar el caso y determinar la altura según la norma (artículo 9.6.3)

α_m : 0,203 según la norma se debe usar la fórmula del caso b donde $0,2 < \alpha_m < 2,0$; entonces:

$$h_{min} = \frac{\ln(0,8 + \frac{F_y}{14000})}{36 + 5 * h(\alpha_m - 0,2)}$$

$$h_{min} = \ln(0,8 + \frac{4200}{14000}) / (36 + 5 * 24(0,203 - 0,2)) = \mathbf{29,50cm}$$

Este valor corresponde a la altura nueva resultante, pero se debe aproximar al entero siguiente, por lo tanto **$h_{min} = 30cm$** .

Dicho valor se compara con el asumido inicialmente, si el asumido es mayor que éste último, será esa altura la de dimensionado pero si el valor inicial es menor, se escoge ésta última como la altura de dimensionado y se vuelven a calcular los valores respectivos hasta que la altura cumpla con la condición antes mencionada.

Como en este caso no cumple, se vuelven a hacer los cálculos pero ahora con la nueva altura (**30cm**), resultando:

Para X:

$$ILF1E: (LF1xh^3)/12 = (480x30^3)/12 = \mathbf{1080000 \text{ cm}^4}$$

$$ILF2I= \mathbf{2050312,5 \text{ cm}^4}$$

$$ILF3I= \mathbf{1828125 \text{ cm}^4}$$

$$ILF4E= \mathbf{857812,5 \text{ cm}^4}$$

Para Y:

$$ILFAE= \mathbf{860625 \text{ cm}^4}$$

$$ILFBI= \mathbf{1833750 \text{ cm}^4}$$

$$ILFCE= \mathbf{973125 \text{ cm}^4}$$

En X e Y respectivamente:

$$\alpha_{\text{ext1}}: (213333,33/1080000) = \mathbf{0,198}$$

$$\alpha_{\text{extA}}= \mathbf{0,105}$$

$$\alpha_{\text{int2}}= \mathbf{0,070}$$

$$\alpha_{\text{intB}}= \mathbf{0,037}$$

$$\alpha_{\text{int3}}= \mathbf{0,068}$$

$$\alpha_{\text{extC}}= \mathbf{0,147}$$

$$\alpha_{\text{ext4}}= \mathbf{0,105}$$

Dando como resultado un $\alpha_m = \mathbf{0,104}$, según la norma:

si $\alpha_m < 0,2$ el espesor es el asumido, por lo tanto:

$h=30\text{cm}$

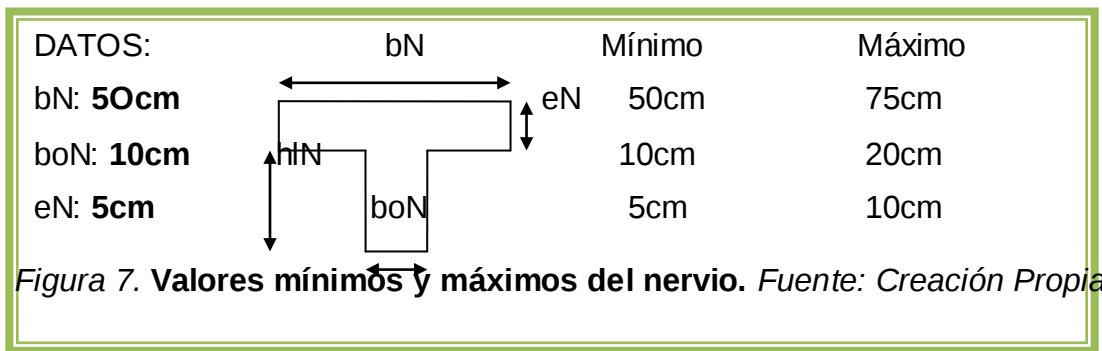
➤ **Para el caso de losas nervadas:**

Los cálculos iniciales y finales son los mismos, con la diferencia que la altura inicial asumida debe ser múltiplo de 5, así mismo se debe considerar de manera distinta el cálculo de la inercia de longitud de franjas.

Como las alturas de losas nervadas son múltiplos de 5 y la altura inicial es 24, entonces se aproxima al múltiplo siguiente más cercano, en este caso:

h = 25cm.

Para iniciar los cálculos de losas nervadas el programa pide ingresar las dimensiones del nervio, con las siguientes limitantes (ver figura 7):



De ésta forma procede al cálculo de la inercia del nervio:

$$Inervio = \left[\left(\frac{boN * hLN^3}{12} \right) + boN * hLN * \left(YcmN - \frac{hLN}{2} \right)^2 \right] + \left[\left(\frac{bN * eN^3}{12} \right) + bN * eN * \left(hLN + \frac{eN}{2} - YcmN \right)^2 \right]$$

Donde:

$$hIN = h - eN$$

$$YcmN = \frac{\left(boN * hLN * \frac{hLN}{2} \right) + \left(eN * bN * \left(hLN + \frac{eN}{2} \right) \right)}{boN * hLN + bN * eN}$$

Tomando como datos para continuar con el cálculo, los valores mínimos, (que en el programa aparecerán como la opción de pantalla para arrancar), arrojando como resultado los siguientes valores:

$$hIN = \mathbf{20 \text{ cm}}$$

$$YcmN = \mathbf{16,94 \text{ cm}}$$

$$Inervio = 24548,62 \text{ cm}^4$$

Seguidamente, se hacen cálculos de inercia de longitud de franja que vienen dados por las siguientes ecuaciones, según sea el caso:

En X:

$$ILF1Ext = \left(\frac{\frac{Ln}{2}}{boN} \right) + * Inervio \quad ILF1E = 235666,667 \text{ cm}^4$$

$$ILF2Int = \left(\frac{\frac{Lni + Ln(i+1)}{2}}{boN} \right) + * Inervio \quad ILF2I = 447398,438 \text{ cm}^4$$

$$ILF3I = 398914,438 \text{ cm}^4$$

$$ILFE4 = 187183,16 \text{ cm}^4$$

En Y:

$$ILFAE = 187796,875 \text{ cm}^4$$

$$ILFBI = 400142,361 \text{ cm}^4$$

$$ILFCE = 212345,486 \text{ cm}^4$$

Ahora se calculan los diferentes valores de α de la misma manera que en las macizas para X e Y respectivamente:

$$\alpha_{ext1}: (213333,33/235666,667) = 0,905 \quad \alpha_{extA} = 0,479$$

$$\alpha_{int2} = 0,319 \quad \alpha_{intB} = 0,169$$

$$\alpha_{int3} = 0,313 \quad \alpha_{extC} = 0,673$$

$$\alpha_{ext4} = 0,481$$

Dando como resultado un $\alpha_m = 0,477$. Según la norma,
para $0,2 < \alpha_m \leq 2$, el espesor vendrá dado por la siguiente expresión:

$$h_{min} = \frac{\ln(0,8 + \frac{F_y}{14000})}{36 + 5 * \beta(\alpha_m - 0,2)}$$

Resultando un **h min = 29,193 cm**, por lo mencionado anteriormente, dicho valor de altura se lleva al múltiplo de 5 siguiente (**30cm**). Este valor al compararlo con el h asumido inicialmente resulta mayor, por lo tanto se toma este valor como la nueva altura y se vuelve a calcular como se muestra a continuación:

h= 30cm

hIN = 25 cm

YcmN = 20,00 cm

Inervio = 41666,667 cm⁴

Obteniendo los siguientes valores de inercia:

En X:

ILF1E= 400000 cm⁴

ILF2I= 759375 cm⁴

ILF3I= 677083,333 cm⁴

ILFE4= 317708,333 cm⁴

En Y:

ILFAE= 318750 cm⁴

ILFBI= 679166,667 cm⁴

ILFCE= 360416,667 cm⁴

Ahora se recalculan los valores de α :

$\alpha_{ext1}: (213333,33/400000) = 0,533$

$\alpha_{int2} = 0,188$

$\alpha_{extA} = 0,282$

$\alpha_{intB} = 0,099$

$$\alpha_{int3} = 0,185$$

$$\alpha_{extC} = 0,397$$

$$\alpha_{ext4} = 0,283$$

Dando como resultado un $\alpha_m = 0,281$. Según la norma, para $0,2 < \alpha_m \leq 2$ el espesor vendrá dado por:

$$h_{min} = \frac{\ln\left(0,8 + \frac{F_y}{14000}\right) +}{36 + 5 * \beta(\alpha_m - 0,2)}$$

Resultando un $h_{min} = 29,29$, dicho valor al compararlo con el h asumido inicialmente resulta menor, motivo por el cual, el valor final es $h = 30 \text{ cm}$

2. Momentos de inercia de la sección transversal de la franja de diseño

Para la realización de estos cálculos hay que destacar que no se toma en cuenta la base de la viga, esto con la finalidad de concentrarse en el aporte bruto de la losa en función a su inercia. La figura 7 representa los valores con los cuales se trabaja para hacer el cálculo respectivo en cada franja de estudio.

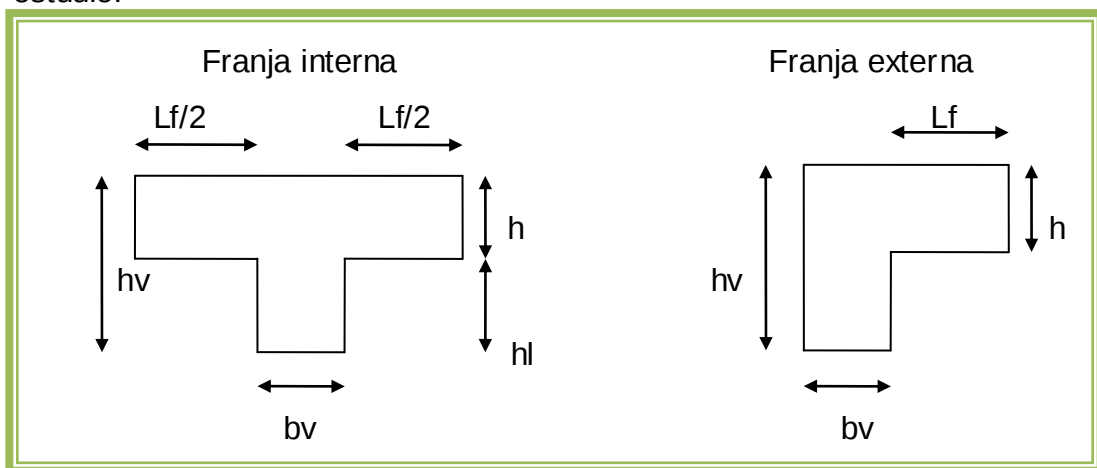


Figura 8. Secciones transversales de la franja de diseño. Fuente: Creación propia

Donde:

$$L_f = [L_{ni} + L_n(i+1)] / 2, \text{ para franjas internas}$$

$L_f = L_{ni} / 2$, para franjas externas

- **Para losas macizas:**

$$I_a = I_1 = \left[\left(\frac{b_{viga} * h_{viga}^3}{12} \right) + b_{viga} * h_{viga} * \left(Y_{cm} - \frac{h_{viga}}{2} \right)^2 \right] + \left[\left(\frac{L_f * h^3}{12} \right) + L_f * h * \left(h_l + \frac{h}{2} - Y_{cm} \right)^2 \right]$$

Donde:

$$h_l = h_{viga} - h$$

$$Y_{cmN} = \frac{\left(b_{viga} * h_{viga} * \frac{h_{viga}}{2} \right) + \left(L_f * h * \left(h_l + \frac{h}{2} \right) \right)}{b_{viga} * h_{viga} + L_f * h}$$

Sustituyendo los valores, se obtiene:

$$h_{l1} = 40 - 30 = \mathbf{10 \text{ cm}}$$

$$h_{l2} = 35 - 31 = \mathbf{5 \text{ cm}}$$

$$Y_{cm1} = \mathbf{24,5 \text{ cm}}$$

$$Y_{cm2} = \mathbf{19,878 \text{ cm}}$$

$$I_{a1} = I_{11} = \mathbf{1329333,333 \text{ cm}^4}$$

$$I_{a2} = I_{12} = \mathbf{2201552,894 \text{ cm}^4}$$

Y así sucesivamente con I_{13} , I_{14} , I_{1A} , I_{1B} e I_{1C} .

$$I_{13} = \mathbf{1960466,970 \text{ cm}^4}$$

$$I_{1A} = \mathbf{950625,000 \text{ cm}^4}$$

$$I_{14} = \mathbf{947812,500 \text{ cm}^4}$$

$$I_{1B} = \mathbf{1901250,000 \text{ cm}^4}$$

$$I_{1C} = \mathbf{1123939,493 \text{ cm}^4}$$

- **Para el caso de losas nervadas**

Se toman en cuenta los valores de inercia, el centroide y la altura libre del nervio ya calculados y adicionalmente se agregan valores de macizado min de 10 cm para cada lado de apoyo para de esta forma

considerar la contribución esa zona de concreto que se está dejando por fuera por no conocer dicha longitud

$$I_{\text{nervio}} = \mathbf{41666,667 \text{ cm}^4}$$

$$Y_{\text{cmN}} = \mathbf{20,00 \text{ cm}}$$

$$h_{\text{IN}} = 30 - 5 = \mathbf{25 \text{ cm}}$$

$$A_{\text{nervio}} = (b_{\text{ON}} * h_{\text{IN}}) + (e_{\text{N}} * b_{\text{N}}) = (10 * 25) + (5 * 50) = \mathbf{500 \text{ cm}^2}$$

$$I_a = I_{11} = \left[\left(\frac{b_{\text{viga}} * h_{\text{viga}}^3}{12} \right) + b_{\text{viga}} * h_{\text{viga}} * \left(Y_{\text{cm}} - \frac{h_{\text{viga}}}{2} \right)^2 \right] \\ + \left[\left(I_{\text{nerv.}} * \frac{L_f}{b_{\text{N}}} \right) + \left(A_{\text{nerv.}} * \frac{L_f}{b_{\text{N}}} \right) * (h_l + Y_{\text{cmN}} - Y_{\text{cm}})^2 \right] \\ + \left[\left(\frac{M * h^3}{12} \right) + M * h * \left(h_l + \frac{h}{2} - Y_{\text{cmN}} \right)^2 \right]$$

Donde:

M = **10 cm** si la franja es extrema, y **20 cm** si la franja es interna

$$h_{\text{l1}} = 40 - 30 = \mathbf{10 \text{ cm}}$$

$$Y_{\text{cm}} = \frac{\left(A_{\text{nerv.}} * \frac{L_f}{b_{\text{N}}} \right) * (h_l + Y_{\text{cmN}}) + \left(b_{\text{viga}} * h_{\text{viga}} * \frac{h_{\text{viga}}}{2} \right) + \left(M * h * \frac{h}{2} \right)}{\left(A_{\text{nerv.}} * \frac{L_f}{b_{\text{N}}} \right) + (b_{\text{viga}} * h_{\text{viga}}) + (M * h)}$$

Una vez sustituidos los valores los resultados son:

$$h_{\text{l1}} = \mathbf{10}$$

$$Y_{\text{cm1}} = \mathbf{13,063 \text{ cm}}$$

$$I_{11} = \mathbf{2132573,692 \text{ cm}^4}$$

Y así sucesivamente con el resto de las franjas equivalentes:

$$I_{11} = \mathbf{2132573,692 \text{ cm}^4}$$

$$I_{1A} = \mathbf{1556626,131 \text{ cm}^4}$$

I12= 4012967,273 cm⁴

I1B= 3575926,294 cm⁴

I13= 3569354,756 cm⁴

I1C= 1829475,931 cm⁴

I14= 1556626,131 cm⁴

3. Inercia de la sección transversal de la losa en los extremos de ésta, es decir, en el paño de la columna. Cabe destacar que para este paso se deben tomar en cuenta las siguientes condiciones:

Si $b_{viga} < C1$

$$I2 = \frac{I1}{\left(1 - \frac{C2}{Lf}\right)^2}$$

Si $b_{viga} \geq C1$

$$I2 = \frac{Lf * h_{viga}^3}{12 * \left(1 - \frac{C2}{Lf}\right)^2}$$

Siendo:

C1: longitud de cara de la columna en mismo sentido del pórtico

C2: la longitud de cara de columna en el sentido transversal

Lf: longitud de franja

h_{viga}: altura de viga

En este caso de cálculo, la diferencia existente entre las losas (macizas y nervadas) solo será evidente si la evaluación se encuentra en el caso 1 donde $b_{viga} < C1$ debido a que solo en dicho caso el resultado depende del valor de inercia, en el otro caso (2), éstos dependen de valores en común.

Cabe destacar que estos cálculos se hacen para cada columna vista tanto desde el sentido X como desde el sentido Y, tomando en cuenta que cuando el pórtico se estudia en el sentido Y, los valores correspondientes de dimensión de columnas se cambian, es decir, lo que para los pórticos 1, 2, 3

y 4 representa X, visto desde los pórticos A, B y C corresponde a Y, de igual manera pasa con la dimensión ortogonal.

Nota importante: A partir de este punto del ejercicio se continuará solo con el caso de macizas debido a que la mayoría de los cálculos siguientes son idénticos en ambos casos, pero se resaltarán las diferencias y el respectivo procedimiento en cada caso cuando sea necesario.

- **Losas Macizas:**

Para la (LF1A) estos son los valores:

C1: 40cm C2: 40cm bviga: 40cm hviga: 40cm

bviga 40cm $\geq$ C1: 40cm (**CASO 1**) Por tanto su cálculo viene dado por:

$$I_{21A} = \frac{480 * 40^3}{12 * \left(1 - \frac{40}{480}\right)^2} = 3046611,57$$

Para la (LFB1) estos son los valores:

C1: 35cm C2: 30cm bviga: 30cm hviga: 30cm

bviga: 30cm < C: 35cm (**CASO 2**) Su respectivo caso de cálculo es:

$$I_{2B1} = \frac{1901250}{\left(1 - \frac{30}{815}\right)^2} = 2049345,257$$

Y así sucesivamente con las demás franjas de estudio, tomando en cuenta los dos (2) ejes (X e Y), en resumidas cuentas se tiene:

Tabla 4.

Resultados de inercia 2, por sentido para cada nodo de la estructura

SENTIDO X		SENTIDO Y	
Inercia (I2)	m4	Inercia (I2)	m4
I2(1A)	3046611,570	I2(A1)	1073385,41
I2(1B)	2978533,01	I2(A2)	1013347,95
I2(1C)	3046611,57	I2(A3)	1042934,75
I2(2A)	3521108,84	I2(A4)	1042934,75
I2(2B)	3481266,34	I2(B1)	2049345,25
I2(2C)	3521108,83	I2(B2)	1976587,43
I2(3A)	3170240,43	I2(B3)	1976587,43
I2(3B)	3129855,61	I2(B4)	2049345,25
I2(3C)	3170240,43	I2(C1)	1829682,25
I2(4A)	1070697,41	I2(C2)	1784224,31
I2(4B)	1039998,01	I2(C3)	1784224,31
I2(4C)	1070697,41	I2(C4)	1876298,36

4. Factor λ para entrar a la gráfica del apéndice C. Gonzales Cuevas y encontrar los valores de rigidez y factor de transporte, a continuación se presentan las formulas para continuar con los cálculos.

$$\lambda = \frac{\frac{C_1}{2}}{L_{panel}} \quad (\text{Ec. 4})$$

$$k = \frac{k_{gráfica} \cdot I_1 \cdot E}{L_{panel}} \quad (\text{Ec. 5})$$

$$M = \frac{W_u \cdot L_{panel} \cdot L_{transverso} \cdot L_{panel}}{12 \cdot (100)^2} \quad (\text{Ec. 6})$$

Es importante resaltar que estos cálculos se realizarán en cada cara de pórtico por franja de la estructura y en ambos sentidos, de igual manera que el paso anterior, como se muestra seguidamente:

FRANJA X-1:

$$\lambda_{C-B}=20/900 = 0,022$$

$$\lambda_{B-C}= 17,5/900= 0,019$$

$$k_{grafi}(C-B)= 0,42$$

$$k_{graf}(B-C)= 0,415$$

$$FT(C-B)= 0,535$$

$$FT(B-C)= 0,53$$

$$K_{C-B}= 620,356$$

$$K_{B-C}= 612,970$$

$$M(C-B)=M(B-C)=\frac{1280*500*900^2}{12*(100)^2} = 4320000 \text{ Kgf.cm}^2$$

$$\lambda_{B-A}=17,5/800 = 0,0219$$

$$\lambda_{A-B}= 20/800= 0,025$$

$$k_{grafi}(B-A)= 0,419$$

$$k_{graf}(A-B)= 0,422$$

$$FT(B-A)= 0,535$$

$$FT(A-B)= 0,536$$

$$K_{B-A}=696,238$$

$$K_{A-B}=701,223$$

$$M(B-A)=M(A-B)=\frac{1280*500*800^2}{12*(100)^2} = 3413333,33 \text{ Kgf.cm}^2$$

FRANJA Y-A:

$$\lambda_{1-2}= 20/1000 = 0,02$$

$$\lambda_{2-1}= 15/1000= 0,015$$

$$k_{grafi}(1-2)= 0,418$$

$$k_{graf}(2-1)= 0,414$$

$$FT(1-2)= 0,529$$

$$FT(2-1)= 0,520$$

$$K_{1-2}= 397,361$$

$$K_{2-1}= 393,559$$

$$M(1-2)=M(2-1)=\frac{1280*400*1000^2}{12*(100)^2} = 4266666,66 \text{ Kgf.cm}^2$$

$$\lambda_{2-3}= 15/900 = 0,017$$

$$\lambda_{3-2}= 15/900= 0,017$$

$$k_{grafi}(2-3)=k_{graf}(3-2)= 0,415$$

$$FT(2-3)=FT(3-2)= 0,525$$

$$K_{2-3}= K_{3-2}= 438,344$$

$$M(1-2)=M(2-1)=\frac{1280*400*900^2}{12*(100)^2} = 3456000 \text{ Kgf.cm}^2$$

$$\lambda_{3-4}= 15/800 = 0,019$$

$$\lambda_{4-3}= 20/800= 0,025$$

$$k_{\text{grafi}}(3-4)= 0,414$$

$$k_{\text{graf}}(4-3)= 0,422$$

$$FT(3-4)= 0,528$$

$$FT(4-3)= 0,536$$

$$K_{3-4}= 491,948$$

$$K_{4-3}=$$

$$501,455$$

$$M(3-4)=M(4-3)=\frac{1280*400*800^2}{12*(100)^2} = 2730666,66 \text{ Kgf.cm}$$

Y así sucesivamente con el resto de las franjas, para resumir cálculos, seguidamente se muestran las tablas respectivas:

Tabla 5.1

Valores de λ en cada cara de columna en el sentido X

Lamda	franja 1	franja 2	franja 3	franja 4
λ_{C-B}	0,022	0,019	0,019	0,022
λ_{B-C}	0,019	0,017	0,017	0,019
λ_{B-A}	0,022	0,019	0,019	0,022
λ_{A-B}	0,025	0,022	0,022	0,025

Tabla 5.2

Valores de λ en cada cara de columna en el sentido Y

LOSAS MACIZAS			
Lamda	franja A	franja B	franja C
λ_{1-2}	0,020	0,015	0,020
λ_{2-1}	0,015	0,015	0,015
λ_{2-3}	0,017	0,017	0,017
λ_{3-2}	0,017	0,017	0,017
λ_{3-4}	0,019	0,019	0,019
λ_{4-3}	0,025	0,019	0,025

Cabe destacar que el programa hará los cálculos en función a la gráfica de rigidez de Gonzales Cuevas. (En este paso el usuario debería buscar los valores en la gráfica, e introducirlos manualmente en los recuadros respectivos, pero se hizo una modificación siguiente en procedimiento:

Como no se encontraron las ecuaciones de las curvas para Kgraf. y FT. de la grafica antes mencionada, se procedió a ubicar (graficar) varios puntos de cada curva, para de esta forma convertir a las curvas en pequeñas rectas conocidas y así ubicar los valores (Kgraf y FT) que se deseen conocer una vez obtenido el valor de lamda (λ) por medio de la ecuación 4.

Ya conocidos los valores de los puntos que generan las graficas, el programa procederá a ubicar el lamda calculado y compararlo con el lamda de gráfica y ubicar y grabar los valores de Kgraf y FT asociados, en caso de no coincidir, lo ubica en un rango y se calculan los valores respectivos por medio de la interpolación, a continuación los resultados:

Tabla 6.1.

Valores de factor de rigidez y transporte provenientes de la grafica de Gonzales Cuevas en el sentido X

SENTIDO X								
Rigidez/F transp	franja 1		franja 2		franja 3		franja 4	
K / FT C-B	4,37	0,533	4,335	0,529	4,335	0,529	4,37	0,533
K / FT B-C	4,335	0,529	4,306	0,527	4,306	0,527	4,335	0,529
K / FT B-A	4,37	0,533	4,335	0,529	4,335	0,529	4,37	0,533
K / FT A-B	4,4	0,537	4,37	0,533	4,37	0,533	4,4	0,537

Tabla 6.2.

Valores de factor de rigidez y transporte provenientes de la grafica de Gonzales Cuevas en el sentido Y

SENTIDO Y						
Rigidez/F transp	franja A		franja B		franja C	
K / FT 1-2	4,35	0,53	4,276	0,524	4,35	0,53
K / FT 2-1	4,276	0,524	4,276	0,524	4,276	0,524
K / FT 2-3	4,305	0,526	4,305	0,526	4,305	0,526
K / FT 3-2	4,305	0,526	4,305	0,526	4,305	0,526
K / FT 3-4	4,335	0,529	4,335	0,529	4,335	0,529
K / FT 4-3	4,4	0,537	4,335	0,529	4,4	0,537

Posteriormente se realizan los cálculos respectivos (ver Ec.5) para obtener el factor K y el momento de empotramiento Me:

Factor de rigidez:

Tabla 7.1.

Valores de factor de rigidez provenientes de la Ec. 5 en el sentido X

SENTIDO X				
K i-j	franja X1	franja X2	franja X3	franja X4
K (C-B)	6454,652	10604,146	9442,916	4602,156
K (B-C)	6402,956	10530,761	9377,56	4565,297
K (B-A)	7261,483	11929,665	10623,280	5177,426
K (A-B)	7311,333	12025,983	10709,051	5212,969

Tabla 7.2.

Valores de factor de rigidez provenientes de la Ec. 5 en el sentido Y

SENTIDO Y			
K i-j	franja YA	franja YB	franja YC
K (1-2)	4135,219	8127,844	4889,137
K (2-1)	4063,922	8127,844	4804,841
K (2-3)	4547,156	9094,313	5376,177
K (3-2)	4547,156	9094,313	5376,177
K (3-4)	5151,199	10302,398	6090,347
K (4-3)	5228,438	10302,398	6181,667

5. Momento de Empotramiento:

Tabla 8.1.

Valores de Momento provenientes de la Ec. 6 en el sentido X

SENTIDO X				
Momentos	franja 1	franja 2	franja 3	franja 4
M(C-B=B-C)	4320000	8208000	7344000	3456000
M(A-B=B-A)	3413333	6485333	5802667	2730667

Tabla 8.2.

Valores de Momento provenientes de la Ec. 5 en el sentido Y

SENTIDO Y			
Momentos	franja A	franja B	franja C
M(1-2=2-1)	4266667	9066667	4800000
M(3-2=2-3)	3456000	7344000	3888000
M(3-4=4-3)	2730667	5802667	3072000

6. Momentos de Inercia del tramo superior e inferior (columnas) de acuerdo a la siguiente expresión:

$$I(\text{superior/inferior}) = \frac{X_{\text{col. (sup/inf)}} * Y_{\text{col. (sup/inf)}}^3}{12}$$

Obteniéndose los siguientes valores:

Tabla 9.1.

Valores de inercia de las columnas inferiores

NIVEL INFERIOR							
Sentido X				Sentido Y			
Columna	X	Y	Inercia	Columna	X	Y	Inercia
1-A	40	40	213333,333	A-1	40	40	213333,333
1-B	30	35	107187,5	A-2	35	30	78750
1-C	40	40	213333,333	A-3	35	30	78750
2-A	30	35	107187,5	A-4	40	40	213333,333
2-B	30	30	67500	B-1	35	30	78750
2-C	30	35	107187,5	B-2	30	30	67500
3-A	30	35	107187,5	B-3	30	30	67500
3-B	30	30	67500	B-4	35	30	78750
3-C	30	35	107187,5	C-1	40	40	213333,333
4-A	40	40	213333,333	C-2	35	30	78750
4-B	30	35	107187,5	C-3	35	30	78750
4-C	40	40	213333,333	C-4	40	40	213333,333

Tabla 9.2.

Valores de inercia de las columnas en el piso superior

NIVEL SUPERIOR							
Sentido X				Sentido Y			
Columna	X	Y	Inercia	Columna	X	Y	Inercia
1-A	40	40	213333,333	A-1	40	40	213333,333
1-B	30	30	67500	A-2	30	25	39062,5
1-C	40	40	213333,333	A-3	30	25	39062,5
2-A	25	30	56250	A-4	40	40	213333,333
2-B	30	30	67500	B-1	30	30	67500
2-C	25	30	56250	B-2	30	30	67500
3-A	25	30	56250	B-3	30	30	67500
3-B	30	30	67500	B-4	30	30	67500
3-C	25	30	56250	C-1	40	40	213333,333
4-A	40	40	213333,333	C-2	30	25	39062,5
4-B	30	30	67500	C-3	30	25	39062,5
4-C	40	40	213333,333	C-4	40	40	213333,333

Posteriormente se calculan los valores de λ para columnas y determinar los valores de $K_{gr\acute{a}fica}$ y FT correspondientes (de igual manera que para las vigas). Las expresiones para estos c\`alculos se presentan a continuaci3n:

$$\lambda = \frac{h_{viga} - \frac{h_{losa}}{2}}{L_{columna}}$$

$$K = \frac{K_{gr\acute{a}fica} * I * E}{L_{columna}}$$

Una vez aplicada la ecuaci3n para el c\`alculo de λ , ($k_{graf.col.}$) y K los resultados se anexan en las tablas siguientes:

Tabla 10.1Valores de λ , kgraf, FT y K de las columnas en el piso inferior por sentido

NIVEL INFERIOR									
Sentido X					Sentido Y				
columna	λ	Kgraf.	FT	Kc	columna	Λ	Kgraf.	FT	Kc
1-A	0,063	5,253	0,515	2801,600	A-1	0,038	4,620	0,506	2464,000
1-B	0,063	5,253	0,515	1407,640	A-2	0,038	4,620	0,506	909,563
1-C	0,063	5,253	0,515	2801,600	A-3	0,038	4,620	0,506	909,563
2-A	0,050	4,900	0,580	1313,047	A-4	0,038	4,620	0,506	2464,000
2-B	0,050	4,900	0,580	826,875	B-1	0,038	4,620	0,506	909,563
2-C	0,050	4,900	0,580	1313,047	B-2	0,038	4,620	0,506	779,625
3-A	0,050	4,900	0,580	1313,047	B-3	0,038	4,620	0,506	779,625
3-B	0,050	4,900	0,580	826,875	B-4	0,038	4,620	0,506	909,563
3-C	0,050	4,900	0,580	1313,047	C-1	0,050	0,900	0,580	480,000
4-A	0,038	4,620	0,506	2464,000	C-2	0,050	0,900	0,580	177,188
4-B	0,038	4,620	0,506	1238,016	C-3	0,050	0,900	0,580	177,188
4-C	0,038	4,620	0,506	2464,000	C-4	0,050	0,900	0,580	480,000

Tabla 10.2.Valores de λ , kgraf, FT y K de las columnas en el piso superior por sentido

NIVEL SUPERIOR									
Sentido X					Sentido Y				
Columna	Λ	Kgraf.	FT	Kc	columna	Λ	Kgraf.	FT	Kc
1-A	0,063	5,253	0,515	2801,600	A-1	0,038	4,620	0,506	2464,000
1-B	0,063	5,253	0,515	886,444	A-2	0,038	4,620	0,506	451,172
1-C	0,063	5,253	0,515	2801,600	A-3	0,038	4,620	0,506	451,172
2-A	0,050	4,900	0,580	689,063	A-4	0,038	4,620	0,506	2464,000
2-B	0,050	4,900	0,580	826,875	B-1	0,038	4,620	0,506	779,625
2-C	0,050	4,900	0,580	689,063	B-2	0,038	4,620	0,506	779,625
3-A	0,050	4,900	0,580	689,063	B-3	0,038	4,620	0,506	779,625
3-B	0,050	4,900	0,580	826,875	B-4	0,038	4,620	0,506	779,625
3-C	0,050	4,900	0,580	689,063	C-1	0,050	0,900	0,580	480,000
4-A	0,038	4,620	0,506	2464,000	C-2	0,050	0,900	0,580	87,891
4-B	0,038	4,620	0,506	779,625	C-3	0,050	0,900	0,580	87,891
4-C	0,038	4,620	0,506	2464,000	C-4	0,050	0,900	0,580	480,000

En el caso de losas nervadas se utiliza este mismo procedimiento cambiando únicamente los valores correspondientes a la Inercia de la Franja (IF).

7. Determinación del Factor C:

$$C = \sum \left(1 - 0,63 * \frac{X}{Y}\right) * \frac{X^3 * Y}{3} \quad (\text{Ec. 7})$$

En este paso hay diferencia notable entre el cálculo del factor C para losas nervadas y el cálculo del factor C para losas macizas, por ende ambos serán explicados simultáneamente por cada tipo de franja, es decir, caso 1 y caso 2 por el tipo de franja (externa e interna) y a su vez para cada tipo de losa (nervada y maciza).

Es de gran importancia saber que en la ecuación 7, los valores de longitudes, pertenecientes a la variable X y los pertenecientes a la variable Y, son los lados de la sección transversal de la viga equivalente en estudio descompuesta en diferentes rectángulos. Tomando en cuenta que X es la dimensión menor de una sección, mientras que Y será la dimensión mayor de dicho rectángulo.

Existen dos tipos de descomposición de vigas para estudiar (llamados caso1 y caso2), tanto para las vigas exteriores como interiores, para comprender las dimensiones respectivas a cada variable se realizaron dos gráficos, ver figuras 9 y 10, donde se expresa detalladamente lo antes mencionado por cada caso.

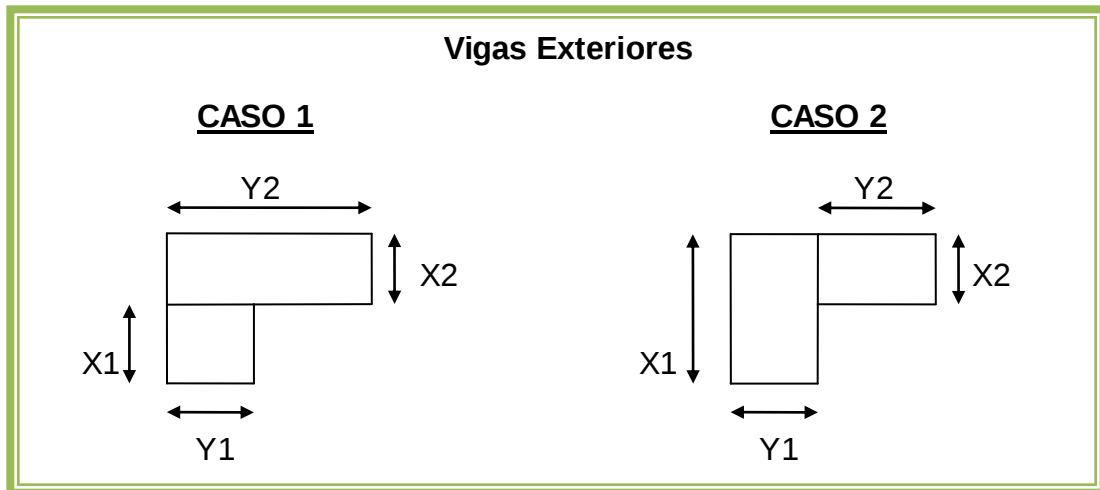


Figura 9. Descomposición en rectángulos de vigas extremas. Fuente: Elaboración propia

Para **LOSAS MACIZAS**:

Si $hl \leq 4 \cdot h$, entonces, $Y2 = hl + bviga$. sino: $Y2 = 4 \cdot h + bviga$ **(CASO 1)**

Si $hl \leq 4 \cdot h$, entonces, $Y2 = hl$. sino: $Y2 = 4 \cdot h$ **(CASO 2)**

En caso de ser **LOSAS NERVADAS** las condiciones cambian en función a la longitud de macizado. Como a esta altura del procedimiento, aún no ha sido calculada, se toma el valor mínimo de macizado (10cm) y se toman en cuenta las siguientes condiciones:

Para el CASO 1

Longitud de viga que sobresale: t

$$t \leq 4 \cdot h$$

$$t \leq hl$$

$$t \leq L_{\text{macizado}}$$

Adicionalmente:

- Si $hl \leq 4 \cdot h$:

Si $h_l \leq L_{\text{macizado}}$, entonces, $Y_2 = h_l + b_{\text{viga}}$. (CASO 1)

Si no, $Y_2 = L_{\text{macizado}} + b_{\text{viga}}$. (CASO 1)

- Si $h_l > 4 \cdot h$:

Si $4 \cdot h_l \leq L_{\text{macizado}}$, entonces, $Y_2 = 4 \cdot h + b_{\text{viga}}$. (CASO 1)

Si no, $Y_2 = L_{\text{macizado}} + b_{\text{viga}}$. (CASO 1)

En conformidad con lo establecido anteriormente, donde se dijo que X corresponde a los valores más pequeños y el índice Y a los más grandes, se establece la siguiente condición:

- Si $X_1 > Y_1$, entonces, $X_1 = b_{\text{viga}}$, $Y_1 = h_l$
- Si $X_2 > Y_2$, entonces, $X_2 = Y_2$, $Y_2 = h$

Para el CASO 2 de losas nervadas se hace el mismo chequeo, con las mismas condiciones, diferenciados solo porque para este caso no se toma en cuenta la b_{viga} , ya que ésta es Y_1 .

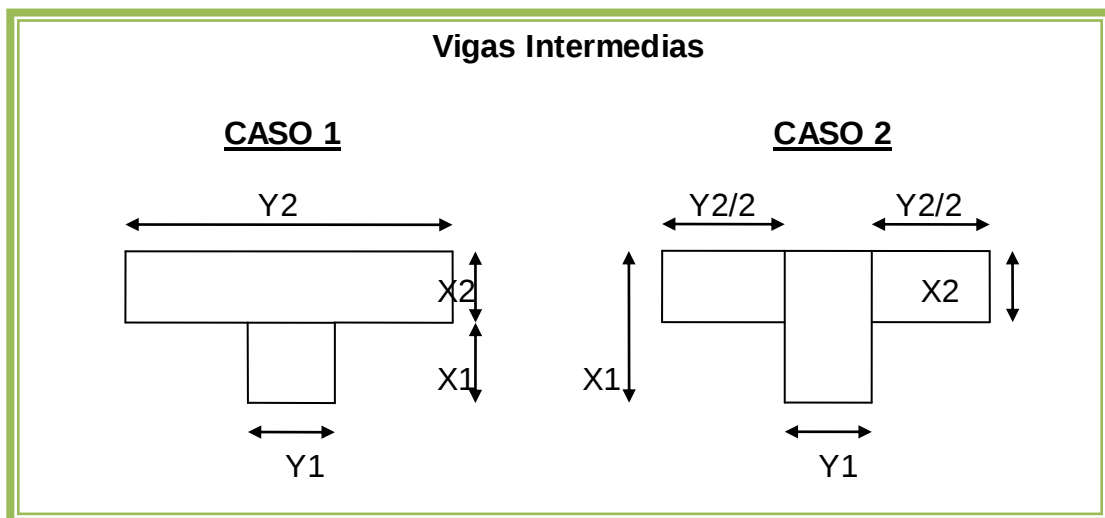


Figura 10. Descomposición en rectángulos de vigas internas. Fuente: Elaboración propia

Para **LOSAS MACIZAS**:

Si $hl \leq 4*h$, entonces, $Y2 = 2*hl + bviga$. Si no: $Y2 = 2*4*h + bviga$ **(CASO 1)**

Si $hl \leq 4*h$, entonces, $Y2 = hl$. Si no: $Y2 = 4*h$ **(CASO 2)**

En el caso de **LOSAS NERVADAS** las condiciones son las siguientes:

CASO 1:

Longitud de viga que sobresale: t

$$t \leq 4*h$$

$$t \leq hl$$

$$t \leq L_{\text{macizado}}$$

Adicionalmente:

- Si $hl \leq 4*h$:

Si $hl \leq L_{\text{macizado}}$, entonces, $Y2 = 2*hl + bviga$. **(CASO 1)**

Si no, $Y2 = 2*L_{\text{macizado}} + bviga$. **(CASO 1)**

- Si $hl > 4*h$:

Si $4*hl \leq L_{\text{macizado}}$, entonces, $Y2 = 2*4*h + bviga$. **(CASO 1)**

Si no, entonces, $Y2 = 2*L_{\text{macizado}} + bviga$. **(CASO 1)**

En conformidad con lo establecido anteriormente, donde se dijo que X corresponde a los valores más pequeños y el índice Y a los más grandes, se establece la siguiente condición:

- Si $X1 > Y1$, entonces, $X1 = bviga$, $Y1 = hl$
- Si $X2 > Y2$, entonces, $X2 = Y2$, $Y2 = h$

Para el **CASO 2** se hace el mismo chequeo, con las mismas condiciones establecidas para la franja exterior.

Es importante resaltar que para determinar el factor C se deben estudiar los 2 casos para cada longitud de franja, el mayor valor entre éstos será el valor real del factor C.

Franja 1:

(Una vez verificada la condición de Y2 se tiene)

CASO 1

Y2= hl+bviga= 50

X2= h= 30

Y1= bviga= 40

X1= hl=10

CASO 2

Y2= hl= 10

X2= h= 30

Y1= bviga= 40

X1= hviga= 40

(Después de verificada la condición entre los valores de X e Y resulta)

Y2= 50

X2= 30

Y1= 40

X1=10

Y2= 30

X2= 10

Y1= 40

X1= 40

$$C = \left(1 - 0,63 * \frac{X1}{Y1}\right) \frac{X1^3 * Y1}{3} + \left(1 - 0,63 * \frac{X2}{Y2}\right) \frac{X2^3 * Y2}{3}$$

(Una vez aplicada la expresión resulta)

C11= 2911133,33

C21= 323633,33

Al compararlos y tomar el mayor valor, se obtiene el valor real del Factor C en la franja de viga 1. C(1)= 323633,33

Y así sucesivamente para el resto de los valores del Factor C de cada franja de viga; a continuación se presenta una tabla con dichos valores:

Tabla 11.

Valores de C tanto para las vigas en X como las vigas en Y

SENTIDO Y		SENTIDO X	
Franja	Fator C	Franja	Fator C
A	189900	1	323633,333
B	99900	2	281435,417
C	257654,167	3	236227,083
		4	189900

8. Calculo de la Rigidez Torsional (kt):

$$kt = \frac{9 * Ec * C}{Lf(1 - \frac{C^2}{Lf})^3}$$

Donde:

$$Ec = 15100 * \sqrt{f'c}$$

Las variables restantes ya fueron calculadas y por ende conocidas. Cabe destacar que se calcularan tantos kt como nodos tenga la losa.

Para la Franja 1:

$$Kt(1 - A) = \frac{9 * 15100\sqrt{250} * 323633,33}{480 \left(1 - \frac{40}{480}\right)^3} = 1882151895,11$$

Así sucesivamente con cada nodo de la franja y continuamente con cada franja de estudio, para resumir los cálculos, los valores fueron vaciados en las siguientes tablas:

Tabla 12.

Valores de Kt en cada nodo de la estructura en ambos sentidos

Columnas desde x			Columnas desde y		
Franja	Nodo	Kt(nodo)	Franja	Nodo	Kt(nodo)
1	1-A	1880906261,82	A	A-1	1485920510,12
	1-B	1818214633,63		A-2	1363012820,42
	1-C	1880906261,82		A-3	1363012820,42
2	2-A	746378637,52		A-4	1485920510,12
	2-B	733746265,19	B	B-1	294755010,63
	2-C	746378637,52		B-2	294755010,63
3	3-A	712959227,84		B-3	294755010,63
	3-B	699379420,54		B-4	294755010,63
	3-C	712959227,84	C	C-1	1712694377,68
4	4-A	1492506222,22		C-2	1588185406,96
	4-B	1428778098,27		C-3	1588185406,96
	4-C	1492506222,22		C-4	1712694377,68

9. Calculo de la Inercia de la franja de losa (desde el eje, sin incluir el aporte de la viga q sobresale)

$$I_s = \frac{\left(\frac{LP}{2}\right) * h^3}{12}$$

Donde:

Lp: longitud del panel

h: altura de losa

Y una vez aplicada la ecuación, resulta lo siguiente:

Tabla 13.

Inercia de franja de losa en cada sentido

<i>Is</i>	SENTIDO X		
Franja	long. De losa	h losa	Is
1	500	30	1125000
2	951,25	30	2140312,5
3	847,5	30	1906875
4	401,25	30	902812,5
	SENTIDO Y		
	long. De losa	h losa	Is
A	402,5	30	905625
B	845	30	1901250
C	452,5	30	1018125

Hay que tener en cuenta que en caso de ser losas nervadas, este procedimiento difiere en que se deberá calcular el centro de gravedad de la franja, y en función a éste y al nervio, se calculará la Inercia Is, por medio de las siguientes formulas:

$$y_{cm} = \frac{\left(A_{nervio} * \frac{Lp}{bN} \right) * Y_{cmN} + \left(h * Lp * \frac{h}{2} \right)}{\left(A_{nervio} * \frac{Lp}{bN} \right) + \left(Lp * \frac{h}{2} \right)}$$

$$I_s = \left(\left(\frac{Lp * h^3}{12} \right) + Lp * h * \left(Y_{cm} - \frac{h}{2} \right)^2 \right) + \left(\left(Inervio * \frac{Lp}{bN} \right) + \left(Anervio * \frac{Lp}{bN} \right) * (Y_{cmN} - Y_{cm})^2 \right)$$

10. Calculo de la Rigidez Torsional Corregida (Kta)

$$Kta = Kt * \frac{I1}{I_s}$$

Donde:

Kt: Rigidez torsional

I1: Inercia de la viga equivalente

I_s: Inercia de la longitud equivalente

Una vez sustituidos los valores ya antes calculados, se obtienen como resultado las tablas que se presentan a continuación:

Tabla 14.1.

Valores de Kta por nodo en el sentido de X

		SENTIDO X			
Franja	Nodo	Kt(nodo)	Ia = I1	I _s	Kta
1	1-A	1880906261,82	1329333,333	1125000	2222534568,97
	1-B	1818214633,63	1329333,333	1125000	2148456283,58
	1-C	1880906261,82	1329333,333	1125000	2222534568,97
2	2-A	746378637,52	2201552,894	2140312,5	767734641,29
	2-B	733746265,19	2201552,894	2140312,5	754740821,07
	2-C	746378637,52	2201552,894	2140312,5	767734641,29
3	3-A	712959227,84	1960466,97	1906875	733359007,79
	3-B	699379420,54	1960466,97	1906875	719390643,79
	3-C	712959227,84	1960466,97	1906875	732996665,83
4	4-A	1492506222,22	947812,5	857812,5	1534452521,11
	4-B	1428778098,27	947812,5	857812,5	1468933343,36
	4-C	1492506222,22	947812,5	857812,5	1649097038,98

Tabla 14.2.

Valores de Kta por nodo en el sentido de Y

Franja	Nodo	SENTIDO Y			
		Kt(nodo)	la = l1	ls	Kta
A	A-1	1485920510,12	950625	905625	1559755069,63
	A-2	1363012820,42	950625	905625	1430740165,53
	A-3	1363012820,42	950625	905625	1430740165,53
	A-4	1485920510,12	950625	905625	1559755069,63
B	B-1	294755010,63	1901250	1901250	294755010,63
	B-2	294755010,63	1901250	1901250	294755010,63
	B-3	294755010,63	1901250	1901250	294755010,63
	B-4	294755010,63	1901250	1901250	294755010,63
C	C-1	1712694377,68	1123939,49	1018125	1890695985,77
	C-2	1588185406,96	1123939,49	1018125	1753246704,57
	C-3	1588185406,96	1123939,49	1018125	1753246704,57
	C-4	1712694377,68	1123939,49	1018125	1890695985,77

11. Rigidez de la Columna Equivalente

Viene dada por la siguiente expresión:

$$\frac{1}{K_{ec}} = \frac{1}{\sum K_c} + \frac{1}{\sum K_{ta}}$$

Despejando K_{ec} de la ecuación, se tiene que:

$$K_{ec} = \frac{\sum K_c \cdot \sum K_{ta}}{\sum K_c + \sum K_{ta}}$$

Aplicando esta expresión se obtiene lo siguiente:

Tabla 15.1.

Valores de Kec por nodo en el sentido de X

		EN SENTIDO X				
Franja	Nodo	Kcol inf.	Kcol sup	Kc	Kta	Kec
1	1-A	2801,60	2801,60	5603,20	2222534568,97	5603,186
	1-B	1407,64	886,44	2294,08	2148456283,58	2294,081
	1-C	2801,60	2801,60	5603,20	2222534568,97	5603,186
2	2-A	1313,05	689,06	2002,11	767734641,29	2002,104
	2-B	826,88	826,88	1653,75	754740821,07	1653,746
	2-C	1313,05	689,06	2002,11	767734641,29	2002,104
3	3-A	1313,05	689,06	2002,11	733359007,79	2002,104
	3-B	826,88	826,88	1653,75	719390643,79	1653,746
	3-C	1313,05	689,06	2002,11	732996665,83	2002,104
4	4-A	2464,00	2464,00	4928,00	1534452521,11	4927,984
	4-B	1238,02	779,63	2017,64	1468933343,36	2017,638
	4-C	2464,00	2464,00	4928,00	1649097038,98	4927,985

Tabla 15.2.

Valores de Kec por nodo en el sentido de Y

		EN SENTIDO Y				
Franja	Nodo	Kcol inf.	Kcol sup	Kc	Kta	Kec
A	A-1	2464,00	2464,00	4928,00	1559755069,63	4927,984
	A-2	909,56	451,17	1360,73	1430740165,53	1360,733
	A-3	909,56	451,17	1360,73	1430740165,53	1360,733
	A-4	2464,00	2464,00	4928,00	1559755069,63	4927,984
B	B-1	909,56	779,63	1689,19	294755010,63	1689,178
	B-2	779,63	779,63	1559,25	294755010,63	1559,242
	B-3	779,63	779,63	1559,25	294755010,63	1559,242
	B-4	909,56	779,63	1689,19	294755010,63	1689,178
C	C-1	2613,33	2613,33	5226,67	1890695985,77	5226,652
	C-2	964,69	478,52	1443,20	1753246704,57	1443,202
	C-3	964,69	478,52	1443,20	1753246704,57	1443,202
	C-4	2613,33	2613,33	5226,67	1890695985,77	5226,652

12. Cálculo del Factor de Distribución:

Este valor proviene de una regla de tres en cada nodo, con el resultado de la sumatoria de las rigideces de columnas (K_{ec}) y rigideces de las vigas (K_{viga}), es decir, el factor de distribución va en función a su porcentaje de aporte de rigidez al nodo en estudio, en las tablas siguientes, se aprecian los valores de factor de distribución (FD) por pórticos en cada nodo:

Tabla 16.1

Factor de distribución en el pórtico 1 para cada nodo respectivo, en X

FD	Franja 1					
Nodo	A		B		C	
Factor	K	FD	K	FD	K	FD
Kec	5603,186	0,434	2294,081	0,144	5603,186	0,465
Kviga i-j	7311,333	0,566	7261,483	0,455	6454,652	0,535
Kviga j-i			6402,956	0,401		
ΣK	12914,519		15958,520		12057,838	

Tabla 16.2

Factor de distribución en el pórtico 2 para cada nodo respectivo, en X

FD	Franja 2					
Nodo	A		B		C	
Factor	K	FD	K	FD	K	FD
Kec	2002,104	0,143	1653,746	0,069	2002,104	0,159
Kviga i-j	12025,983	0,857	11929,665	0,495	10604,146	0,841
Kviga j-i			10530,761	0,437		
ΣK	14028,087		24114,172		12606,250	

Tabla 16.3

Factor de distribución en el pórtico 3 para cada nodo respectivo, en X

"	Franja 3					
Nodo	A		B		C	
Factor	K	FD	K	FD	K	FD
Kec	2002,104	0,158	1653,746	0,076	2002,104	0,175
Kviga i-j	10709,051	0,842	10623,280	0,491	9442,916	0,825
Kviga j-i			9377,560	0,433		
ΣK	12711,155		21654,586		11445,020	

Tabla 16.4

Factor de distribución en el pórtico 4 para cada nodo respectivo, en X

FD	Franja 4					
Nodo	A		B		C	
Factor	K	FD	K	FD	K	FD
Kec	4927,984	0,486	2017,638	0,172	4927,985	0,517
Kviga i-j	5212,969	0,514	5177,426	0,440	4602,156	0,483
Kviga j-i			4565,297	0,388		
ΣK	10140,953		11760,361		9530,141	

Tabla 16.5

Factor de distribución en el pórtico A para cada nodo respectivo, en Y

FD	Franja A							
Nodo	1		2		3		4	
Factor	K	FD	K	FD	K	FD	K	FD
Kec	4927,984	0,544	1360,733	0,136	1360,733	0,123	4927,984	0,485
Kviga i-j	4135,219	0,456	4063,922	0,408	4547,156	0,411	5228,438	0,515
Kviga j-i			4547,156	0,456	5151,199	0,466		
ΣK	9063,203		9971,811		11059,088		10156,422	

Tabla 16.6

Factor de distribución en el pórtico B para cada nodo respectivo, en Y

FD	Franja B							
Nodo	1		2		3		4	
Factor	K	FD	K	FD	K	FD	K	FD
Kec	1689,178	0,172	1559,242	0,083	1559,242	0,074	1689,178	0,141
Kviga i-j	8127,844	0,828	8127,844	0,433	9094,313	0,434	10302,398	0,859
Kviga j-i			9094,313	0,484	10302,398	0,492		
ΣK	9817,022		18781,399		20955,953		11991,576	

Tabla 16.7

Factor de distribución en el pórtico C para cada nodo respectivo, en Y

FD	Franja C							
Nodo	1		2		3		4	
Factor	K	FD	K	FD	K	FD	K	FD
Kec	5226,652	0,517	1443,202	0,124	1443,202	0,112	5226,652	0,458
Kviga i-j	4889,137	0,483	4804,841	0,413	5376,177	0,416	6181,667	0,542
Kviga j-i			5376,177	0,462	6090,347	0,472		
ΣK	10115,789		11624,220		12909,726		11408,319	

13. Solución de la estructura (pórtico equivalente) por medio del Método de análisis de Cross para determinar los Momentos Negativos

De aquí en adelante solo se mostrarán los cálculos de ciertos pórticos, debido a que el procedimiento es repetitivo y el presente capítulo sería abarcado en gran parte por las tablas resultantes. Así mismo se seguirán resaltando las diferencias entre los procedimientos para el cálculo entre losas macizas y losas nervadas. Si se llegase a dar el caso.

Tabla 17.1.
Método de Cross para la franja A

Cross	Franja A					
Nodo	1	2		3		4
Miembro	1-2	2-1	2-3	3-2	3-4	4-3
F.D.	-0,456	-0,408	-0,456	-0,411	-0,466	-0,515
F.T.	0,53	0,523	0,526	0,526	0,529	0,537
Me	-4266666,667	4266666,667	-3456000	3456000	-2730666,667	2730666,667
1º Dist.	1946728,949	-330379,901	-369664,841	-298234,704	-337852,119	-1405723,403
	-172623,498	1031766,343	-156722,337	-194258,874	-754873,468	-178554,845
2º Dist.	78761,991	-356616,306	-399020,974	390253,956	442095,183	91918,478
	-186332,02	41743,855	205078,454	-209685,522	49360,223	233647,304
3º Dist.	85016,704	-100590,21	-112551,229	65920,82	74677,723	-120279,596
	-52558,385	45058,853	34641,391	-59145,671	-64590,143	39467,177
4º Dist.	23980,53	-32481,117	-36343,394	50876,352	57634,752	-20317,359
	-16971,384	12709,681	26735,523	-19098,454	-10910,422	30459,967
5º Dist.	7743,441	-16075,538	-17987,054	12338,724	13977,797	-15680,525
	-8399,468	4104,024	6484	-9452,197	-8420,442	7387,266
6º Dist.	3832,38	-4315,054	-4828,15	7348,678	8324,874	-3802,9
	-2254,616	2031,161	3861,73	-2537,193	-2042,157	4399,696
7º Dist.	1028,701	-2401,595	-2687,165	1882,888	2133,01	-2264,925
	-1254,833	545,212	989,457	-1412,105	-1216,265	1127,296
8º Dist.	572,536	-625,441	-699,811	1080,705	1224,265	-580,322
	-326,793	303,444	567,91	-367,751	-311,633	647,024
9º Dist.	149,104	-355,113	-397,339	279,342	316,449	-333,082
	-185,546	79,025	146,794	-208,801	-178,865	167,243
10º Dist.	84,658	-92,031	-102,974	159,397	180,571	-86,095
	-48,086	44,869	83,763	-54,113	-46,233	95,432
11º Dist.	21,94	-52,423	-58,656	41,259	46,74	-49,127
	-27,391	11,628	21,682	-30,824	-26,381	24,702
12º Dist.	12,497	-13,575	-15,189	23,521	26,646	-12,716
	-7,093	6,624	12,36	-7,982	-6,829	14,082
13º Dist.	3,236	-7,737	-8,657	6,09	6,899	-7,249
	-4,042	1,715	3,2	-4,549	-3,893	3,646
14º Dist.	1,844	-2,003	-2,241	3,471	3,932	-1,877
M	-2559721,309	4561065,059	-4278463,745	3191716,464	-3261136,453	1392331,956

Tabla 17.2.

Método de Cross para la franja 1

Cross	Franja 1			
Nodo	C	B		A
Miembro	C-B	B-C	B-A	A-B
F.D.	-0,566	-0,455	-0,401	-0,535
F.T.	0,537	0,533	0,529	0,533
Me	-3413333,333	3413333,333	-4320000	4320000
1º Dist.	1932400,067	412553,6	363777,24	-2312528,717
	219808,558	1037698,836	-1232115,3	192256,271
2º Dist.	-124440,841	88463,837	78004,726	-102916,238
	47133,532	-66824,732	-54833,772	41225,498
3º Dist.	-26683,84	55357,339	48812,421	-22068,321
	29494,39	-14329,222	-11758,001	25797,364
4º Dist.	-16697,743	11870,27	10466,844	-13809,524
	6324,48	-8966,688	-7357,715	5531,727
5º Dist.	-3580,496	7427,968	6549,757	-2961,175
	3957,621	-1922,726	-1577,714	3461,546
6º Dist.	-2240,539	1592,779	1404,464	-1852,992
	848,632	-1203,17	-987,274	742,259
7º Dist.	-480,439	996,701	878,861	-397,337
	531,042	-257,996	-211,701	464,478
8º Dist.	-300,64	213,722	188,454	-248,638
	113,871	-161,444	-132,475	99,598
9º Dist.	-64,466	133,739	117,927	-53,316
	71,256	-34,618	-28,407	62,325
10º Dist.	-40,341	28,678	25,287	-33,363
	15,28	-21,663	-17,776	13,364
11º Dist.	-8,65	17,945	15,824	-7,154
	9,561	-4,645	-3,812	8,363
12º Dist.	-5,413	3,848	3,393	-4,477
	2,05	-2,907	-2,385	1,793
13º Dist.	-1,161	2,408	2,123	-0,96
	1,283	-0,623	-0,511	1,122
14º Dist.	-0,726	0,516	0,455	-0,601
M	-1347167,004	4935965,086	-5118779,068	2132782,896

Cabe destacar que el cálculo que aquí se muestra (ver tablas 17.1 y 17.2), es producto del siguiente procedimiento:

Una vez calculados F.D., F.T. y Me en cada cara de columna se utiliza el calculo correspondiente al tipo de nodo, (nodos externos o nodos internos)

13.1. Nodos externos:

Se le asignará signo negativo (-) a todos los F.D. para facilitar la operación, así como a los valores de Me impares, (1, 3, 5,..., n) empezando de izquierda a derecha, siguiendo el orden cronológico de la franja en estudio.

Una vez tabulados los valores de FD y Me obtenidos, se procede a multiplicar el valor de Me por el valor de F.D. (Distribución en el nodo), seguidamente, ese valor es multiplicado por F.T. (Transporte en el nodo) y será colocado en la casilla correspondiente al nodo adyacente, cabe destacar que en la casilla del nodo en estudio se colocará el valor respectivo al transporte proveniente de el nodo adyacente, una vez realizada su distribución.

Este paso se repetirá cuantas veces sea necesario, siendo recomendable realizarlo por lo menos hasta que el valor de momento resultante obtenido a cada lado del apoyo arroje una diferencia menor o igual a un 10%. Una vez completadas las distribuciones requeridas se hace la sumatoria desde la casilla respectiva de Me, hasta la ultima distribución. El resultado corresponderá al momento actuante en cada cara del apoyo.

13.2. Nodos internos:

Este procedimiento solo difiere del anterior en la manera en que se lleva a cabo la distribución, debido a que inicialmente se sumarán los valores de Me de cada cara en el nodo estudiado y el resultado será multiplicado por el

valor de F.D. respectivo, es importante destacar que dentro del nodo no existe transporte, es decir, solo serán multiplicados por el valor de F.T respectivo para transportar hacia los nodos adyacentes, y así sucesivamente con cada nodo hasta finalizar las distribuciones. En la tabla que se muestra se indican los resultados de la aplicación del método de Cross:

Tabla 17.2

Método de Cross Valores correspondientes a las franjas en sentido X

	Nodos en X					
Cross	1	2		3		4
Franja	1-2	2-1	2-3	3-2	3-4	4-3
Momento Franja A	- 2559721,31	4561065,06	-4278463,75	3191716,46	- 3261136,45	1392331,96
Momento Franja B	- 1835787,19	10615098	-10026743,9	6965901,36	- 7210245,44	937564,907
Momento Franja C	- -2751707,5	5158057,37	-4855840,52	3597002,45	- 3677700,37	1489872,97

Tabla 17.3

Método de Cross Valores correspondientes a las franjas en sentido Y

	Nodos en Y			
Cross	A	B		C
Franja	A-B	B-A	B-C	C-B
Momento Franja 1	-1347167	4935965,09	-5118779,07	2132782,9
Momento Franja 2	-810118,409	10608999,6	-10821230,7	1416368,91
Momento Franja 3	-802609,101	9427780,25	-9636029,61	1393255,08
Momento Franja 4	-1215784,53	3850707,82	-4018048,12	1890555,37

14. Porcentaje de distribución de momentos (Tabla 2.1. y Tabla 2.2.), para ello es necesario conocer los valores de α_1 , β_t y la relación de luces de los paneles (L_2/L_1). A continuación los cálculos respectivos:

14.1. Relación entre la rigidez a flexión de la sección de la viga y la rigidez a flexión de los tramos de losa a cada lado de la viga. ($\alpha 1$), viene dada por la expresión:

$$\alpha 1 = \frac{I_b}{I_s}$$

Donde:

I_b : Inercia de la viga longitudinal de la franja, ésta tendrá forma de L invertida o T según sea el caso (exterior / interior)

I_s : Inercia de la losa a cada lado del ala de la viga longitudinal

14.2. Determinación de I_b :

Este valor se determina de forma idéntica al cálculo de inercia de la franja (11), donde la única diferencia es el valor de longitud de franja, el cual viene dado por la longitud del panel medio, menos la longitud de viga. (L_v), dicha longitud viene dada por Y2 en cada caso 1 para el cálculo del factor C. A continuación, los resultados:

14.3. Determinación de I_s :

En este caso I_s viene dado por la formula convencional de Inercia para una sección rectangular ($b \cdot h^3 / 12$). Donde b es el resultado de restar la longitud del panel medio con la L_v calculada anteriormente

Una vez conocidos los valores de I_b y I_s se procede a hacer el cálculo de $\alpha 1$ por sentido en cada franja de estudio. Los resultados de I_b , I_s y $\alpha 1$ obtenidos se muestran en las Tabla 18.1 y 18.2

Tabla 18.1.

Valores de I_b , I_s y el resultado de α_1 en el sentido X

Sentido X			
Franja	I_b	I_s	α_1
1	325833,33	1012500	0,322
2	259942,529	2025000	0,128
3	230316,04	1811250	0,127
4	195000	810000	0,241

Tabla 18.2.

Valores de I_b , I_s y el resultado de α_1 en el sentido Y

Sentido Y			
Franja	I_b	I_s	α_1
A	325833,33	810000	0,241
B	259942,529	1845000	0,079
C	230316,04	911250	0,273

14.4. Relación entre la rigidez a torsión de la sección transversal de la viga de borde y la rigidez a flexión de un tramo de losa. (β_t), viene dado por la siguiente expresión:

$$\beta_t = \frac{C}{2 * I_s}$$

Donde:

C: Constante C de la viga de borde calculado anteriormente

I_s : Inercia de tramo de losa cuyo ancho es igual al claro, centro a centro de los apoyos de la viga de borde. (Existen variaciones en el cálculo, en función

al tipo de losa pero el procedimiento es el mismo que el anterior, solo cambia la longitud de b para el calculo de I_s) los resultados son los siguientes:

Tabla 19.

Valores de β_t por sentido en cada extremo

Extremos	franja	$I_s(\beta_t)$	C	β_t
Sentido X	1	2250000	323633,333	0,07191852
	4	1800000	189900	0,05275
Sentido Y	A	1800000	189900	0,05275
	C	2025000	257654,167	0,06361831

14.5. Relación de luces $L2/L1$

El valor de $L2/L1$ se debe calcular teniendo en cuenta que $L2$ será la longitud de la sección transversal del pórtico equivalente en estudio, y $L1$ la Longitudinal. Esta relacione se calcula en cada panel por cada sentido, y se le asignará tanto a los pórticos internos como a los externos, resultando los siguientes valores:

Tabla 20.

Valores de $L2/L1$ por sentido en cada extremo

Relacion de luces en X		Relacion de luces en Y	
Panel	$L2/L1$	Panel	$L2/L1$
A-B en 1-2	0,8	1-2 en A-B	1,25
A-B en 2-3	0,889	1-2 en B-C	0,111
A-B en 3-4	1	2-3 en A-B	1,125
B-C en 1-2	0,9	2-3 en B-C	1
B-C en 2-3	1	3-4 en A-B	1
B-C en 3-4	1,125	3-4 en B-C	0,889

Ya con estos valores de α_1 , β_t y L_2/L_1 , se entra en la tabla 2.1. en su ubicación respectiva, y se determina el valor del porcentaje de momento que le corresponde a la franja de columna, el siguiente paso consiste en ingresar a la tabla 2,2 con ese porcentaje para obtener el valor correspondiente a la losa.

En este paso el programa evalúa todos y cada uno de los casos posibles según las condiciones iniciales y por medio de interpolaciones se obtiene el porcentaje correspondiente a los datos ya antes mencionados. Estos porcentajes se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 21.

Valores de porcentajes y momentos negativos resultantes en la franja 1

Fanja 1				
Nodo	A-B	B-A	B-C	C-B
M	-1347167	4935965,09	-5118779,07	2132782,9
%1	99,3252471	99,3252471	99,3058059	99,3058059
%2	78,1168724	78,1168724	75,3814815	75,3814815
Mu ⁻	-1045263,86	3829804,28	-3831825,24	1596562,63

Una vez obtenidos los momentos flectores actuantes en la estructura se procede a calcular tanto el cortante actuante como el admisible, así como la longitud de macizado necesaria (para el caso de losas nervadas). Con los valores de cortante se calculan los valores de momento positivo y finalmente el área de acero requerido tanto a tracción como a compresión.

15. Fuerza Cortante

La Fuerza de Corte será determinada en cada cara de la columna en el sentido de la franja estudiada para cada una de las franjas en ambos sentidos. Dicho cálculo viene dado por la siguiente expresión:

En el caso de la franja A, pórtico 1-2 los valores de cortante para cada cara serán Vu1 y Vu2 como se indica a continuación:

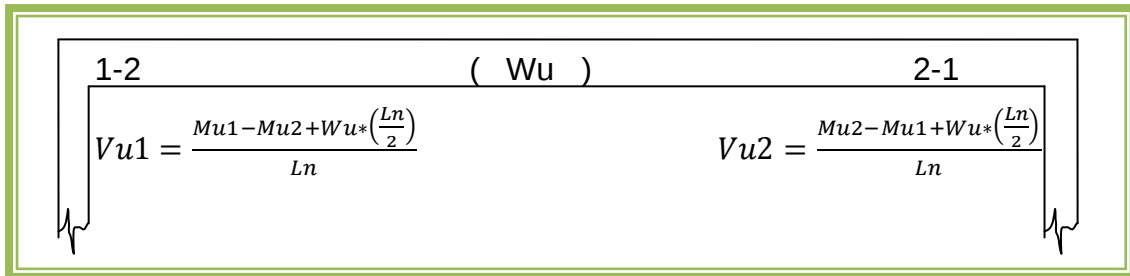


Figura 11. Distribución de cortantes por pórtico. Fuente: Elaboración propia

Donde:

Mu: Momento ultimo de diseño

Ln: Longitud Libre

Wu: Carga linealmente distribuida = $q_u * L_n / 10000$

Una vez obtenidos los valores de cortante actuante se calculan los valores de cortante admisible (ϕV_n) y se chequea que el actuante (Vu) no sea mayor que el admisible. De lo contrario se tendría proceder a redimensionar las secciones

Para losas macizas

$$\phi V_n = (0,53 * 0,75 * \sqrt{F'_c} * L_n * d)$$

Donde:

d= h-recubrimiento

Ln= Luz Libre de la franja en estudio

En la tabla 22 se presentan los resultados de cálculos de cortante admisible y cortante actuante para la franja 1 (caso de estudio).

Tabla 22.

Valores de Cortantes resultantes en la franja 1

Franja 1				
Nodo	A-B	B-A	B-C	C-B
Mu⁻	-1045263,86	3829804,28	-3831825,24	1596562,63
Vn	31081,7619	43827,0381	41610,8071	54161,9929
φVn	129817,23	129817,23	146786,802	146786,802

En este caso, el programa luego de hacer las comparaciones entre los valores de Cortante Ultimo y Cortante Admisible, mostrará un mensaje alusivo al caso para que el usuario haga la revisión y tome las consideraciones respectivas.

En el caso de **losas Nervadas**, el cálculo del Cortante admisible viene dado en función a la cantidad de nervios que puedan entrar dentro de la longitud libre de la franja en estudio como lo muestra la siguiente expresión:

$$\phi V_n = (1,1 * 0,53 * 0,75 * \sqrt{F'c} * b_o N * d * \left(\frac{L_n}{b_N}\right)$$

Donde:

d= h-recubrimiento

b_oN= Ancho del alma del nervio

L_n= longitud libre del tramo

b_n= Ancho de alas del nervio

Si V_u > φV_n, se debe colocar una longitud de macizado, de lo contrario, no haría falta, pero la norma establece una longitud mínima de macizado

(10cm). En todo caso, la longitud de macizado se calcula mediante la siguiente expresión:

$$L_{\text{macizado}} = \frac{Vu - \phi Vn}{Wu}$$

Donde:

Vu = Cortante ultimo de diseño en el extremo del tramo en estudio

Wu = Carga linealmente distribuida

Cabe destacar que la longitud de macizado obtenida, se mide desde la cara de los apoyos.

16. Calculo de Momentos Positivos

El cálculo de los momentos positivos dependen del Momento Negativo y el Cortante Último, resultantes en el extremo izquierdo del tramo en estudio, y se calculan por la expresión que se muestra en la siguiente gráfica:

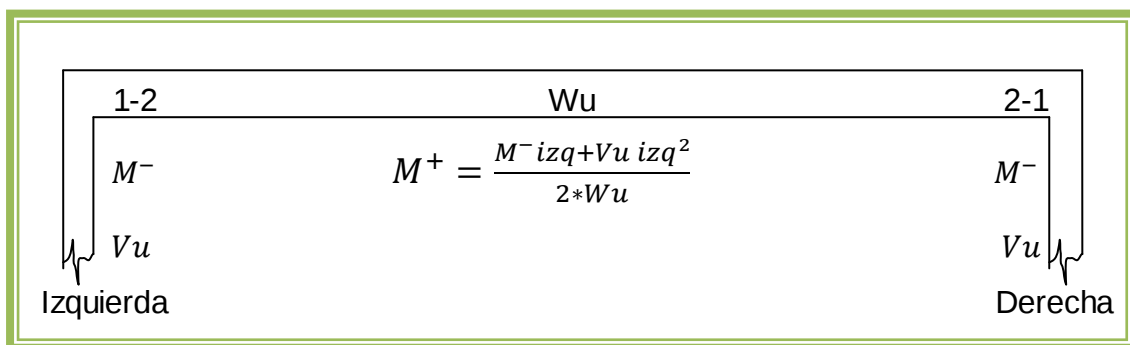


Figura 11. **Ubicación del Momento Positivo** Fuente: *Elaboración propia*

Donde:

$M^- \text{ izq}$ = Momento negativo en el apoyo izquierdo del pórtico en estudio

Vu_{izq} = Cortante ultimo en el apoyo izquierdo del pórtico en estudio

Wu = Carga ultima de diseño

M^+ = Momento positivo del pórtico en estudio.

A continuación se presenta la tabla con los valores de Momento Positivo obtenidos:

Tabla 23.

Valores de Momentos Positivos resultantes en la franja 1

Fanja 1		
Nodo	A-B	B-C
Mt	-1045263,865	-3831825,242
Vu	31081,7619	41610,80709
M+	4927648,38	7801785,772

Ya con los valores de M^+ , nuevamente se ingresa en las tablas 2.1 y 2.2 se calculan los porcentajes respectivos, tal cual como se hizo para los momentos anteriores, pero con el caso que le corresponde, obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla 24.

Valores de porcentajes y momentos positivos totales resultantes en la franja1

Nodo	A-B	B-C
M^+	4927648,38	7801785,772
%1	65,4064198	65,21333334
%2	78,1168724	75,3814815
Mu^+	2517705,535	3835262,455

Por ultimo, una vez obtenidos los valores de momentos, tanto positivos como negativos, se procede a calcular el acero correspondiente a cada cara de la franja estudiada

El cálculo del área de acero difiere según sea el caso de losa que se estudie, en el **caso de losas macizas**, resulta lo siguiente:

$$K = \frac{Mu}{f'c * b * d^2}$$

Donde:

Mu: Momento ultimo de diseño

F'c: Resistencia del concreto a compresión (Kg/cm^2)

b: Ancho de la franja correspondiente al nodo en estudio

d: Distancia de la fibra externa comprimida hasta el baricentro de la armadura a tracción, es decir, $d = h - 3$ (siendo 3 el recubrimiento)

Con este valor de K, se despeja la Cuantía mecánica (W) y con ésta última, se despeja el valor de ju según las siguientes expresiones:

$$K = 0,9 * W * (1 - 0,59 * W)$$

$$Ju = 1 - 0,59 * W$$

Cabe destacar que estas expresiones son válidas solo si la resistencia a compresión del concreto es menor a 280 kg/cm^2 donde $B1 = 0,85$. Razón por la cual el programa no permite introducir valores de F'c mayores a 280 kg/cm^2 . Finalmente:

$$As = \frac{Mu}{0,9 * ju * Fy * d}$$

Donde:

Fy: Esfuerzo de fluencia del acero

As: Area de acero a tracción requerida

Posteriormente se chequea que el área de acero calculado sea mayor al mínimo establecido por la norma, la expresión a utilizar para el cálculo del acero mínimo también difiere según el valor de fy.

Si $F_y \leq 2800 \text{ kg/cm}^2$.

$$A_{s\text{mín}} = 0,0020b*h$$

Si $2800 \text{ kg/cm}^2 < F_y < 4200 \text{ kg/cm}^2$

$$A_{s\text{mín}} = 0,0018b*h$$

$F_y \geq 4200 \text{ kg/cm}^2$

$$A_{s\text{mín}} = \frac{4200 * 0,0018 * b * h}{F_y}$$

Una vez aplicadas las ecuaciones correspondientes para el cálculo del área de acero se tiene:

Tabla 25.

Valores de Área de Acero resultantes en la franja 1

Franja 1						
Nodo	A-B-	a-b+	B-A-	B-C-	a-b+	C-B-
b	382,5	800	407,5	407,5	900	432,5
Mu	48,96	102,4	52,16	52,16	115,2	55,36
k	0,01499433	0,01726821	0,051568	0,05159535	0,0233822	0,020255
ju	0,99006502	0,98854074	0,964942	0,96492306	0,9844185	0,9865313
As⁻	10,3444322		38,88837	38,9096608		15,856945
As⁺		24,9548406			38,173304	
Asmín	21,6	43,2	21,6	24,3	48,6	24,3

Así como para las comparaciones de cortante admisible y cortante actuante, en este caso los valores de acero serán comparados con el mínimo establecido por la norma y los valores que no cumplan serán resaltados con un mensaje al respecto

En el **caso de losas nervadas**, las expresiones empleadas son las mismas, pero varían en función de las dimensiones de los nervios dentro de la franja de estudio. A continuación, las ecuaciones que lo rigen:

- Para el Acero Positivo:

$$K = \frac{Mu}{f'c * \left(bN * \frac{\text{Ancho de Franja}}{bN} \right) * d^2}$$

- Para el Acero Negativo:

$$K = \frac{Mu}{f'c * \left(boN * \frac{\text{Ancho de Franja}}{bN} \right) * d^2}$$

Luego As se determina de la misma manera que para el caso de losas macizas, tanto el acero positivo, como el negativo con las mismas expresiones:

$$K = 0,9 * W * (1 - 59 * W)$$

$$Ju = 1 - 0,59 * W$$

$$As = \frac{Mu}{0,9 * ju * Fy * d}$$

La expresión para el cálculo de acero mínimo es la siguiente:

$$Asmín = \frac{14}{Fy} * \left(\frac{boN * \text{Ancho de Franja}}{bN} \right) * d$$

Finalmente el programa presentará un informe resumido con los valores de Momento, Cortante Admisible, Cortante Actuante y Macizado (si es el caso), y los valores de Área de Acero respectivos a cada cara de la estructura haciendo referencias a las franjas de estudio como se muestra a continuación:

Tabla 26.

Informe final para la franja 1

Nodo	Franja 1					
	AB ⁻	A – B ⁺	BA ⁻	BC ⁻	B – C ⁺	CB ⁻
Mu	1045263,86	2517705,54	3829804,28	3831825,24	3835262,45	1596562,63
Vn	31081,7619		43827,0381	41610,8071		54161,9929
φVn	129817,23		129817,23	146786,802		146786,802
As⁻	10,3444322		38,8883656	38,9096608		15,856945
As⁺		24,9548406			38,1733044	
As min	21,6	43,2	21,6	24,3	48,6	24,3

Y así sucesivamente mostrará los valores de momentos, cortantes y áreas de acero respectivas en cada una de las franjas por sentido de estudio. Es importante resaltar que si el usuario desea los resultados de los cálculos por paso, el programa emite un reporte con dichos valores, de forma tal que el procedimiento pueda ser revisado en cada uno de ellos.

CONCLUSIONES

Una vez analizado, aplicado y codificado en lenguaje Fox-Pro, el método del pórtico equivalente para obtener como resultado un software capaz de hacer el cálculo de losas de concreto armadas en dos direcciones, se obtuvieron un conjunto de resultados que permiten presentar las siguientes conclusiones:

- Al comparar los métodos de diseño usualmente utilizados para el diseño de losas armadas en dos direcciones y basándose en la Normativa vigente, se escogió el Método del Pórtico Equivalente debido a las limitaciones del Método de Diseño Directo
- Al analizar detalladamente el fluograma que se utilizaría como base para la elaboración de esta investigación, se detectaron muchas incongruencias, por lo que fue necesario desecharlo por completo y hacer el estudio detallado del procedimiento para un nuevo diagrama de flujo. Caso contrario al procedimiento allí descrito, que si bien es cierto, hubo que realizarle modificaciones y adaptaciones, pero constituyó la base principal para el cálculo
- El software **LOSA2D** permite realizar el cálculo de losas de concreto armado en dos direcciones de forma rápida y eficiente, obteniendo resultados reales y confiables, constituyendo una herramienta de fácil uso y manejo por parte del usuario, ya que permite introducir los datos y observar los resultados obtenidos de manera detallada, directa y fácil. Así mismo no está latente la ocurrencia de errores humanos para los cálculos de factor de rigidez y transporte ni para los porcentajes de momento pertenecientes a la losa, ya que todos esos cálculos fueron realizados de manera automatizada

- **LOSA2D** brinda la posibilidad de guardar los resultados obtenidos de una sección en específico para su posterior búsqueda y comparación con otras secciones también diseñadas, incluso permite modificar e imprimir los resultados obtenidos.
- Al comparar los resultados ofrecidos por el programa tras su ejecución, con los resultados obtenidos por medio de los cálculos manuales, se determinó una tolerancia en promedio del 1,3%, esto debido a que el programa toma en cuenta más decimales que los que se toman manualmente.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda dar mayor amplitud a este trabajo, tomando en cuenta que para el análisis de losas de concreto armadas en dos direcciones, se incluya a su vez el cálculo de deflexiones, torsión e inclusive el diseño de vigas y columnas simultáneamente.
- Disminuir el margen de limitaciones en función a las características del concreto y uso de ábacos en la estructura, así como también incluir el cálculo de cargas actuantes en dicha estructura según la norma vigente.
- Añadir rutinas al programa que permitieran obtener el dibujo de la sección definitiva con el acero de refuerzo colocado en los elementos diseñados.
- Darle utilidad a este tipo de aplicaciones en la Cátedra de Concreto Armado, con el fin de un mejor aprovechamiento por parte de los estudiantes.

BIBLIOGRAFIA

- GONZALES CUEVAS, Oscar M. 1977. Aspectos fundamentales del concreto reforzado. Ciudad de México
- NORMA VENEZOLANA. Proyecto y Construcción de Obras en Concreto Estructural. 1753-2006. Fondonorma
- <http://amarengo.org/construccion/normas/rne/edificaciones/estructuras/e060/disenos-losas-armadas>
- <http://www.uns.edu.pe/civil/bv/descarga/dlca.pdf>
- Sistema de losas que trabajan en dos direcciones.
<http://www.inti.gov.ar/cirsoc/pdf/publicom/capitulo18.pdf>

MANUAL DEL USUARIO

Antes de comenzar es necesario explicar que éste, es un software diseñado para calcular los valores de momento actuantes en una losa armada en dos direcciones, dicho cálculo viene dado según el Método de Análisis del Pórtico Equivalente. Por medio del lenguaje de programación Fox-Pro

Al introducir los valores que exija el programa, éstos deben estar en centímetros (cm), a excepción de los valores de carga viva (CV) y carga permanente (CP), que se deben introducir en kg/m^2 (luego el programa hará la conversión correspondiente).

Cabe destacar que para los cálculos, existen ciertas condiciones o limitantes establecidas en la norma COVENIN 1753-2006. Y cuando alguna de estas condiciones no se cumpla, el programa le enviará un mensaje a la pantalla diciendo cual es la condición y que debe hacer.

Para el correcto funcionamiento del programa el usuario debe tener por lo menos los datos preliminares (dimensiones de vigas, de paneles, de columnas; valores de f'_c , de f_y , de altura de entrepiso y el tipo de losa. Pero si el tipo de losa es nervada se deben tener los valores de base superior del nervio (bN), altura de loseta y base inferior del nervio (boN)

Inicialmente aparece una ventana con espacios en blanco y un cursor para indicar donde esta parado e introducir los valores correspondientes, adicionalmente se encontrará con tres ventanas habilitadas, llene los espacios en blanco (numero de paneles en X e Y), haga click en el botón del caso de losa respectivo y continúe llenando las casillas con los valores correspondientes. (Ver figura m-1)

Datos de Entrada

Número de Paneles en X

Número de Paneles en Y

Número de Vigas en X

Número de Vigas en Y

Esfuerzo de Fluencia del

Acero Fy

Otro Valor

Esfuerzo a compresión de

Concreto F'c

Otro Valor

Carga de Valores de Calculo

Realizar Calculos

Nuevo Maciza

Nuevo Nervada

Almacenado

Guardar Datos

Salir

Reportes

Cancelar

Figura m-1. (Manual del usuario)

Si el valor de la cantidad de paneles (en X o Y) es mayor que 7 o es cero, se emiten los siguientes mensajes, pulse el botón de aceptar y cambie la cantidad de paneles (ver figura m-2.1. y figura m-2.2.)

Mensaje de Control

Existen limites preestablecidos para realizar los calculo. No puede exeder de 7

Aceptar

Figura m-2.1. (Manual del usuario)

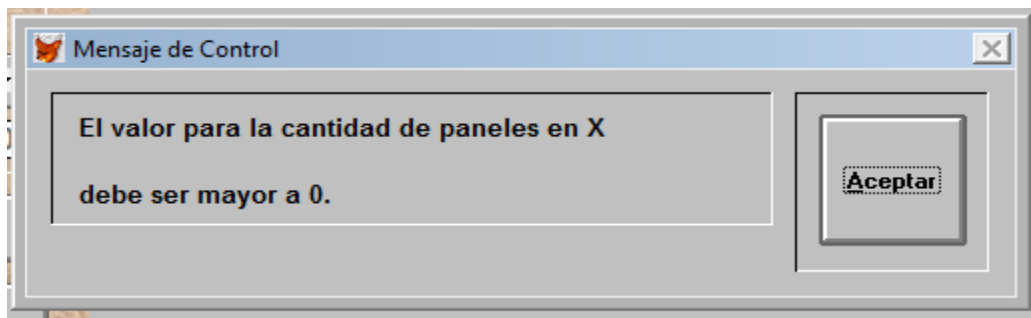


Figura m-2.2. (Manual del usuario)

Luego de introducidos los datos de la pantalla principal, el programa preguntará si existen o no columnas en la parte superior de la losa, se debe presionar el botón correspondiente y el programa avanzará al siguiente paso (ver figura m-3)

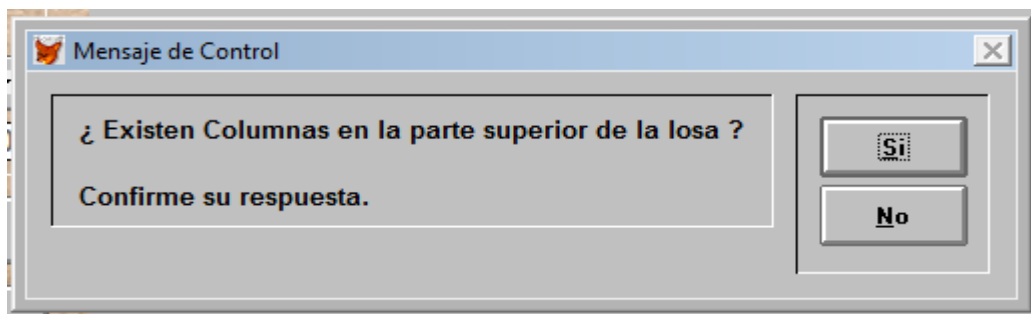


Figura m-3. (Manual del usuario)

A continuación, se llenan los datos respectivos (Ver figura m-4.) conforme al estudio requerido tomando en cuenta que la longitud mínima de paneles es 6m, la CV debe ser menor al 70% de la CP y que la relación de luces no debe ser mayor a 2 de lo contrario el programa emitirá mensajes en función a cada caso, para solucionar estos problemas, solo se deben cambiar dichos datos. Para salir de las ventanas de indicadas para introducir los datos se deben presionar las teclas (ctrl)-(w) simultáneamente, de esta forma se guarda instantáneamente la información y se continua con el siguiente paso.

Datos de Entrada									
Campo_01	Pos_01	Dato_01	Var_01	Campo_02	Pos_02	Dato_02	Var_02	Vector	
Longitud de Paneles en X	1 - 2	1200.000	LPX1			0.000		LPX(1)	
Longitud de Paneles en X	2 - 3	800.000	LPX2			0.000		LPX(2)	
		0.000				0.000			
Longitud de Paneles en Y	A - B	600.000	LPY1			0.000		LPY(1)	
Longitud de Paneles en Y	B - C	800.000	LPY2			0.000		LPY(2)	
Longitud de Paneles en Y	C - D	700.000	LPY3			0.000		LPY(3)	
		0.000				0.000			
Carga Variable Kg/m2	CV	300.000				0.000			
		0.000				0.000			
Carga Permanente Kg/m2	CP	400.000				0.000			
		0.000				0.000			
Altura de entre pisos	ATP	400.000				0.000			
		0.000				0.000			
Base de la Viga en X	1	50.000	BVX1	Altura de la Viga en X	1	50.000	AVX1	BVX(1) - AVX(1)	
Base de la Viga en X	2	50.000	BVX2	Altura de la Viga en X	2	50.000	AVX2	BVX(2) - AVX(2)	
Base de la Viga en X	3	50.000	BVX3	Altura de la Viga en X	3	50.000	AVX3	BVX(3) - AVX(3)	
		0.000				0.000			
Base de la Viga en Y	A	50.000	BVY1	Altura de la Viga en Y	A	50.000	AVY1	BVY(1) - AVY(1)	
Base de la Viga en Y	B	50.000	BVY2	Altura de la Viga en Y	B	50.000	AVY2	BVY(2) - AVY(2)	
Base de la Viga en Y	C	50.000	BVY3	Altura de la Viga en Y	C	50.000	AVY3	BVY(3) - AVY(3)	
Base de la Viga en Y	D	50.000	BVY4	Altura de la Viga en Y	D	50.000	AVY4	BVY(4) - AVY(4)	
		0.000				0.000			
Dimensión de columna 1 A	Eje X	45.000	DX1A	Dimensión de columna A 1	Eje Y	45.000	DY1A	DCX(1) - DCY(1)	
Dimensión de columna 1 B	Eje X	45.000	DX1B	Dimensión de columna B 1	Eje Y	45.000	DY1B	DCX(1) - DCY(1)	
Dimensión de columna 1 C	Eje X	45.000	DX1C	Dimensión de columna C 1	Eje Y	45.000	DY1C	DCX(1) - DCY(1)	
Dimensión de columna 1 D	Eje X	45.000	DX1D	Dimensión de columna D 1	Eje Y	45.000	DY1D	DCX(1) - DCY(1)	
Dimensión de columna 2 A	Eje X	45.000	DX2A	Dimensión de columna A 2	Eje Y	45.000	DY2A	DCX(2) - DCY(2)	
Dimensión de columna 2 B	Eje X	45.000	DX2B	Dimensión de columna B 2	Eje Y	45.000	DY2B	DCX(2) - DCY(2)	
Dimensión de columna 2 C	Eje X	45.000	DX2C	Dimensión de columna C 2	Eje Y	45.000	DY2C	DCX(2) - DCY(2)	
Dimensión de columna 2 D	Eje X	45.000	DX2D	Dimensión de columna D 2	Eje Y	45.000	DY2D	DCX(2) - DCY(2)	
Dimensión de columna 3 A	Eje X	45.000	DX3A	Dimensión de columna A 3	Eje Y	45.000	DY3A	DCX(3) - DCY(3)	
Dimensión de columna 3 B	Eje X	45.000	DX3B	Dimensión de columna B 3	Eje Y	45.000	DY3B	DCX(3) - DCY(3)	
Dimensión de columna 3 C	Eje X	45.000	DX3C	Dimensión de columna C 3	Eje Y	45.000	DY3C	DCX(3) - DCY(3)	
Dimensión de columna 3 D	Eje X	45.000	DX3D	Dimensión de columna D 3	Eje Y	45.000	DY3D	DCX(3) - DCY(3)	
		0.000				0.000			
Dimensión de columna superior 1 A	Eje X	45.000	DXS1A	Dimensión de columna superior A 1	Eje Y	45.000	DYS1A	DCSX(1) - DCSY(1)	
Dimensión de columna superior 1 B	Eje X	45.000	DXS1B	Dimensión de columna superior B 1	Eje Y	45.000	DYS1B	DCSX(1) - DCSY(1)	
Dimensión de columna superior 1 C	Eje X	45.000	DXS1C	Dimensión de columna superior C 1	Eje Y	45.000	DYS1C	DCSX(1) - DCSY(1)	
Dimensión de columna superior 1 D	Eje X	45.000	DXS1D	Dimensión de columna superior D 1	Eje Y	45.000	DYS1D	DCSX(1) - DCSY(1)	
Dimensión de columna superior 2 A	Eje X	45.000	DXS2A	Dimensión de columna superior A 2	Eje Y	45.000	DYS2A	DCSX(2) - DCSY(2)	
Dimensión de columna superior 2 B	Eje X	45.000	DXS2B	Dimensión de columna superior B 2	Eje Y	45.000	DYS2B	DCSX(2) - DCSY(2)	

Figura m-4. (Manual del usuario)

Posteriormente el programa te lleva a la pantalla principal para guardar los almacenar los datos en la memoria y proceder a calcular todos los valores necesarios para obtener los resultados de momentos, cortantes y aceros de cada nodo en la franja por cada sentido. Si se presiona el botón de guardar se abre una ventana para editar el nombre, se le asigna un código y se presiona el link de guardar. (Ver figura m-5.1.).

Si no se quiere continuar con el cálculo se debe presionar el botón de cancelar y este te llevara a la pantalla principal para empezar de cero, en todos los casos, si se quiere salir, solo se presiona el botón de salir.

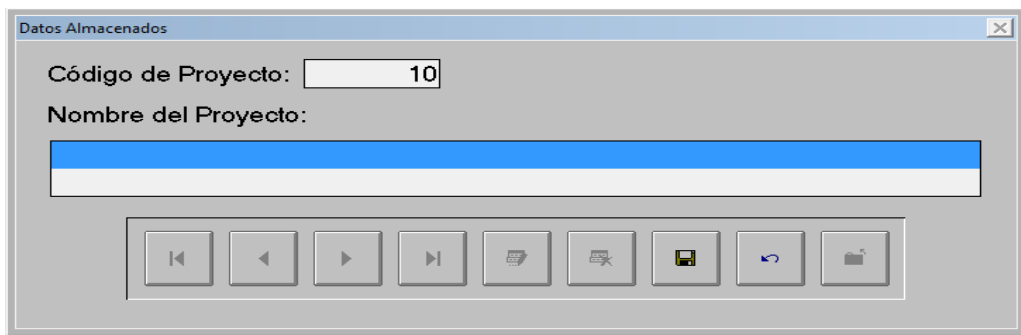


Figura m-5.1. (Manual del usuario)

Por el contrario, si no se quiere un nuevo calculo sino que se quiere uno ya registrado se pulsa el botón de almacenado, el programa presentará una tablilla con varias figuras asociadas a algún movimiento dentro del programa, en dicha tablilla aparece una serie de botones en el siguiente orden de izquierda a derecha y con el siguiente significado en función de los archivos guardados (Ver figura m-5.2.):

- 1°.  Ir al primero registro
- 2°.  Avanzar al siguiente registro
- 3°.  Ir al registro anterior
- 4°.  Ir al ultimo registro
- 5°.  Editar
- 6°.  Borrar
- 7°.  Guardar (archivo nuevo)
- 8°.  Deshacer ultimo comando
- 9°.  Archivar el documentos nuevo y avanzar al siguiente paso o avanzar con el documento mostrado en la pantalla

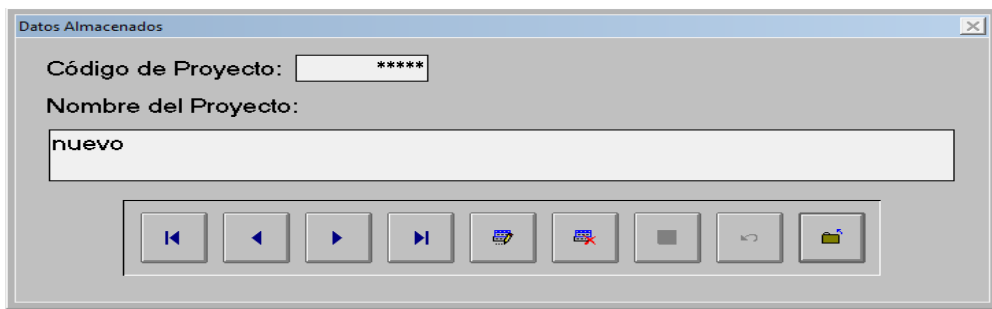


Figura m-5.2. (Manual del usuario)

Nota: es recomendable guardar cada caso de estudio, de esta forma si el resultado no es el esperado, el usuario podrá editarlo y redimensionar alguna sección si es necesario, de lo contrario, el programa seguirá trabajando normal, ofrecerá el reporte completo pero una vez hecho, el caso es borrado de la memoria para empezar de nuevo

Si se quieren chequear, o bien sea alterar algunos datos, se presiona el botón de cargar datos y se modifican los datos requeridos. Ahora, si el caso es para el cálculo de una losa nervada, aparecerá una ventana pidiendo los valores de las longitudes del nervio. (Ver figura m-6.)

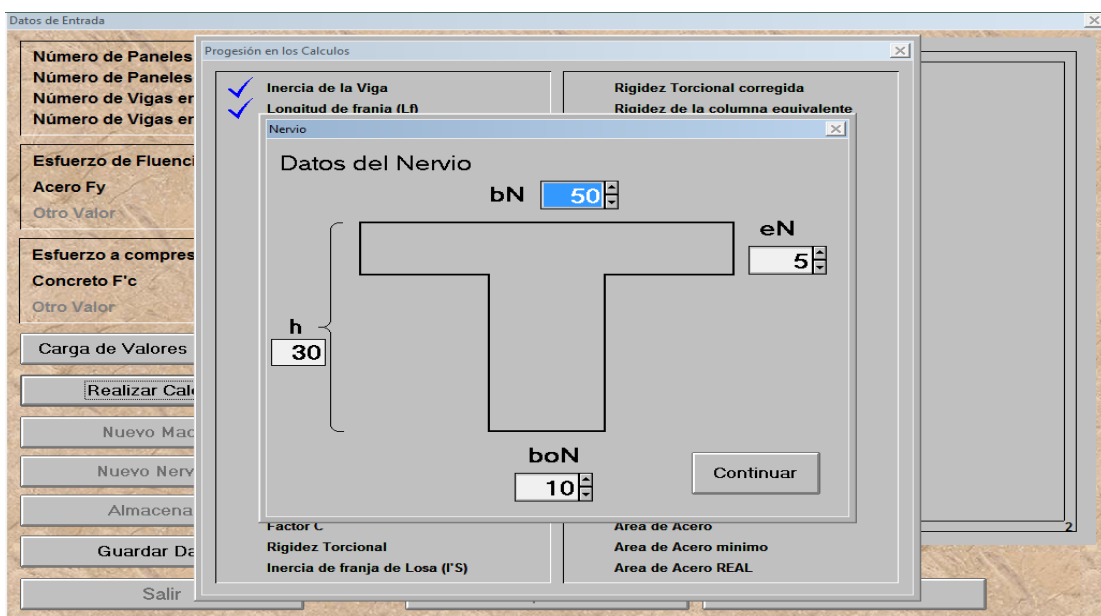


Figura m-6. (Manual del usuario)

Una vez introducidos todos los valores según sea el caso, ya presionado el botón de realizar cálculos de la pantalla principal, el programa procede a hacer el calculo de la losa paso por paso, para ello se abre una ventana donde se muestran dichos pasos y al termino de estos por individual aparecerá un chek que indica que ese calculo ya esta hecho. Y así sucesivamente hasta obtener los valores característicos ya antes mencionados. (Ver figura m-7.)

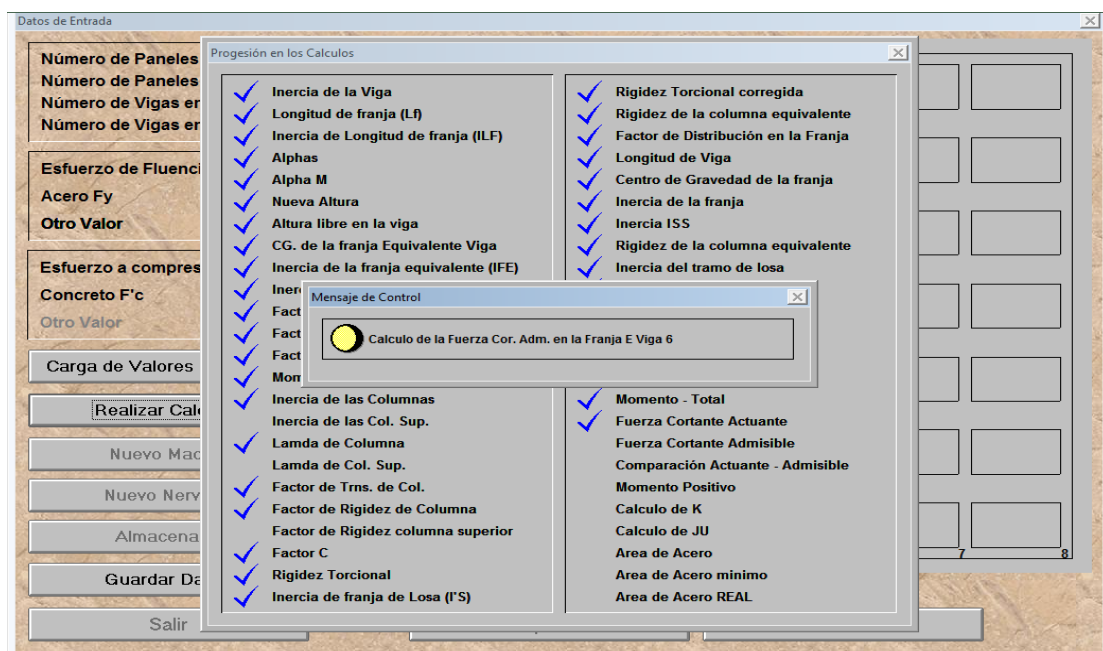


Figura m-7. (Manual del usuario)

Finalmente se devuelve a la pantalla principal pero ya con el botón de reportes habilitados, se presiona dicho botón y aparece una ventana con diferentes opciones para mostrar los resultados obtenidos. Entre estos están, las graficas de valores característicos, el reporte detallado por franja en cada sentido de dichos valores y el informe de todos los cálculos realizados. (Ver figura m-8.)

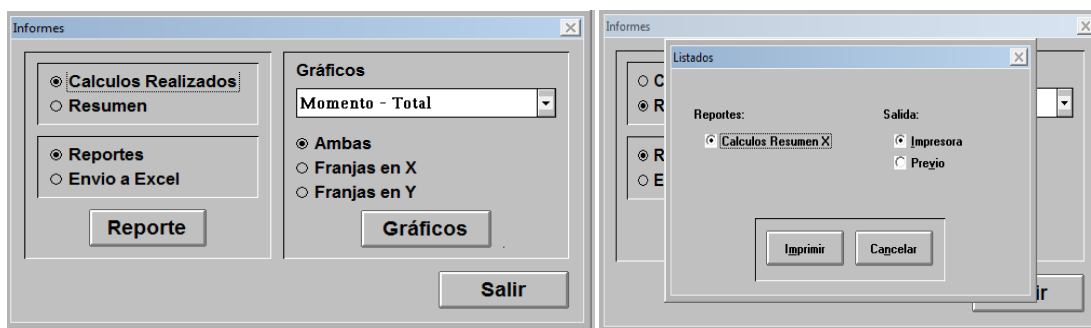


Figura m-8. (Manual del usuario)

El reporte final viene dado por la figura m-9 donde se aprecian los valores finales relevantes calculados por el programa, según sea el caso.

Resultados de Calculos						
Fecha: 23/06/2011						
Página: 1						
Franja A						
Nodo						
Momento - Total	-60.916.229	13.038.477.522	-1.152.771.468	-1.438.969.278	9.066.678.588	-1.032.204.769
Puntaje Cor. Act.	57.258.766	0.000	60.706.038	44.759.784	0.000	30.461.216
Puntaje Cor. Adm.	35.639.630	0.000	35.639.630	32.199.686	0.000	32.199.686
Area de Acero	0.000	137.653	11.807	14.868	93.915	16.870
Area de Acero minimo	0.000	95.000	0.000	0.000	0.000	7.000
Area de Acero REAL	0.000	137.653	11.807	14.868	93.915	16.870
Franja B						
Nodo						
Momento - Total	-7.961.30.448	10.165.974.624	-7.841.526.100	-7.842.211.630	4.704.498.918	-5.316.961.614
Puntaje Cor. Act.	48.938.924	0.000	67.977.876	32.351.132	0.000	62.968.868
Puntaje Cor. Adm.	35.639.630	0.000	35.639.630	32.199.686	0.000	32.199.686
Area de Acero	0.017	103.526	102.443	102.443	68.463	73.401
Area de Acero minimo	0.000	95.000	0.000	0.000	0.000	7.000
Area de Acero REAL	0.000	103.526	102.443	102.443	68.463	73.401
Franja C						
Nodo						
Momento - Total	-6.761.96.202	10.175.441.578	-1.412.163.100	-1.712.548.898	6.036.944.901	-1.239.392.725
Puntaje Cor. Act.	55.906.482	0.000	61.026.216	44.196.732	0.000	21.023.263
Puntaje Cor. Adm.	35.639.630	0.000	35.639.630	32.199.686	0.000	32.199.686
Area de Acero	0.704	138.878	11.622	16.120	88.908	16.148
Area de Acero minimo	0.000	95.000	0.000	0.000	0.000	7.000
Area de Acero REAL	0.000	138.878	11.622	16.120	88.908	16.148

Figura m-9. (Manual del usuario)

Si se desea imprimir el reporte final o llevar a Excel dichos resultados, se debe pulsar el botón de reporte y fijar el comando respectivo a su deseo. Un procedimiento mas detallado es innecesario debido a que el programa activará las ventanas correspondientes al paso siguiente, el resto de ellas quedarán inhabilitadas.

