



Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

Facultad de ingeniería

Colegio de ingeniería civil

**DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA DISEÑAR LOSAS
DE CONCRETO ARMADO, EN UNA Y DOS DIRECCIONES**

TESIS

Para obtener el grado de licenciatura en

INGENIERÍA CIVIL

Presenta:

PERAL ORTIZ ABHAD ABISAHÍ

Asesor de tesis:

MTRO. MARCOS ALFREDO LEÓN PORQUILLO

CIUDAD UNIVERSITARIA, OCTUBRE 2021

CONTENIDO

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

- 1.1 Antecedentes
- 1.2 Planteamiento del problema
- 1.3 Objetivo
- 1.4 Importancia del tema

CAPÍTULO II. ESTADO DEL ARTE EN EL DISEÑO DE LOSAS DE CONCRETO

- 2.1 Hipótesis de diseño
- 2.2 Losas en una dirección
 - 2.2.1 Elementos que comprenden el sistema de viga y bovedilla
 - 2.2.2 Diseño por flexión
 - 2.2.3 Diseño por cortante
 - 2.2.4 Diseño por servicio
- 2.3 Losas en dos direcciones
 - 2.3.1 Análisis de losas apoyadas sobre dos dimensiones
 - 2.3.2 Separación máxima del refuerzo por flexión y revisión por cortante
- 2.4 Refuerzo por cambios volumétricos

CAPÍTULO III. DESARROLLO DE LA APLICACIÓN

- 3.1 Diagrama general de la aplicación
- 3.2 Losa nervada en dos direcciones

3.2.1 Diagrama de flujo general del módulo para losa nervada en dos direcciones

3.2.2 Subprocesos del diagrama general del módulo para losa nervada en dos direcciones

3.3 Losa maciza en dos direcciones

3.3.1 Diagrama de flujo general del módulo para losa maciza en dos direcciones

3.3.2 Subprocesos del diagrama general del módulo para losa maciza en dos direcciones

3.4 Losa de vigueta y bovedilla

3.4.1 Diagrama de flujo general del módulo para losa de vigueta y bovedilla

3.4.2 Subprocesos del diagrama general del módulo para losa de vigueta y bovedilla

3.5 Losa maciza en una dirección

3.5.1 Diagrama de flujo general del módulo para losa maciza en una dirección

3.5.2 Subprocesos del diagrama general del módulo para losa maciza en una dirección

CAPÍTULO IV. PRUEBA DE LA APLICACIÓN

4.1 Presentación del programa

4.2 Losa nervada en dos direcciones

4.2.1 Ejemplo de análisis y diseño de losa nervada en dos direcciones

4.2.2 Prueba del módulo desarrollado y comparación de resultados

4.3 Losa maciza en dos direcciones

4.3.1 Ejemplo de análisis y diseño de losa maciza en dos direcciones

4.3.2 Prueba del módulo desarrollado y comparación de resultados

4.4 Losa de vigueta y bovedilla

4.4.1 Ejemplo de análisis y diseño de losa de vigueta y bovedilla

4.4.2 Prueba del módulo desarrollado y comparación de resultados

4.5 Losa maciza en una dirección

4.5.1 Ejemplo de análisis y diseño de losa maciza en una dirección.

4.5.2 Prueba del módulo desarrollado y comparación de resultados

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES

CAPÍTULO VI. REFERENCIAS

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

En la actualidad los sistemas de losas empleados en la ciudad de Puebla, en edificaciones de pequeña a mediana envergadura, son: el sistema de Vigueta y Bovedilla, la losa maciza (en una o dos direcciones) y las losas artesonadas; sin embargo, pese a su constante uso en estas construcciones, es común que no se emplee metodología alguna establecida en algún reglamento para su diseño, debido a esto las dimensiones de estos sistemas se establecen de manera empírica y, al hacerlo, se genera incertidumbre en cuanto a su seguridad estructural, o, en algunos otros casos, un sobredimensionamiento de estos elementos.

Se puede estar de acuerdo en que la historia de la construcción de las edificaciones, comprende una parte misma de la humanidad; sin embargo, no siendo este el propósito del capítulo solo se abordaron los casos o etapas que a juicio propio se consideran relacionadas con el tema de este trabajo, estos son, los primigenios sistemas de losas empleados en las edificaciones.

Neolítico

Existen registros de los primeros asentamientos humanos, y con ellos las primeras edificaciones, durante el periodo conocido como Neolítico. Hacia el año 10,000 a. c. Algunos grupos nómadas comienzan una conversión de sus hábitos, surge la necesidad de atender nuevas prioridades, como refugiarse de las

inclemencias naturales, almacenamiento de las cosechas, etcétera; hasta llegar a la conformación de los primeros grupos humanos sedentarios (Sánchez, 2012). Una de las edificaciones surgidas en este periodo que sobresale por su clara distinción entre el sistema de cerramiento y/o apoyos (muros) y el de cubierta (techo); es la de los Castros Celtas, fortificaciones construidas en zonas elevadas para una mayor protección; las cuales consistían en viviendas de plantas circulares a base de muros (las más recientes de mampostería) con techos cónicos, sostenidos por vigas de madera y cubierta con paja (Pereira, 2005).

Cultura griega

A partir de entonces se comienzan a generar diversos avances en las técnicas de construcción, pasando por los producidos en las culturas de Mesopotamia y Egipto. Sin embargo, no es sino hasta el esplendor de la cultura griega donde se ubica un sistema constructivo similar a los empleados hoy en día, *i. e.*, la articulación de dos grandes familias bien definidas: elementos verticales (pies derechos o muros) y horizontales (entablamentos y la cubierta). En el contexto de este trabajo resulta necesario fijar la atención en los sistemas horizontales empleados por esta cultura; los cuales se constituían por una *arquitra* o viga principal, que se apoyaba sobre los pies derechos o muros y, a su vez, servían de apoyo para el segundo conjunto de vigas o viguetas transversales. Al espacio comprendido entre dichas viguetas se le denomina *metopa*, el cual era cubierto, por una tapa pétreo o cerámica (Pereira, 2005).

Cultura romana

Siguiendo con la línea cronológica de eventos y, por guardar relación con el tema, la siguiente etapa de la historia, la romana, se trata a continuación. Bajo esta

coyuntura se les atribuye a los romanos tres principales aportaciones: la ampliación del catálogo edilicio y su pluriformidad, una fecundidad de invención, y, por último, la introducción de nuevas técnicas constructivas masivas, los arcos y bóvedas (Pereira, 2005). Algunos autores señalan que el uso del arco y la bóveda se sitúa incluso en ciertas construcciones de Mesopotamia y Egipto, sin embargo, se le es atribuido a los romanos su uso en las construcciones a gran escala.

Cabe mencionar que a través del tiempo se ha hecho uso de dos clases de arcos, a los que puede llamarse: arco enjutado y arco exento; esto determinado por la presencia o ausencia de enjutas o tímpanos macizos. El arco enjutado (el empleado por los romanos) tiene la característica de transmitir los empujes hacia sus muros acompañantes; mientras que el exento puede considerarse como arco puro (Miret, 2010). *Grosso modo* un arco “enjutado” se constituye por un par de apoyos o muros, un conjunto de dovelas (pueden ser “junteadas” o no) y rematadas en su extremo superior por una pieza llamada “clave”.

Los principales sistemas constructivos utilizados por los romanos, que emplean como base el arco, fueron: las bóvedas de cañón (pueden verse como una sucesión de arcos a lo largo de una directriz), las bóvedas de arista (las cuales resultan de la intersección de dos bóvedas de cañón) y por último las cúpulas (el resultado del giro de un arco sobre una directriz vertical). Otra invención relevante realizada por los romanos y, que contribuyó a la ampliación de su catálogo edilicio; fue la creación de un concreto primitivo. Dentro de las obras edilicias construidas por los romanos se encuentran: las basílicas, teatros, anfiteatros, circos, acueductos y puentes (Pereira, 2005).

Revolución industrial

Rompiendo con la línea cronológica de eventos, resulta importante hacer mención a una de las etapas disruptivas en la historia de la humanidad; ya que trajo consigo la implementación de nuevos paradigmas sobre diversos ámbitos de la sociedad, como cambios: culturales, económicos, sociales, políticos, científicos y tecnológicos. La revolución industrial se da a mediados del siglo XVIII, propiciada sobre todo por el declive de los sistemas agrícolas feudales en las colonias, lo que impulso a las clases sociales altas a involucrarse en actividades industriales y capitalistas (Pereira, 2005).

La revolución industrial tuvo sus orígenes en Inglaterra, en específico en el sector textil y del proceso de hierro. En el contexto de los sistemas constructivos un avance se da en 1722, con la introducción de las primeras máquinas de hilar en Inglaterra; gracias a John Lombe (1693-1722) quien, copiando los talleres textiles italianos, introdujo el sistema de producción que utilizaba una sola gran rueda hidráulica para mover varias máquinas a la vez; surge así la necesidad de construir edificaciones de varios niveles donde se coloquen las enormes máquinas impulsadas por el mismo eje motriz. Estas edificaciones consistían en sistemas de entrepiso a base de vigas de madera; apoyadas sobre muros perimetrales de mampostería y apuntalamientos en las vigas de entrepiso (Conaculta, 2015).

Estos edificios al emplear aún la madera como material estructural, corrían el riesgo de fallar ante un incendio, los cuales eran frecuentes en el ámbito industrial de aquella época. En 1793 William Strutt (1753-1830) ideó un sistema resistente al fuego, el cual consistía en la colocación de pequeños arcos de ladrillo

(bovedillas) sobre vigas de madera recubiertas por una argamasa que las protegía del fuego; a su vez estas vigas se apoyaban sobre columnas sólidas de hierro (Conaculta, 2015).

Pieza clave en la revolución de los sistemas constructivos fue la reinención del concreto. En 1824 Joseph Aspdin (1778-1855) patentó un proceso químico para la obtención del cemento Portland, llamado así debido a su apariencia similar a la cantera de la isla Portland (en Dorset Inglaterra). Sin embargo, en el inicio el concreto de cemento Portland no trascendió; debido a que, si bien resiste los esfuerzos de compresión no ha si los de tracción; por lo que en sus inicios se relegó como material de sustitución de la mampostería tradicional (Conaculta, 2015).

La primera incursión de la que se tiene conocimiento en la elaboración del concreto armado fue la de Joseph-Louis Lambot; quien en 1849 fabricó una barca con este mismo, la cual presentó en la Exposición Universal de París de 1855. Tal invención, debido a la publicidad entorno a ella, marco el punto de inicio en la creación de un sinnúmero de aplicaciones de este material y su uso en la construcción (Alba, 2007).

Se le considera también a la invención del francés François Coignet como precursora de estas losas. En 1852 adicionó en la construcción de una cubierta de su casa, vigas de hierro en doble "T" a modo de refuerzo en la losa de hormigón de 30 centímetros que diseñó. Si bien, no se le puede llamar a su invento concreto armado, sí refleja la tendencia que tendría su uso en el futuro de la construcción (Moyano, 2015).

Uno de los antecedentes de la losa nervada se le debe al constructor William Boutland Wilkinson; quien, en 1854, con el objetivo de crear construcciones resistentes al fuego; solicitó una patente que incluía una armadura de hierro embebida en el concreto, dicho sistema consistía en verter a este sobre un encofrado perdido de casetones de yeso, reforzado con barras de hierro; similar al sistema empleado en la actualidad. Aunado a lo anterior, también se le atribuye ser el primero en colocar armaduras inferiores resistentes a flexotracción en los nervios de la losa (Moyano, 2015).

Joseph Monier, considerado el inventor “oficial” del concreto armado, comenzó el desarrollo de su técnica elaborando jardineras a base de este, reforzándolo con una malla metálica. Como resultado de estas primeras experiencias en 1865 registró su primera patente de un sistema constructivo. En años posteriores registró una lista de patentes, dentro de las cuales algunas fueron para: tuberías, puentes, escaleras y cubiertas. Monier vendió sus patentes en distintos países. No obstante, fue la alemana Wayss und Freytag quien implementó el soporte técnico y teórico al sistema constructivo (Alba, 2007).

De los inventores de sistemas constructivos de concreto reforzado que tuvieron éxito, en cuanto a expansión y crecimiento empresarial se refiere, fue el franco belga François Hennebique; quien ya en 1886 registra su primera patente que consiste en un sistema de forjados tubulares de este material con elementos de hierro, sus aportaciones a los sistemas constructivos en este ámbito fueron: el doblado de las patillas de las armaduras metálicas, una dosificación “adecuada”, la implementación de recubrimientos de la armadura (que hoy en día se siguen

usando) y la incorporación de estribos de chapa plana que ayudaban a mantener en su lugar la armadura durante el fraguado (Moyano, 2015).

En 1893 A. G. Wayss en asociación con C. Freytag fundan la Wayss und Freytag (que hasta el día de hoy continúa en activo). Su contribución fue el cambio de paradigmas al diseño de los sistemas constructivos de concreto armado; ya que, hasta entonces, los inventores basaban sus sistemas en técnicas empíricas; por su parte ellos investigaron el comportamiento estructural y los métodos de cálculo. Algunos de los colaboradores con los que trabajó la Wayss und Freytag fueron: Mathias Koenen «ingeniero civil que en aquel entonces intentaba obtener el momento flector de una losa con varillas de hierro en su plano inferior y, además, el coeficiente de dilatación del concreto y el hierro» y Johan Bauschinger «matemático e ingeniero civil cuyos principales aportes fueron los relacionados con el lugar geométrico de las fibras deformadas de una viga y las teorías sobre cortante y torsión» (Moyano, 2015).

Se considera como la primera publicación técnica la redactada por Wayss y Koenen en 1887; titulada *Das System Monier, Eisengerippe mit Cementumhüllung "Monierbroschüre"*. En dicha publicación retomaban el trabajo de Monier, mas ahora bajo un enfoque teórico, desechando todo lo intuitivo; donde describen con precisión el comportamiento mecánico del concreto armado (Moyano, 2015).

La era de los reglamentos

A raíz de una serie de problemas (v.g., dificultad para la estimación de costos, implementación de medidas de seguridad y mecanismos de adjudicación de obra pública) originados por la gran cantidad de patentes y la ausencia de una

normatividad reguladora; pronto se ve la necesidad de establecer una reglamentación nacional. La primera en aparecer fue la suiza en 1903 y al año siguiente la prusiana; siendo la francesa la que tuvo una mayor influencia sobre Europa. En Alemania la primer norma DIN 1045 se formula hasta 1932 bajo la dirección de Emil Mörsch. En Inglaterra el antecedente de las *British Standard* fue el Código de la Ciudad de Londres de 1915 (Moyano, 2015).

Entre 1903 y 1910 un grupo de universidades en Estados Unidos desarrollaron un programa de investigaciones; además durante los siguientes cinco años se llevaron a cabo diversos ensayos sobre las edificaciones; no obstante, fue hasta 1917 cuando (por patrocinio de la *American Society for Testing and Materials* y representantes de los ingenieros civiles, ingenieros ferroviarios y fabricantes de cemento) se formuló la primera normativa estadounidense: la *Standard Building Regulations for the use Reinforced Concrete*. Sin embargo, no fue sino hasta 1947 cuando se consolida un sistema de normas de concreto, esto fue, el primer reglamento del *American Concrete Institute*, el ACI-318 (Moyano, 2015).

1.2 Planteamiento del problema

El material de construcción más empleado en México es, sin duda, el concreto armado; material que por sus características puede ser usado en la elaboración de un sinnúmero de elementos estructurales; dentro de los cuales se encuentran las losas de concreto armado. Existen dos grupos de losas, las losas apoyadas en una dirección (asociadas con el sistema de Vigueta y Bovedilla y también losas macizas) y las losas en dos direcciones (la losa nervada y la losa maciza).

El enfoque con el que se aborda el análisis de losas en una dirección se reduce al de una viga, considerando apoyos simples o empotrados; por otro lado, para la obtención de los momentos en losas de dos direcciones (para algunas zonas del sureste del altiplano de la república mexicana y, en específico en el estado de Puebla), se hace uso de los coeficientes presentados en las Normas Técnicas Complementarias de la Ciudad de México. Dichos enfoques, en situaciones en que el número de tableros a diseñar es grande, redundan en trabajos repetitivos y laboriosos, sobre todo en los que se diseña el sistema de piso de losa maciza apoyada sobre sus dos direcciones.

Es por ello que se buscó reducir el tiempo y esfuerzo que se emplea en el diseño de losas de concreto armado en una y dos direcciones, por medio del desarrollo de una aplicación ejecutada por ordenador (Software), creada en el entorno integrado de desarrollo Visual Studio 2019, con lo que además también se pretendió aminorar los errores surgidos en el proceso de diseño.

Otro aspecto a considerar es la falta de observancia a algún reglamento y/o normativa. En el año 2012 el Dr. Eduardo Reinoso junto a un equipo de

investigadores de la UNAM llevaron a cabo un estudio en el que se evaluó a un grupo de ciento cincuenta edificios elegidos de forma aleatoria; en el cual se llevó a cabo una revisión de la información otorgada por el catastro de viviendas, de cuatro o más niveles construidas a partir del 2004 (en las delegaciones Benito Juárez, Cuauhtémoc y Venustiano Carranza); se revisaron planos y memorias de cálculo entregados a las distintas delegaciones y se hicieron 20 análisis de estructuras al azar utilizando la información proporcionada a las delegaciones; una de las conclusiones a las que se llegó en esta investigación fue que el diez por ciento de dichas construcciones cumple con el reglamento de construcción 2004, cuarenta y cinco por ciento no fue posible determinarlo y otro 45% cumple con el reglamento anterior (Reinoso, 2012). Lo anterior, a pesar de no ser un estudio desarrollado en la ciudad de Puebla, puede sugerirnos el estado de la cultura de ingeniería estructural en el país.

“La programación orientada a objetos (POO) es un modelo de programación que utiliza objetos, ligados mediante mensajes, para la solución de problemas, [...]. Un programa orientado a objetos se compone solo de objetos. Cada uno de ellos es una entidad que tiene unas propiedades particulares, los atributos, y unas formas de operar sobre ellos, los métodos”. (Ceballos, 2010, p. 27).

En la actualidad existe una infinidad de lenguajes de programación con sendas capacidades y objetivos, no obstante, Visual Basic.net (Como evolución de Visual Basic) ha permanecido como uno de los principales lenguajes de programación para profesionales y principiantes.

Con base en lo anterior se tuvo la certeza de que en efecto es factible el desarrollo de una aplicación ejecutada por ordenador y, sobre todo, que es posible eficientar el proceso de diseño de losas de concreto armado, en una y dos direcciones.

1.3 Objetivo

Desarrollar una aplicación (software) ejecutada por ordenador, mediante el lenguaje de programación de Visual Basic.NET, que facilite y reduzca el tiempo que se emplea en la actualidad en el diseño de losas de concreto armado no monolíticas con sus apoyos, en una y dos direcciones, tomando como referencia las Normas técnicas complementarias para diseño y construcción de estructuras de concreto 2017. Buscando que la reducción de dicho tiempo sea capaz de justificar la realización de este trabajo en contraste con los diseños manuales. Considerando, además, que el producto que se obtenga del software a desarrollar, sean los porcentajes de acero necesario para cada tipo de refuerzo, dimensión de los elementos, y especificaciones de armado.

1.4 Importancia del tema

La importancia del tema estriba en el papel que cumplen las losas de concreto armado, en sus diversas modalidades, como sistema constructivo en las edificaciones.

En el contexto de la ingeniería estructural el diseño de una losa de concreto armado influye en variables que intervienen en el comportamiento (estático o dinámico) de una edificación. Variables como el peso que generan dichos elementos, como se sabe los sistemas de piso son los que aportan la mayor cantidad de peso a la estructura; otra característica de relevancia, es que funcionan como elementos de tipo diafragma que distribuyen las fuerzas horizontales al resto de los elementos soportantes.

En términos de servicio si dichos sistemas presentan deficiencias durante su vida útil, en específico desplazamientos excesivos, el nivel de servicio de la estructura se ve reducido, ocasionando inseguridad o temor a los ocupantes, incluso, puede llegarse al colapso en circunstancias donde el diseño de las losas no cumpla con los atributos para resistir las solicitaciones.

Respecto a los costos de construcción, al no haber un diseño eficiente de estos sistemas pueden llegarse a sobredimensionar y, en consecuencia, generar un incremento en estos mismos.

Por último, la importancia en sí del desarrollo de este proyecto, aunado a lo ya comentado, se debe a que existe en la actualidad una tendencia a mejorar los procesos involucrados en el emplazamiento de las distintas edificaciones; en dicho afán una de las principales herramientas que se han empleado para cumplir

con este objetivo es la implementación de las denominadas Tecnologías de Información y Comunicación, en específico el desarrollo de softwares. Al realizar este proyecto se pretendió crear o secundar dicha inercia, esto es, el desarrollo de softwares en el ámbito de la ingeniería civil.

CAPÍTULO II

ESTADO DEL ARTE EN EL DISEÑO DE LOSAS DE CONCRETO

El modelo estructural simplificado equivalente que se emplea en el análisis y diseño de las losas en una dirección, es el de una viga, con las variantes que pueda tener en sus apoyos y extremos. Existen diversos métodos para el análisis de estos elementos; por ejemplo, geométricos, energéticos, iterativos, etc. En cuanto al diseño este abarca dos etapas, la primera consiste en adicionar refuerzo y realizar las comprobaciones necesarias que garanticen el comportamiento del elemento ante los distintos esfuerzos previstos a los que está sujeto, de acuerdo al análisis previo; la segunda etapa, denominada diseño por servicio, comprende la verificación del desplazamiento y agrietamiento de acuerdo a la normativa requerida.

En el análisis de las losas en dos direcciones también existen diversos métodos para su cálculo, sin embargo, debido a la complejidad de estos, se hace uso de ayudas que algunos reglamentos presentan. En este trabajo se emplearon los Coeficientes de momentos flexionantes para tableros rectangulares de las NTCDyCEC 2017. En cuanto al diseño, a diferencia al de las losas en una dirección, se omite el de servicio al cumplir con algunos requisitos que establece este código de construcción.

2.1 Hipótesis de diseño

Las fórmulas para el cálculo de elementos sujetos a flexión, que se presentan más adelante, están basadas en las siguientes hipótesis. (NTCDyCEC,2017)

1. La distribución de deformaciones unitarias longitudinales en la sección transversal de un elemento es plana;
2. Existe adherencia entre el concreto y el acero de tal manera que la deformación unitaria del acero es igual a la del concreto adyacente;
3. El concreto no resiste esfuerzos de tensión;
4. La deformación unitaria del concreto en compresión cuando se alcanza la resistencia de la sección es 0.003 La distribución de esfuerzos de compresión en el concreto, cuando se alcanza la resistencia de la sección, es uniforme con un valor; y f_c'' igual a $0.85 f_c^*$ hasta una profundidad de la zona de compresión igual a $\beta_1 c$. (p.404)

2.2 Losas en una dirección

(Piralla, 2011) define las losas como “(...) placas sujetas a cargas normales a su plano y apoyadas en sus bordes o en algunos puntos (...). Una placa apoyada solo en dos de sus bordes en una misma dirección, funciona como una viga ancha, ya que transmite la carga a los apoyos por medio de la flexión” (p.547).

2.2.1 Elementos que comprenden el sistema de vigueta y bovedilla

Los elementos que comprenden el sistema de vigueta y bovedilla (Figura 1.0) son tres. El primero tiene la función de brindar una superficie plana, sobre la cual puedan desarrollarse las actividades para lo cual fue diseñada la estructura, además de esto, tiene la función de transmitir las cargas a los siguientes elementos portantes (viguetas); en segundo lugar se tiene a los elementos conocidos como viguetas, las cuales cumplen la función de “recolectar” las cargas, tanto de peso propio como las vivas, y, enviarlas a las trabes o muros de carga; por último, se debe considerar un aligerante que se conoce con el nombre de bovedilla.

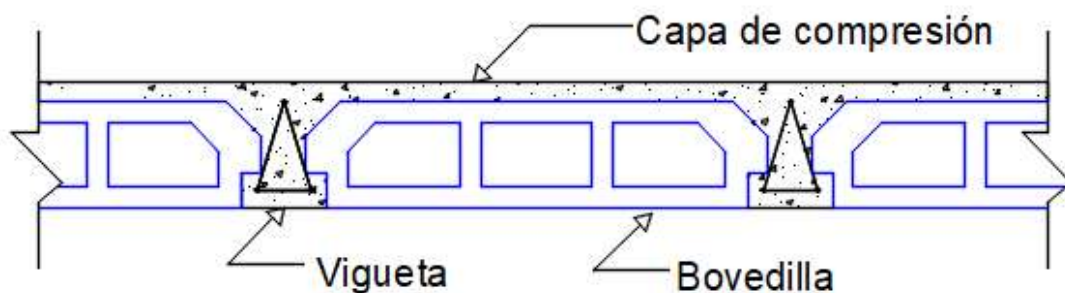


Figura 1.0. Elementos que conforman el sistema de Vigueta y Bovedilla.

2.2.2 Diseño por flexión

Cuando se diseña por flexión los sistemas de piso aligerados se pueden emplear, en función de la distribución de esfuerzos en la sección del nervio, tres enfoques

distintos de diseño, de los cuales dos son aplicados a las zonas de momento positivo: cuando se considera a dicho sistema como un conjunto de vigas de sección ancha, o, por otra parte, cuando se analizan como vigas de sección T y, por último, en las zonas de influencia de los momentos negativos como viga de sección rectangular.

La determinación para emplear uno u otro enfoque en las zonas de momento positivo se basa en la siguiente condición; para el caso del diseño como viga ancha (se busca esta condición por su simplicidad y mayor eficiencia) debe cumplir que la profundidad del bloque de esfuerzos (a) sea igual o menor a la profundidad del espesor del patín (t), tal como se muestra en la figura 2.1. Cuando dicha condición no se cumple se adopta el diseño de vigas de sección T (figura 2.2), dicha metodología consiste en la descomposición del área de la sección, *i. e.*, el área del patín más el área del alma que abarquen los esfuerzos de compresión. Se debe mencionar que, por simplicidad, puede ignorarse también la aportación del patín y diseñarse como viga rectangular.

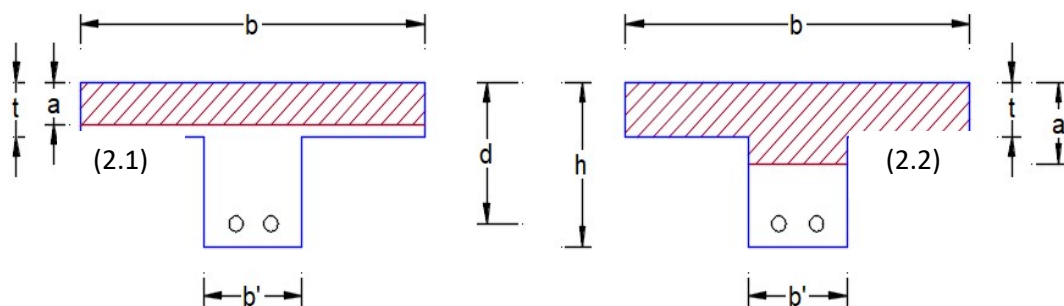


Figura 2.1. Profundidad del bloque de esfuerzos menor al espesor del patín. 2.2 Profundidad del bloque de esfuerzos mayor al espesor del patín.

Fórmulas para el cálculo de la resistencia a flexión

Se asume que la deducción de las fórmulas para la obtención de resistencias de diseño a flexión se conoce ya y, además, que no está comprendida en los

alcances de esta investigación, se omitió en este trabajo y solo se presentan las fórmulas para la obtención de las resistencias en vigas rectangulares y de sección T.

Las fórmulas que se presentan a continuación han sido obtenidas de las Normas Técnicas Complementarias para el Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto 2017. También, debido a que el diseño por flexión (de cualquier sección) considerando acero de compresión lo vuelve más laborioso y, teniendo en cuenta que el incremento de la resistencia que puede darse no justifica el trabajo, para el presente proyecto, se emplearon las fórmulas para vigas que solo contemplan acero de tensión.

La fórmula para el cálculo de la profundidad a se presenta en la ecuación 1.0

$$a = \frac{A_s f_y}{f'_c b}$$

Ecuación 1.0. Profundidad del bloque de esfuerzos.

Caso 1. El bloque de esfuerzos de compresión es menor que el espesor del patín.

($a < t$)

$$M_R = F_R A_s f_y d (1 - 0.5q)$$

Ecuación 2.1.0. Momento resistente caso uno.

Donde:

$$q = \frac{p f_y}{f'_c}$$

Ecuación 2.1.1. Valor q de la ecuación 2.1.0.

$$p = \frac{A_s}{bd}$$

Ecuación 2.1.2. Porcentaje de acero.

b ancho de la sección

d peralte efectivo

f_c'' esfuerzo unitario de compresión

A área del refuerzo de tensión

Tal como queda establecido en las NTCDyCEC, el valor de ***b*** se determina como el mínimo de:

- a) La octava parte del claro menos la mitad del ancho del alma.
- b) La mitad de la distancia al paño del alma del miembro más cercano.
- c) Ocho veces el espesor del patín.

Caso 2. El bloque de esfuerzos de compresión es mayor que el espesor del patín ($a > t$).

$$M_R = F_R \left[A_{sp} f_y \left(d - \frac{t}{2} \right) + (A_s - A_{sp}) f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) \right]$$

Ecuación 2.2.0. Momento resistente caso dos.

Donde:

$$A_{sp} = \frac{f_c'' (b - b') t}{f_y}$$

Ecuación 2.2.1. Área del acero de refuerzo para el cálculo del momento resistente.

$$a = \frac{(A_s - A_{sp}) f_y}{f_c'' b'}$$

Ecuación 2.2.2. Profundidad del bloque de esfuerzos.

b ancho del patín.

b' ancho del alma.

La ecuación 2.2.0 es válida solo si se cumple que el acero de tensión fluye y esto sucede cuando

$$A_s \leq \frac{f_c''}{f_y} \frac{6000 \beta_1}{f_y + 6000} b'd + A_{sp}$$

Ecuación 3.0. Desigualdad requerida para validar los resultados de la ecuación 2.2.0.

En el diseño por flexión de losas macizas siempre se le considera como una viga ancha, por consiguiente, solo se hace uso de las ecuaciones 2.1.0, 2.1.1 y 2.1.2.

Limitaciones del refuerzo por flexión

Existe un rango que limita la cantidad de acero suministrada, por esta razón, el área mínima que debe colocarse se determina haciendo uso de la ecuación 4.1, así mismo, debe cuidarse que esta no supere el valor máximo permitido, este valor está en función de la clasificación de la estructura que se diseñe, es importante mencionar que en todo este trabajo se consideró que los elementos forman parte de una estructura de ductilidad media, para estas el valor máximo de acero es igual al 75% del requerido para tener una falla balanceada; este último valor se calcula mediante la ecuación 4.3.

$$A_{smín} = \frac{0.22\sqrt{f'c}}{f_y} bd$$

Ecuación 4.1. Acero de tensión mínimo.

$$A_{smáx} = 0.75 A_{sbal}$$

Ecuación 4.2. Acero de tensión máximo.

$$A_{sbal} = \frac{0.22\sqrt{f'c}}{f_y} bd$$

Ecuación 4.3. Acero de tensión balanceado.

2.2.3 Diseño por cortante

Este diseño consiste en lograr que la resistencia a fuerza cortante de un elemento de concreto sea superior a los esfuerzos últimos que se le solicitan. En el caso de vigas esto se logra mediante la integración de estribos cerrados perpendiculares al refuerzo longitudinal.

Fuerza cortante que soporta el concreto

Para el diseño de losas aligeradas el valor de b es remplazado por b' (ancho del patín); además que, si el patín se encuentra bajo esfuerzos de compresión, se puede sumar, al producto $b'd$, el valor de t^2 .

Cuando la relación $L / h > 5$

Si $p < 0.015$

$$V_{cR} = F_R b d (0.2 + 20p) \sqrt{f_c^*}$$

Ecuación 6.1. Resistencia a fuerza cortante del concreto caso uno.

Si $p > 0.015$

$$V_{cR} = 0.5 F_R b d \sqrt{f_c^*}$$

Ecuación 6.2. Resistencia a fuerza cortante del concreto caso dos.

Si la relación $L / h < 4$, y las cargas y reacciones no comprimen de forma directa a las caras superior e inferior se toma el valor de V_{cR} de la ecuación 6.2.

En casos donde la relación, L / h , queda comprendida entre 4 y 5, V_{cR} se hace variar de forma lineal hasta los valores dados por las ecuaciones 6.1 o 6.2, según corresponda.

Refuerzo mínimo

Cuando la resistencia del concreto V_{CR} sea mayor que el cortante de diseño V_u , se suministra un refuerzo mínimo por tensión diagonal, que es calculado con la siguiente expresión.

$$A_{v,\text{mín}} = 0.30\sqrt{f_c^*} \frac{bs}{f_y}$$

Ecuación 7.0. Acero mínimo por cortante.

O bien:

$$S_{\text{máx}} = \frac{A_v f_y}{0.30b \sqrt{f_c^*}}$$

Ecuación 8.0. Separación máxima despegada del acero mínimo.

Separación del refuerzo transversal

Cuando el valor de V_u sea mayor que V_{CR} , el valor de la separación, s , que suministra la resistencia faltante, se calcula como:

$$s = \frac{F_R A_v f_y d (\text{sen } \theta + \text{cos } \theta)}{V_{SR}}$$

Ecuación 9.0. Separación necesaria del refuerzo por cortante.

Donde:

A_v área transversal del refuerzo por tensión diagonal comprendido en una distancia s ;

θ ángulo que dicho refuerzo forma con el eje de la pieza.

V_{CR} fuerza cortante de diseño que toma el acero transversal ($V_{SR} = V_u - V_{CR}$)

Para este trabajo el valor de V_u no puede ser mayor que:

$$2.5F_Rbd\sqrt{f'_c}$$

Ecuación 10.0. Valor límite de cortante.

A pesar que los sistemas de vigueta y bovedilla son un conjunto de vigas de sección t , debe considerarse que las condiciones en las que estas trabajan son distintas al de una viga aislada, por ello es que algunos reglamentos diferencian los requisitos y límites para estos sistemas, en el caso del reglamento ACI, cuando se cumplen algunos requisitos de forma y el cortante se ubica en un rango específico, este libera la necesidad de colocar algún refuerzo mínimo por cortante.

Con base en lo anterior y con el propósito de cumplir con la normativa que se empleó en este trabajo, se procedió de la siguiente forma, cuando el esfuerzo por cortante último V_u fue menor a la resistencia que pudo resistir el concreto V_{cr} prevaleció el valor de la separación máxima (ecuación 8.0), mientras que cuando V_u fue mayor que V_{cr} se colocó el refuerzo con la separación necesaria (ecuación 9.0). Se consideró además que es común fabricar estos refuerzos con un ángulo de inclinación por lo que no se permitió que la separación vértice a vértice fuera mayor de dos veces la cantidad de la expresión 11.0, cabe mencionar que es común que este resulte ser el valor gobernante.

Peralte t . – Recub. inferior – Recub. superior

Ecuación 11.0. Separación vértice a vértice del refuerzo por cortante colocado con una inclinación a 45°.

2.2.4 Diseño por servicio

En esta fase del diseño de vigas se debe procurar que los desplazamientos, con las áreas de la sección de concreto y el refuerzo longitudinal calculados, no superen a los establecidos en las Normas Técnicas Complementarias Sobre Criterios y Acciones para el Diseño Estructural de las Edificaciones (2017), las cuales establecen que:

$$\Delta_{Admisible} = \frac{L}{240}$$

Ecuación 12.1. Desplazamiento admisible, caso: si no afecta a elementos no estructurales.

$$\Delta_{Admisible} = \frac{L}{480}$$

Ecuación 12.2. Desplazamiento admisible, caso: si afecta a elementos no estructurales.

Para los desplazamientos, presentados en los elementos de diseño, se tiene que las deflexiones totales son igual a, las inmediatas más las diferidas; siendo las primeras, aquellas que se presentan una vez aplicadas las cargas, mientras que las segundas, son las que se esperan a lo largo de la vida útil de la estructura.

$$\Delta_{Total} = v + \Delta_{dif}$$

Ecuación 13.0. Desplazamiento total.

Deflexiones inmediatas

Para el cálculo de estas deflexiones se empleó el método de la doble integración de la ecuación de momentos, (James Gere, 2016) explica que este método consiste en transformar a esta en una diferencial e integrarla dos veces consecutivas; se obtienen dos ecuaciones, primero, la de pendientes y, finalmente, la de deflexiones (p. 736). Debe aclararse que para cada una de las

etapas de este método se genera una constante de integración, siendo que se realiza dos veces se tienen dos de estas, las cuales se resuelven haciendo uso de las condiciones de frontera, continuidad o simetría, según sea el caso.

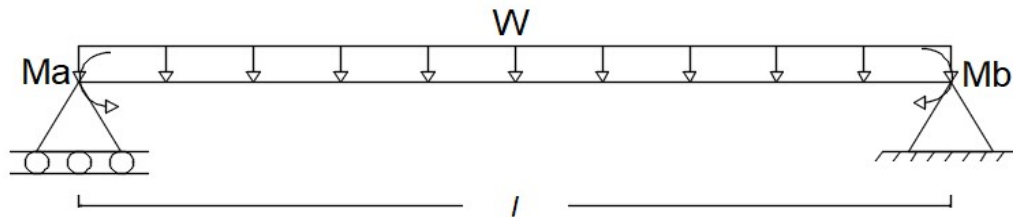


Figura 3.0. Modelo estructural base para el análisis y diseño de losas en una dirección.

En este trabajo el modelo estructural base para el cálculo de las deflexiones de n losas en una dirección, de cualquier tablero (sin incluir los salientes o volados), es una viga articulada en sus extremos con carga distribuida de forma uniforme y un momento para cada extremo, figura 3.0. Para la obtención de la ecuación de momentos se adoptó la siguiente nomenclatura:

Momento en el extremo izquierdo de la viga = Ma

Momento en el extremo derecho de la viga = Mb

Carga distribuida sobre la viga = W

Variable de integración = z

Longitud de la viga = l

Planteando la ecuación de momentos en una viga con apoyos simples, con carga distribuida uniforme y momentos en cada extremo:

$$M = \left[-\frac{W_1 \times z^2}{2} (l - z) \right] + \left[\frac{Mb}{l} (z) \right] - \left[\frac{Ma}{l} (l - z) \right]$$

Ecuación 14.0. Ecuación de momentos flexionantes aplicada al modelo estructural empleado.

Al sustituir la expresión para el momento flexionante en la ecuación diferencial, se obtuvo:

$$EIv'' = \left[-\frac{W \times z^2}{2}(l - z) \right] + \left[\frac{Mb}{l}(z) \right] - \left[\frac{Ma}{l}(l - z) \right]$$

Ecuación 15.0. Ecuación diferencial de la curva de deflexión.

Multiplicando ambos extremos de la ecuación por dz .

$$EIv'' dz = \left[-\frac{W \times z^2}{2}(l - z) \right] dz + \left[\frac{Mb}{l}(z) \right] dz - \left[\frac{Ma}{l}(l - z) \right] dz$$

Ecuación 16.0. Ecuación diferencial de la curva de deflexión aplicado el diferencial dz para su integración.

Integrando por primera vez, ecuación de pendientes

$$EIv' = \left[\frac{W}{6}(z^3) \right] + \left[-\frac{Wl}{4} + \frac{Mb}{2l} + \frac{Ma}{2l} \right] (z^2) - Ma(z) + C_1$$

Ecuación 17.0. Ecuación de pendientes.

La ecuación de deflexiones se consiguió multiplicando ambos lados de la ecuación de pendientes por dz e integrándola.

$$EIv = \left[\frac{W}{24}(z^4) \right] + \left[-\frac{Wl}{4} + \frac{Mb}{2l} + \frac{Ma}{2l} \right] \left(\frac{z^3}{3} \right) - Ma \left(\frac{z^2}{2} \right) + C_1z + C_2$$

Ecuación 18.0. Ecuación de la curva de deflexiones sin las constantes de integración resueltas

Tomando en cuenta la condición de frontera izquierda donde el desplazamiento fue igual a cero:

$$C_2 = 0$$

Ecuación 19.1. Valor de la constante de integración dos.

Para la obtención de la constante uno se requirió ahora de la condición de frontera derecha dónde $z = l$ y el desplazamiento también es nulo.

$$C_1 = -\left[\frac{W}{24}(l^4)\right] - \left[-\frac{Wl}{4} + \frac{Mb}{2l} + \frac{Ma}{2l}\right]\left(\frac{l^3}{3}\right) + Ma\left(\frac{l^2}{2}\right) / l$$

Ecuación 19.2. Valor de la constante de integración uno.

Por último, despejando v de la ecuación se llegó a la ecuación de flechas para la viga en cualquier punto z

$$v = \left[\frac{W}{24}(z^4)\right] + \left[-\frac{Wl}{4} + \frac{Mb}{2l} + \frac{Ma}{2l}\right]\left(\frac{z^3}{3}\right) - Ma\left(\frac{z^2}{2}\right) + C_1z / EI$$

Ecuación 20.0. Ecuación de la curva de deflexiones resuelta.

Tal como lo permiten las NTCDyCEC 2017 se optó por la utilización de la inercia agrietada transformada I_{ag} , también el módulo de elasticidad se obtuvo con base en estas mismas y, para el caso de losas continuas, se consideró el promedio de las inercias agrietadas transformadas de cada una, según la ecuación 21.0.

$$I = \frac{I_1 + I_2 + 2I_3}{4}$$

Ecuación 21.0. Inercia promedio.

Módulo de elasticidad

El reglamento empleado establece un módulo de elasticidad en función del concreto y, para el caso de la clase uno, también depende del tipo de agregado.

Para concretos clase 1

- Con agregado grueso calizo:

$$14\,000\sqrt{f'_c} \frac{kg}{cm^2}$$

Ecuación 22.1. Módulo de elasticidad para concretos con agregado grueso calizo.

- Con agregado grueso basáltico:

$$11\,000\sqrt{f'_c} \frac{kg}{cm^2}$$

Ecuación 22.2. Módulo de elasticidad para concretos con agregado grueso basáltico.

Para concretos clase 2

$$8\,000\sqrt{f'_c} \frac{kg}{cm^2}$$

Ecuación 22.3. Módulo de elasticidad para concretos clase dos.

Inercia transformada y agrietada

Se hace uso de una inercia transformada agrietada y no la inercia bruta o gruesa con el fin de contemplar, por un lado, las propiedades de los materiales que componen a una viga (los módulos de elasticidad del concreto y el acero) y por el otro, para tomar en cuenta que el comportamiento de una viga no es el mismo después de que se ha agrietado.

Es de importancia resaltar de la ecuación 23.0 que el primer elemento de la igualdad derecha corresponde a la sección de concreto bajo esfuerzos de compresión, mientras que la segunda a la sección virtual de concreto equivalente de acero; dicha equivalencia está representada en el producto de la letra griega eta (η), que, como se observa de la ecuación 24.0, es la relación de los módulos de elasticidad por el área de acero. Otro aspecto de dicho cálculo es que se realiza usando un brazo de palanca en función de la profundidad del bloque de esfuerzos c , es decir, la inercia se obtiene con respecto al eje neutro.

$$I_{ag} = \frac{b \times c^3}{3} + \eta \times A_s \times (d - c)^2$$

Ecuación 23.0. Inercia transformada agrietada.

Donde:

$$\eta = \frac{E_s}{E_c}$$

Ecuación 24.0. Relación de módulos de elasticidad.

$$c = \frac{-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \times b \times d}{\eta \times A_s}}}{\frac{b}{\eta \times A_s}}$$

Ecuación 25.0. Profundidad del eje neutro.

Deflexiones diferidas

(Cuevas, 2005) sostiene que la explicación para las deflexiones diferidas se encuentra en dos fenómenos, el de contracción y el de flujo plástico del concreto; los cuales se llegan a percibir después de transcurrido un considerable lapso de tiempo (p. 43).

Las NTCDyCEC 2017 proponen una estimación de las deflexiones diferidas, considerándolas como el producto de las deflexiones inmediatas por un factor, el cual se determina de la siguiente manera:

Si se trata de un concreto normal clase 1

$$\text{Factor deflexiones diferidas} = 2$$

Ecuación 26.0. Factor para la estimación del desplazamiento diferido para concretos clase uno sin acero de compresión.

Si se trata de un concreto normal clase 2

$$\text{Factor deflexiones diferidas} = 4$$

Ecuación 27.0. Factor para la estimación del desplazamiento diferido para concretos clase dos sin acero de compresión.

2.3 Losas en dos direcciones

Las losas en dos direcciones se definen como aquellas que se apoyan sobre sus cuatro bordes; estos pueden tener, o no, uniones monolíticas con ella. Otra de las características en este tipo de elementos es una distribución de los efectos en sus dos direcciones.

2.3.1 Análisis de losas apoyadas sobre dos dimensiones

(Cuevas, 2005) menciona que, para hacer uso de los coeficientes de momentos presentados en las NTCDyCEC 2017, debe revisarse las propiedades de los apoyos; ya que, si la rigidez a flexión de estos elementos no es la suficiente (debe ser mayor que la de la propia losa) no es aplicable dicha metodología; puede considerarse que los apoyos cumplen con esto cuando la losa está apoyada sobre muros y vigas diseñadas conforme al procedimiento establecido en las NTCDyCEC (p. 579).

(Cuevas, 2005) también menciona que este método solo es aplicable cuando:

1. Los tableros tienen una forma cercana a un rectángulo.
2. La distribución de las cargas que actúan sobre la losa es uniforme en cada tablero.
3. Los momentos negativos en el apoyo común de dos tableros adyacentes no difieren entre sí en más del cincuenta por ciento del menor de ellos.
4. La relación de carga viva a carga muerta no es mayor que 2.5 para losas monolíticas con sus apoyos, ni mayor que 1.5 en otros casos (p.576).

Con el fin de omitir el cálculo de las deflexiones en las losas, las NTCDyCEC establecen un espesor de losa mínimo, el cual debe ser igual o mayor al

perímetro del tablero entre 250, si se trata de un concreto clase 1; para los concretos clase 2, se divide entre 170; además:

- Para calcular el perímetro se debe incrementar 50 por ciento los lados discontinuos, si se trata de una losa con apoyos monolíticos, y 25 si no lo es.
- Si el lado largo de la losa es muy grande, se toma: $a_2 = 2a_1$.
- Lo anterior solo es válido si $f_s \leq 2520 \text{ kg/cm}^2$ y $w = 380 \text{ kg/m}^2$, si esto no se cumple el peralte efectivo mínimo debe multiplicarse por $0.032^4 \sqrt{f_s w}$.

Una vez obtenidos los coeficientes mencionados, estos se convierten a momentos (el proceso se explica más adelante), lo siguiente corresponde al diseño por flexión, el cual debe realizarse como se planteó en el apartado 2.2.2.

2.3.2 Separación máxima del refuerzo por flexión y revisión por cortante

La separación entre barras no debe ser mayor que 50 cm ni 3.5 d, y 2.5 d si en la proximidad existe una carga concentrada mayor a una tonelada.

Con respecto al cálculo de la fuerza cortante, debe considerarse como:

$$V = \left(\frac{a_1}{2} - d \right) w \left[0.95 - 0.5 \frac{a_1}{a_2} \right]$$

Ecuación 28.0. Valor estimado de la fuerza cortante en tableros apoyados en dos direcciones.

Si en un mismo tablero existen lados continuos y discontinuos el valor de V se debe incrementar en quince por ciento. El valor del cortante resistente se toma igual a:

$$0.5F_R b d \sqrt{f'_c}$$

Ecuación 29.0. Resistencia a cortante del concreto en losas apoyadas en sus dos direcciones.

2.4 Refuerzo por cambios volumétricos

La normativa establece que en cualquier dirección en que la longitud es mayor a 1.5 metros, el acero de refuerzo no debe ser menor al valor dado por la ecuación 30.0; además que, si la menor dimensión perpendicular al refuerzo longitudinal del elemento es mayor a 15 centímetros, dicha cantidad debe ser repartida en dos capas próximas a las caras del elemento. En caso de que el elemento se encuentre expuesto a la intemperie el valor de la ecuación 30.0 debe multiplicarse por 1.5.

$$a_{s1} = \frac{660 x_1}{f_y(x_1 + 100)}$$

Ecuación 30.0. Área transversal del refuerzo por cambios volumétricos, por unidad de ancho de la pieza.

Para simplificar el proceso de diseño en este trabajo se optó por la alternativa que presenta la normativa, la cual propone usar un valor mínimo de cuantía para el refuerzo por cambios volumétricos igual a 0.002, para elementos no expuestos a la intemperie y 0.003 para elementos expuestos a ella. Debe cuidarse que la separación de este refuerzo no sea mayor a 50 centímetros ni 3.5 veces el valor del peralte efectivo, para el caso de losas.

CAPÍTULO III

DESARROLLO DE LA APLICACIÓN

En este capítulo se presenta el funcionamiento de cada uno de los cuatro módulos que constituyen la aplicación, losa de vigueta y bovedilla, maciza en una dirección, nervada y maciza en dos direcciones. Con el fin de mostrar el funcionamiento del programa se incluyó el total de subprocesos derivados de los diagramas generales. El orden en que se encuentran los subprocesos, obedece a las jerarquías de los diagramas que los emplean.

3.1 Diagrama General de la aplicación

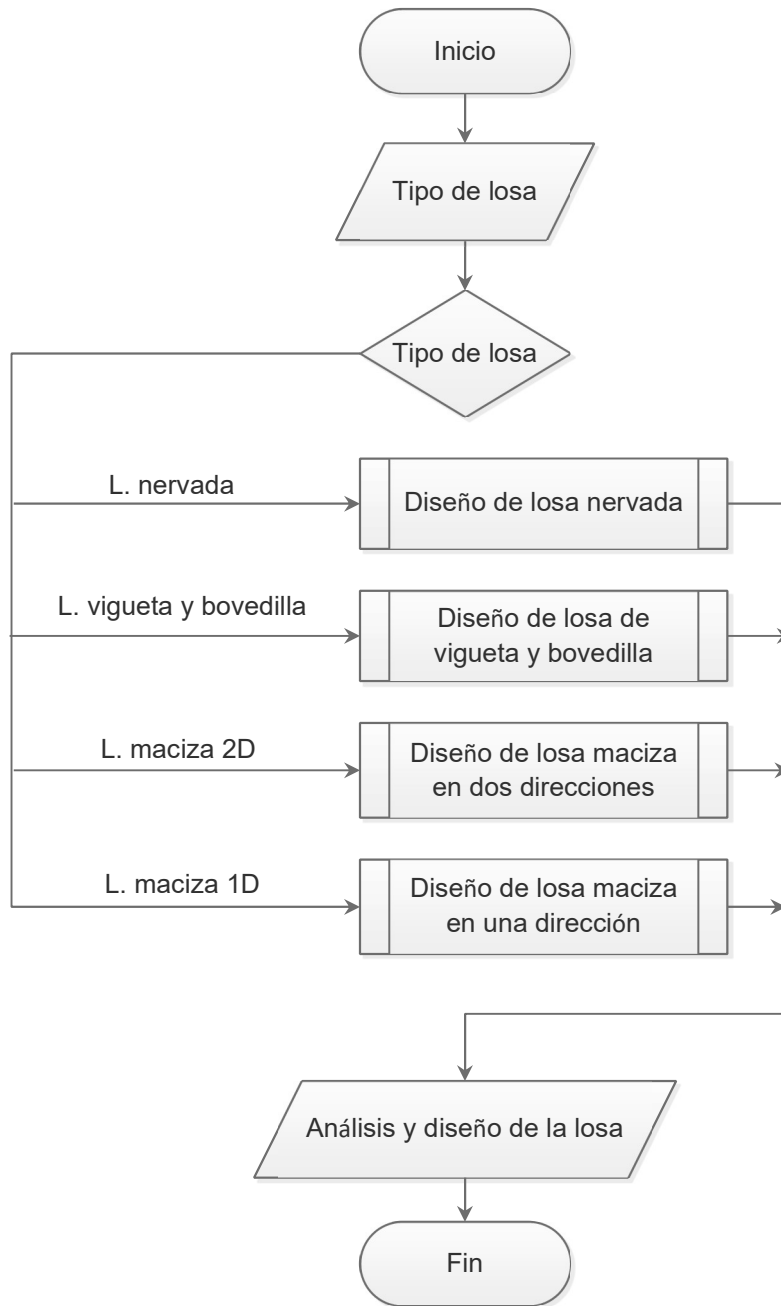


Diagrama 1.0 Diagrama general de la aplicación

Puede verse del diagrama general de la aplicación que una vez se ha entrado inicializa un tipo de análisis y diseño en función de la elección del usuario. Se compone de cuatro módulos, correspondientes para cada losa. El algoritmo

termina en el momento en que son presentadas las tablas y gráficos con los resultados.

Un algoritmo constituye una lista bien definida, ordenada y finita de operaciones, que permite encontrar la solución a un problema determinado. Dado un estado inicial y una entrada, es a través de pasos sucesivos y bien definidos que se llega a un estado final, en el que se obtiene una solución (si hay varias) o la solución (Mathieu, 2014).

La importancia de elaborar los diagramas de flujo en el contexto de la programación radica en el hecho de que a través de ellos se puede presentar la información de una manera más clara que utilizando solo algoritmos.

3.2 Losa nervada en dos direcciones

3.2.1 Diagrama de flujo general del módulo para losa nervada en dos direcciones

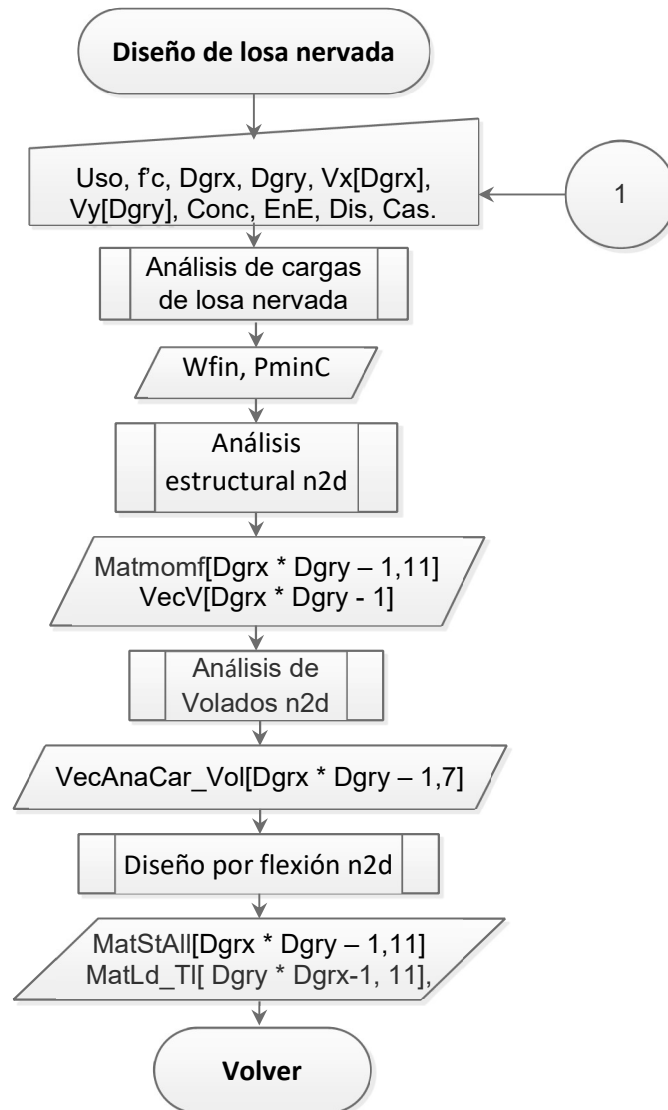


Diagrama 2.0.0. Diagrama general del diseño de losas nervadas. *Uso*; uso que tiene la estructura. *Dgr*; dimensión de la cuadrícula en un sentido específico. *Conc*; variables del concreto. *Dis*; características de la losa. *Cas*; propiedades del casetón. *EnE*; Elementos no estructurales a considerar en el análisis de cargas. *Wfin*; Carga aplicada de forma uniforme (Kg/m²). *Mat*; prefijo para indicar una matriz de datos. *Vec*; prefijo para indicar un vector de datos

3.2.2 Subprocesos del diagrama General del diseño de losas nervadas en dos direcciones

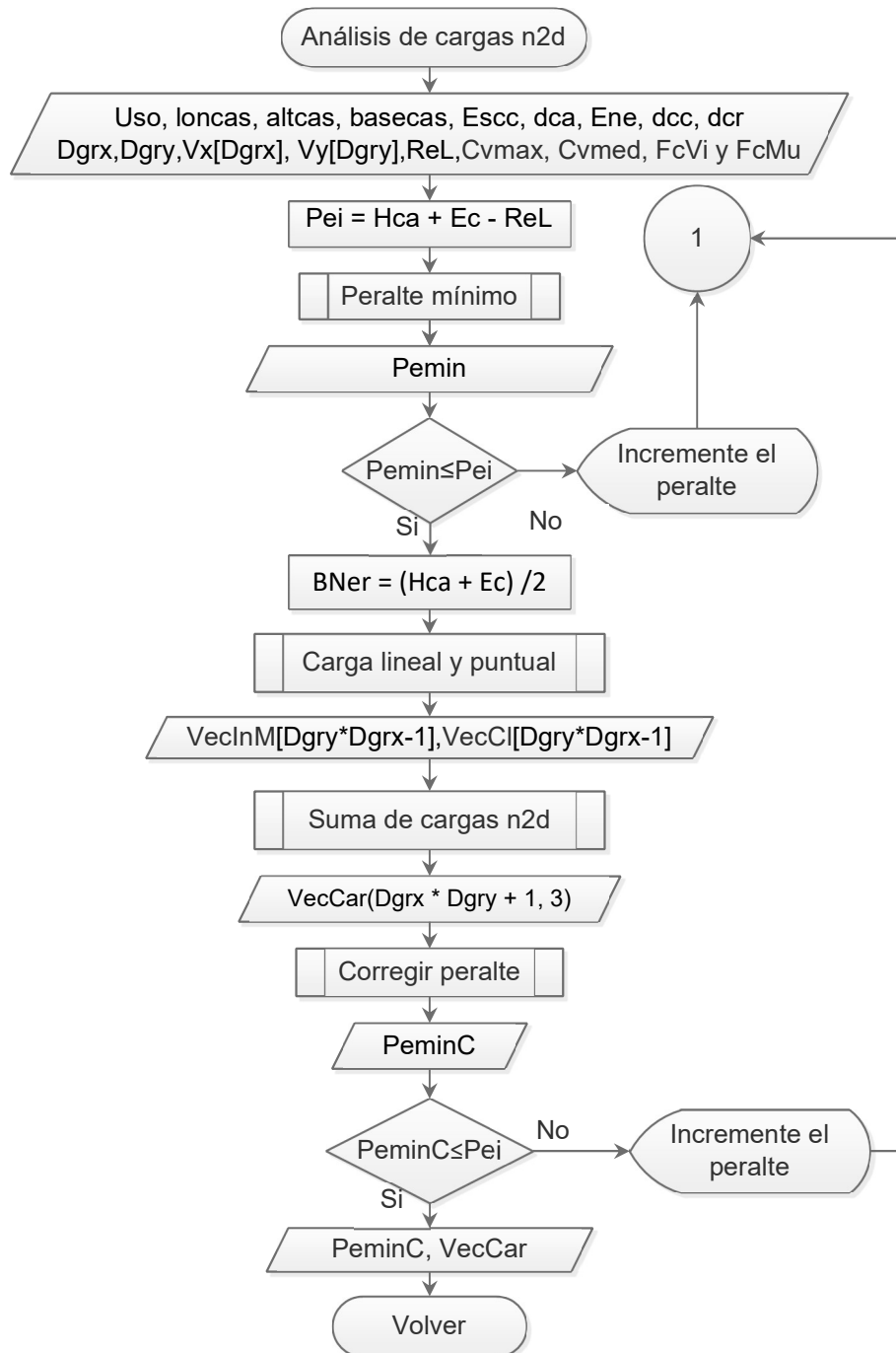


Diagrama 2.1.0. Diagrama general del análisis de cargas.

Diagrama de flujo para la obtención del peralte mínimo en losas de dos direcciones, empleando las NTC 2017

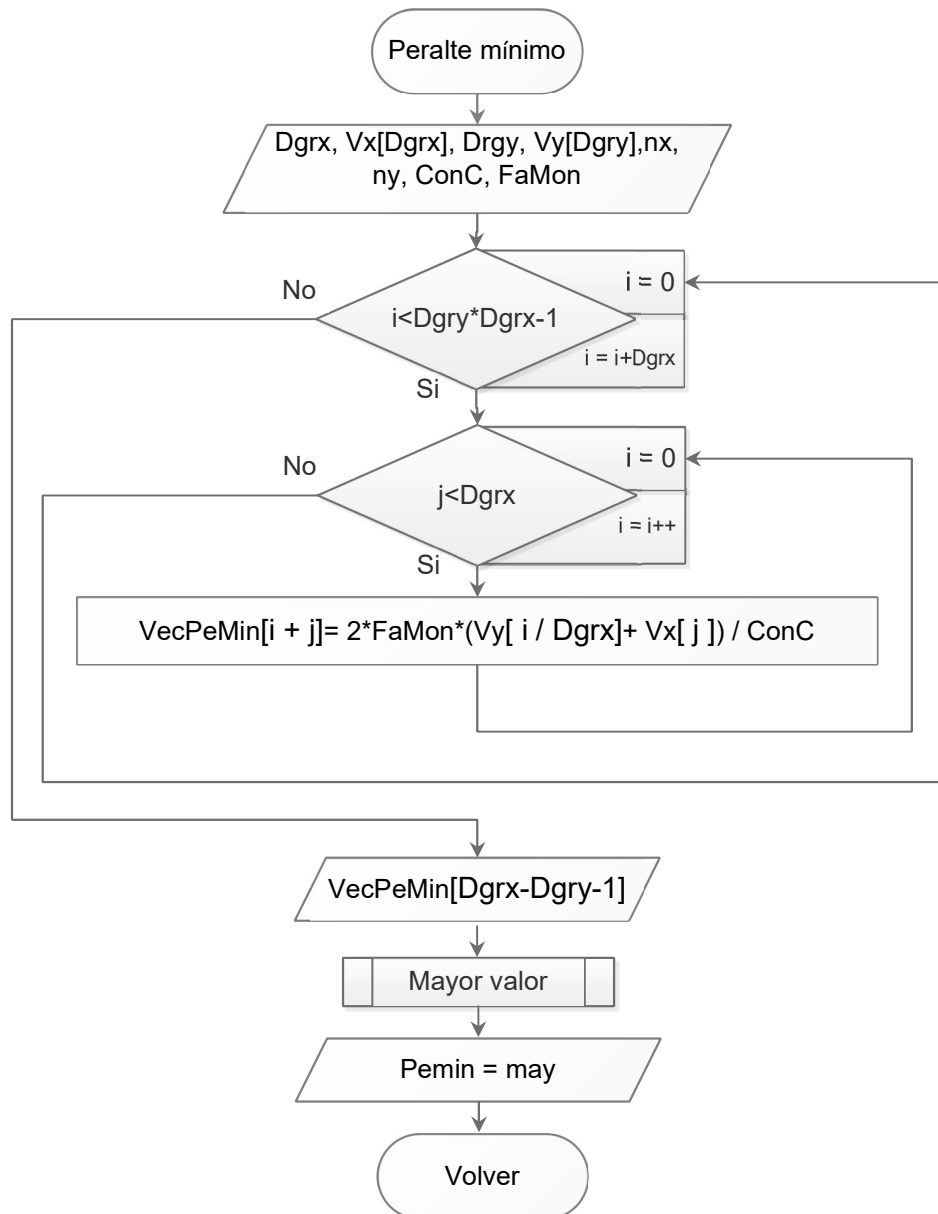


Diagrama 2.1.1 Diagrama del subproceso “Peralte mínimo”.

Diagrama de flujo para encontrar el mayor valor dentro de un vector de n dimensiones.

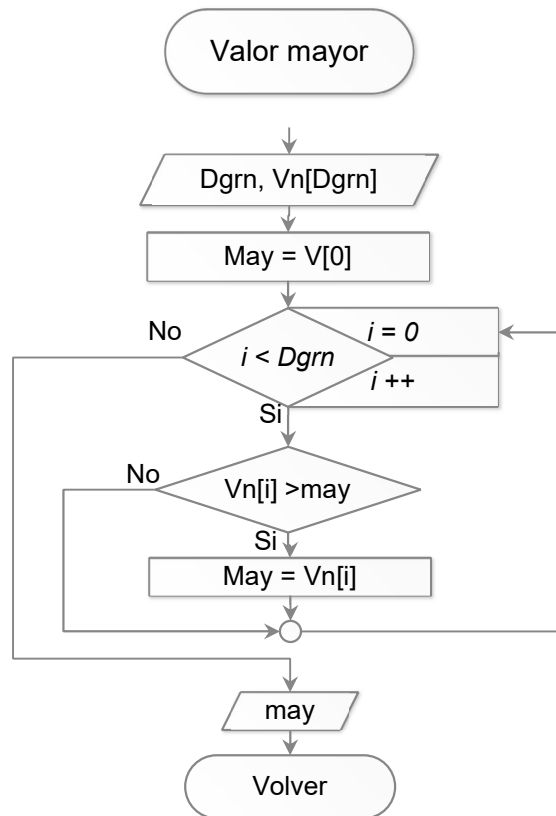


Diagrama 2.1.2. Diagrama del subproceso "Valor mayor".

Diagrama de flujo que contempla las cargas originadas por muros (carga lineal), los subprocesos que se mencionan se muestran en las figuras 2.1.3.1 y 2.1.3.2.

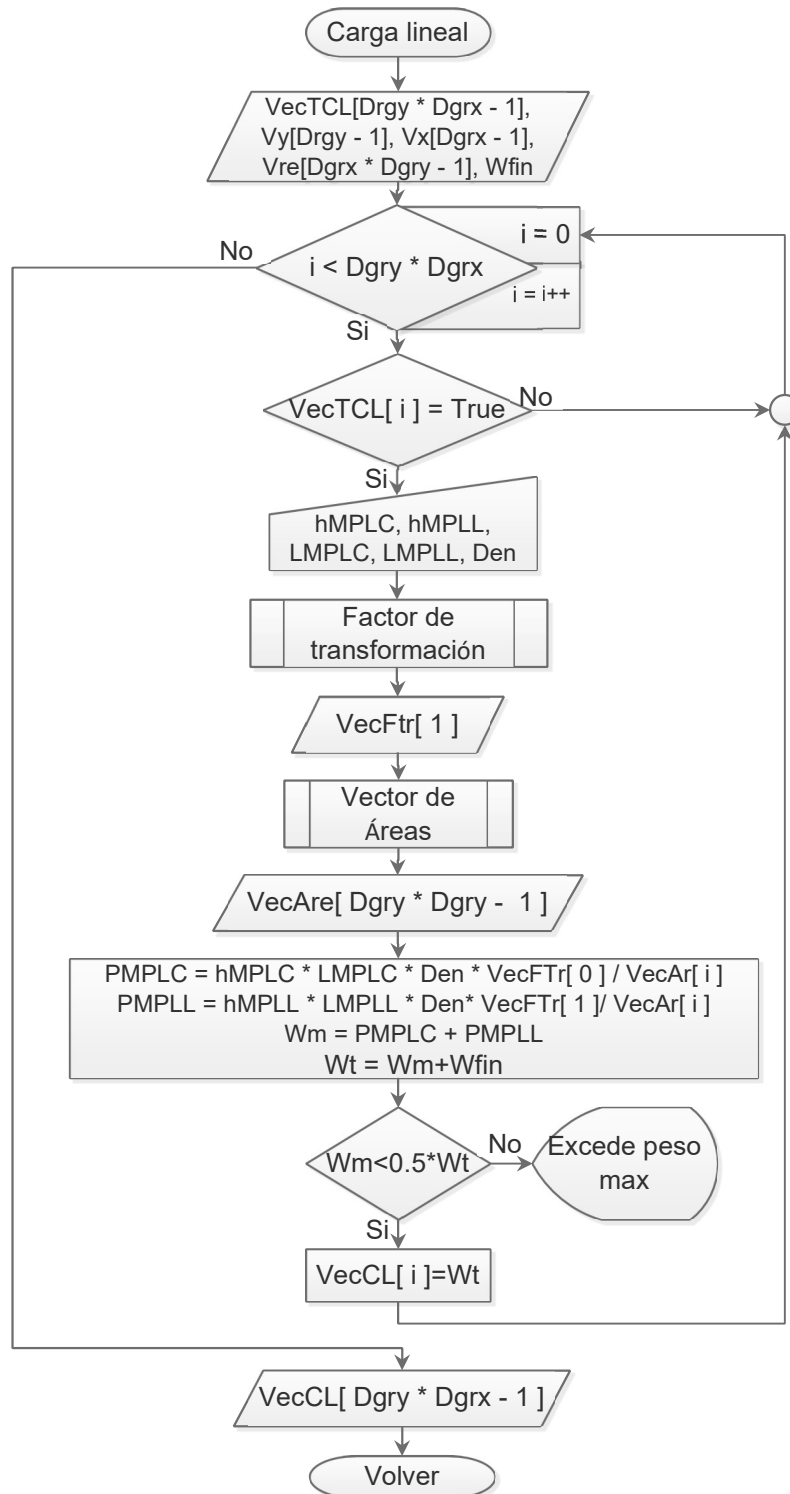


Diagrama 2.1.3. Diagrama del subproceso "Carga lineal".

Diagrama de flujo para determinar el factor de transformación de carga lineal; dado un valor de relación de lado menor sobre lado mayor de un tablero.

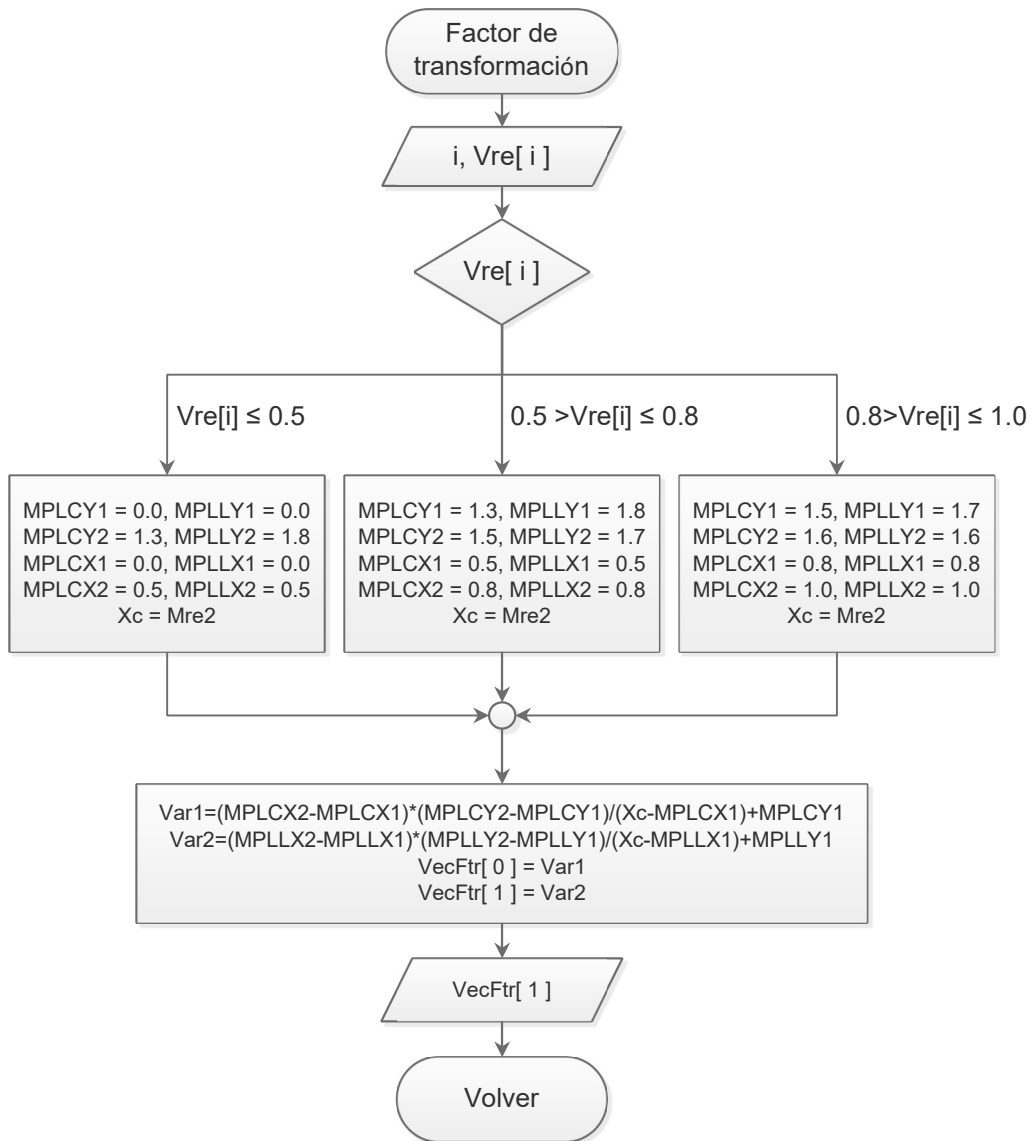


Diagrama 2.1.3.1. Diagrama de flujo del subproceso “Factor de transformación”.

Diagrama de flujo para obtener un vector con el área de todos los tableros, dados el número de tableros en x y y, junto con sus dimensiones.

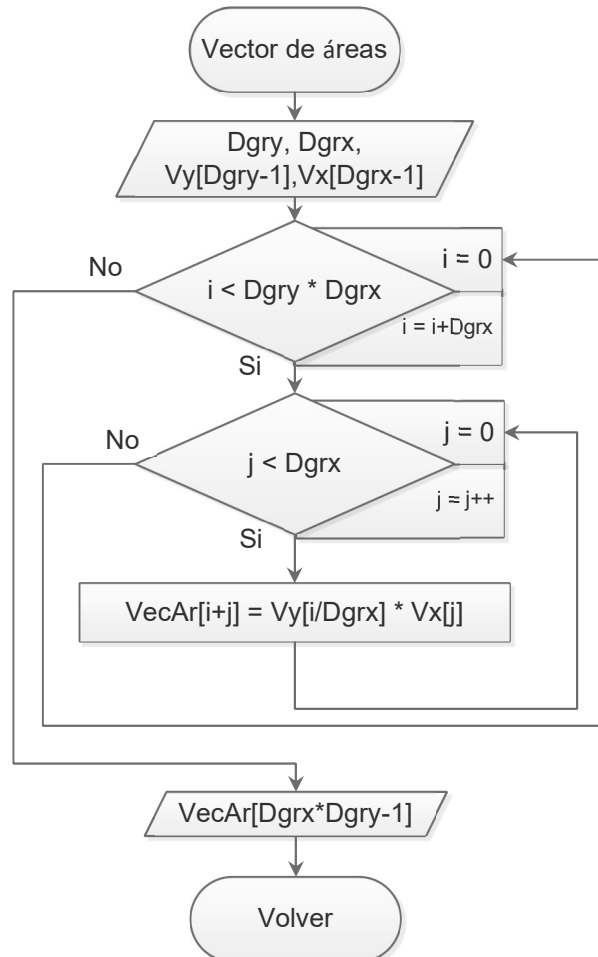


Diagrama 2.1.3.2. Diagrama de flujo del subproceso “Vector de áreas”.

Diagrama de flujo para encontrar los incrementos de momento por cargas puntuales; el subproceso que emplea este diagrama se encuentra en la figura 2.1.4.1.

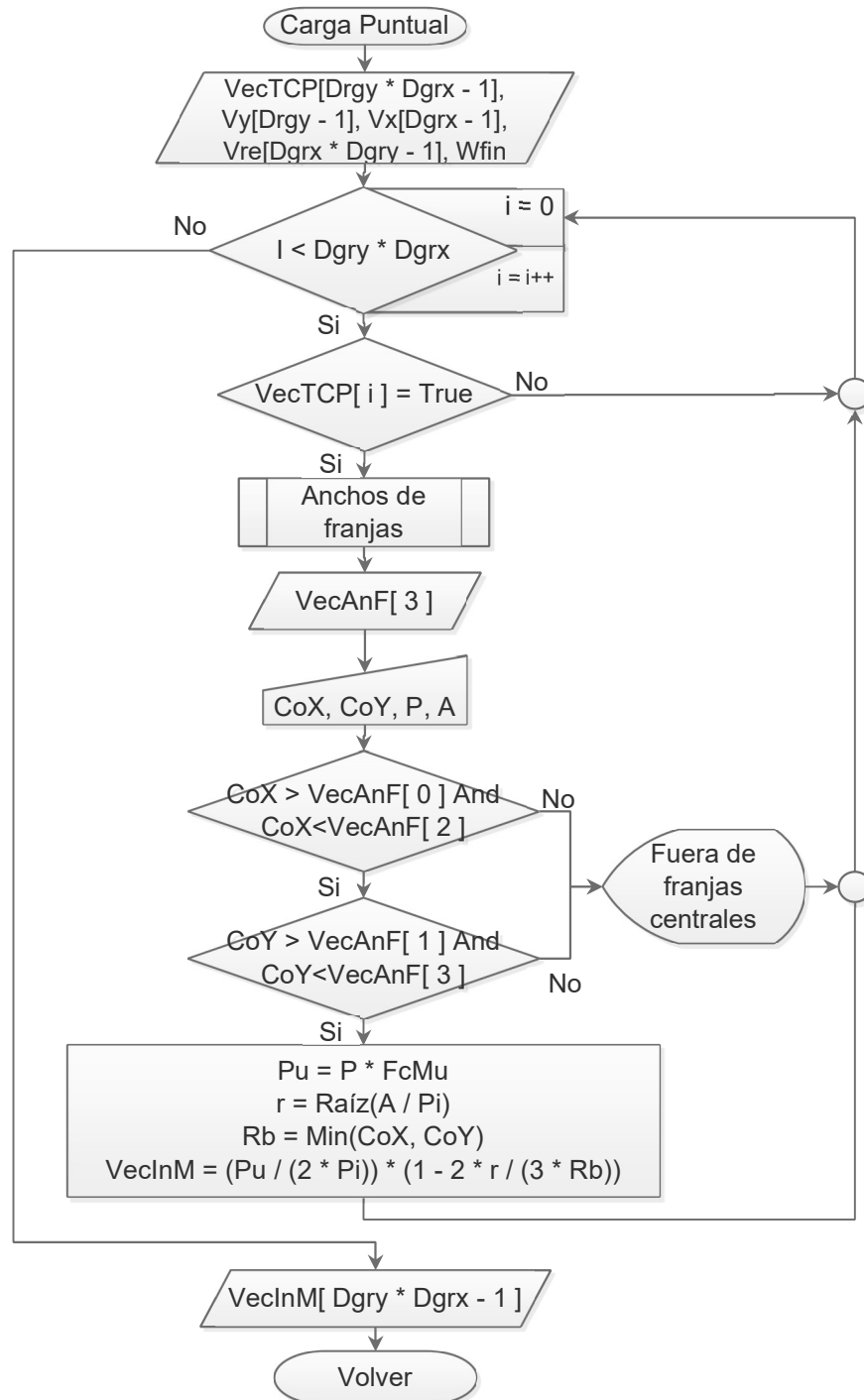


Diagrama 2.1.4.0. Diagrama de flujo del subproceso "Carga puntual".

Diagrama de flujo que obtiene las coordenadas de esquina izquierda superior y derecha inferior de la intersección de franjas centrales

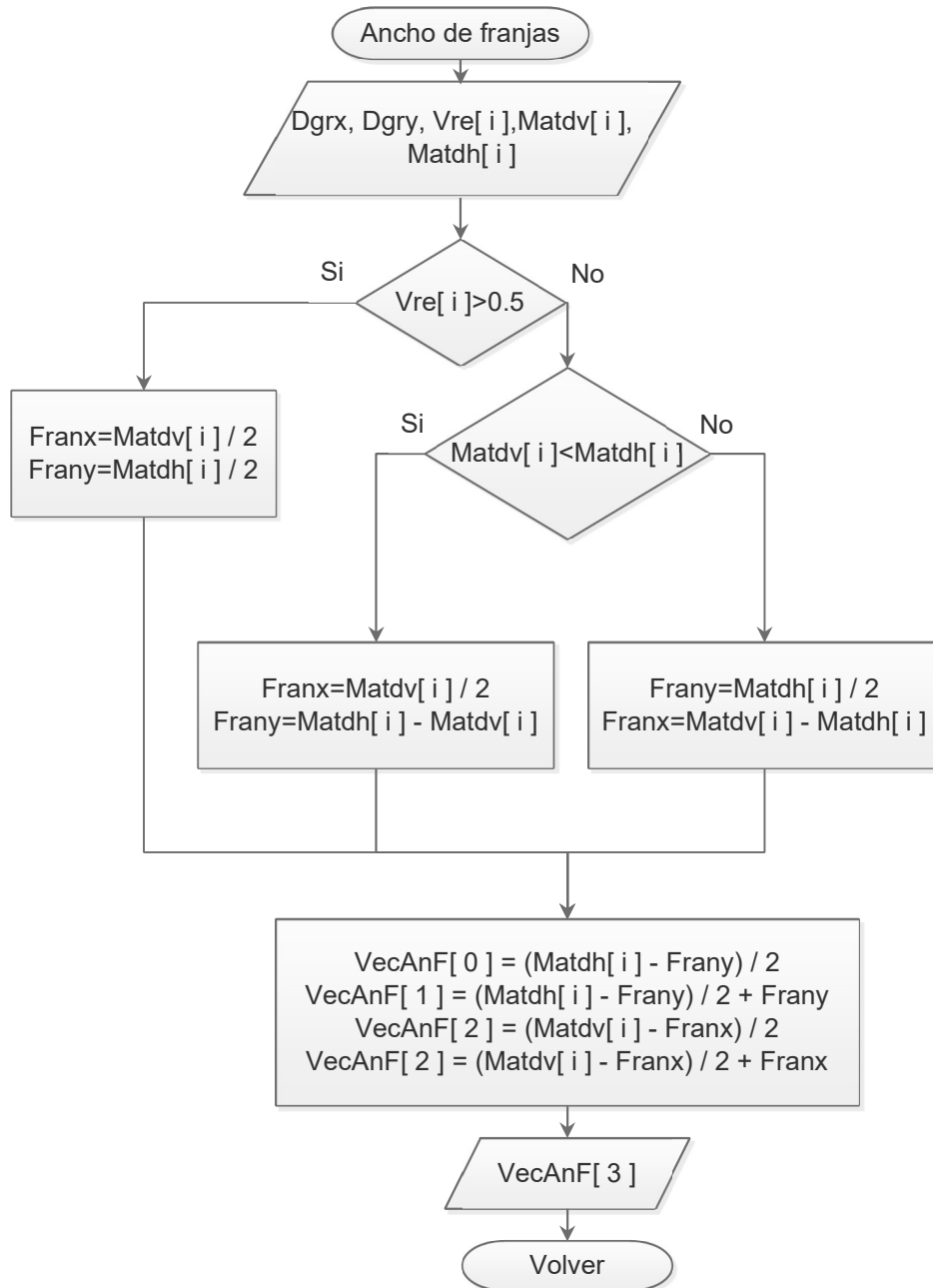


Diagrama 2.1.4.1. Diagrama de flujo del subproceso “Ancho de franjas”

Diagrama de flujo que muestra el subproceso llamado “Suma de cargas” del diagrama 2.1.0.

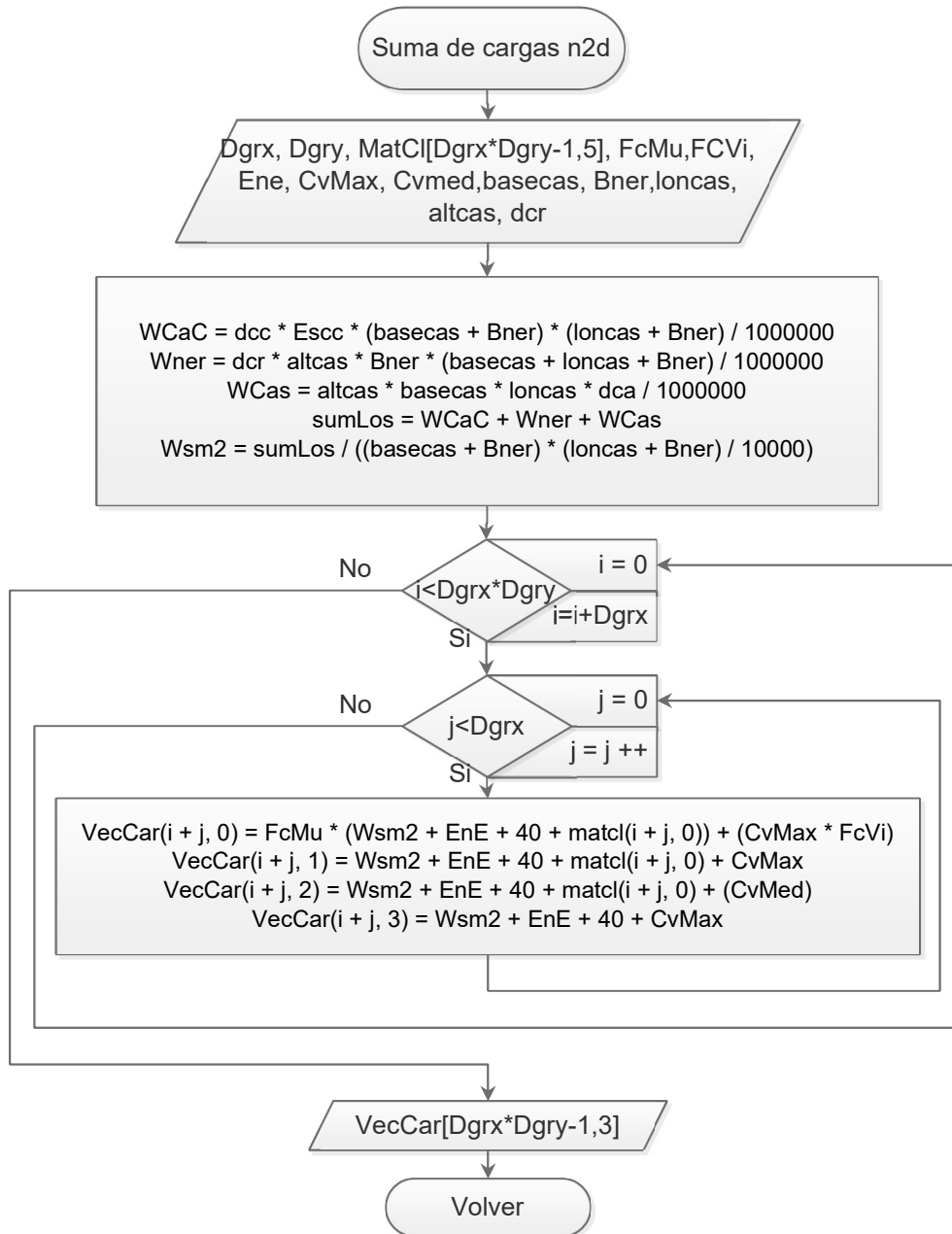


Diagrama 2.1.5.0. Diagrama de flujo del subproceso “Suma de cargas”.

Diagrama de flujo que corrige los peraltes contenidos en un vector, devolviendo así un vector nuevo de peraltes

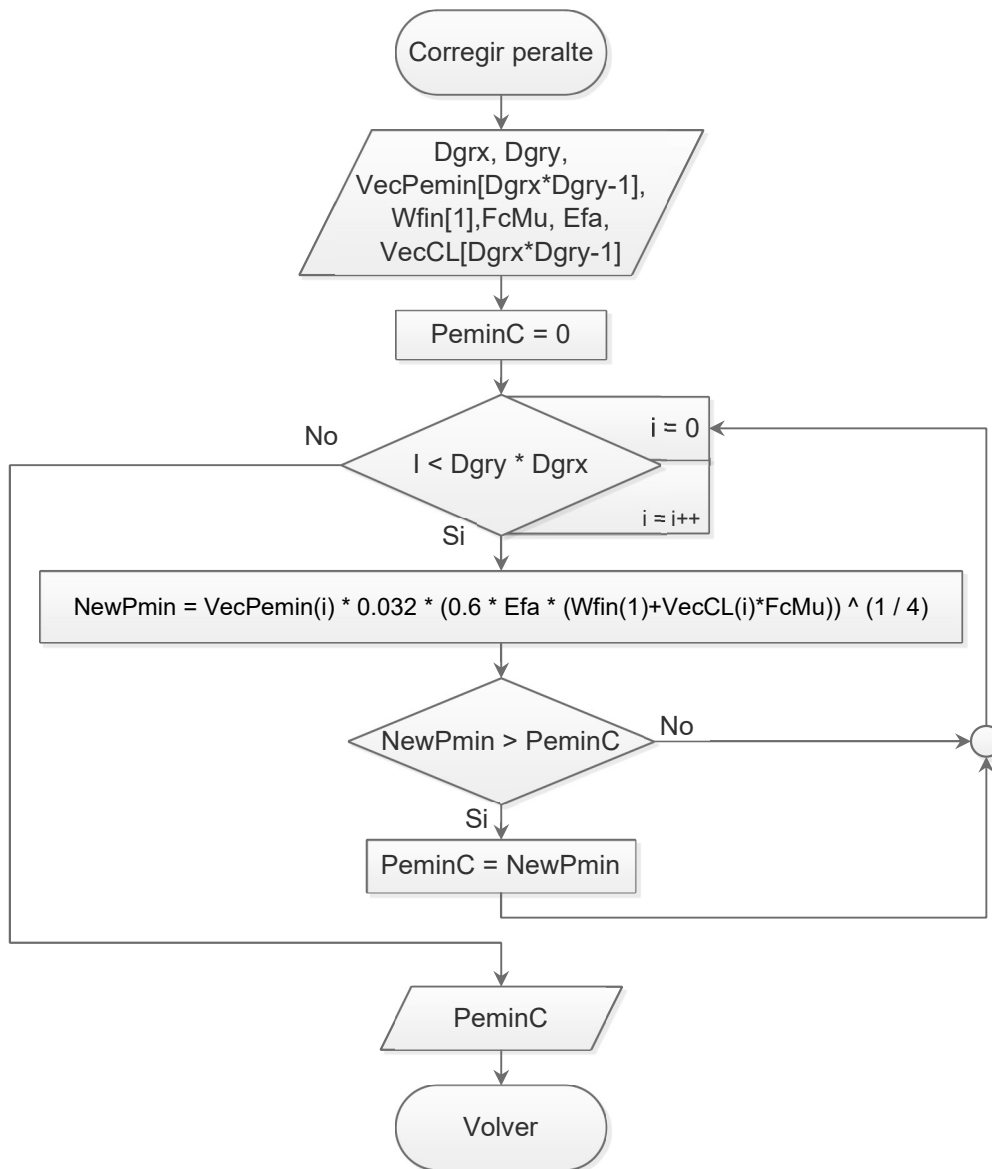


Diagrama 2.1.6.0. Diagrama de flujo del subproceso "Corregir peralte".

Diagrama de flujo que ejecuta el análisis de losas nervadas en dos direcciones

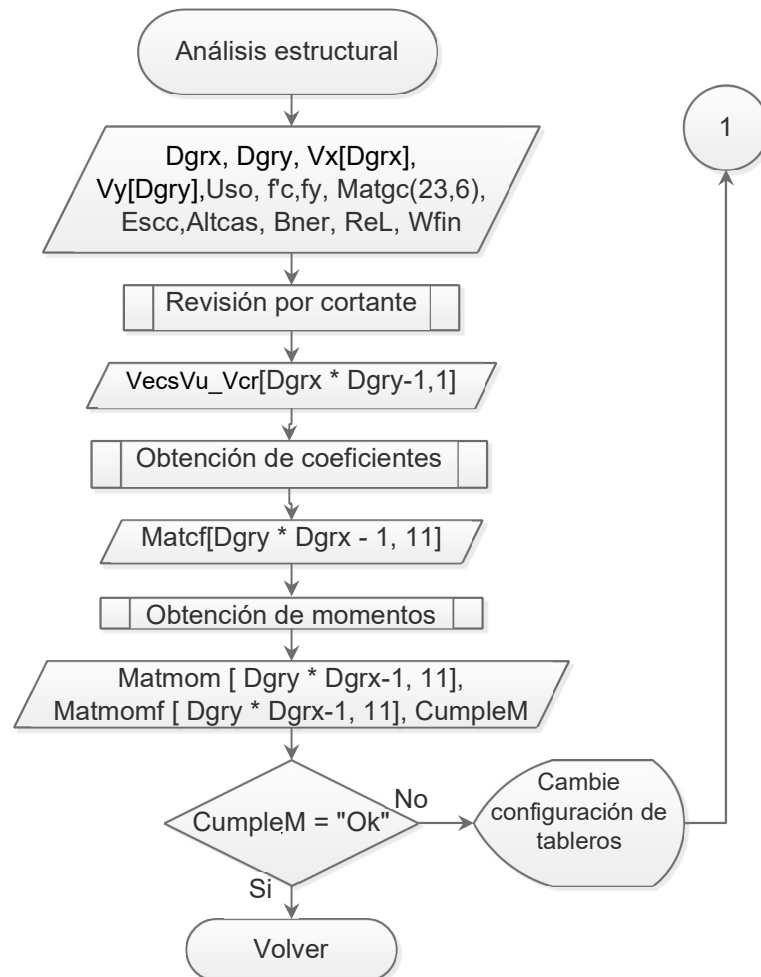


Diagrama 2.2.0. Diagrama de flujo que ejecuta el análisis de losas en dos direcciones.

Diagrama que ejecuta la revisión por cortante en losas nervadas en dos direcciones

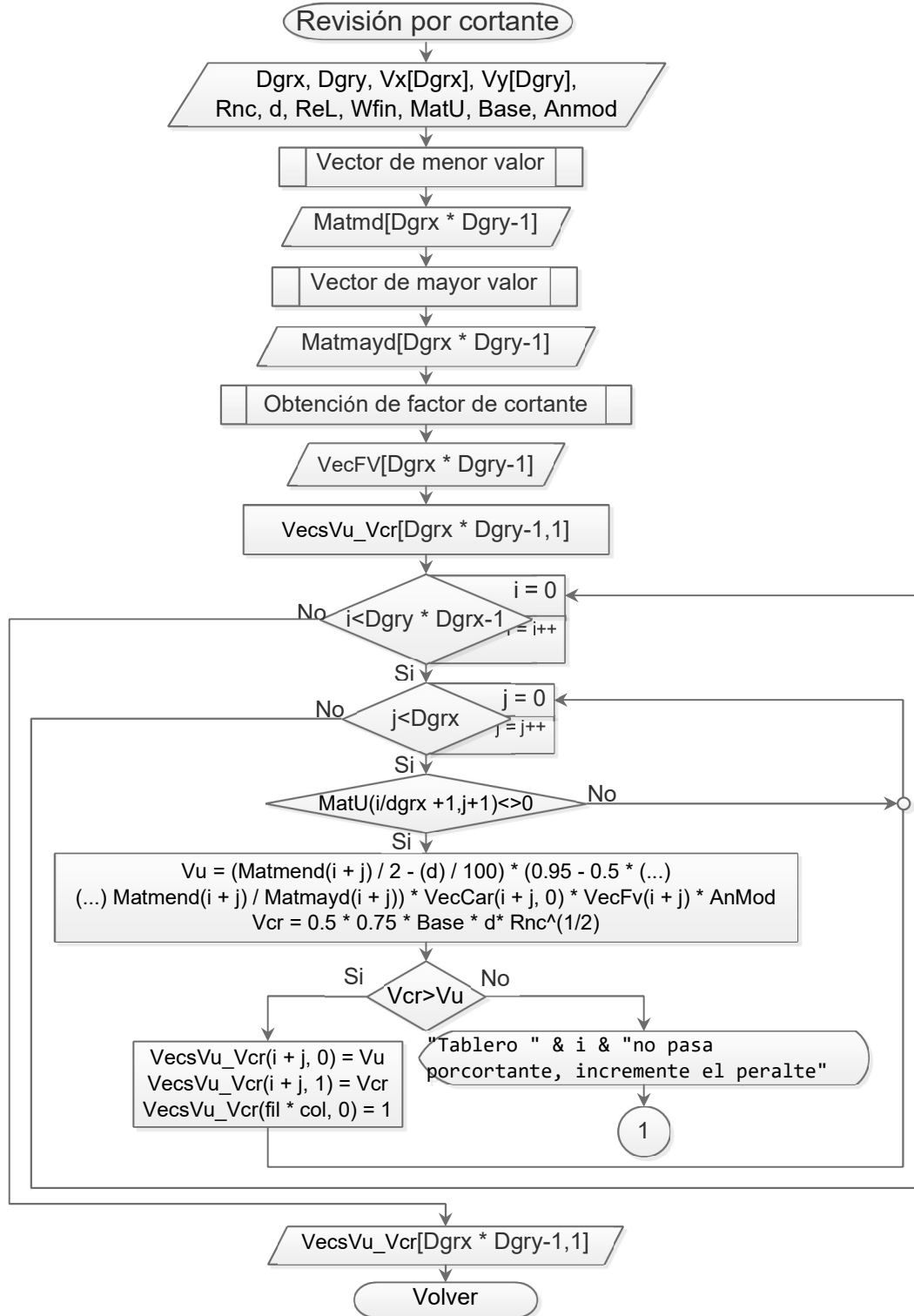


Diagrama 2.2.1.0. Diagrama de flujo del subproceso "Revisión por cortante".

Diagrama de flujo que selecciona la menor dimensión de cada tablero.

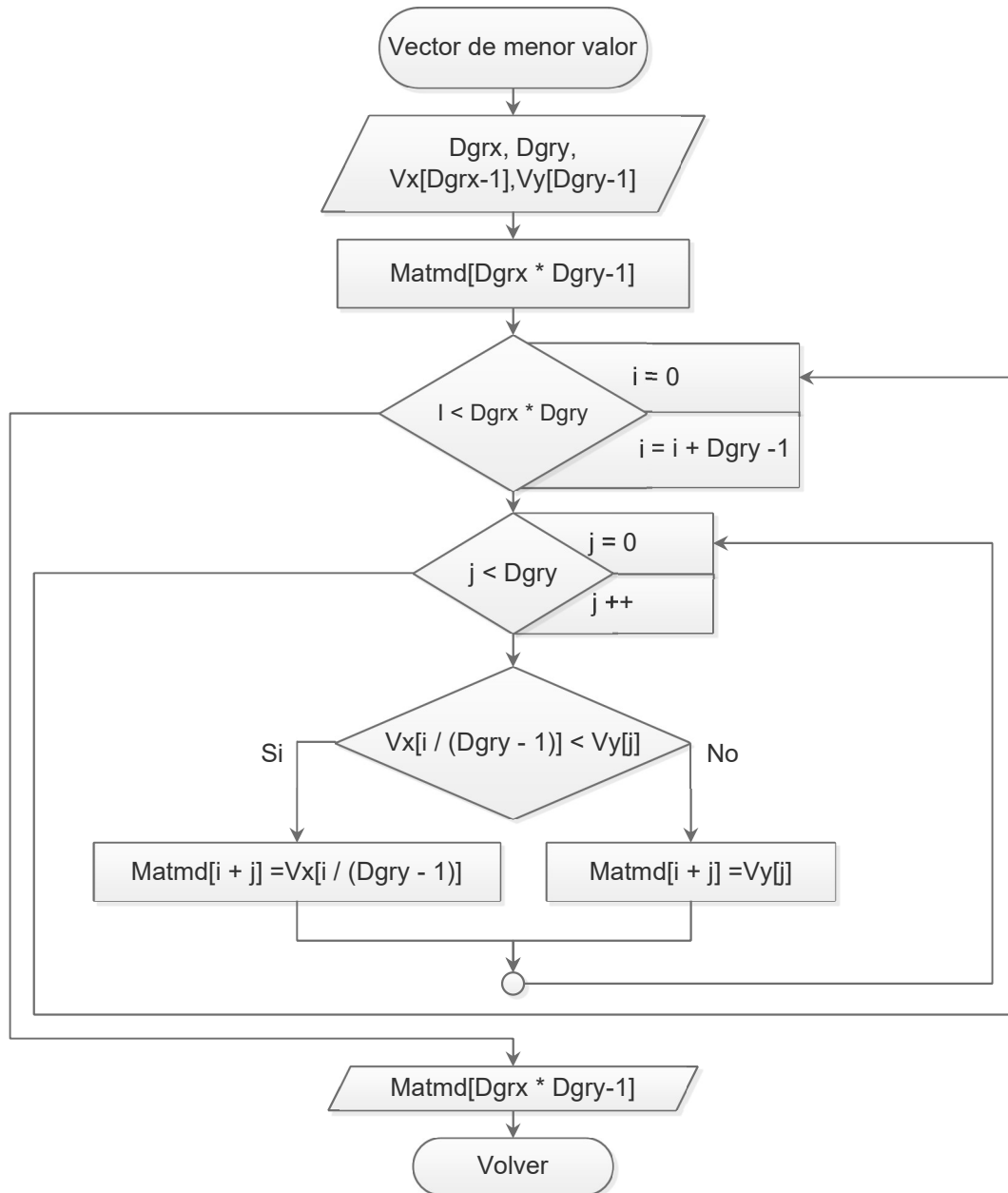


Diagrama 2.2.1.1. Diagrama de flujo del subproceso "Vector de menor valor".

Diagrama de flujo que selecciona la mayor dimensión da cada tablero

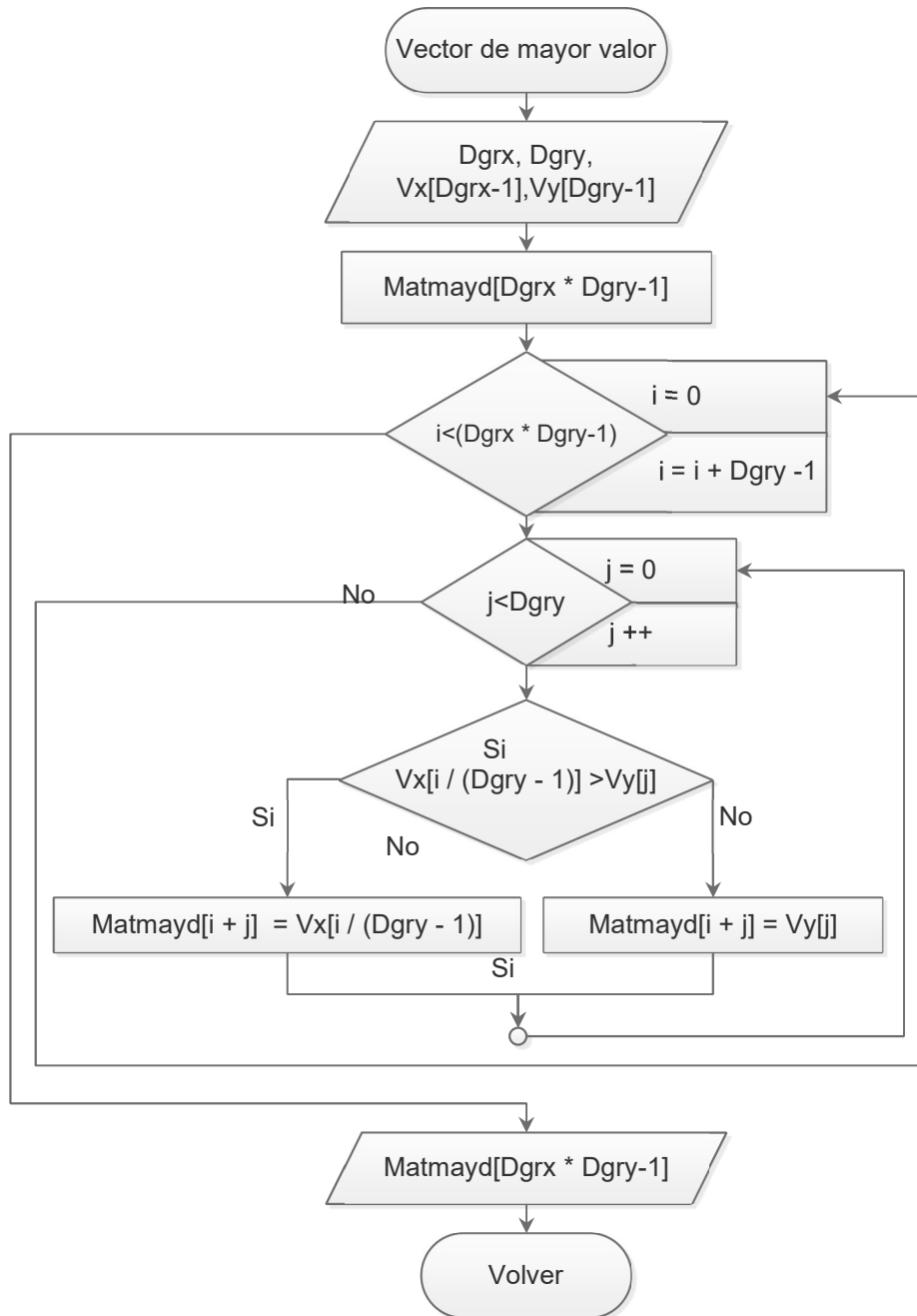


Diagrama 2.2.1.2. Diagrama de flujo del subproceso “Vector de mayor valor”.

Diagrama de flujo que obtiene el factor de cortante para cada tablero

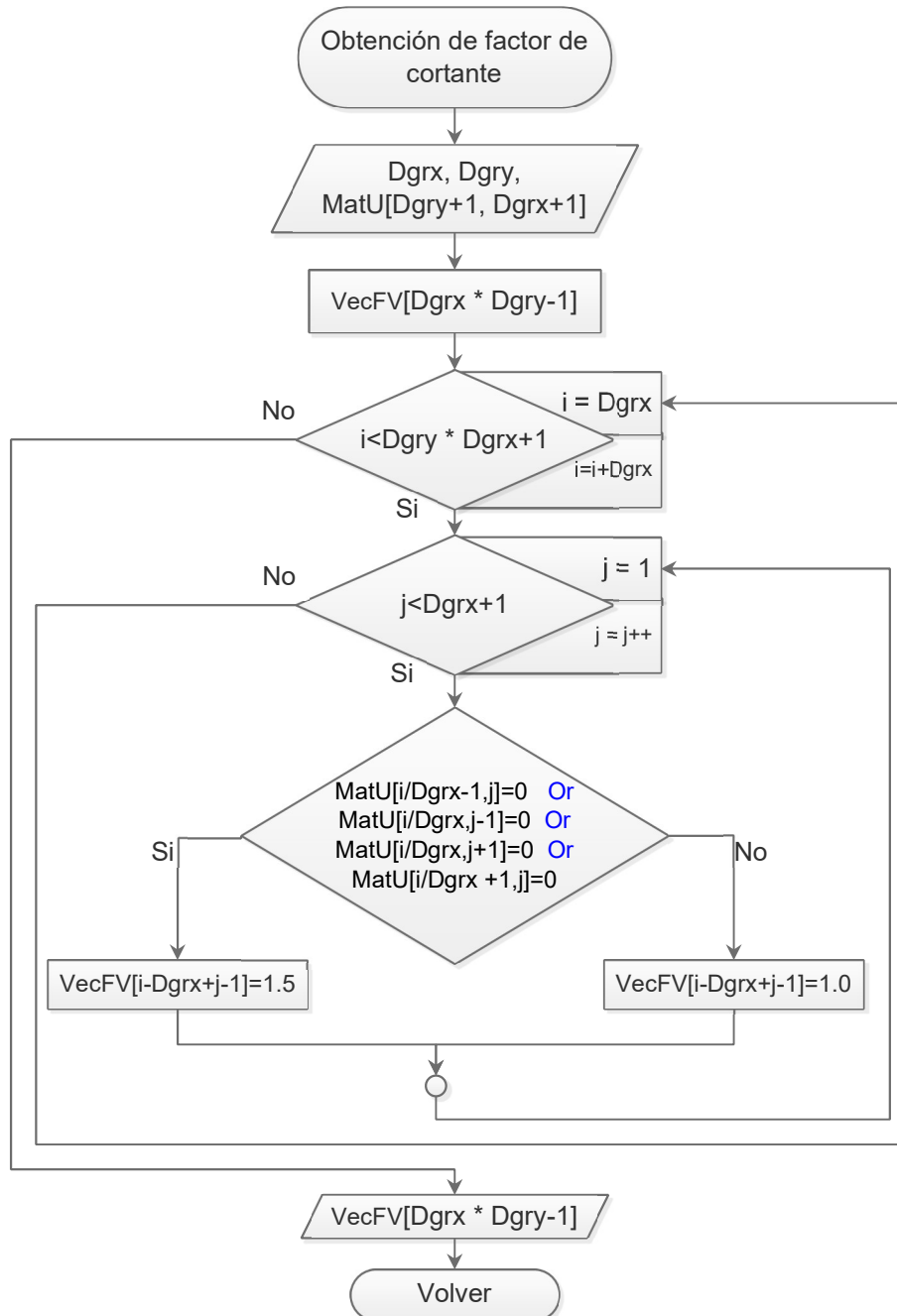


Diagrama 2.2.1.3. Diagrama de flujo del subproceso “Obtención de factor de cortante”.

Diagrama de flujo para obtener los coeficientes de cada tablero

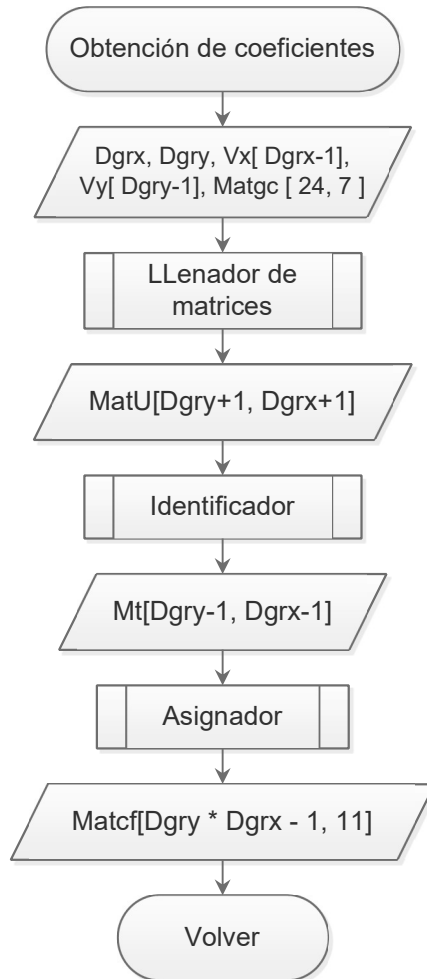


Diagrama 2.2.2.0. Diagrama de flujo del subproceso “Obtención de coeficientes”.

Diagrama de flujo que guarda los tableros designados en una matriz para diseñarlos.

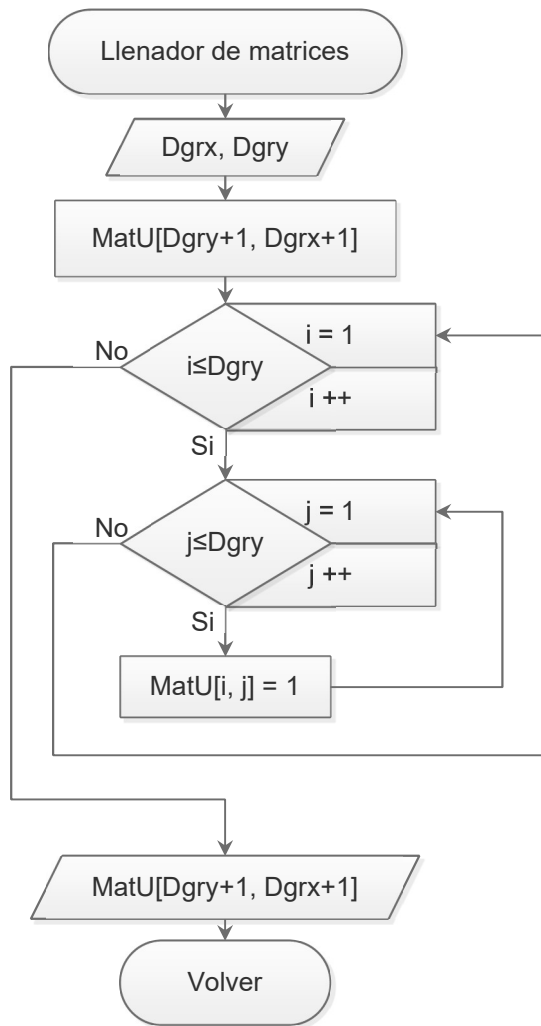


Diagrama 2.2.2.1. Diagrama de flujo que guarda los tableros designados en una matriz para diseñarlos, un espacio en la matriz igual a uno indica que el tablero en dicha posición es diseñado y el valor cero, en cualquier posición, lo contrario.

Diagrama de flujo para identificar los tipos de tableros que contiene una losa.

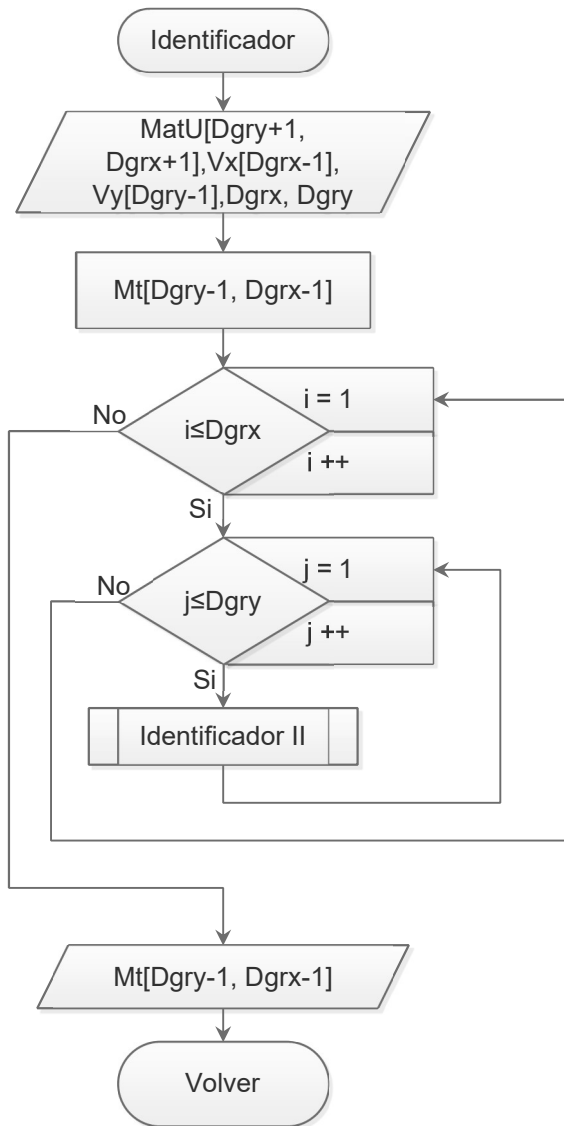


Diagrama 2.2.2.2. Diagrama de flujo que muestra el esquema general de la clasificación de tableros, el subproceso empleado aquí se muestra en la figura 2.2.2.2.1 y 2.2.2.2.2.

Diagrama de flujo correspondiente al proceso iniciado en la figura 2.2.2.2

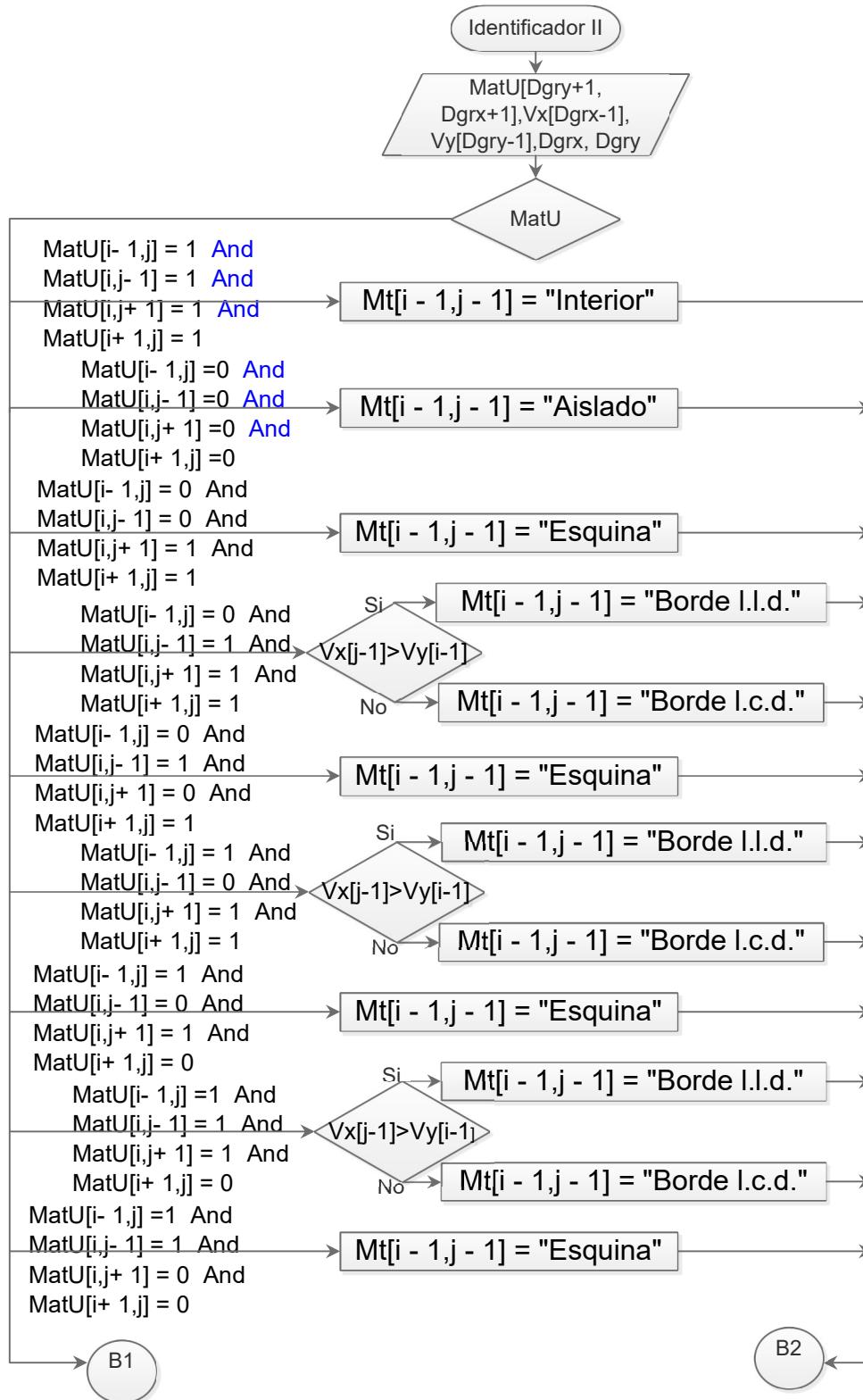


Diagrama 2.2.2.2.1. Diagrama de flujo para clasificar tableros, segunda parte en la figura 2.2.2.2.2.

Diagrama de flujo para clasificar los tableros (continuación)

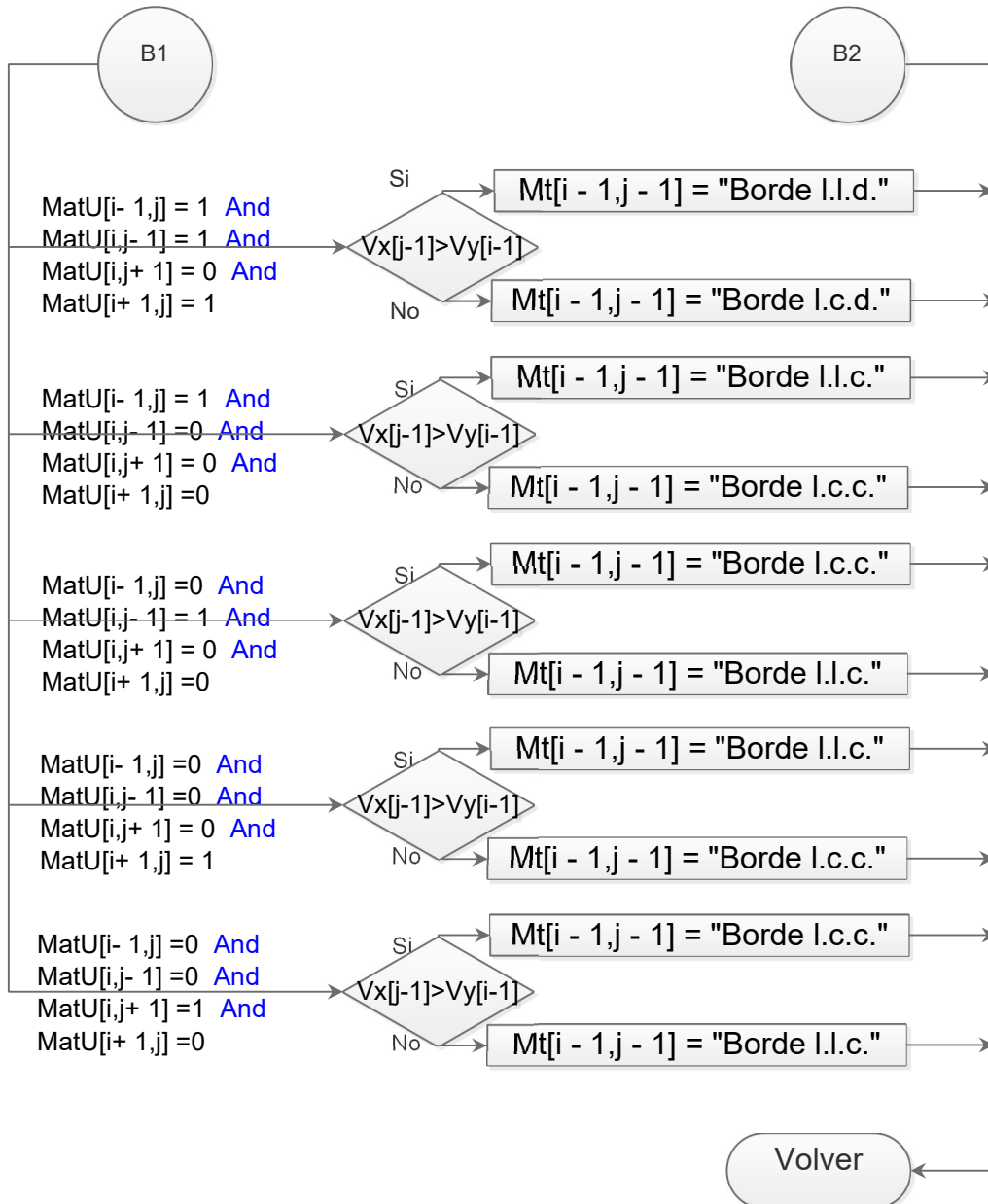


Diagrama 2.2.2.2.2. Diagrama de flujo para clasificar tableros (continuación).

Diagrama de flujo que muestra cómo se obtienen los coeficientes de cada tablero

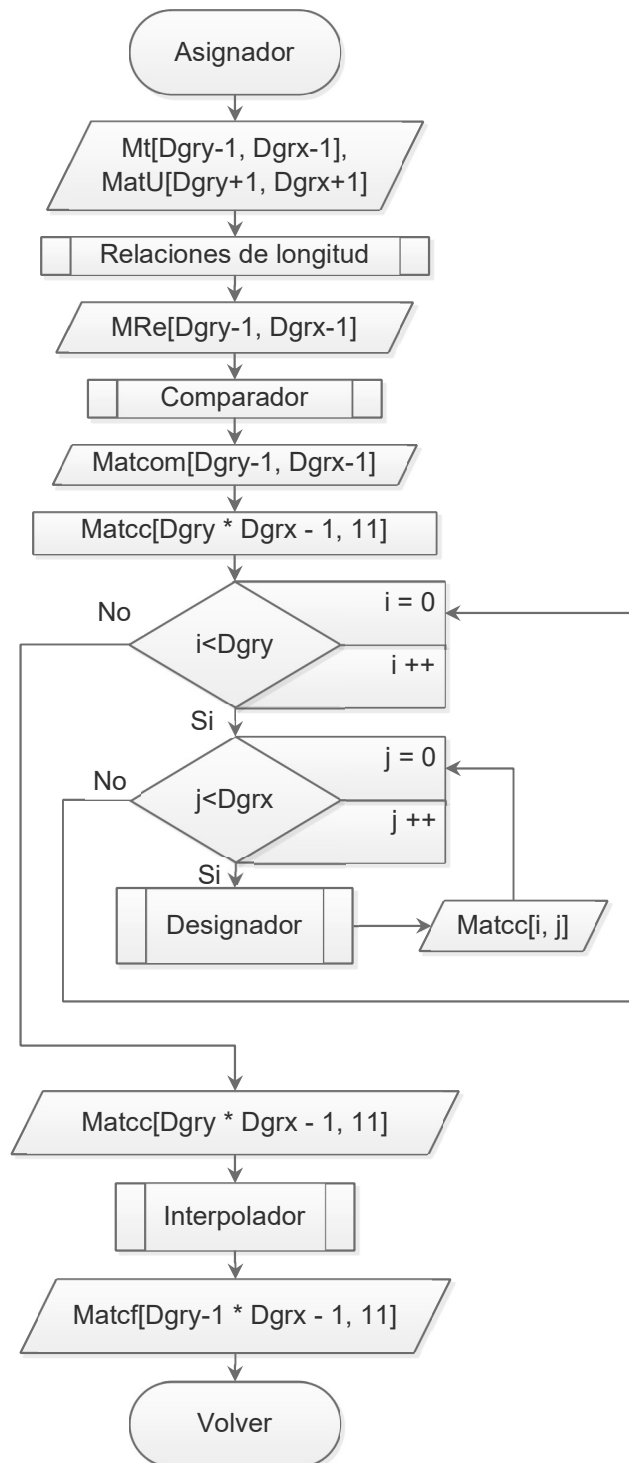


Diagrama 2.2.2.3. Diagrama de flujo del subproceso "Asignador".

Diagrama de flujo para calcular las relaciones de lados en cada tablero

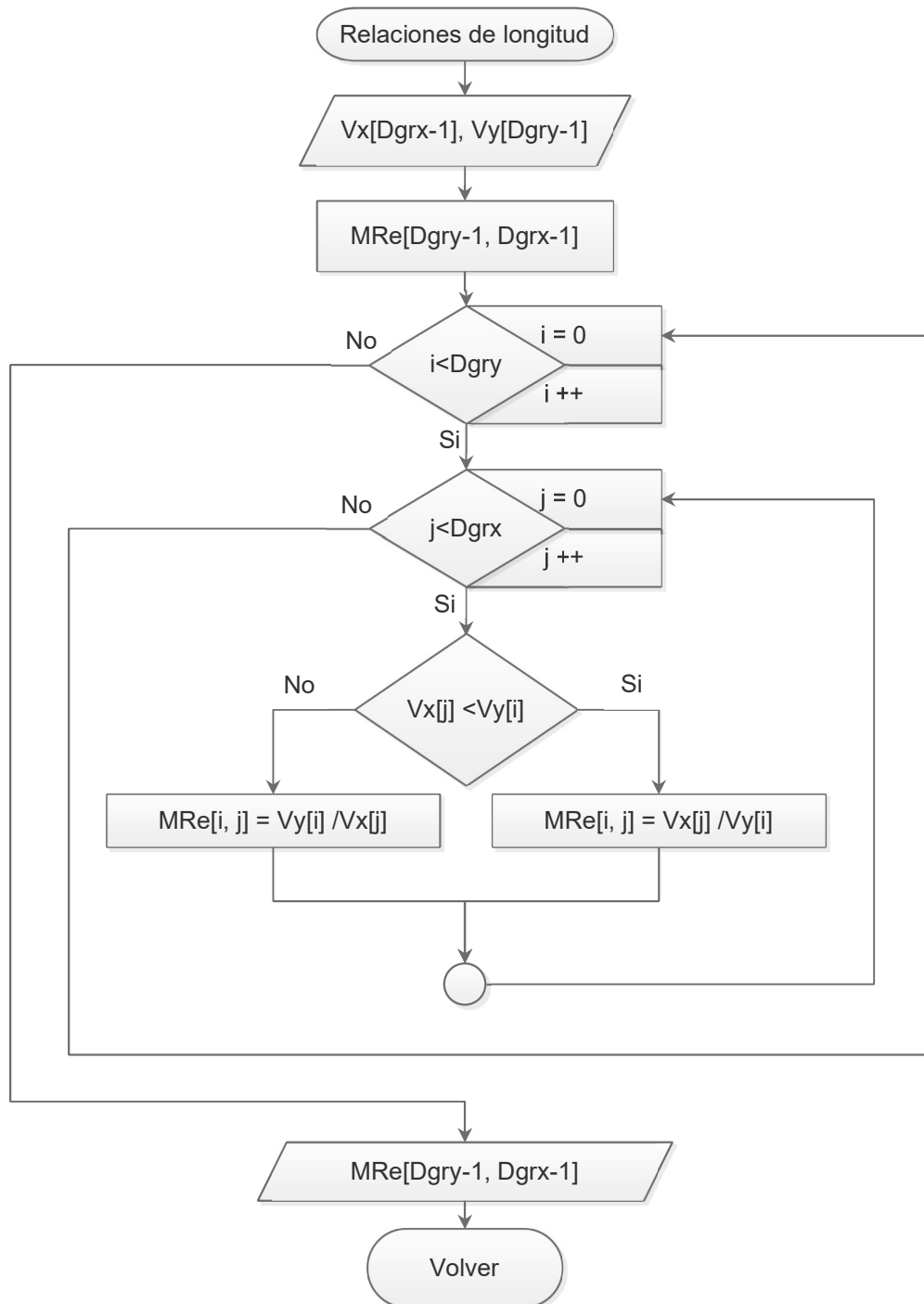


Diagrama 2.2.2.3.1. Diagrama de flujo del subproceso "Relaciones de longitud".

Diagrama de flujo que determina si el lado “superior” es el largo o el corto

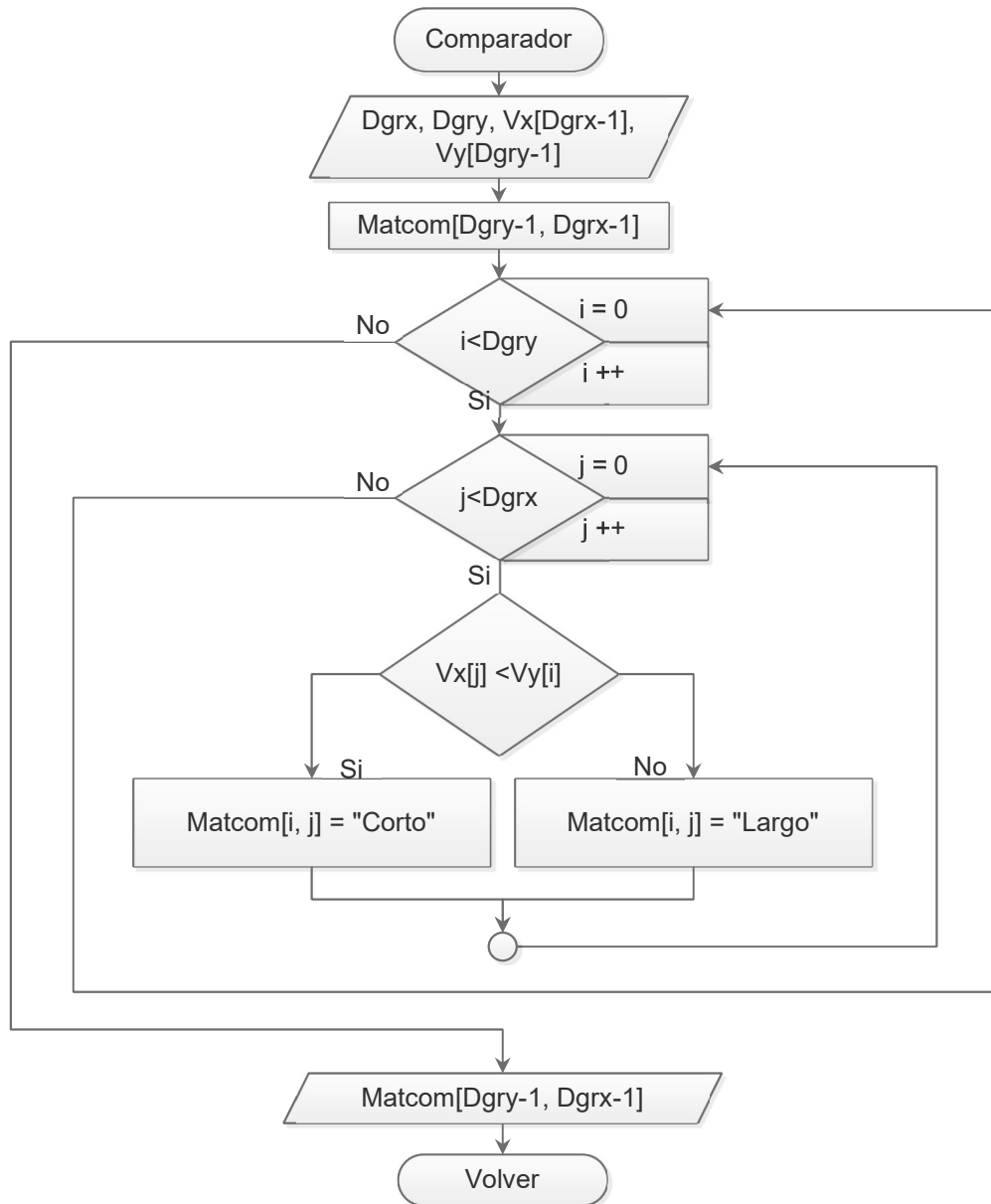


Diagrama 2.2.2.3.2. Diagrama de flujo que determina si de los cuatro lados de un tablero el “superior” corresponde al lado más largo o corto.

Diagrama de flujo que muestra de forma general la obtención de los coeficientes

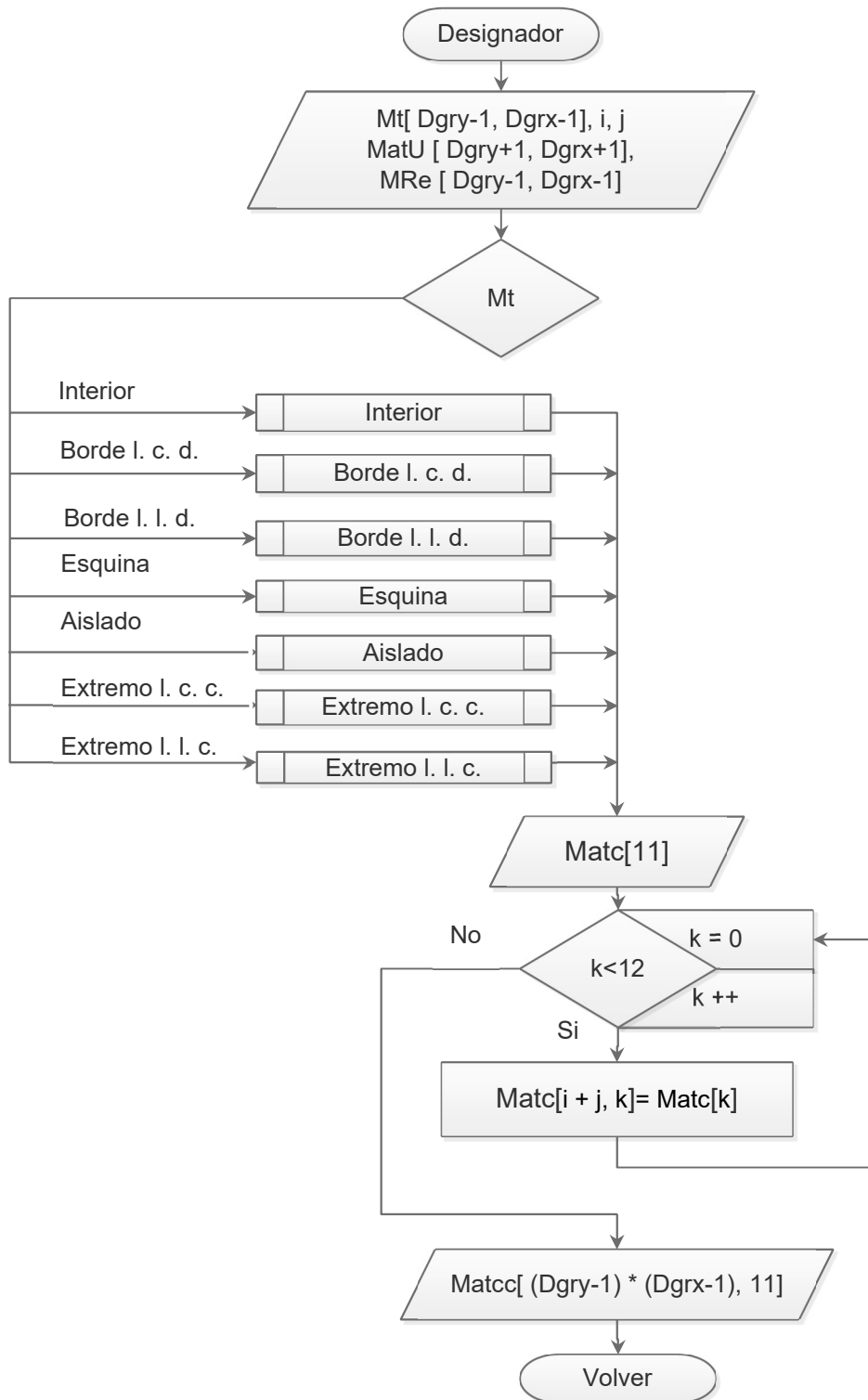


Diagrama 2.2.2.3.3. Diagrama de flujo del subproceso "Designador".

Diagrama de flujo que muestra la ruta para obtener los coeficientes de tableros clasificados como “interiores”

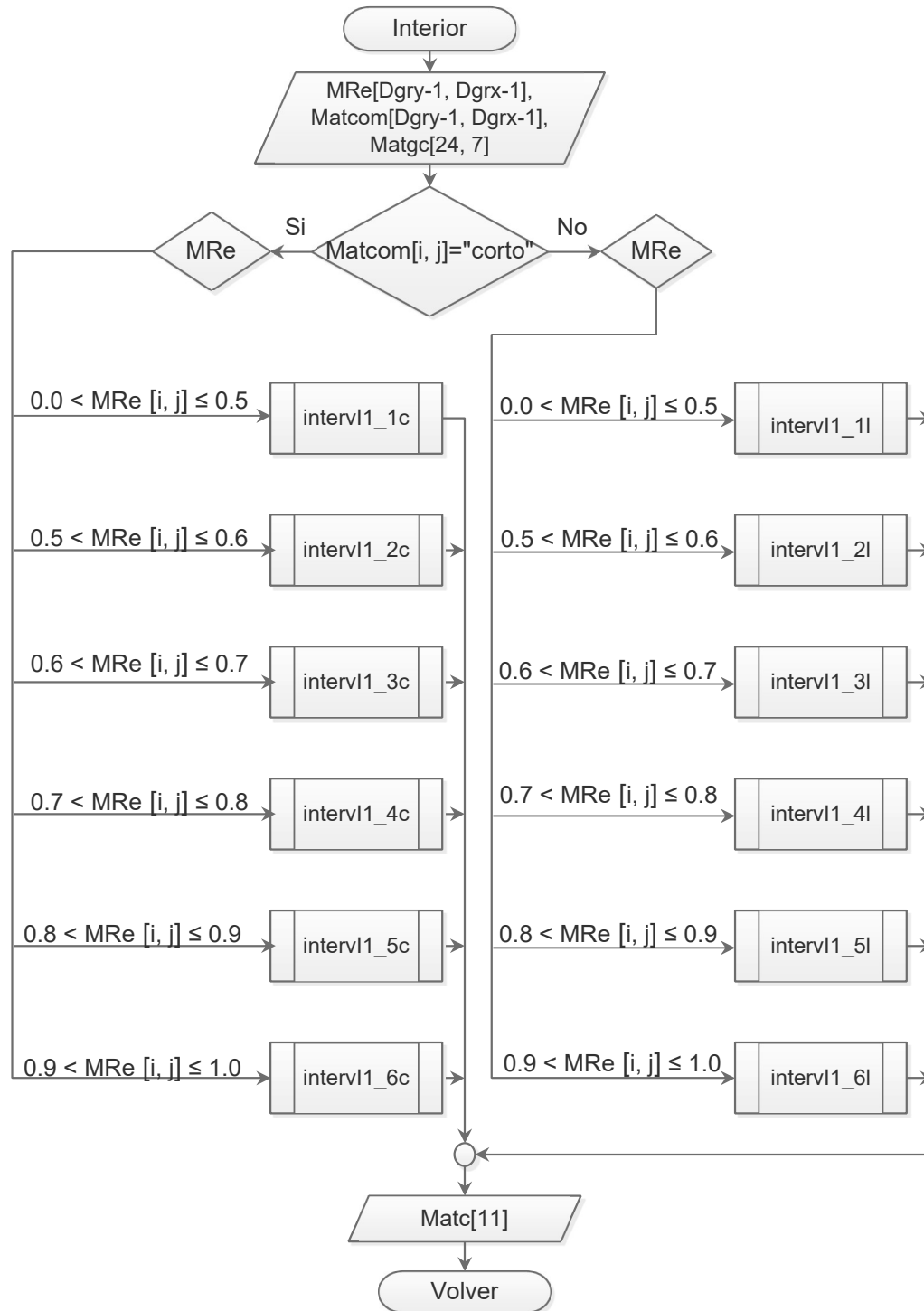


Diagrama 2.2.2.3.3.1. Diagrama de flujo del subproceso “Interior”.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.1

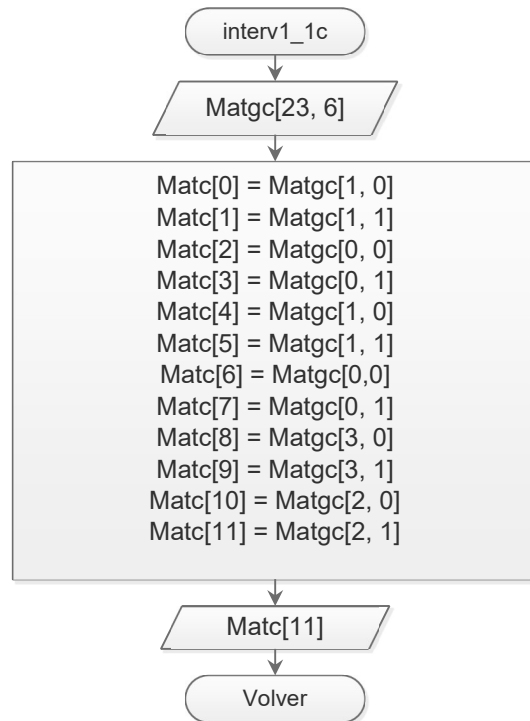


Diagrama 2.2.2.3.3.1.1 Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.1

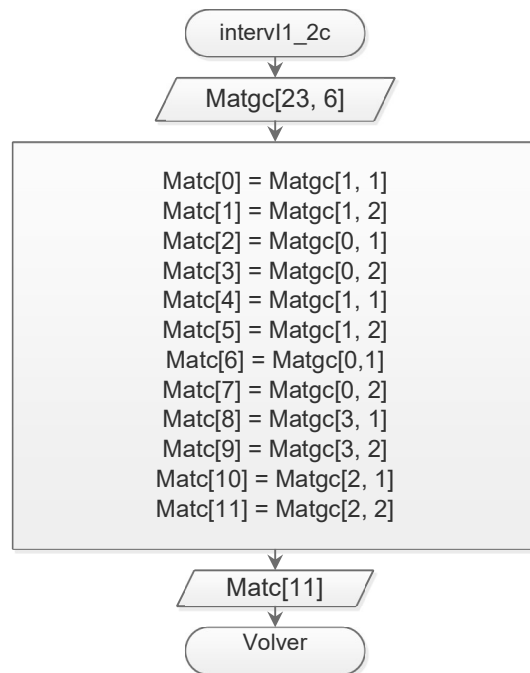


Diagrama 2.2.2.3.3.1.2 Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.1

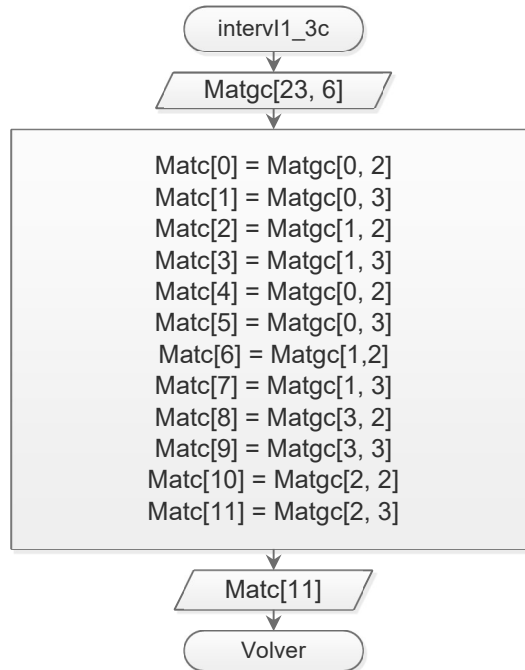


Diagrama 2.2.2.3.3.1.3 Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.1

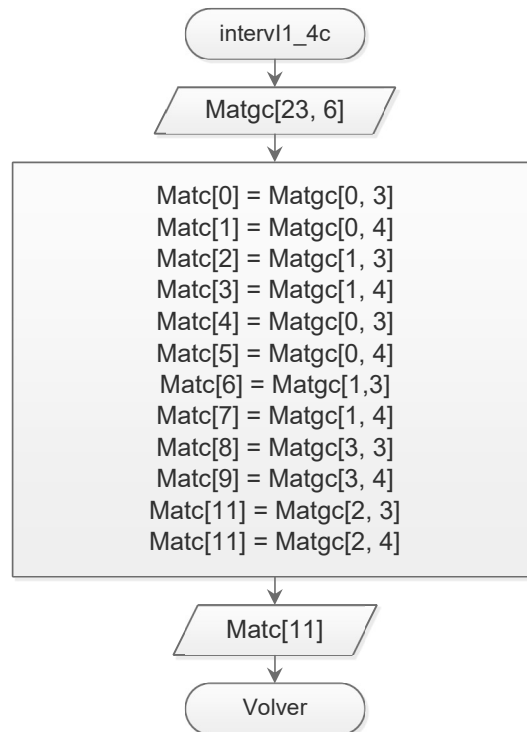


Diagrama 2.2.2.3.3.1.4 Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.1

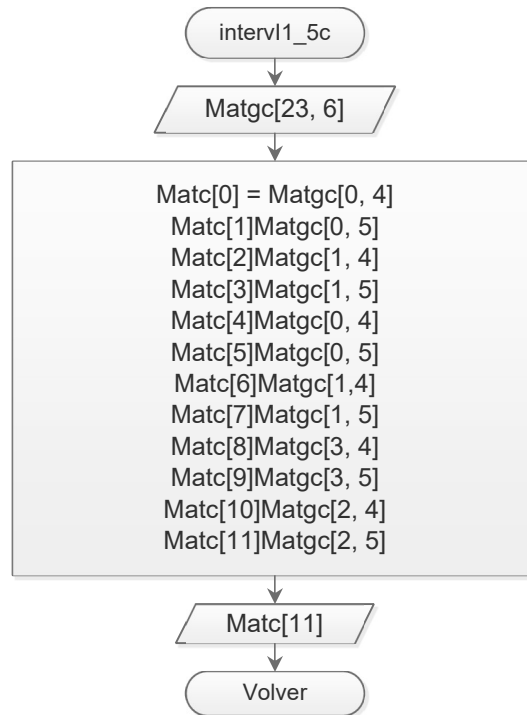


Diagrama 2.2.2.3.3.1.5 Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.1

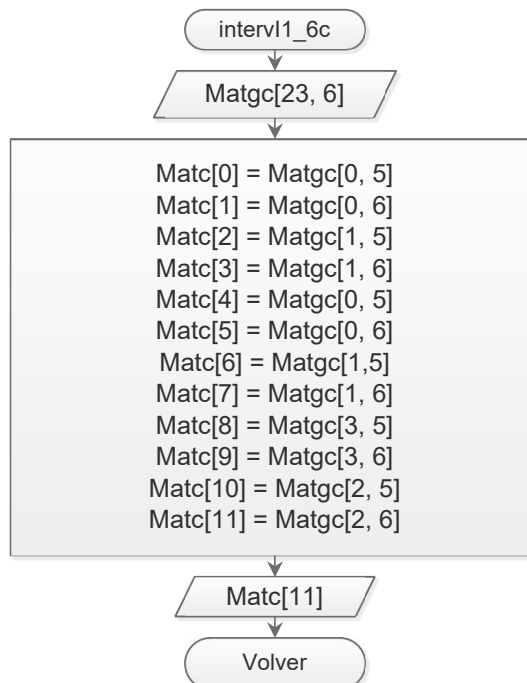


Diagrama 2.2.2.3.3.1.6. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.1

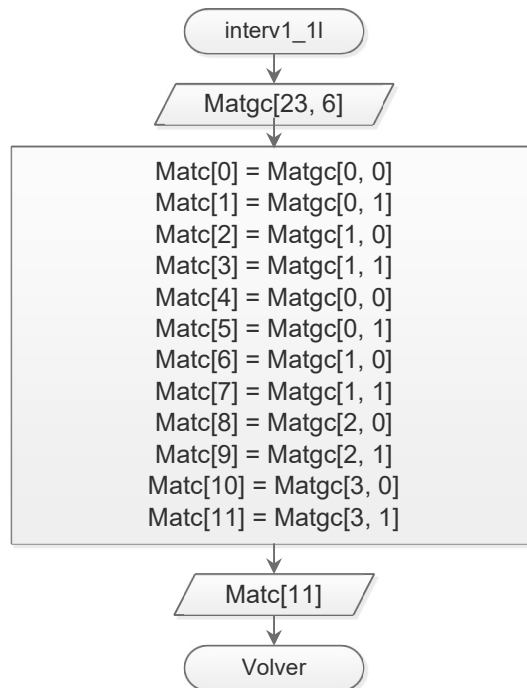


Diagrama 2.2.2.3.3.1.7. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.1

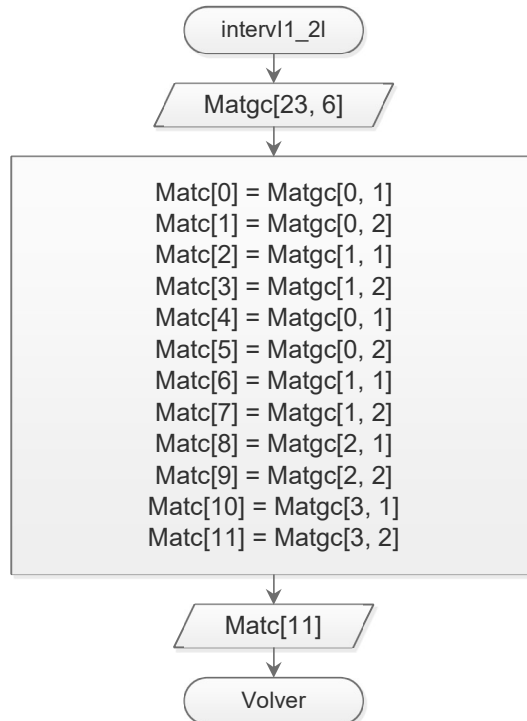


Diagrama 2.2.2.3.3.1.8 Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.1

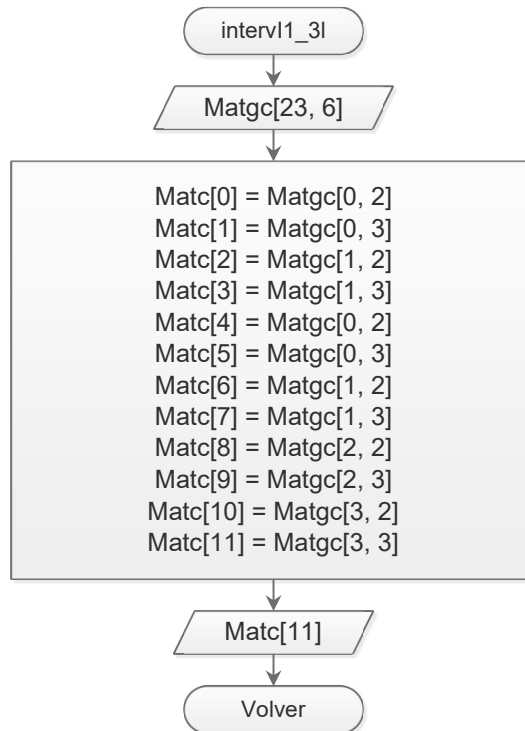


Diagrama 2.2.2.3.3.1.9. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.1

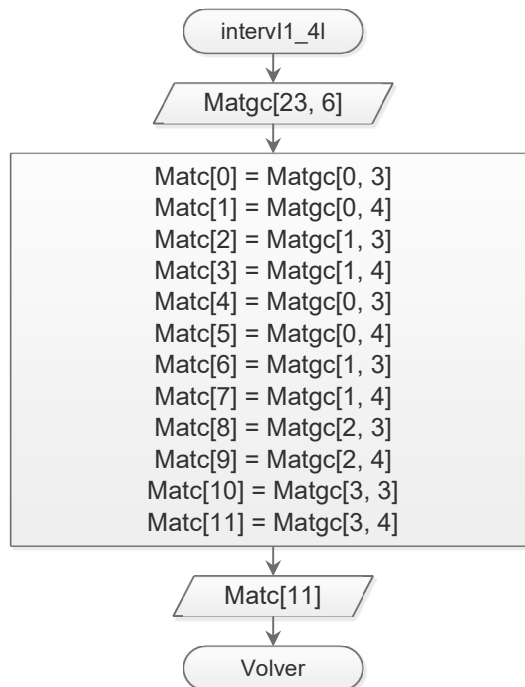


Diagrama 2.2.2.3.3.1.10 Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.1

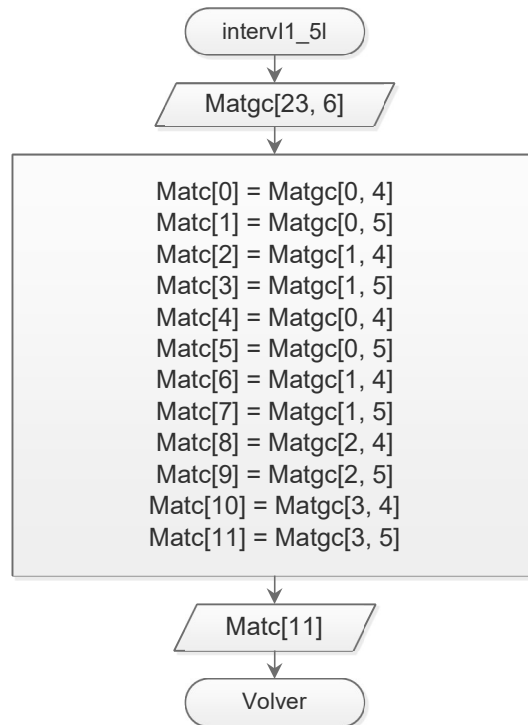


Diagrama 2.2.2.3.3.1.11 Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.1

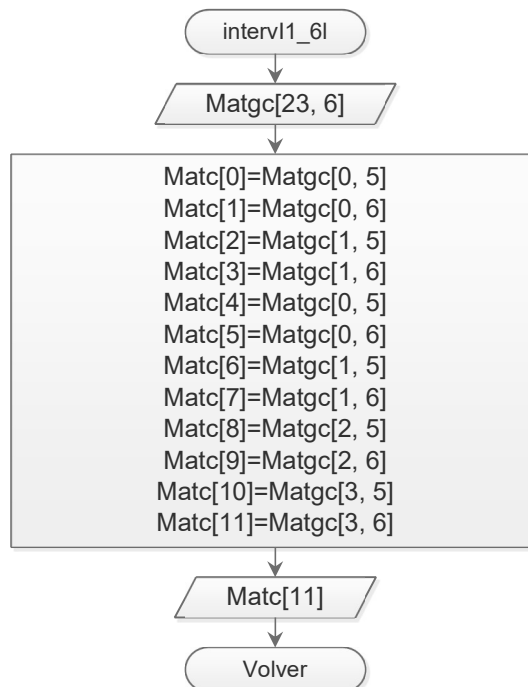


Diagrama 2.2.2.3.3.1.12 Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo que muestra la ruta para obtener los coeficientes de tableros clasificados como “de borde un lado corto discontinuo”

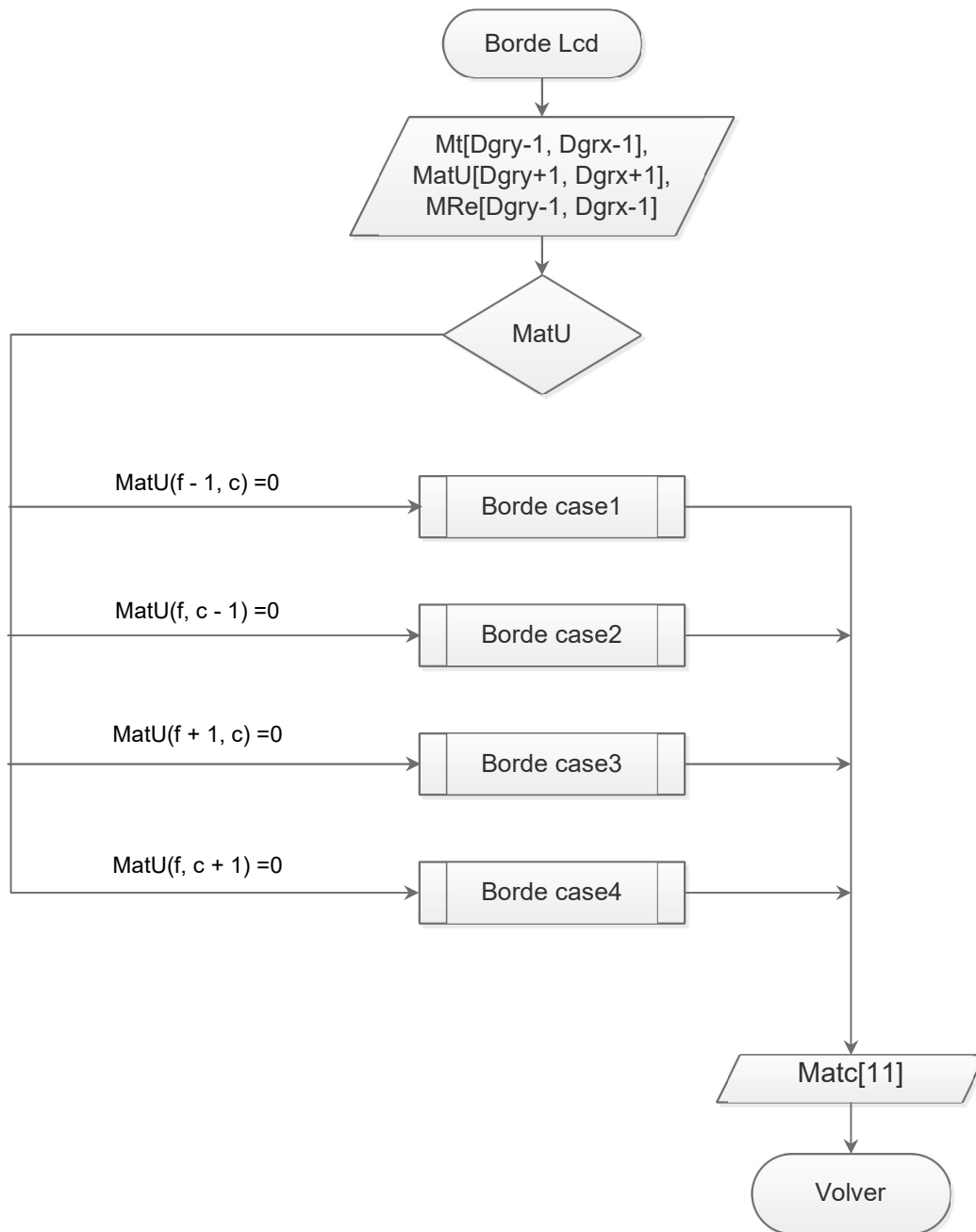


Diagrama 2.2.2.3.3.2. Diagrama de flujo que muestra de forma general la obtención de los coeficientes.

Diagrama de flujo que muestra el caso número uno del proceso empleado en la figura 2.2.2.3.3.2

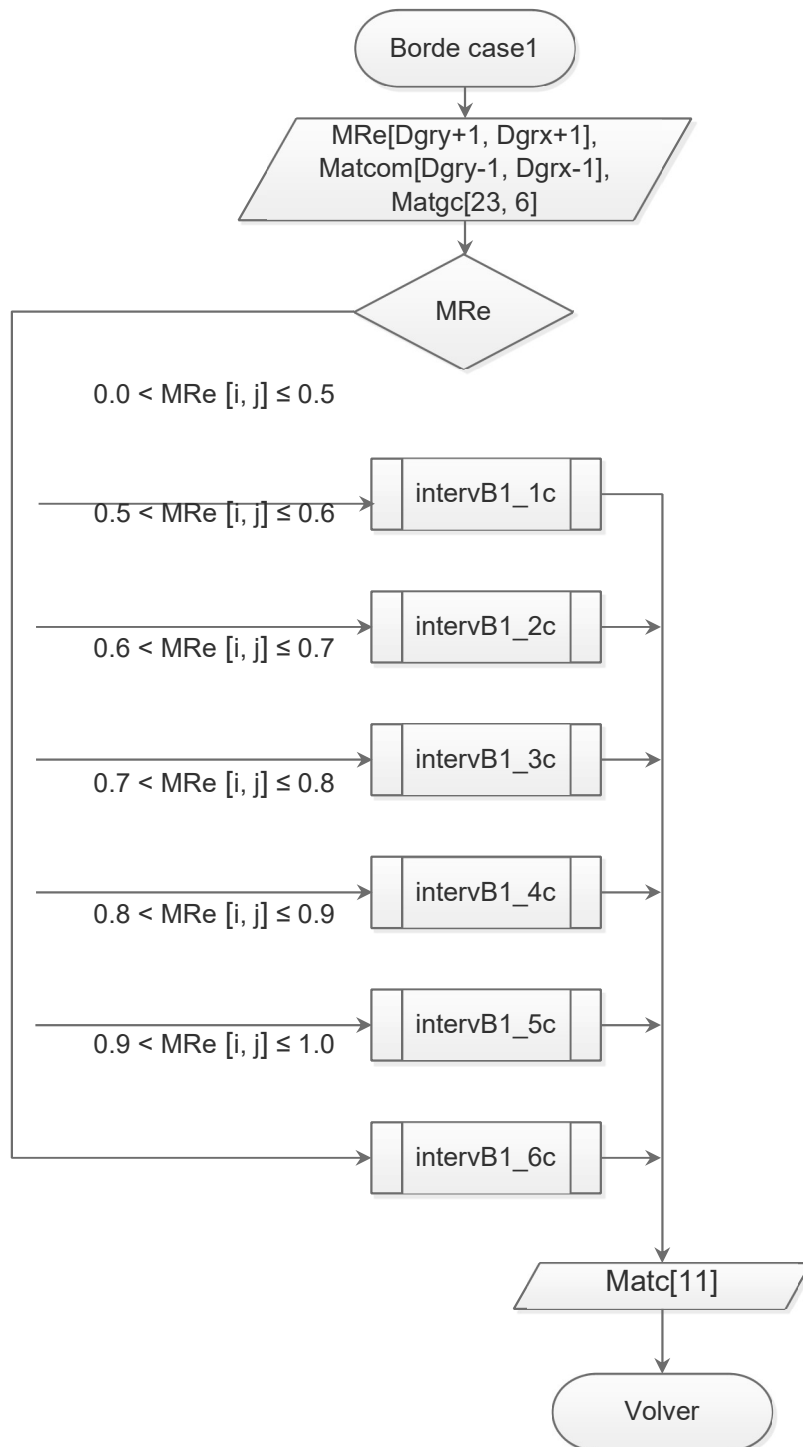


Diagrama 2.2.2.3.3.2.1. Diagrama de flujo complementario al del diagrama 4.1.2.37.

Diagrama de flujo que muestra el caso número uno del proceso empleado en la figura 2.2.2.3.3.2

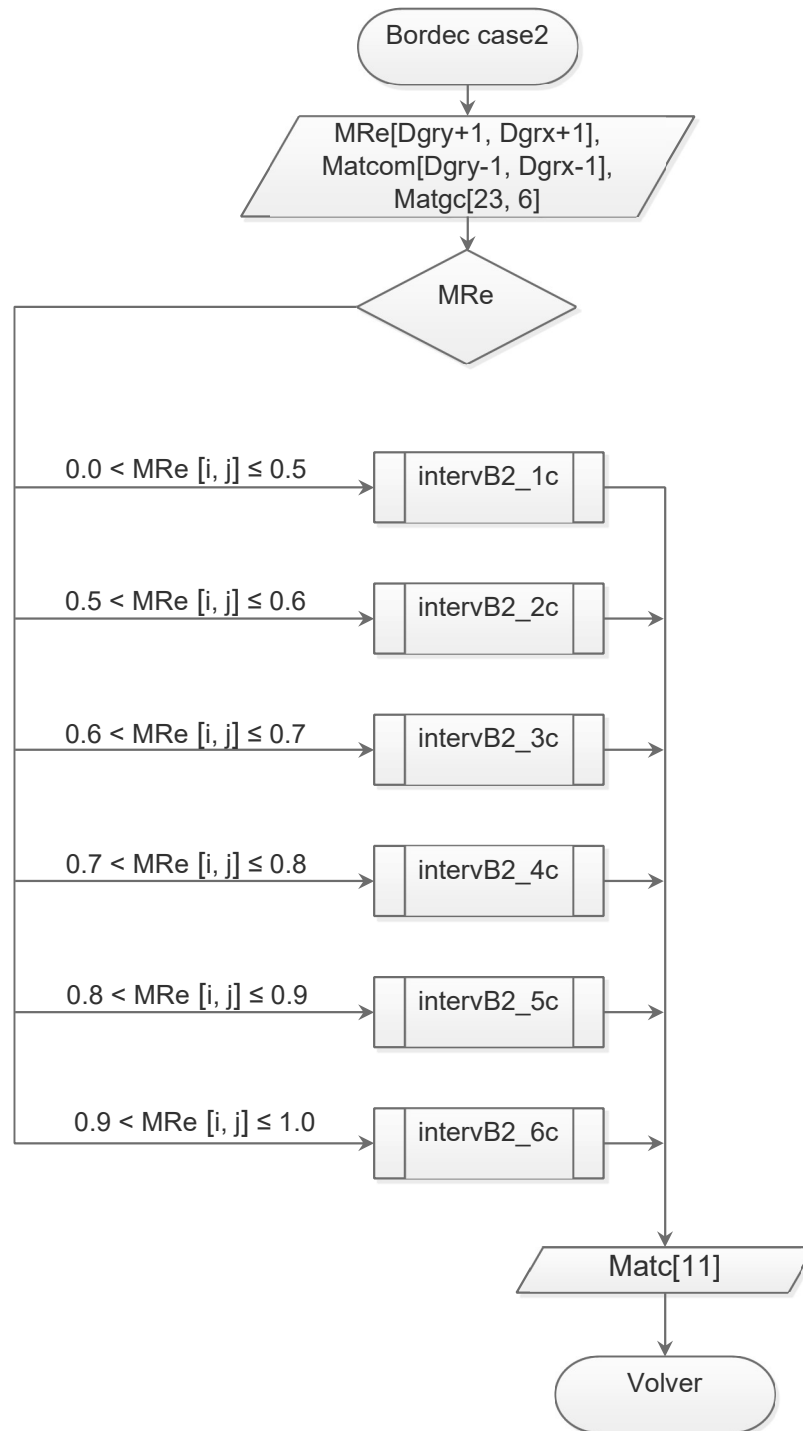


Diagrama 2.2.2.3.3.2.2 Diagrama de flujo complementario al del diagrama 4.1.2.2.27.

Diagrama de flujo que muestra el caso número uno del proceso empleado en la figura 2.2.2.3.3.2

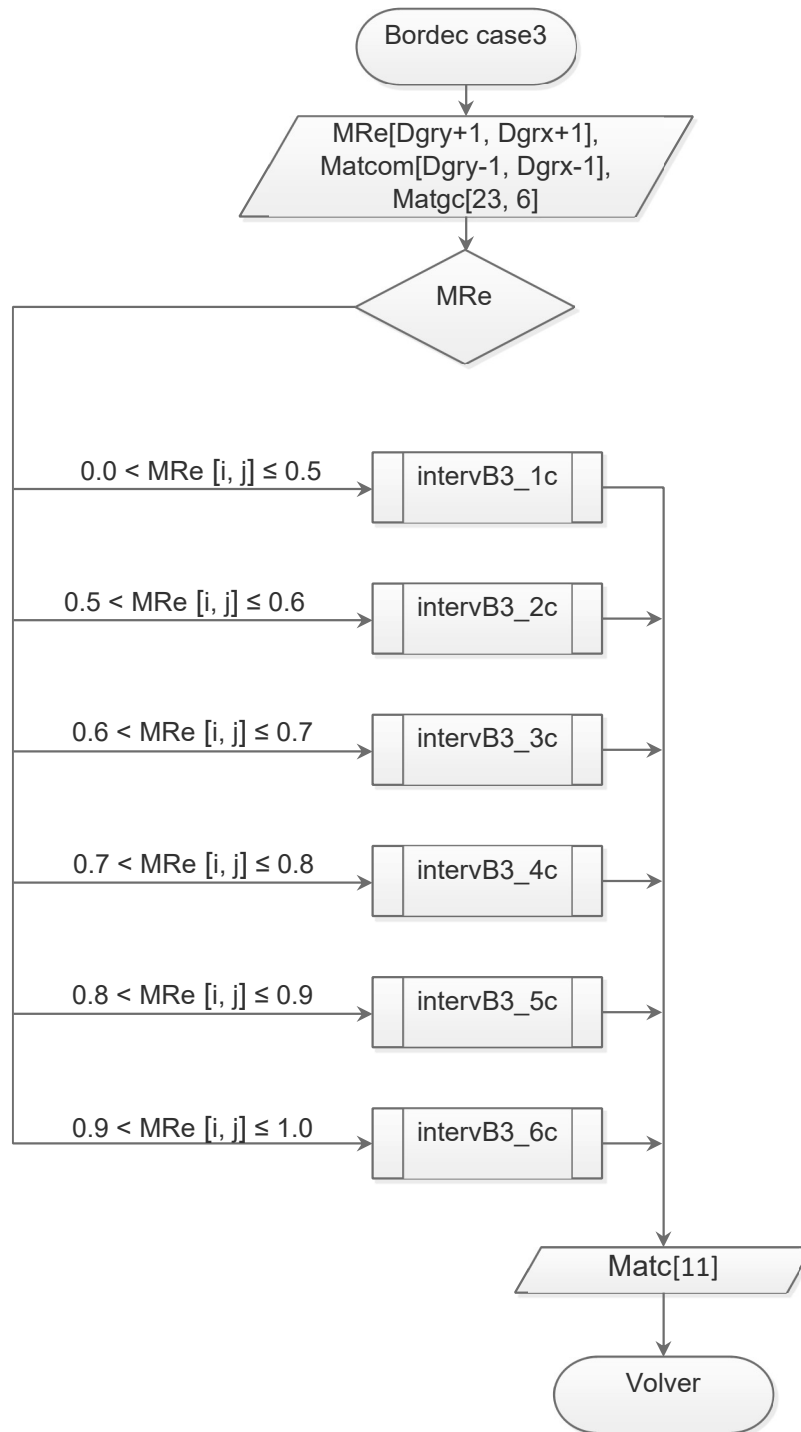


Diagrama 2.2.2.3.3.2.3 Diagrama de flujo complementario al del diagrama 4.1.2.2.27.

Diagrama de flujo que muestra el caso número uno del proceso empleado en la figura 2.2.2.3.3.2

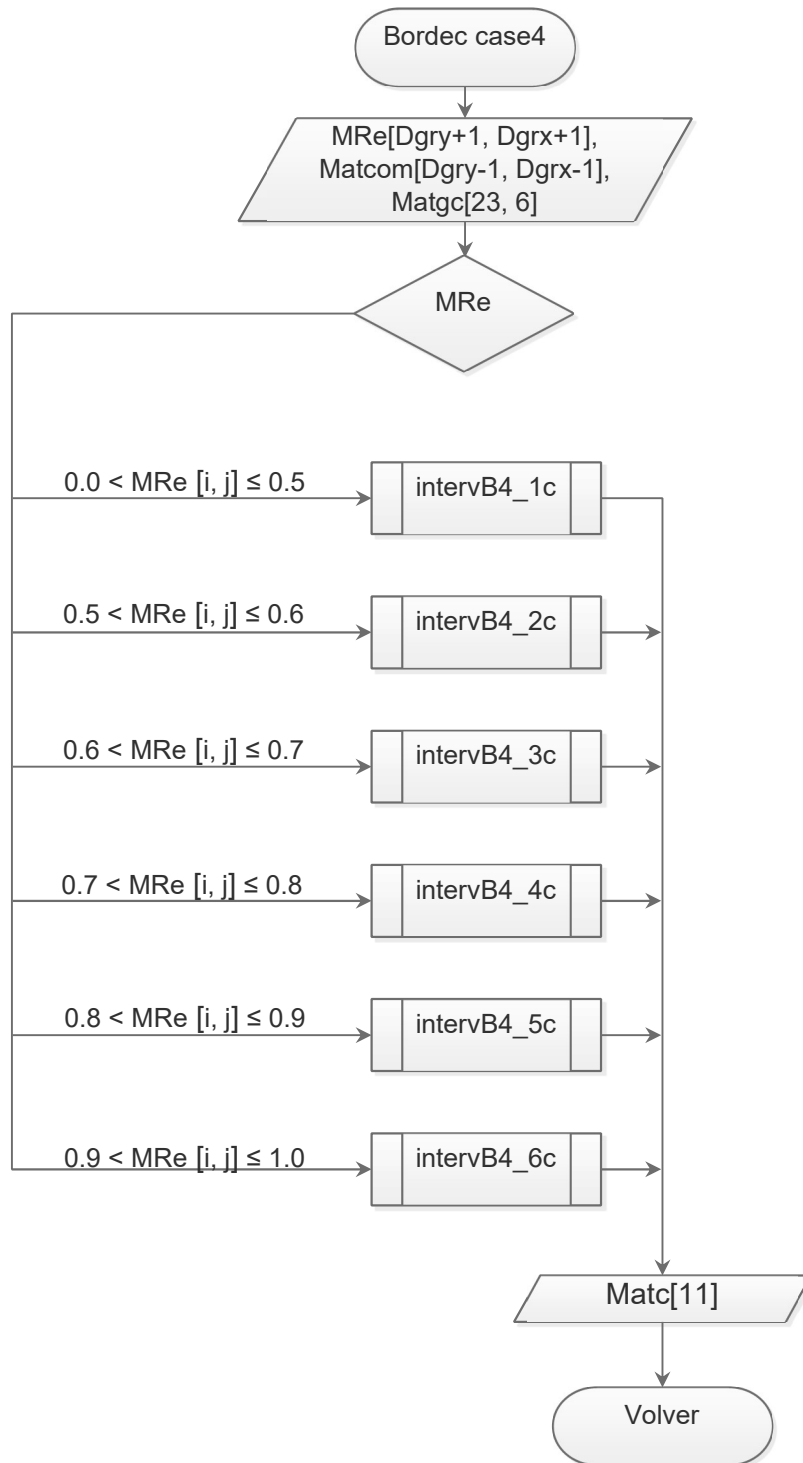


Diagrama 2.2.2.3.3.2.4 Diagrama de flujo complementario al del diagrama 4.1.2.2.27.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.2.1

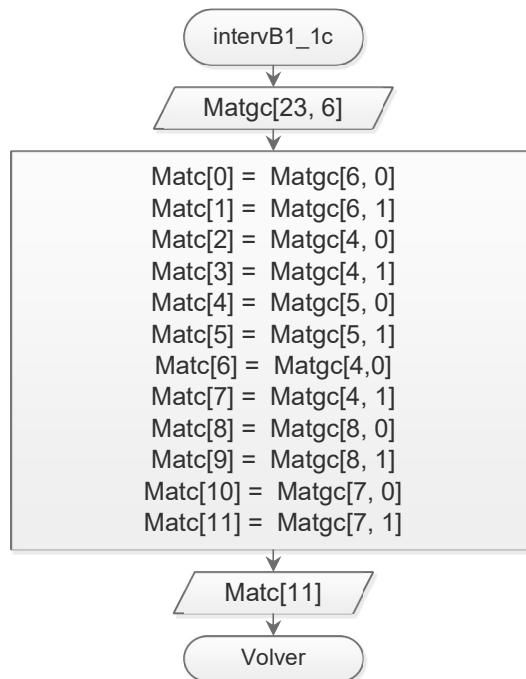


Diagrama 2.2.2.3.3.2.1.1 Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.2.1

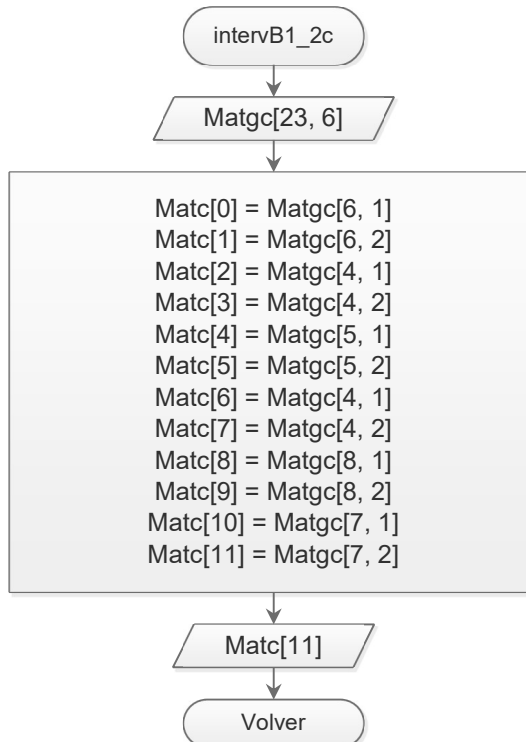


Diagrama 2.2.2.3.3.2.1.2 Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.2.1

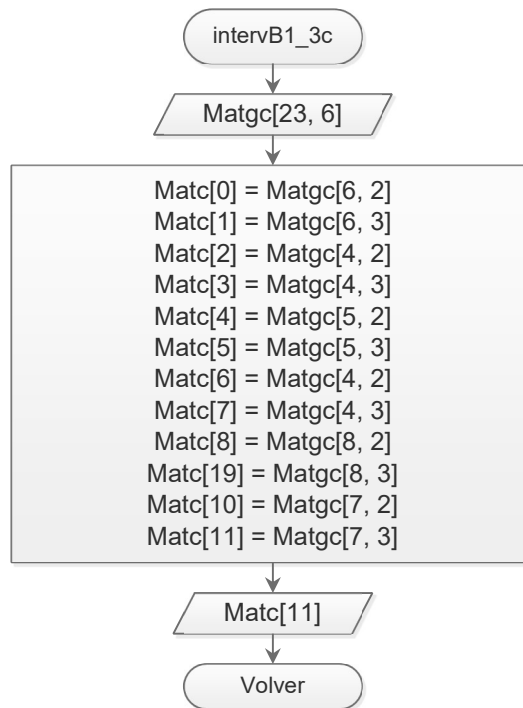


Diagrama 2.2.2.3.3.2.1.3 Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.2.1

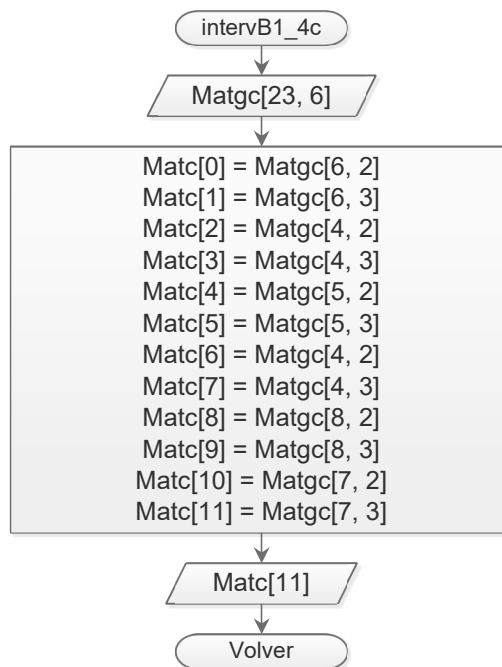


Diagrama 2.2.2.3.3.2.1.4 Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.2.1

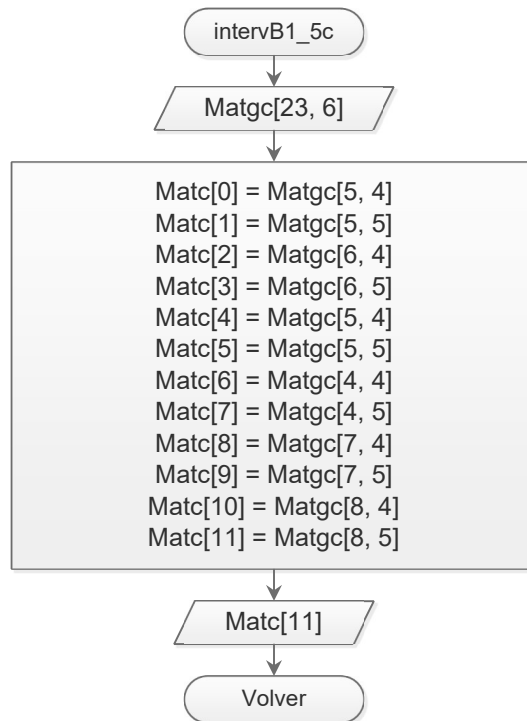


Diagrama 2.2.2.3.3.2.1.5 Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.2.1

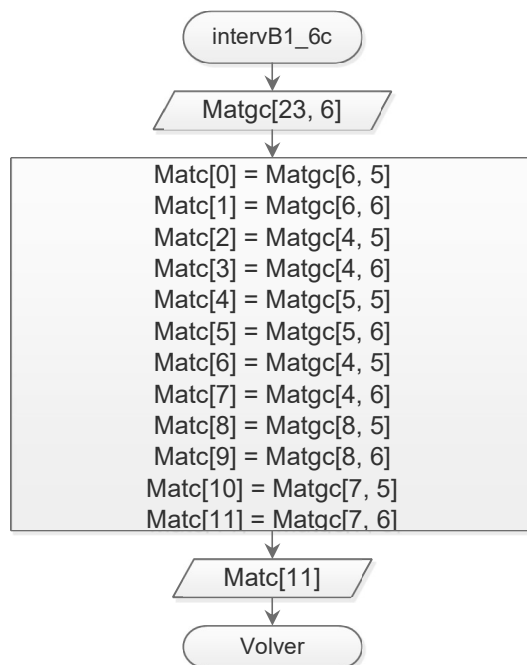


Diagrama 2.2.2.3.3.2.1.6 Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.2.1

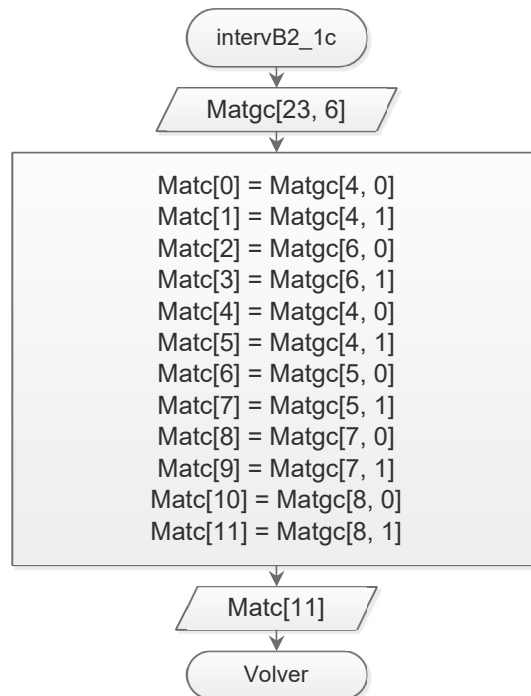


Diagrama 2.2.2.3.3.2.1 Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.2.2

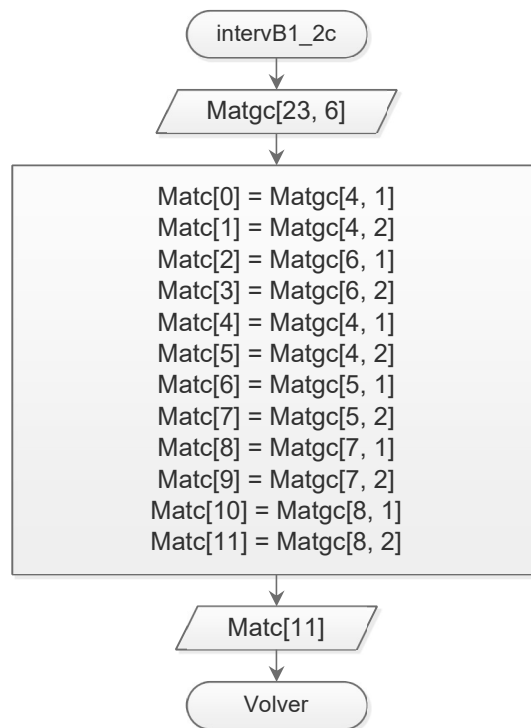


Diagrama 2.2.2.3.3.2.2 Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.2.2

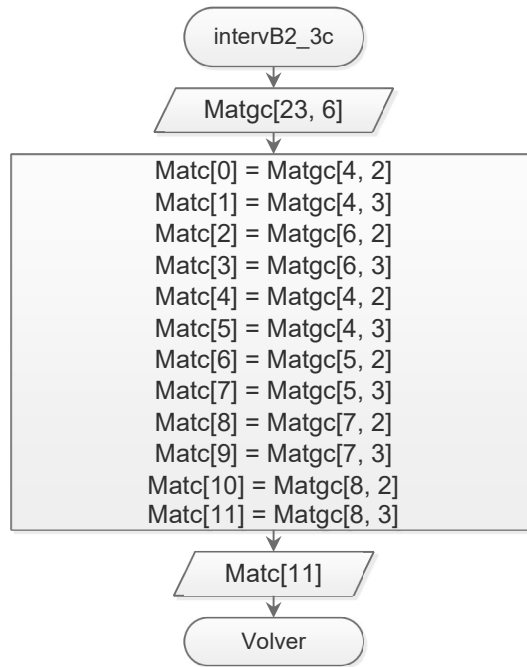


Diagrama 2.2.2.3.3.2.2.3. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.2.2

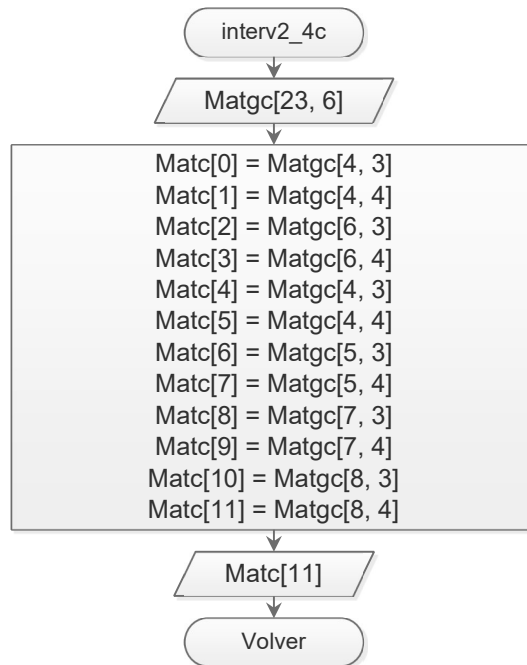


Diagrama 2.2.2.3.3.2.2.4. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.2.2

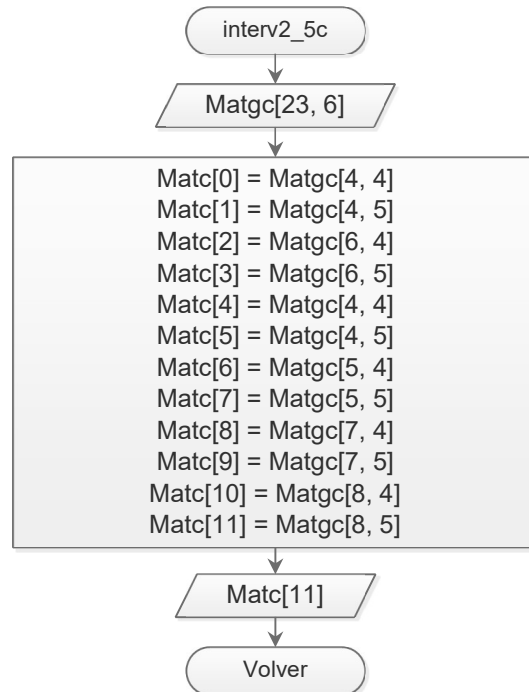


Diagrama 2.2.2.3.3.2.5 Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.2.2

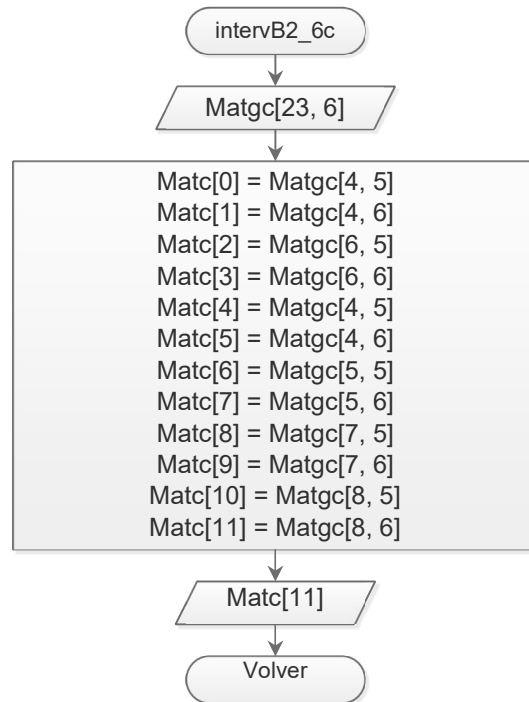


Diagrama 2.2.2.3.3.2.6. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.2.3

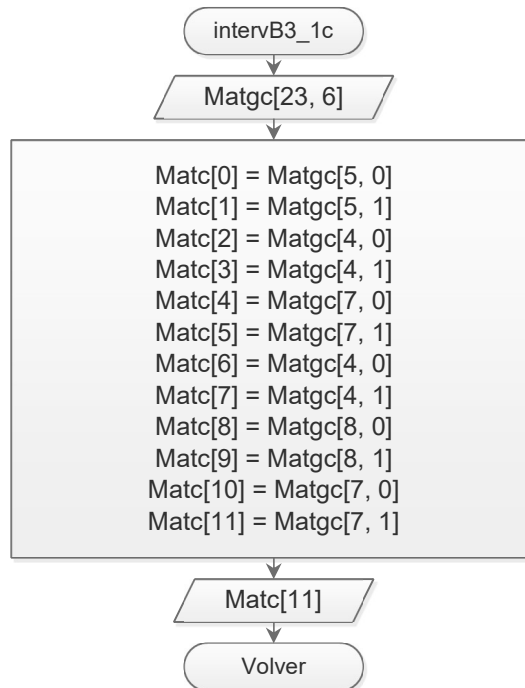


Diagrama 2.2.2.3.3.2.3.1 Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.2.3

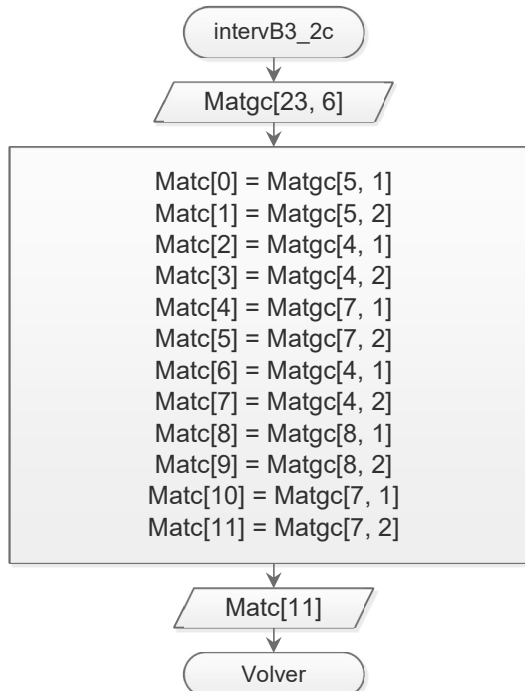


Diagrama 2.2.2.3.3.2.3.2. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.2.3

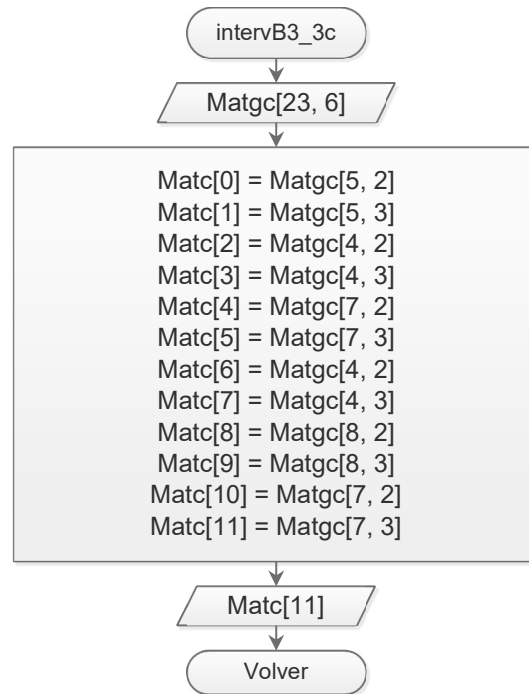


Diagrama 2.2.2.3.3.2.3. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.2.3

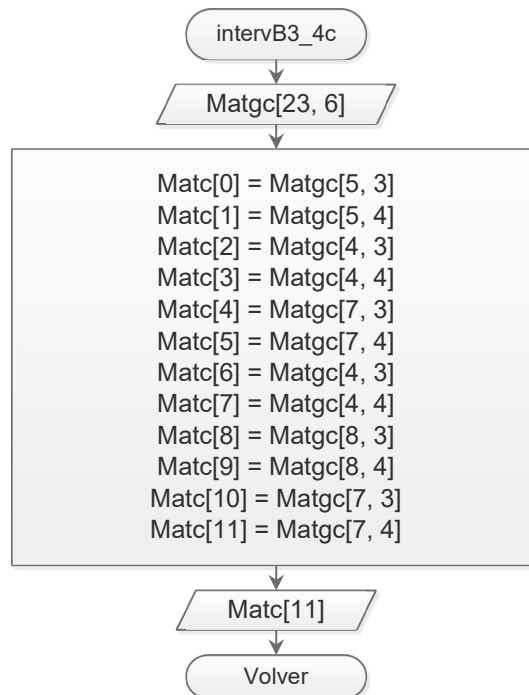


Diagrama 2.2.2.3.3.2.3.4. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.2.3

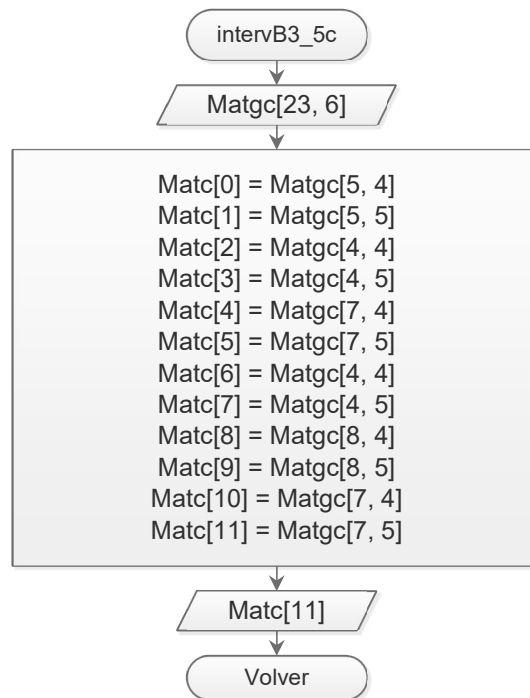


Diagrama 2.2.2.3.3.2.3.5. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.2.3

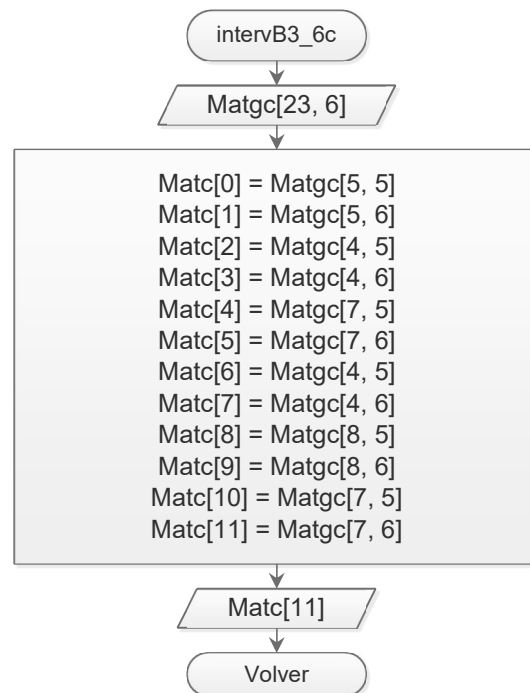


Diagrama 2.2.2.3.3.2.3.6. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.2.4

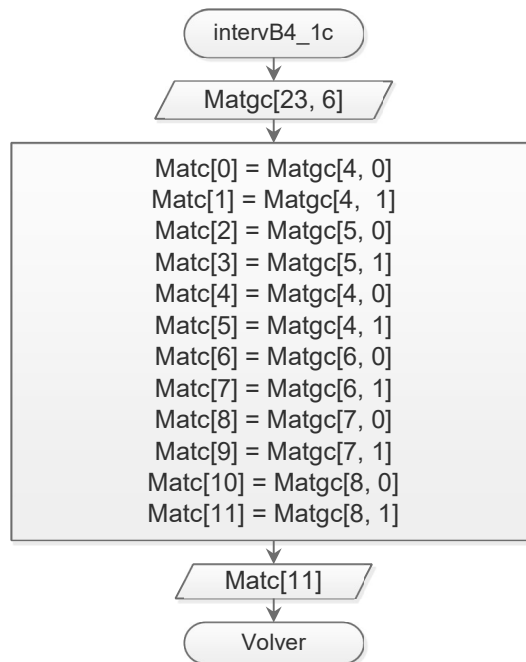


Diagrama 2.2.2.3.3.2.4.1. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.2.4

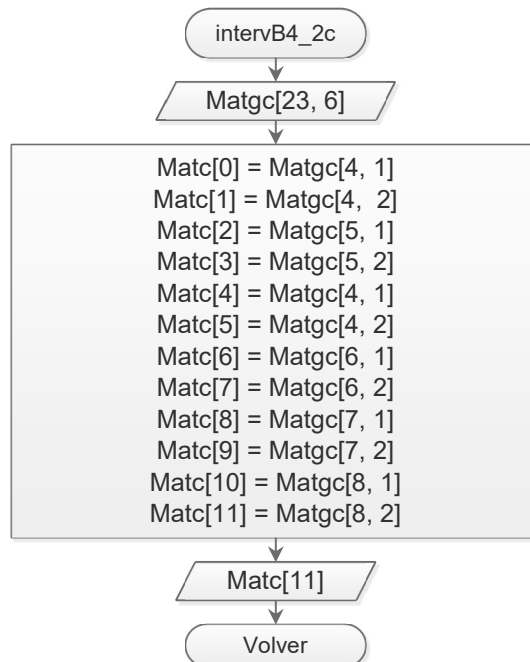


Diagrama 2.2.2.3.3.2.4.2. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.2.4

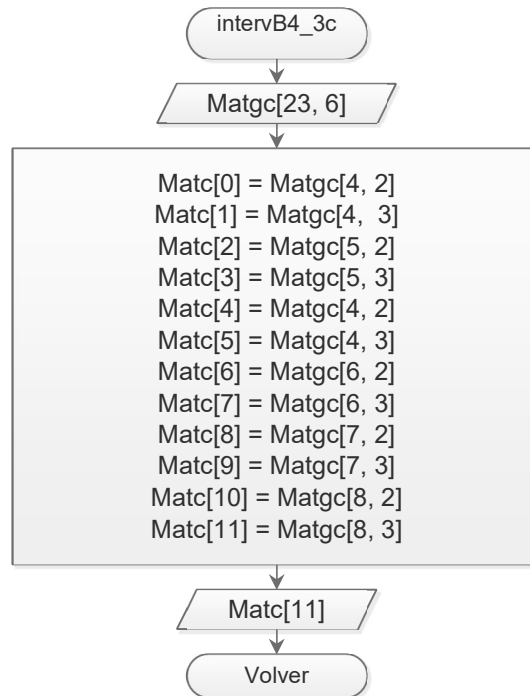


Diagrama 2.2.2.3.3.2.4.3. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.2.4

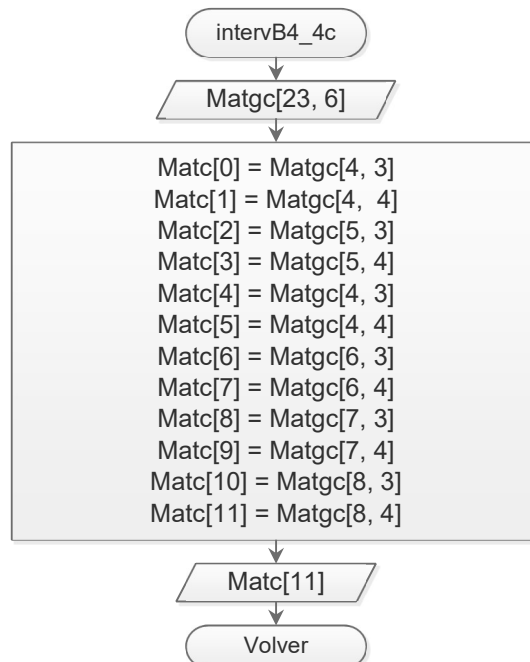


Diagrama 2.2.2.3.3.2.4.4. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.2.4

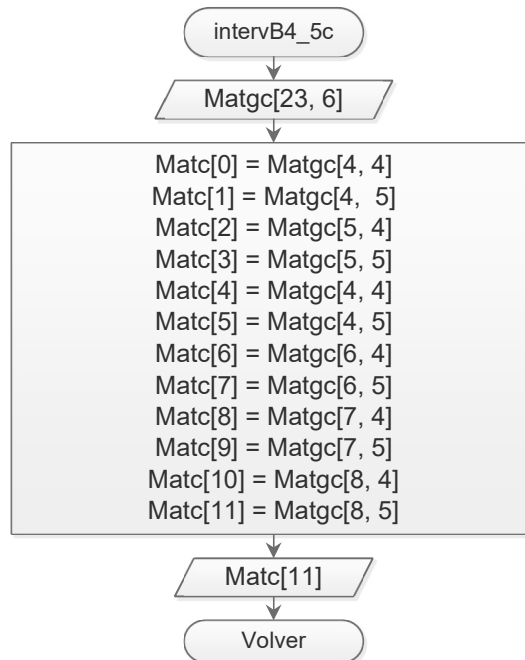


Diagrama 2.2.2.3.3.2.4.5. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.2.4

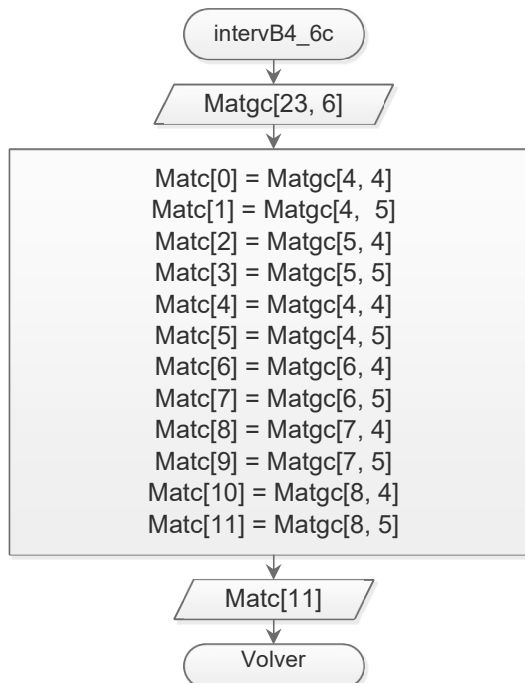


Diagrama 2.2.2.3.3.2.4.6. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo que muestra la ruta para obtener los coeficientes de tableros clasificados como “de borde un lado largo discontinuo”

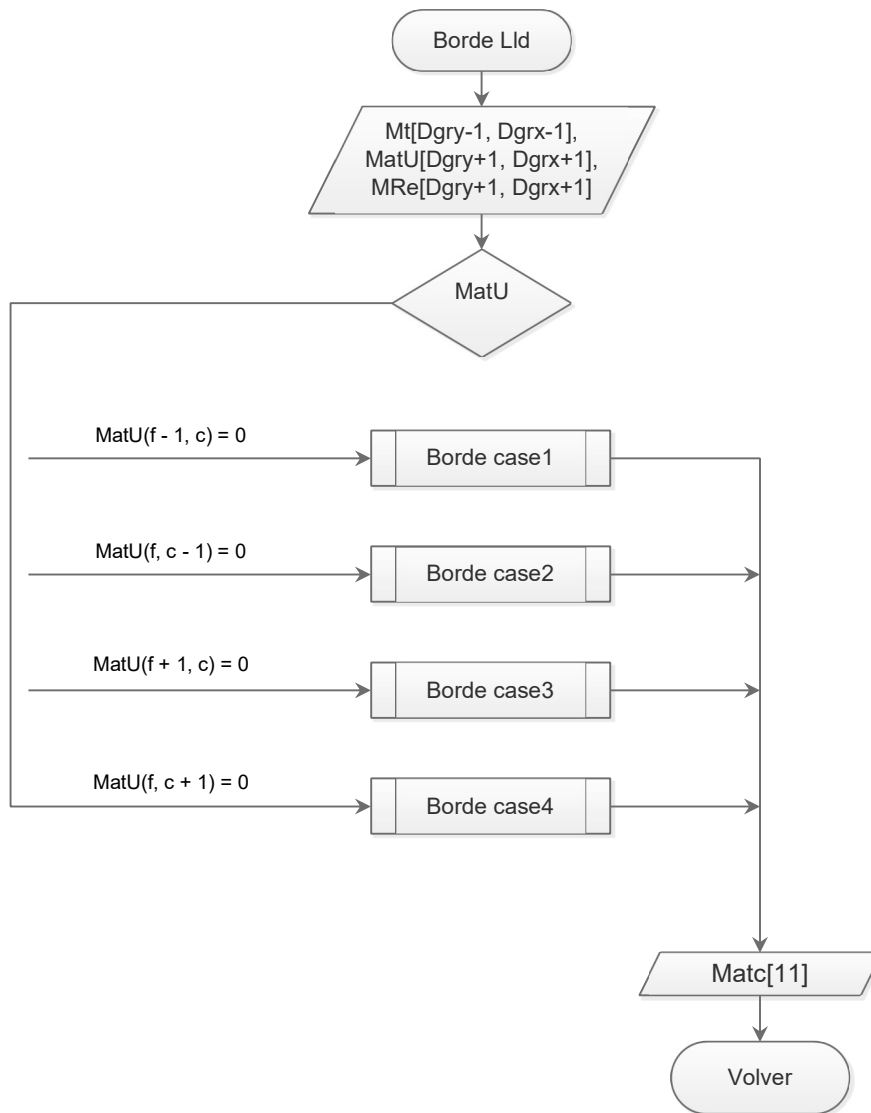


Diagrama 2.2.2.3.3.3. Diagrama de flujo que muestra de forma general la obtención de los coeficientes.

Diagrama de flujo que muestra el subproceso empleado en la figura 2.2.2.3.3.3

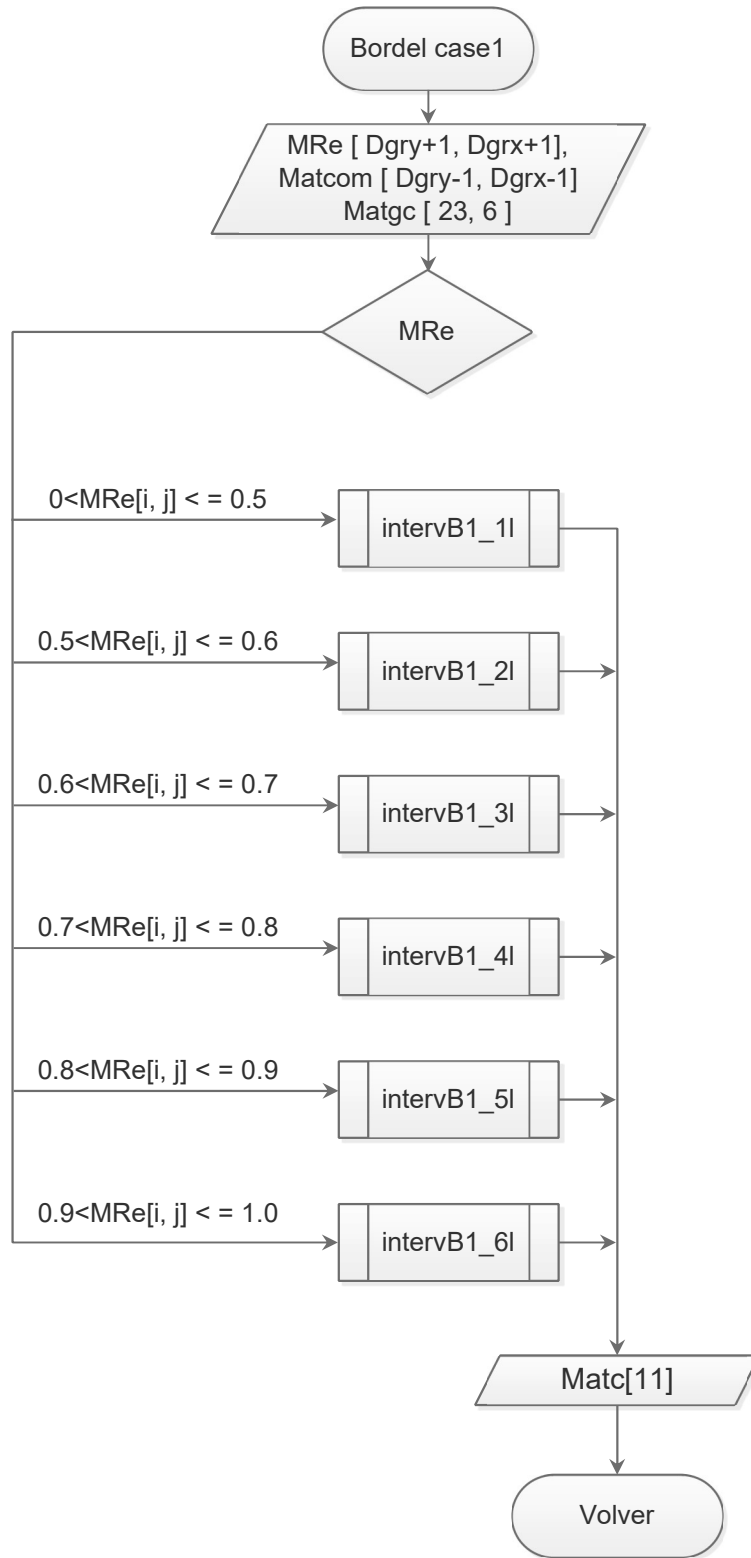


Diagrama 2.2.2.3.3.3.1. Subproceso empleado en la figura 2.2.2.3.3.3.

Diagrama de flujo que muestra el subproceso empleado en la figura 2.2.2.3.3.3

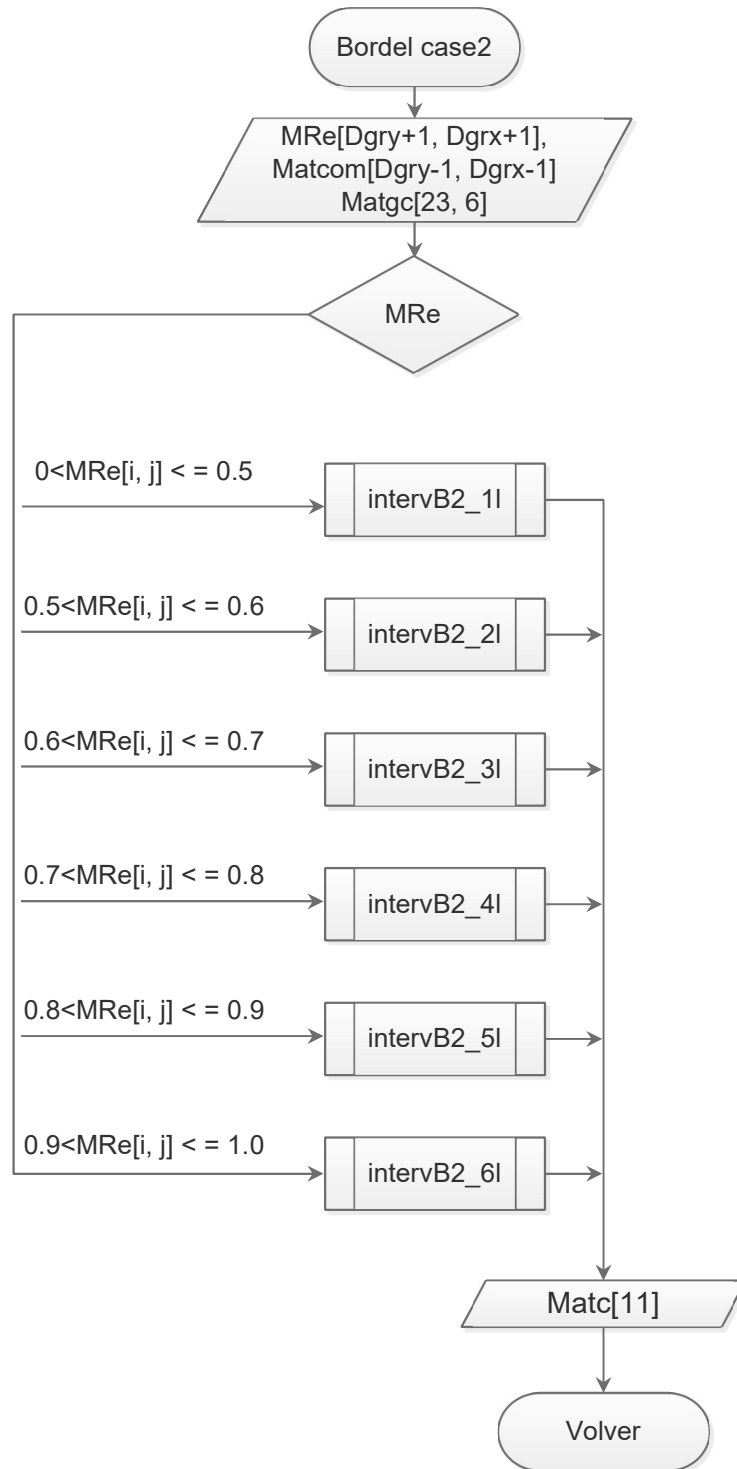


Diagrama 2.2.2.3.3.3.2. Subproceso empleado en la figura 2.2.2.3.3.3

Diagrama de flujo que muestra el subproceso empleado en la figura 2.2.2.3.3.3

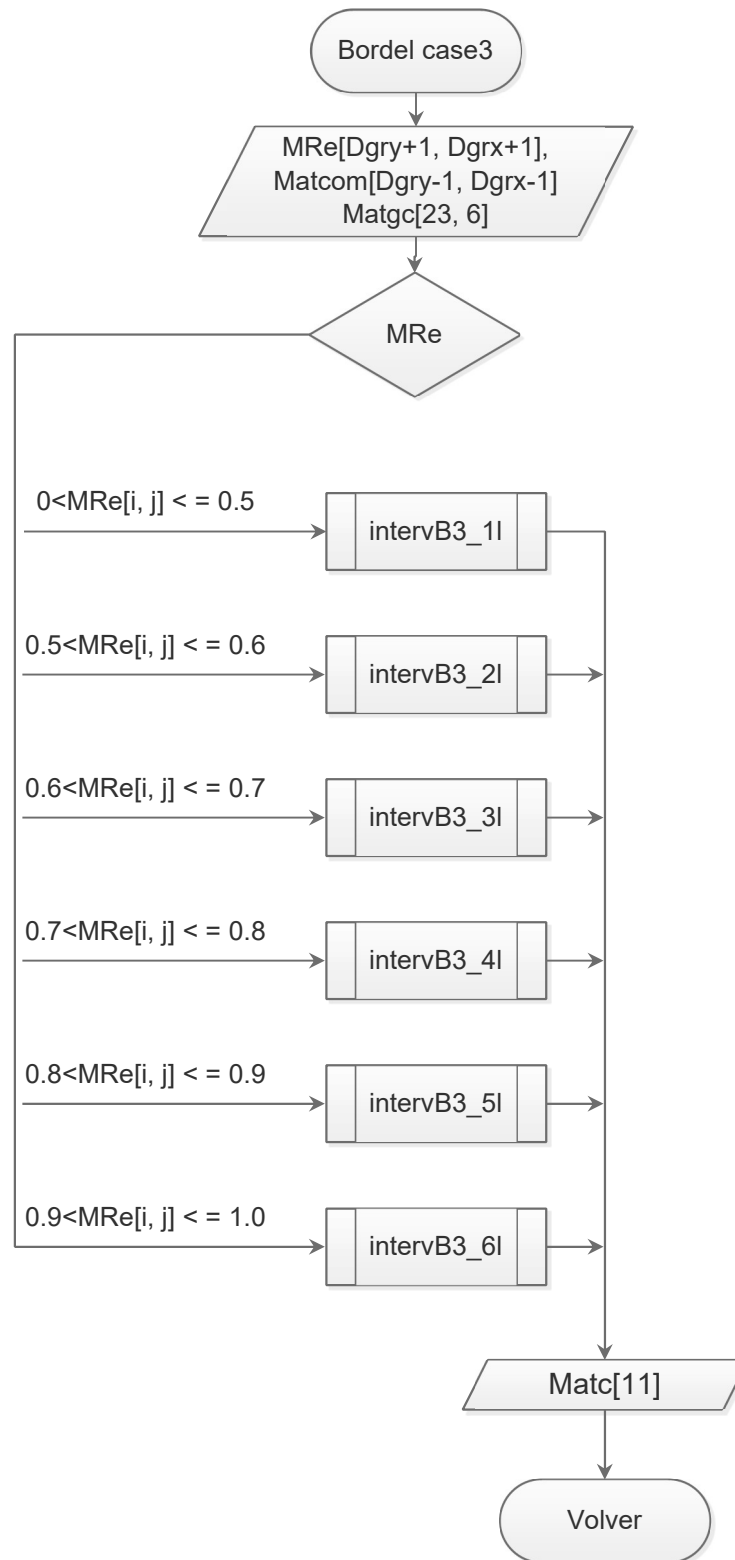


Diagrama 2.2.2.3.3.3.3. Subproceso empleado en la figura 2.2.2.3.3.3.

Diagrama de flujo que muestra el subproceso empleado en la figura 2.2.2.3.3.3

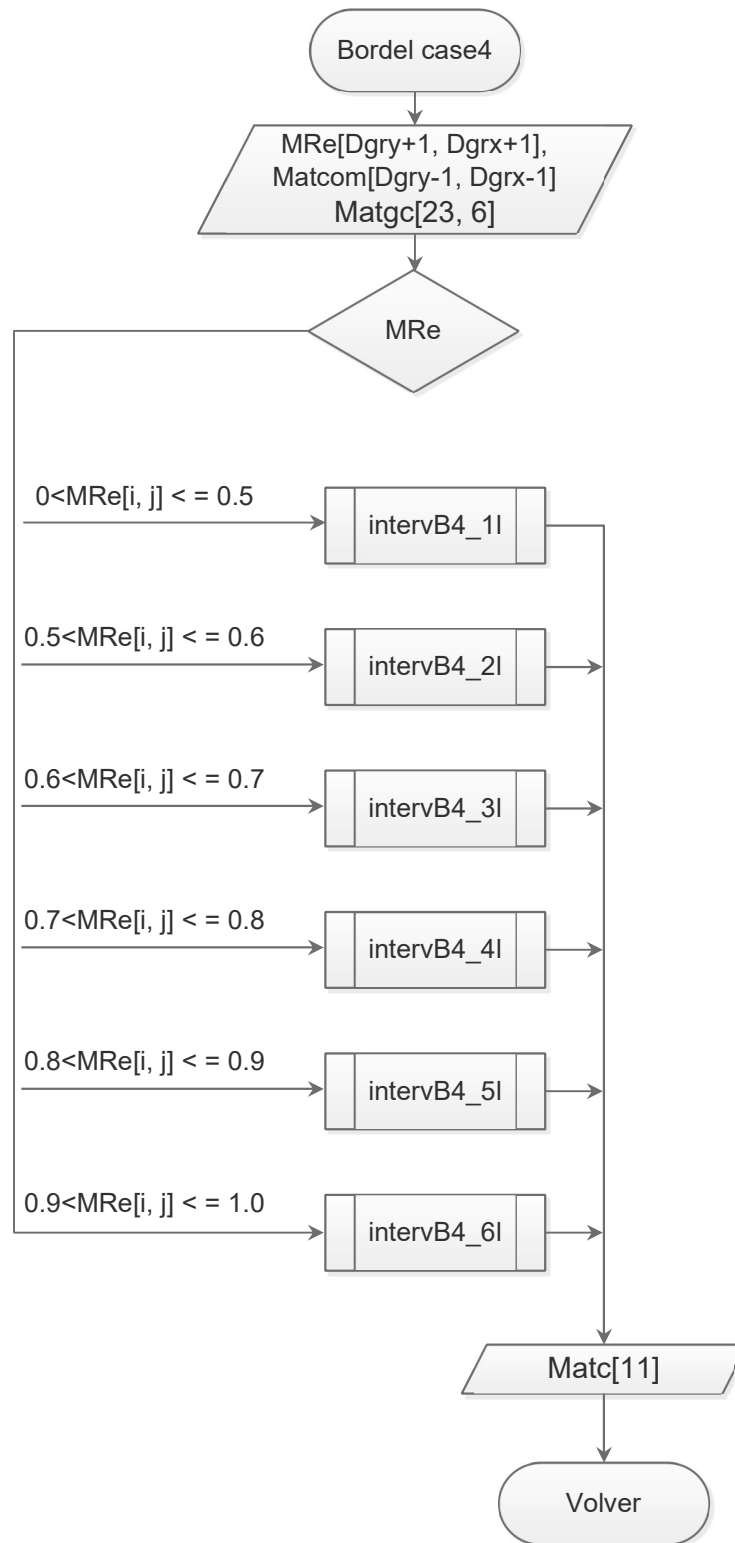


Diagrama 2.2.2.3.3.3.4. Subproceso empleado en la figura 2.2.2.3.3.3

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.3.1

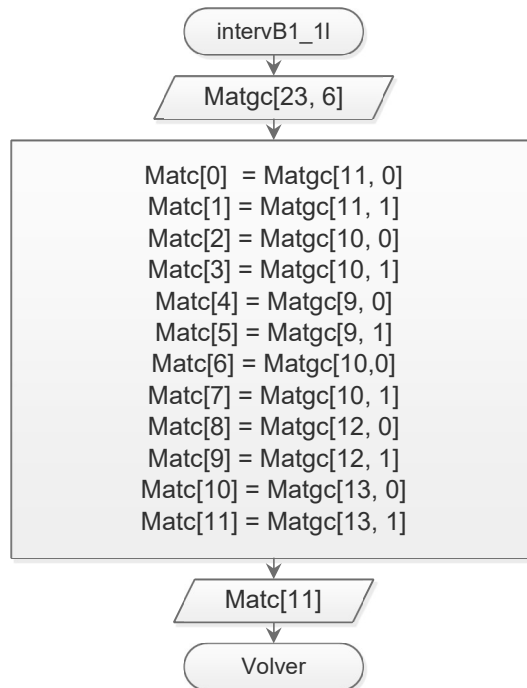


Diagrama 2.2.2.3.3.3.1.1. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.3.1

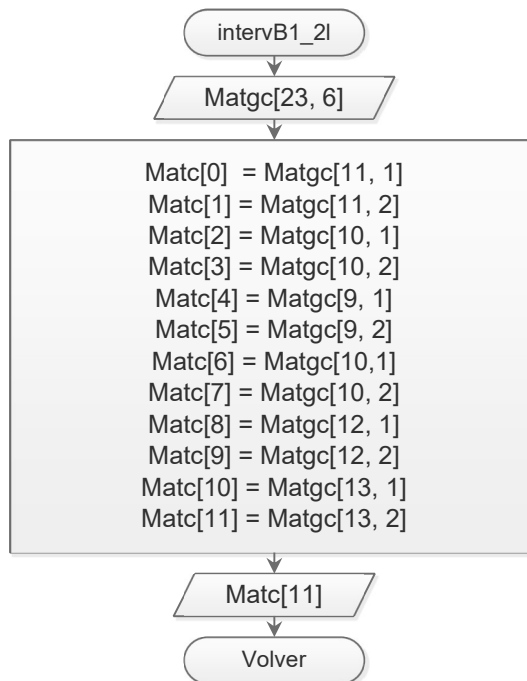


Diagrama 2.2.2.3.3.3.1.2. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.3.1

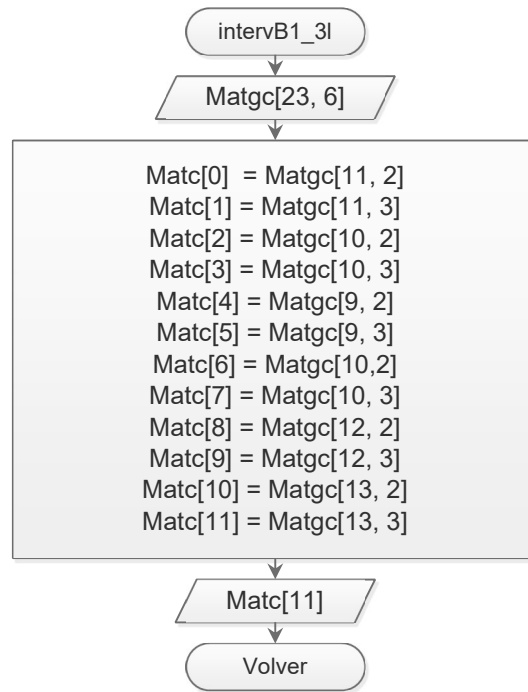


Diagrama 2.2.2.3.3.3.1.3. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.3.1

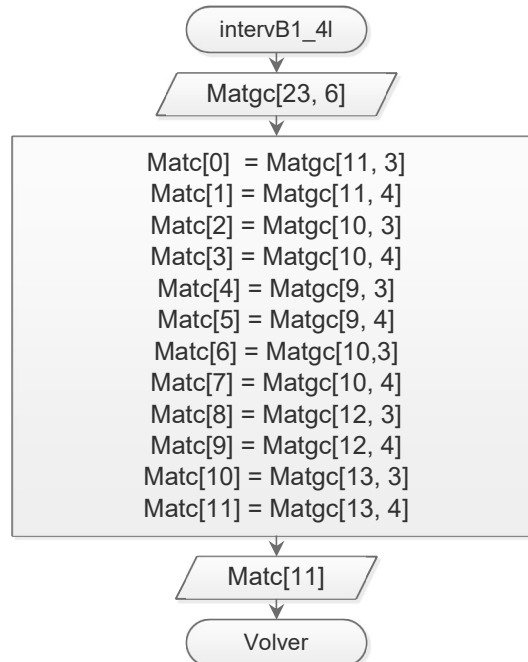


Diagrama 2.2.2.3.3.3.1.4. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.3.1

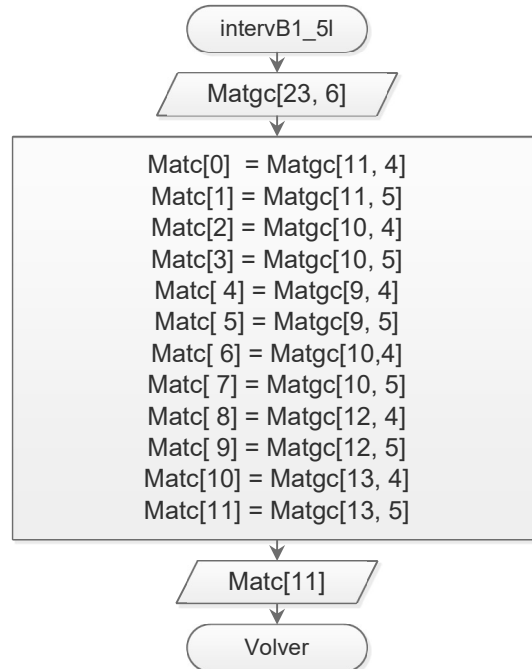


Diagrama 2.2.2.3.3.3.1.5. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.3.1

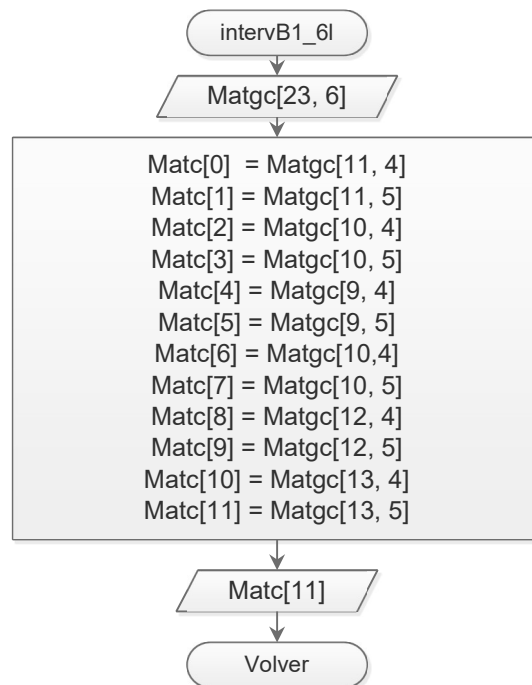


Diagrama 2.2.2.3.3.3.1.6. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.2

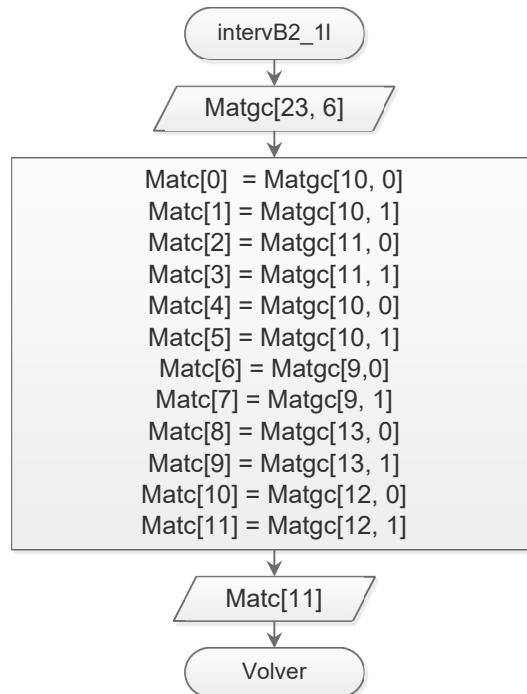


Diagrama 2.2.2.3.3.2.1. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.2

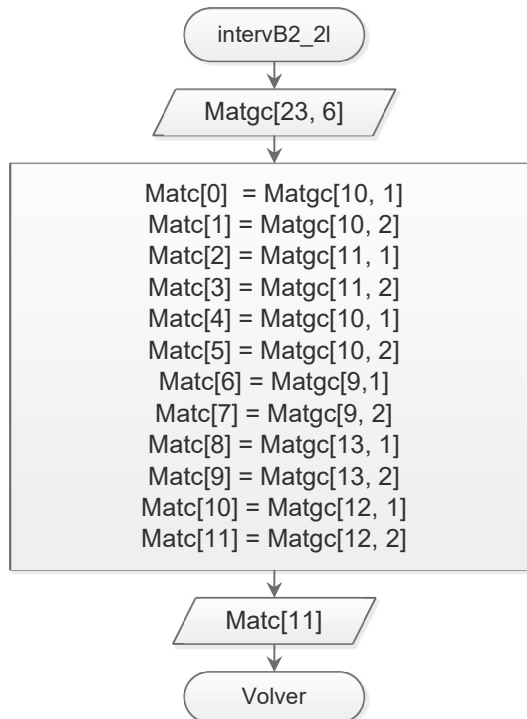


Diagrama 2.2.2.3.3.2.2. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.3.2

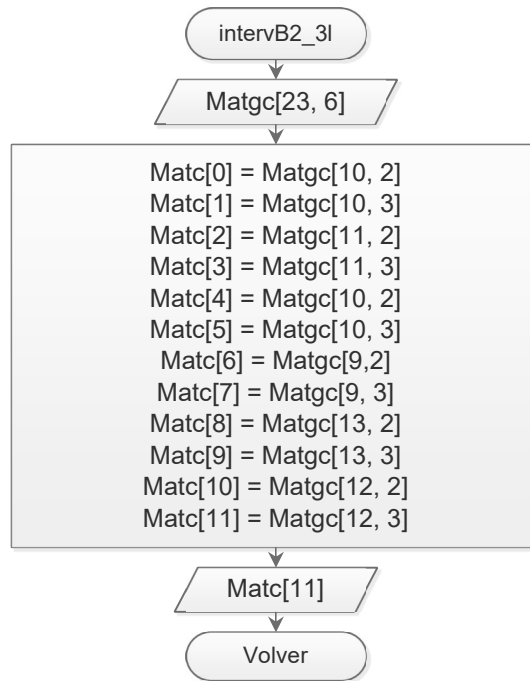


Diagrama 2.2.2.3.3.2.3. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.3.2

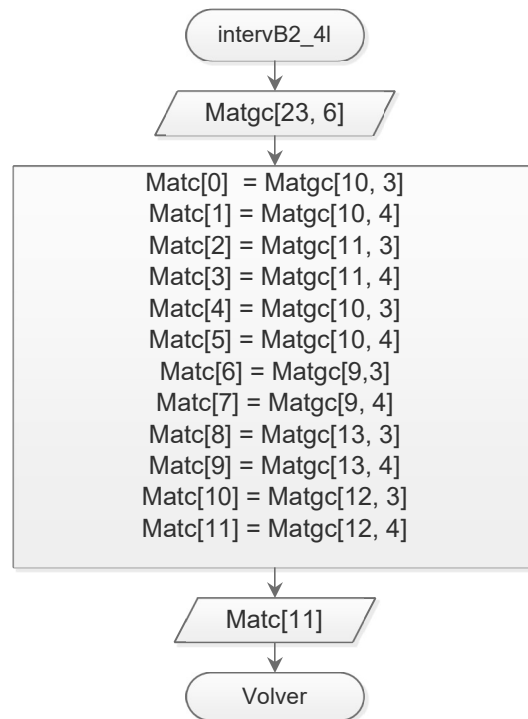


Diagrama 2.2.2.3.3.3.2.4. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.2

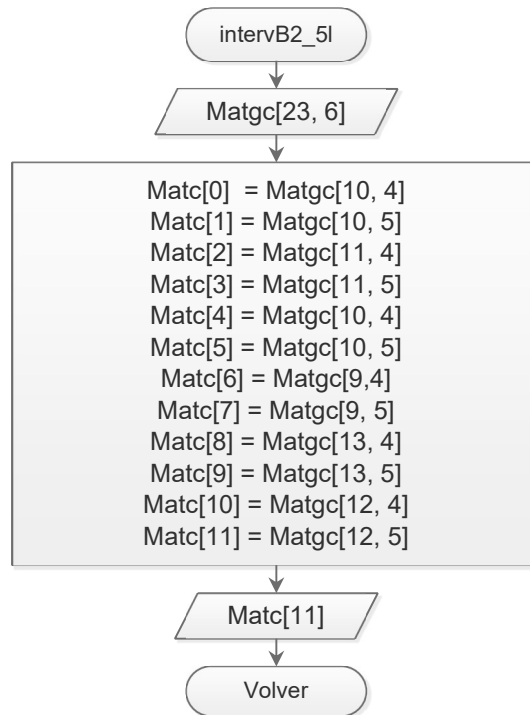


Diagrama 2.2.2.3.3.2.5. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.2

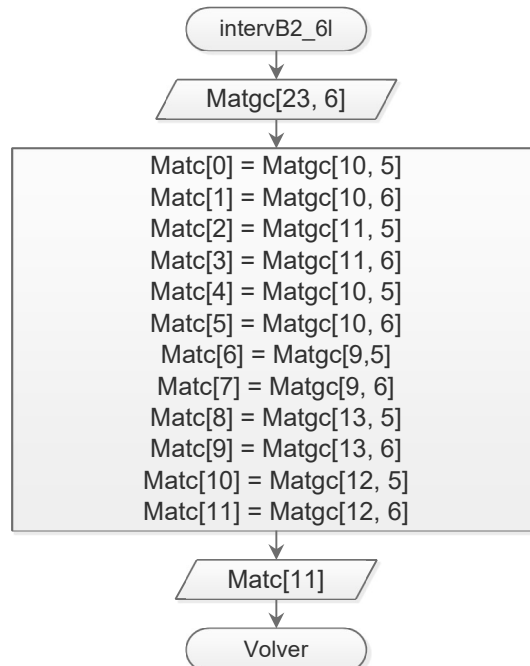


Diagrama 2.2.2.3.3.2.6. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.3

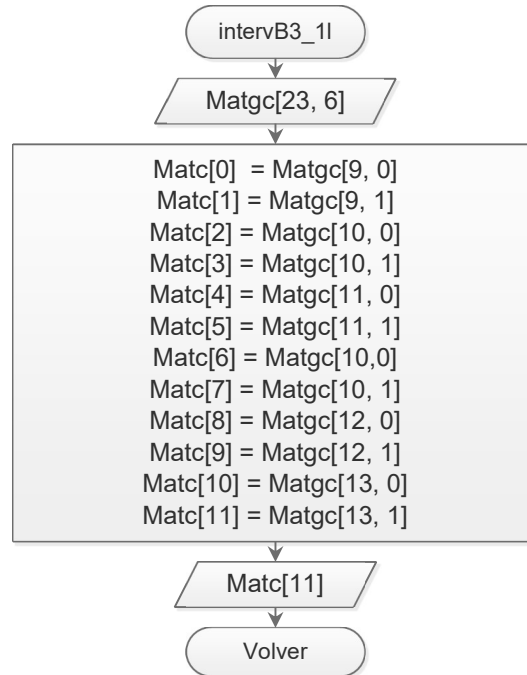


Diagrama 2.2.2.3.3.3.1. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.3

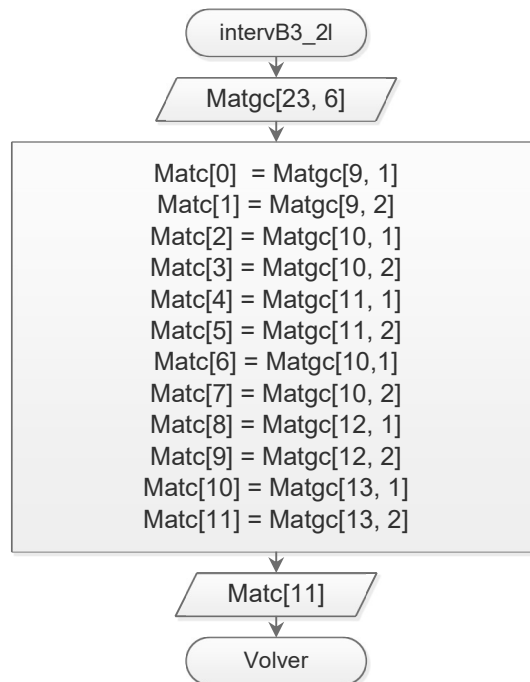


Diagrama 2.2.2.3.3.3.2. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.3.3

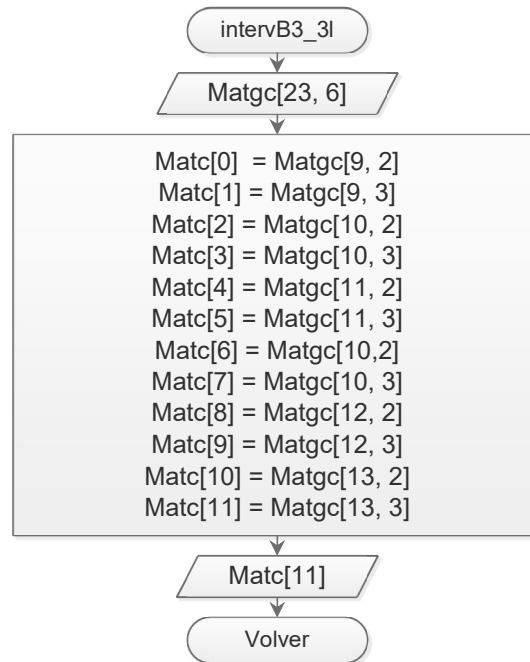


Diagrama 2.2.2.3.3.3.3. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.3.3.3

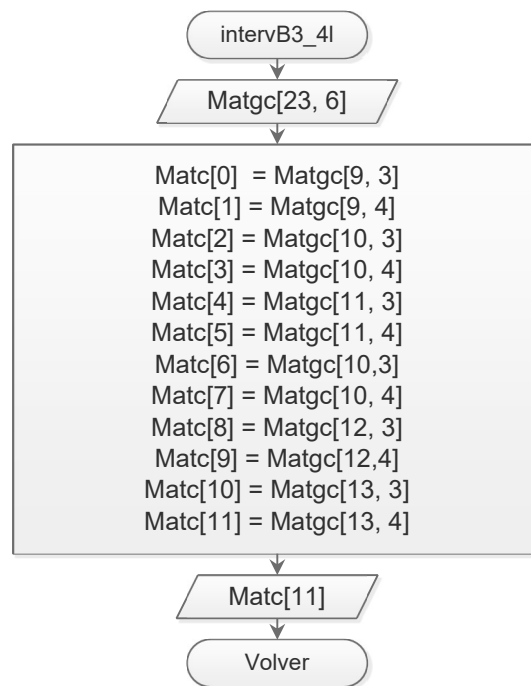


Diagrama 2.2.2.3.3.3.3.4. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.3

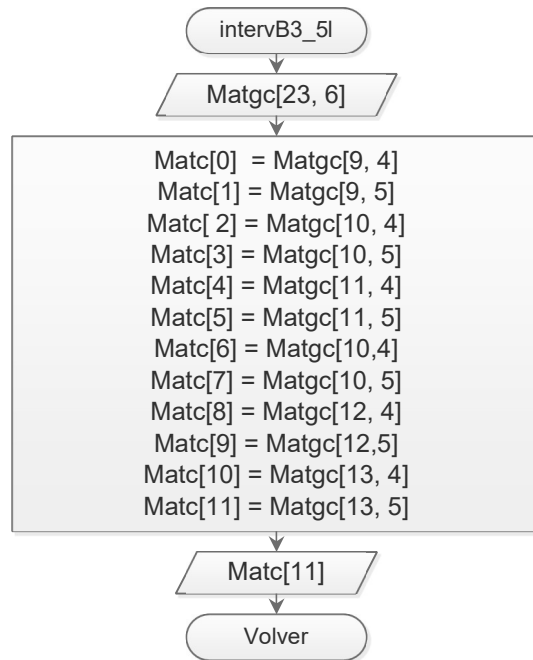


Diagrama 2.2.2.3.3.3.5. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.3

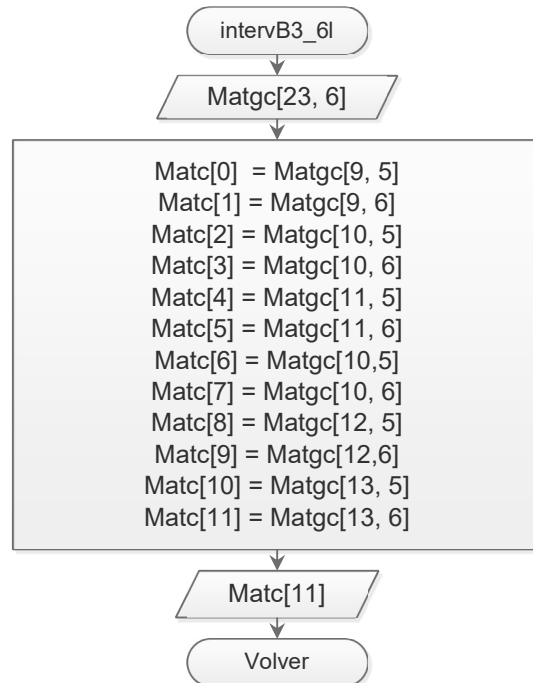


Diagrama 2.2.2.3.3.3.6. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.3

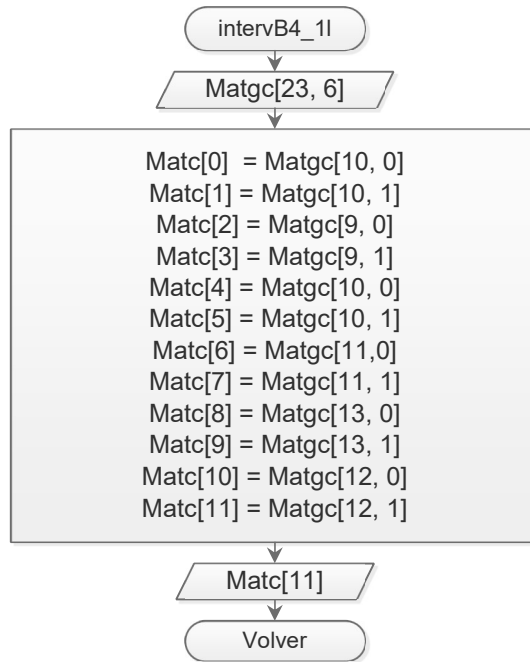


Diagrama 2.2.2.3.3.4.1. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.3

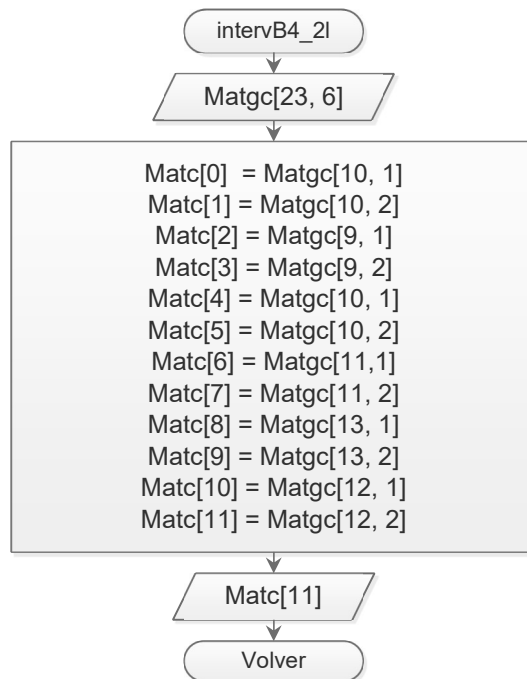


Diagrama 2.2.2.3.3.4.2. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.3

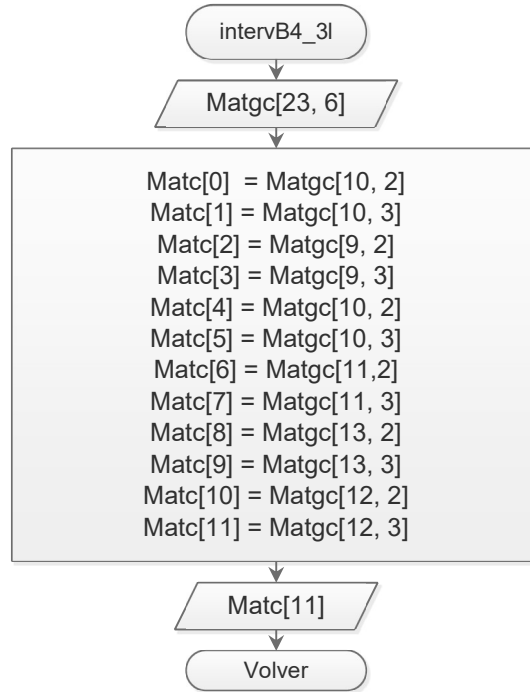


Diagrama 2.2.2.3.3.3.4.3. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.3

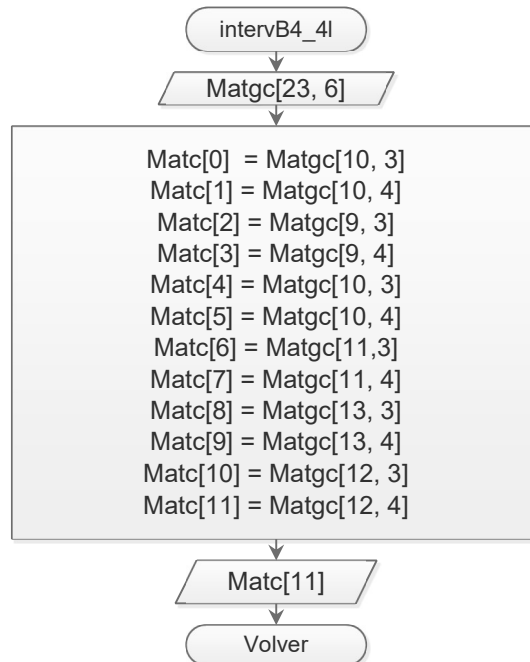


Diagrama 2.2.2.3.3.3.4.4. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.3

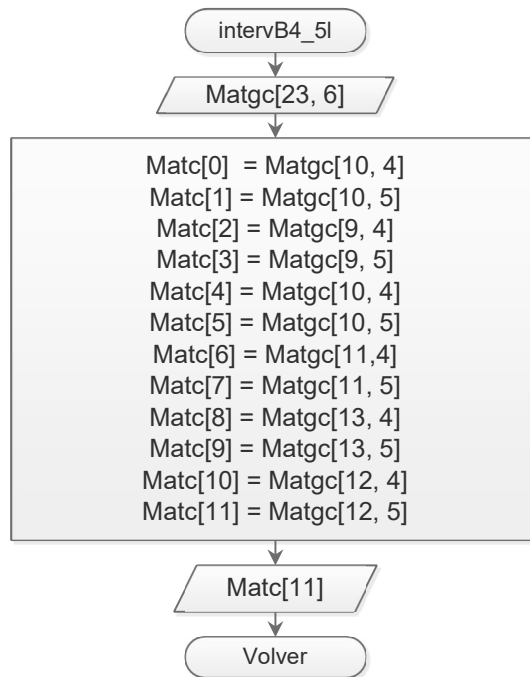


Diagrama 2.2.2.3.3.3.4.5. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.3

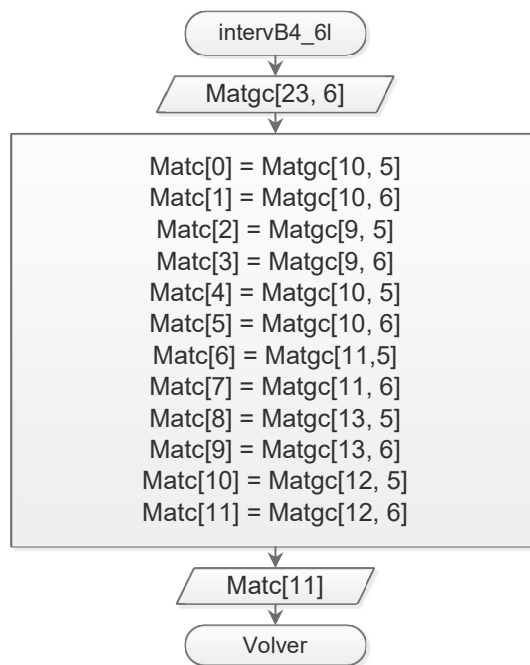


Diagrama 2.2.2.3.3.3.4.6. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo que muestra la ruta para obtener los coeficientes de tableros clasificados como “de esquina”

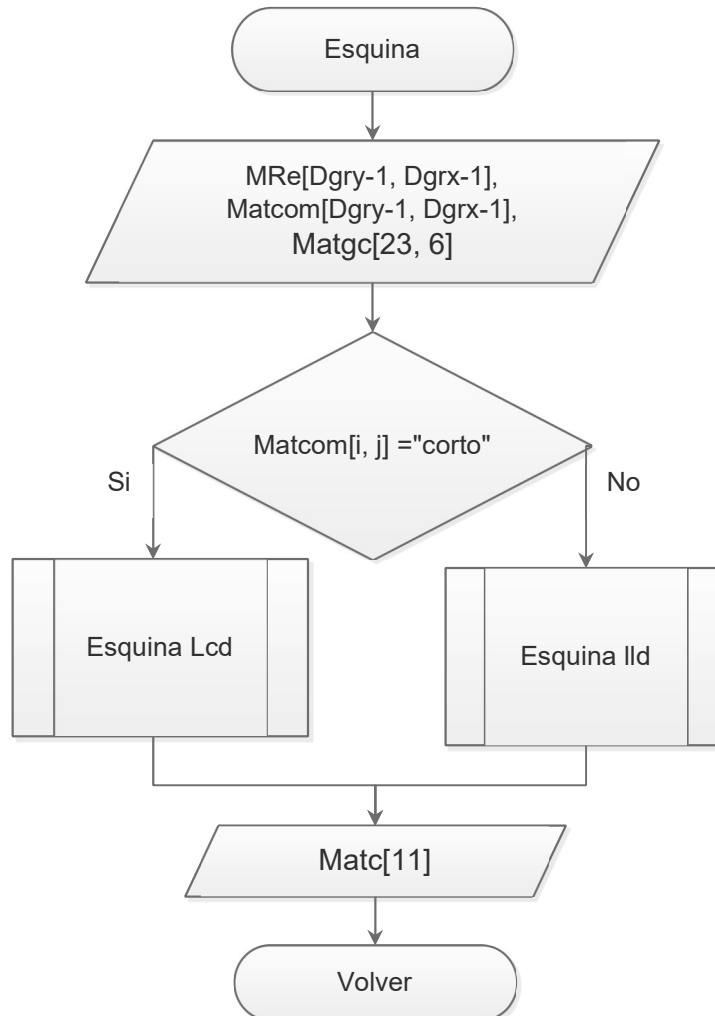


Diagrama 2.2.2.3.3.3.4. Diagrama de flujo que muestra de forma general la obtención de los coeficientes.

Diagrama de flujo que muestra el subproceso empleado en la figura 2.2.2.3.3.4

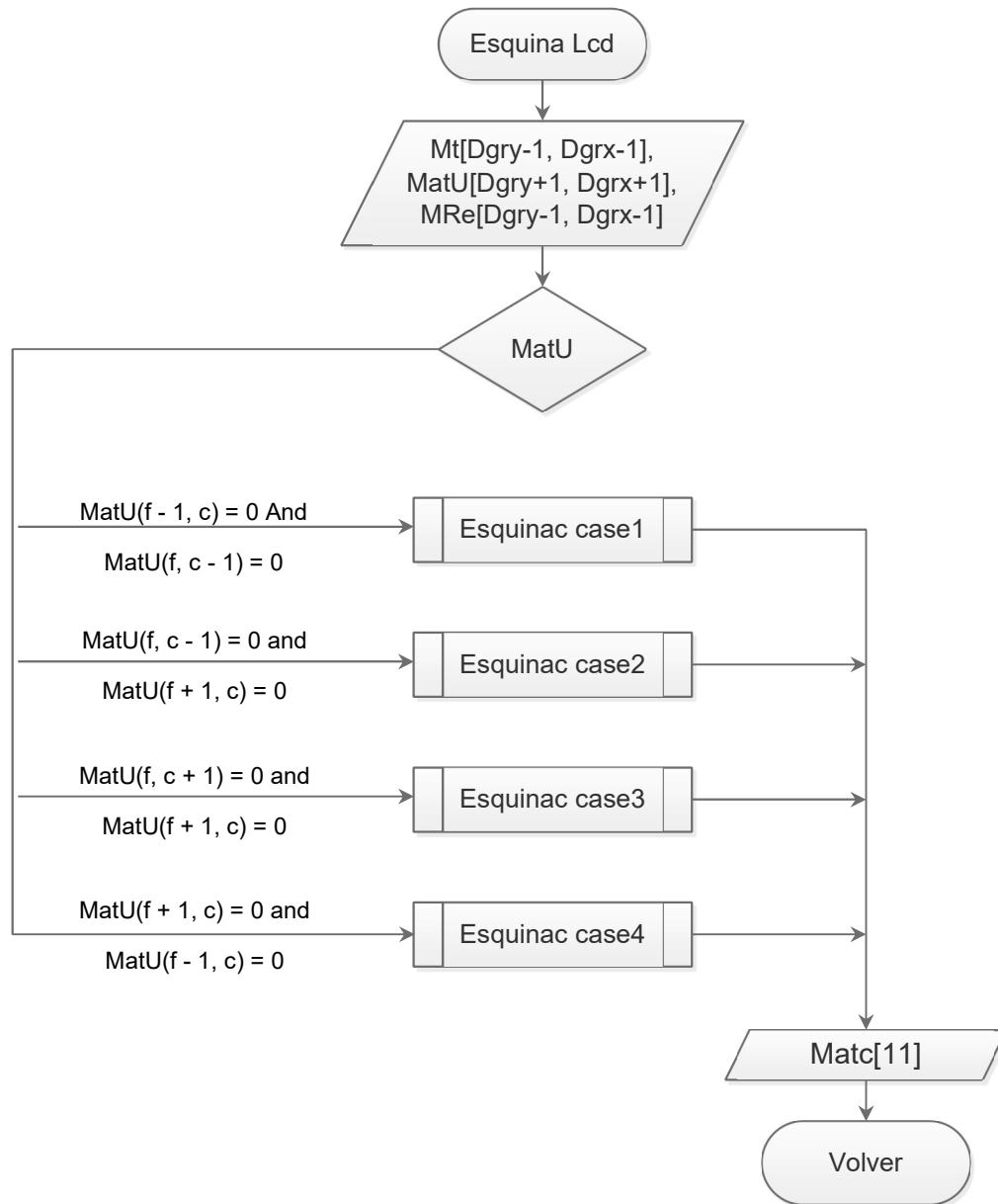


Diagrama 2.2.2.3.3.4.1. Subproceso empleado en la figura 2.2.2.3.3.4.

Diagrama de flujo que muestra el subproceso empleado en la figura 2.2.2.3.3.4.1

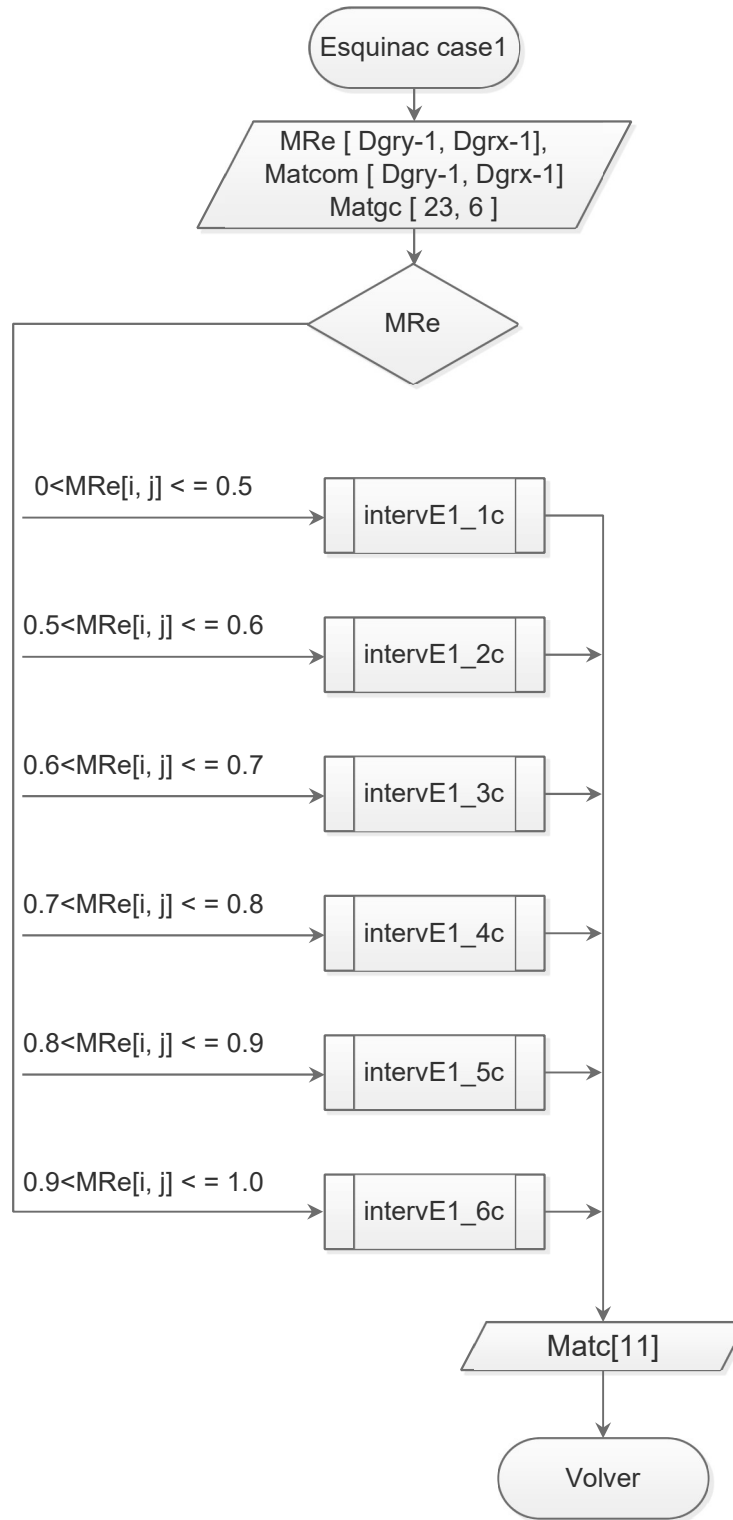


Diagrama 2.2.2.3.3.4.1.1. Subproceso empleado en la figura 2.2.2.3.3.4.1.

Diagrama de flujo que muestra el subproceso empleado en la figura 2.2.2.3.3.4.1

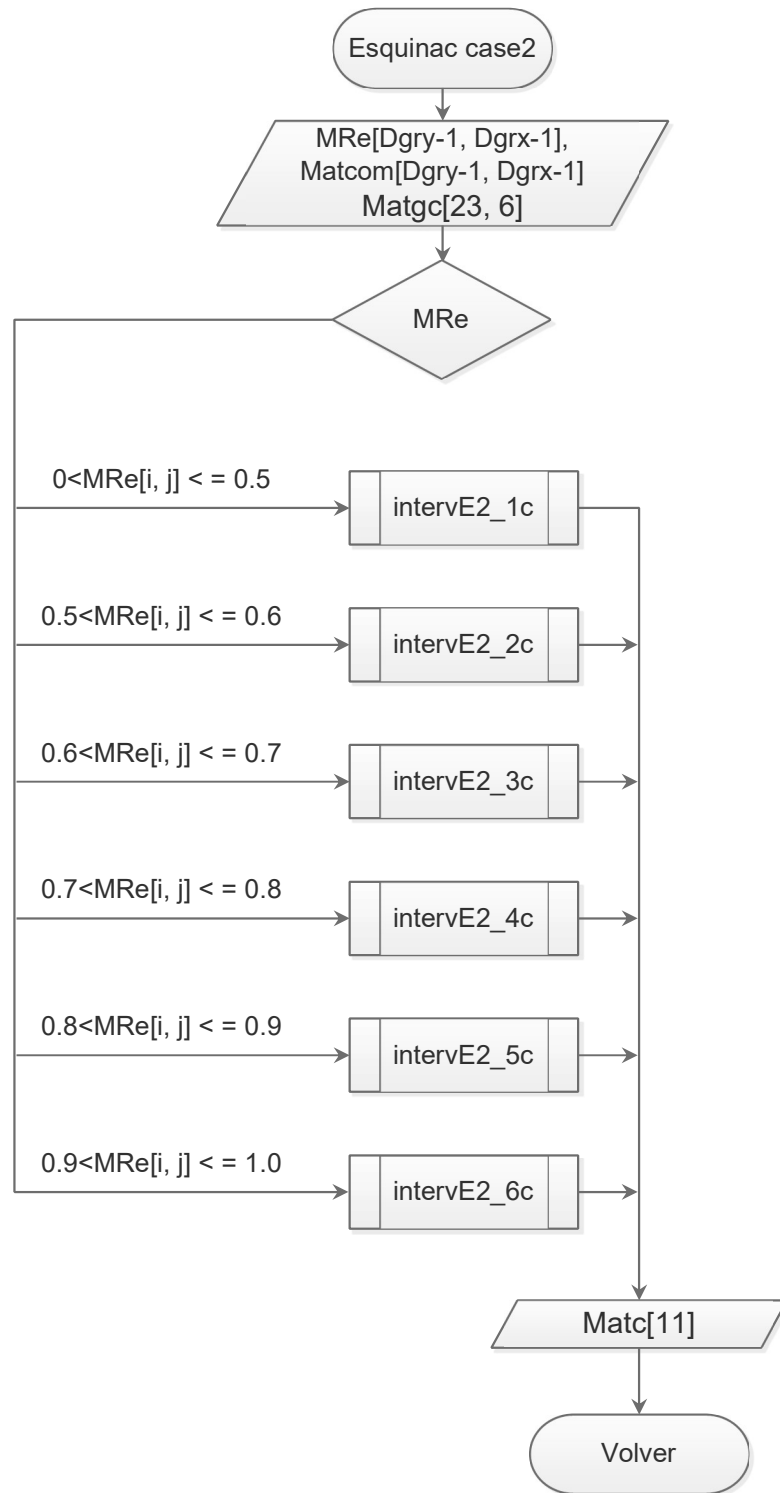


Diagrama 2.2.2.3.3.4.1.2. Subproceso empleado en la figura 2.2.2.3.3.4.1.

Diagrama de flujo que muestra el subproceso empleado en la figura 2.2.2.3.3.4.1

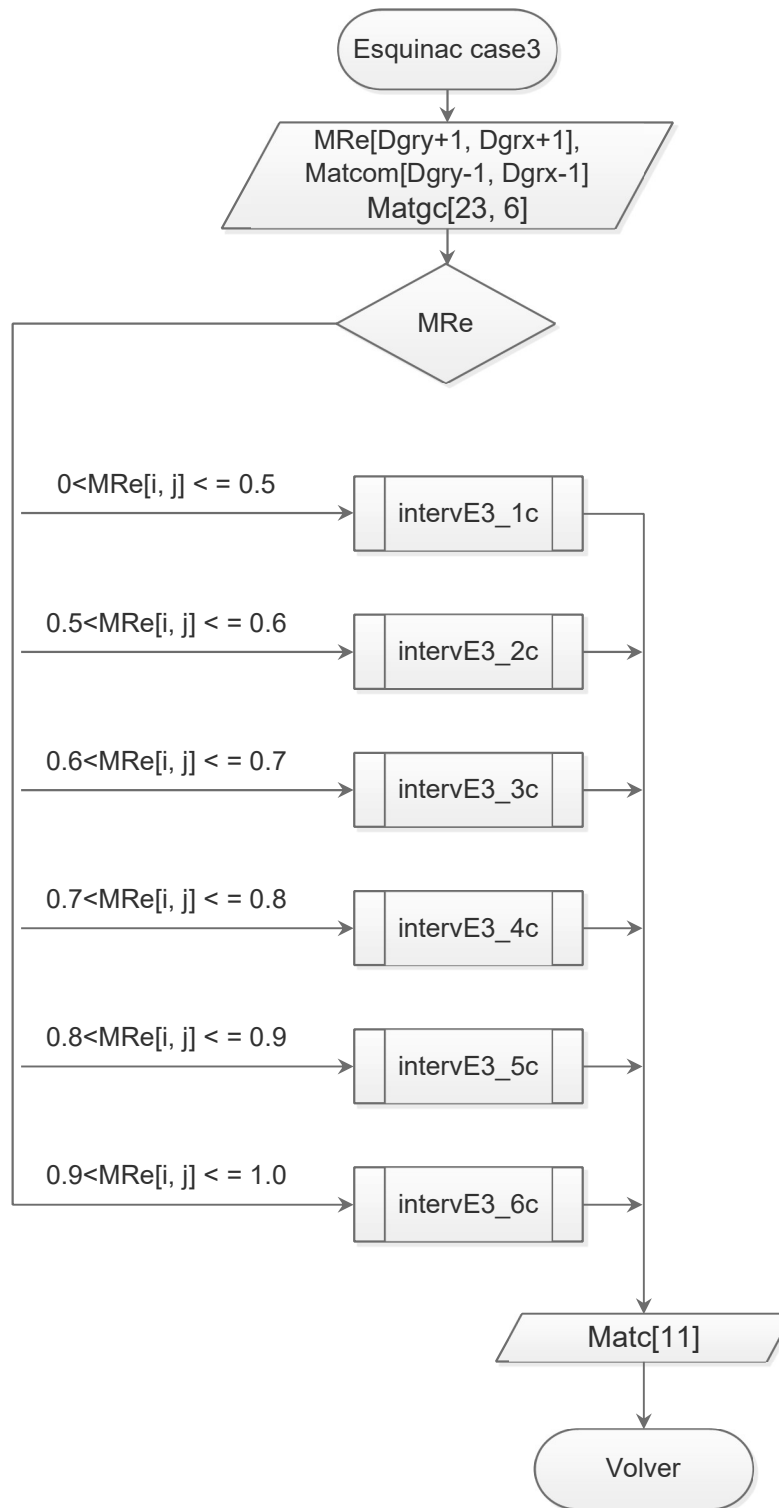


Diagrama 2.2.2.3.3.4.1.3. Subproceso empleado en la figura 2.2.2.3.3.4.1.

Diagrama de flujo que muestra el subproceso empleado en la figura 2.2.2.3.3.4.1

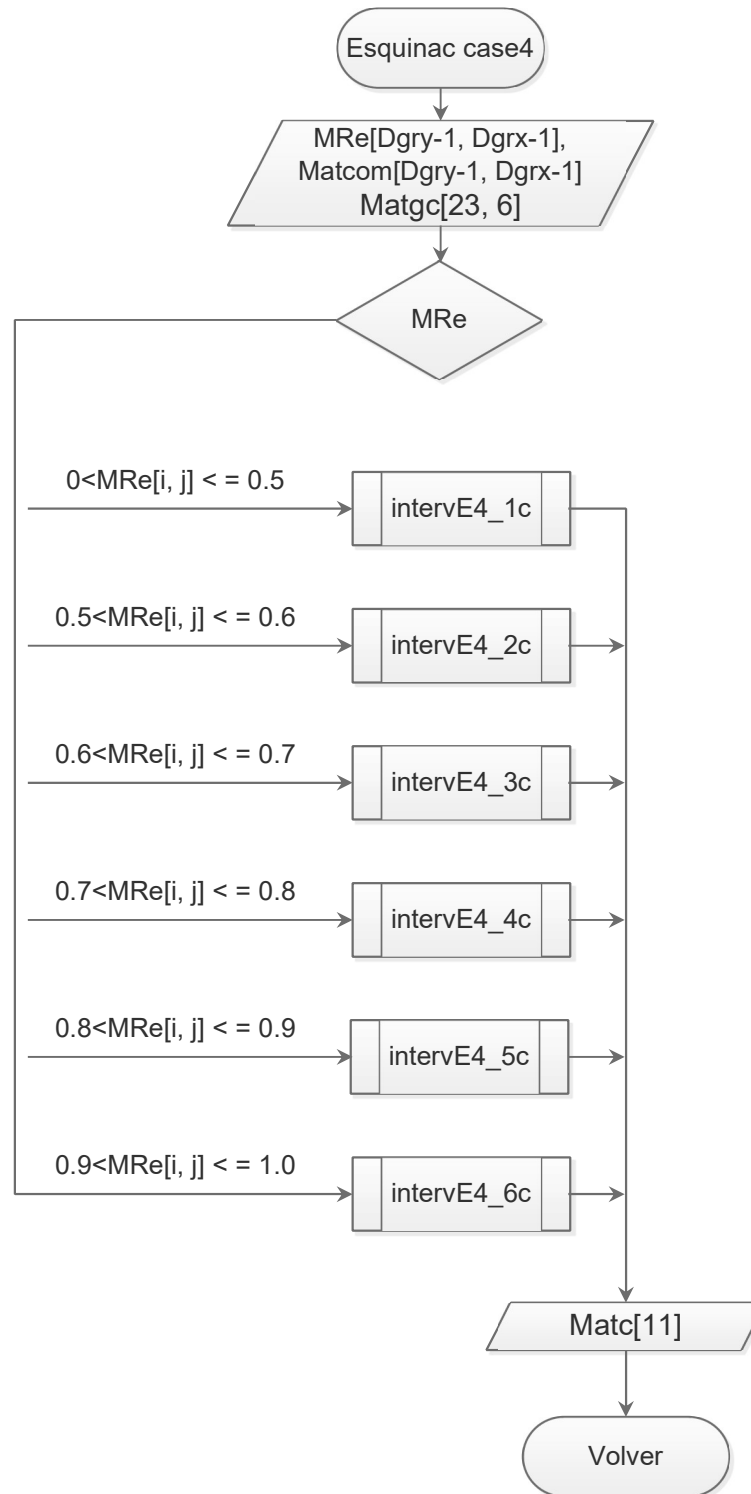


Diagrama 2.2.2.3.3.4.1.4. Subproceso empleado en la figura 2.2.2.3.3.4.1.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.4.1.1

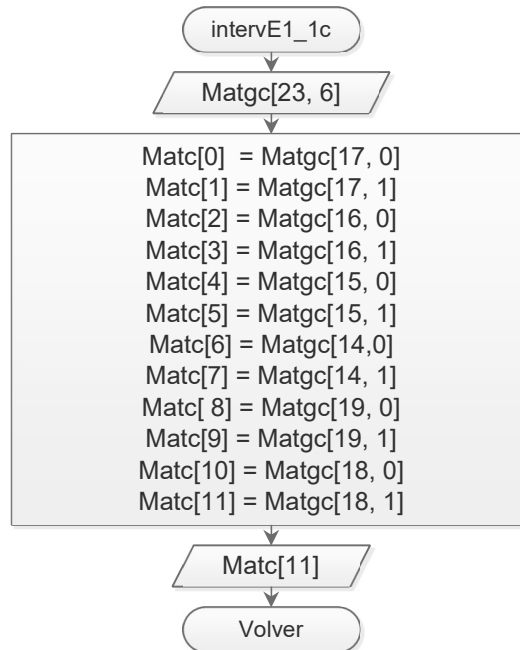


Diagrama 2.2.2.3.3.4.1.1.1. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.4.1.1

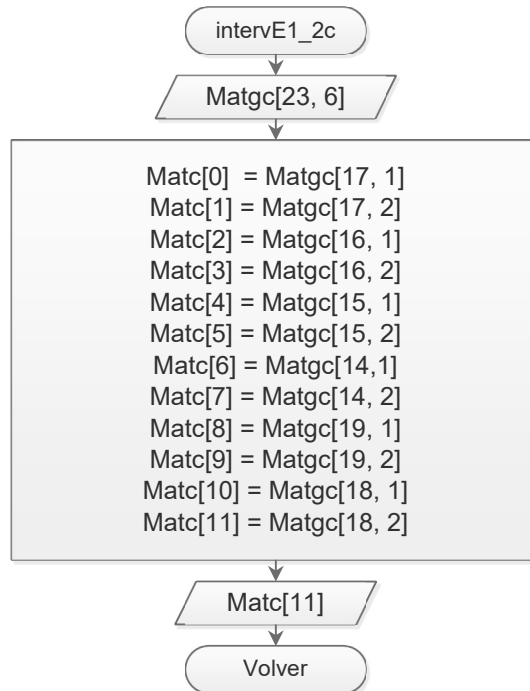


Diagrama 2.2.2.3.3.4.1.1.2. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.4.1.1

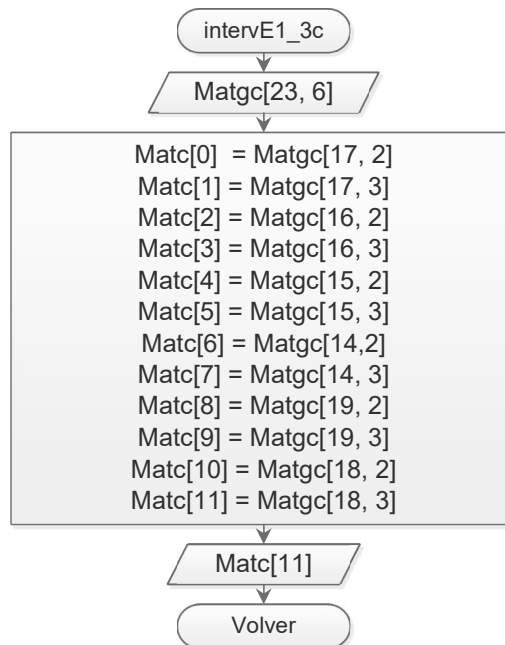


Diagrama 2.2.2.3.3.4.1.1.3. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.4.1.1

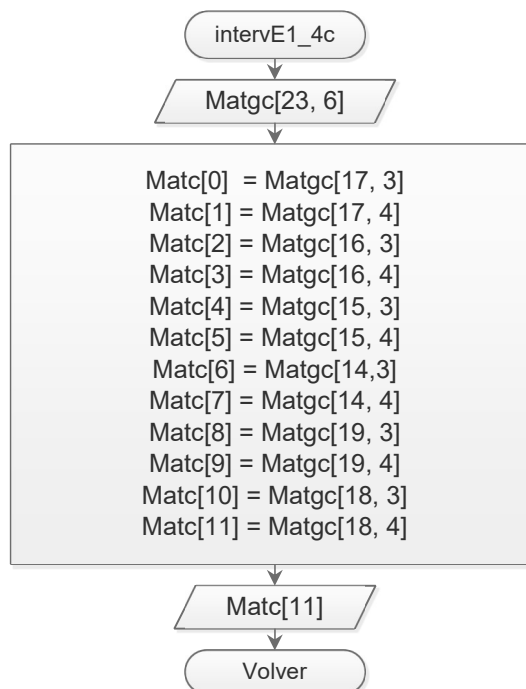


Diagrama 2.2.2.3.3.4.1.1.4. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.4.1.1

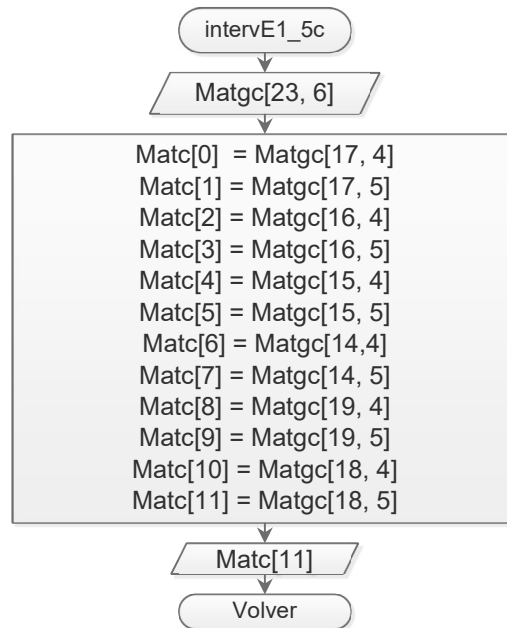


Diagrama 2.2.2.3.3.4.1.1.5. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.4.1.1

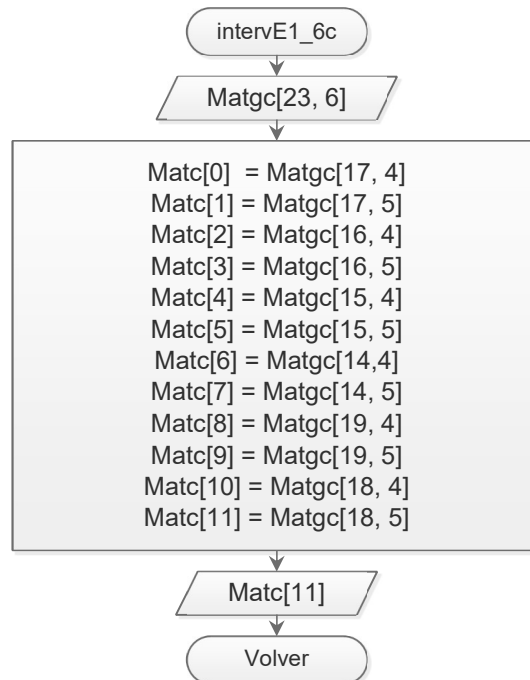


Diagrama 2.2.2.3.3.4.1.1.6. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.4.1.2

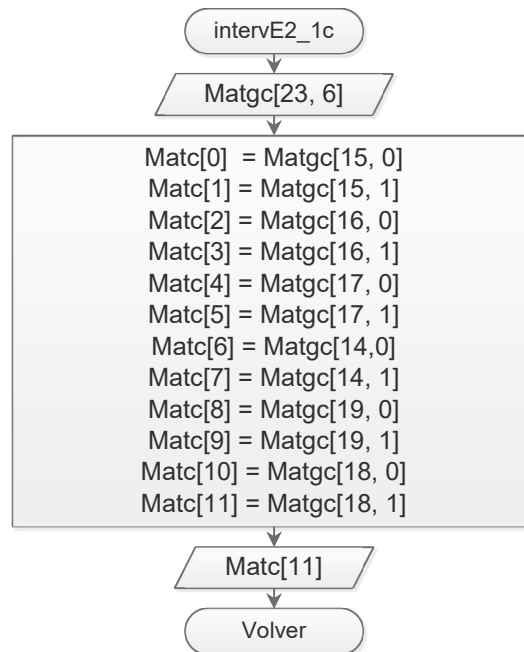


Diagrama 2.2.2.3.3.4.1.2.1. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.4.1.2

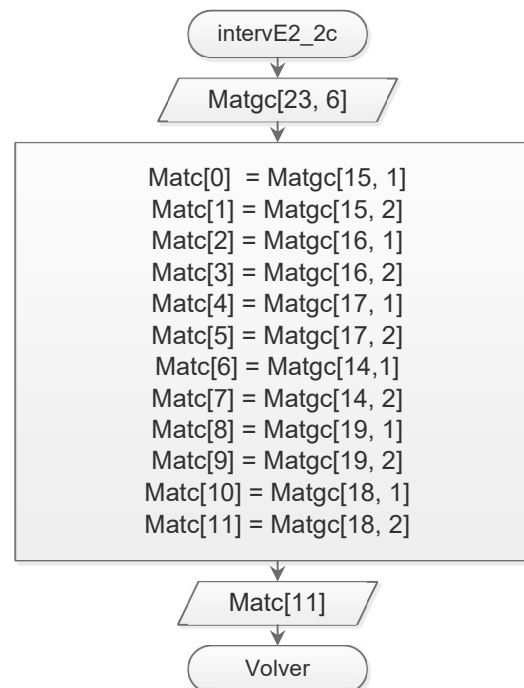


Diagrama 2.2.2.3.3.4.1.2.2. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.4.1.2

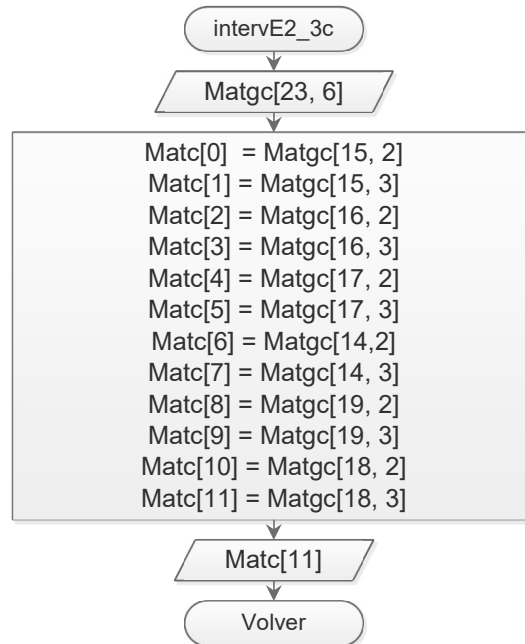


Diagrama 2.2.2.3.3.4.1.2.3. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.4.1.2

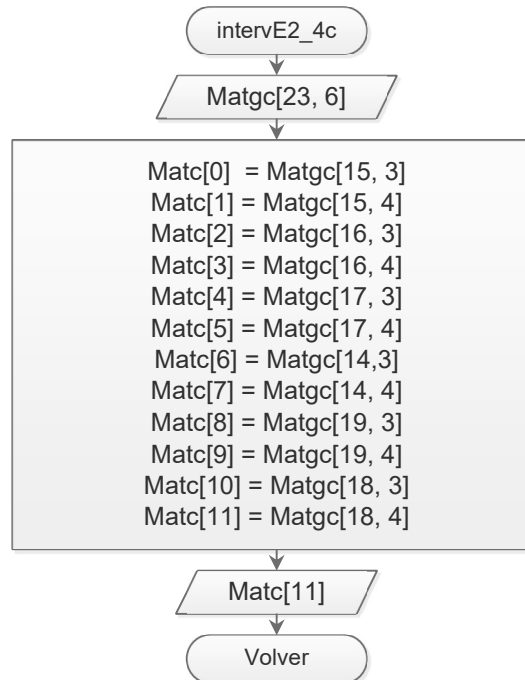


Diagrama 2.2.2.3.3.4.1.2.4. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.4.1.2

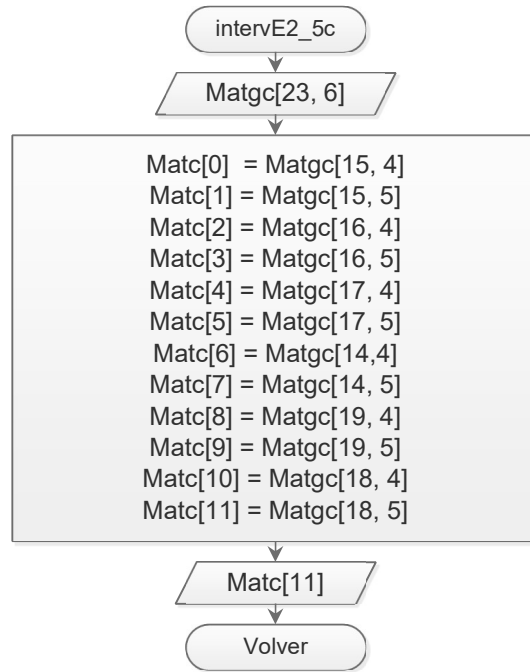


Diagrama 2.2.2.3.3.4.1.2.5. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.4.1.2

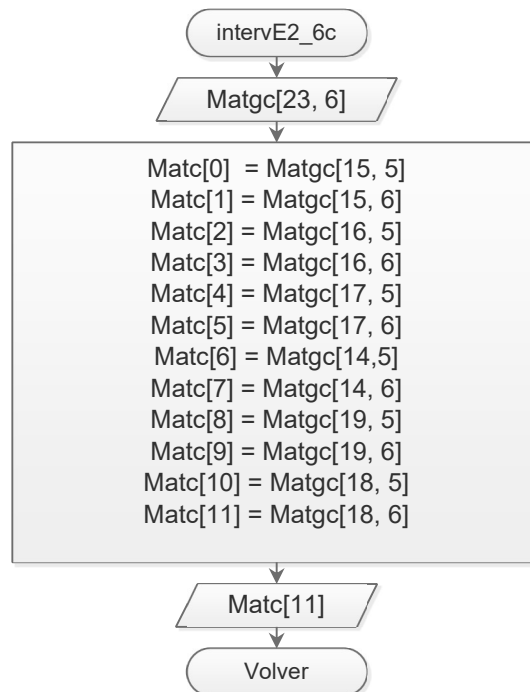


Diagrama 2.2.2.3.3.4.1.2.6. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.4.1.3

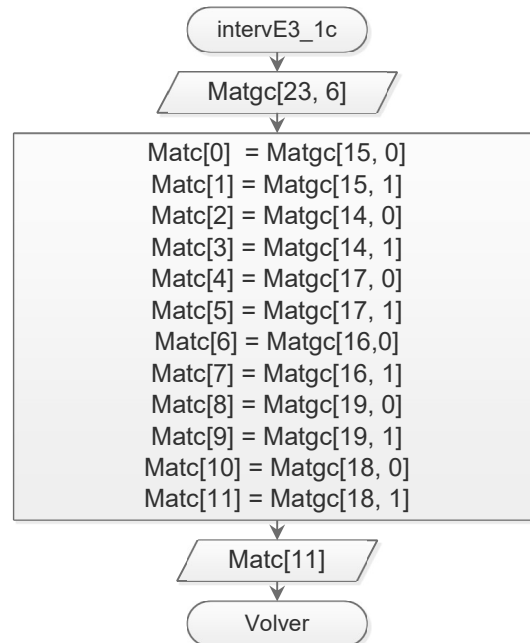


Diagrama 2.2.2.3.3.4.1.3.1. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.4.1.3

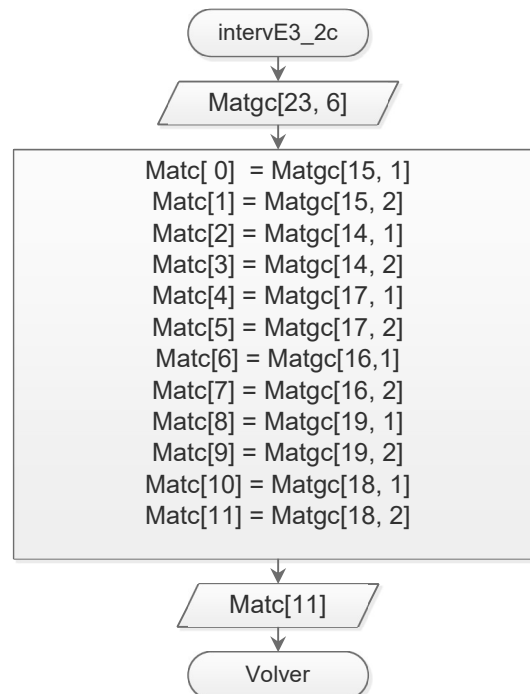


Diagrama 2.2.2.3.3.4.1.3.2. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.4.1.3

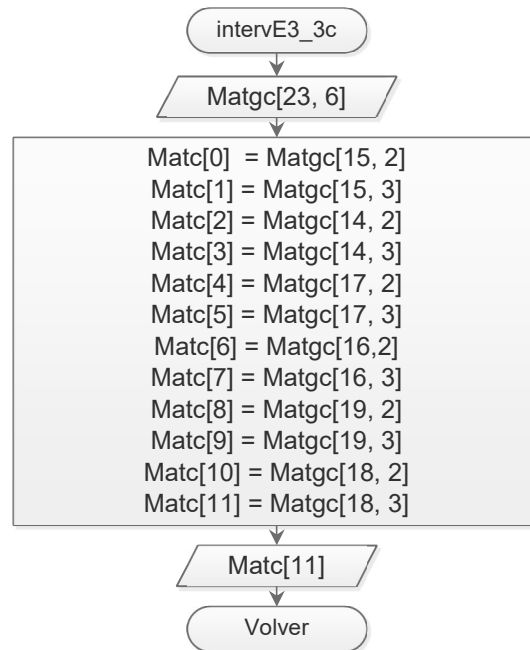


Diagrama 2.2.2.3.3.4.1.3.3. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.4.1.3

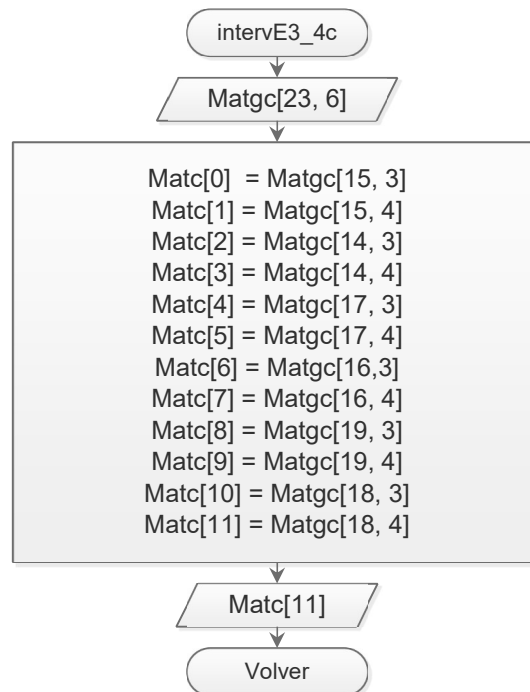


Diagrama 2.2.2.3.3.4.1.3.4. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.4.1.3

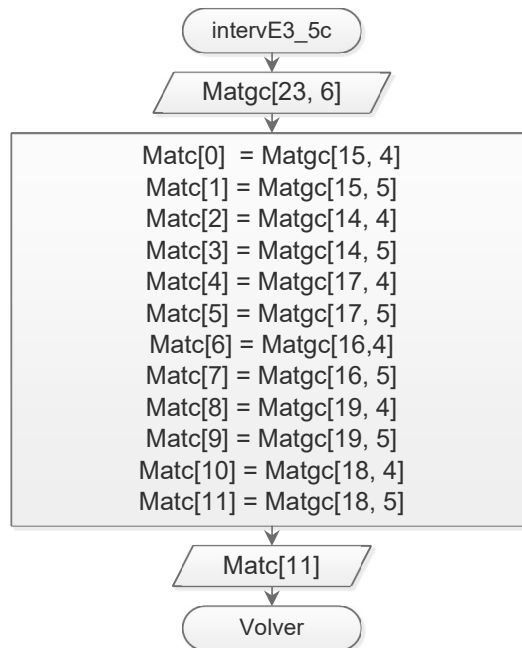


Diagrama 2.2.2.3.3.4.1.3.5. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.4.1.3

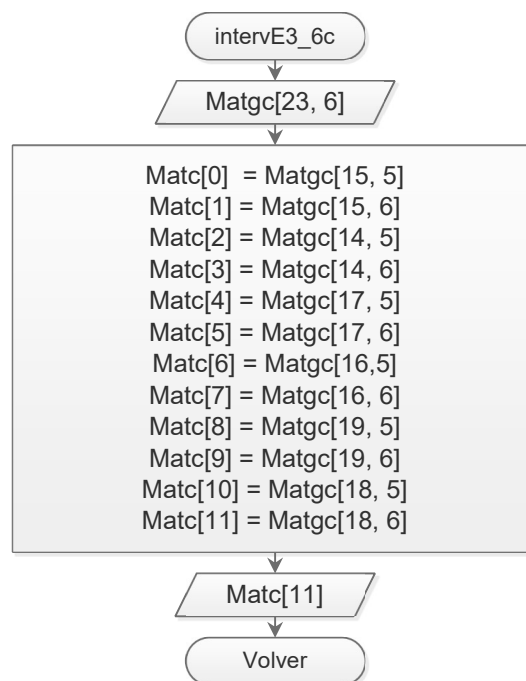


Diagrama 2.2.2.3.3.4.1.3.6. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.4.1.4

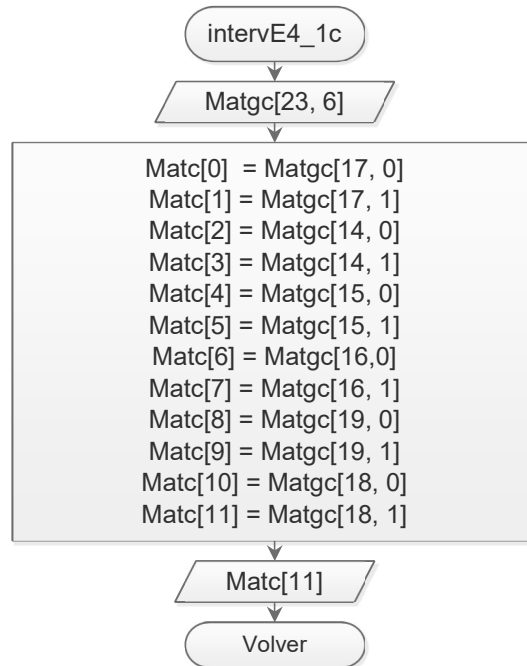


Diagrama 2.2.2.3.3.4.1.4.1. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.4.1.4

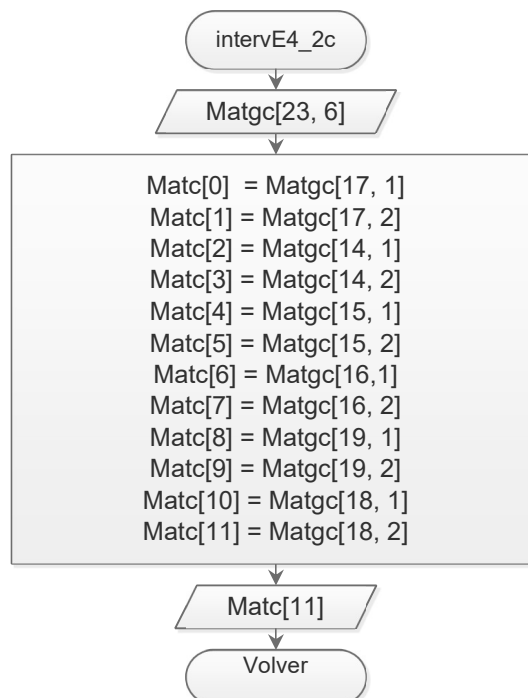


Diagrama 2.2.2.3.3.4.1.4.2. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.4.1.4

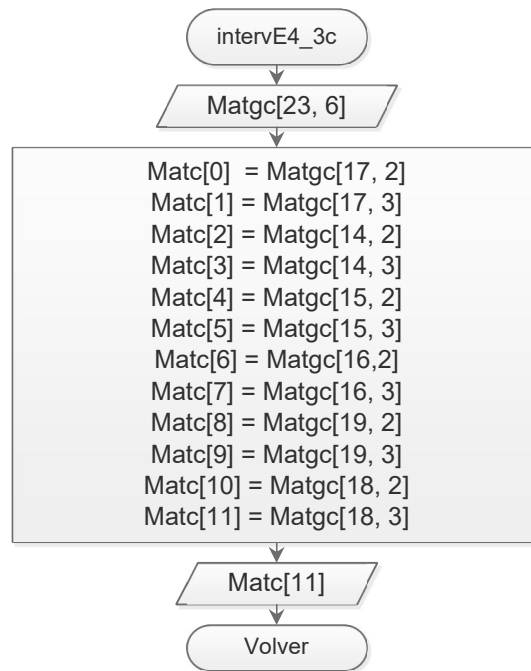


Diagrama 2.2.2.3.3.4.1.4.3. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.4.1.4

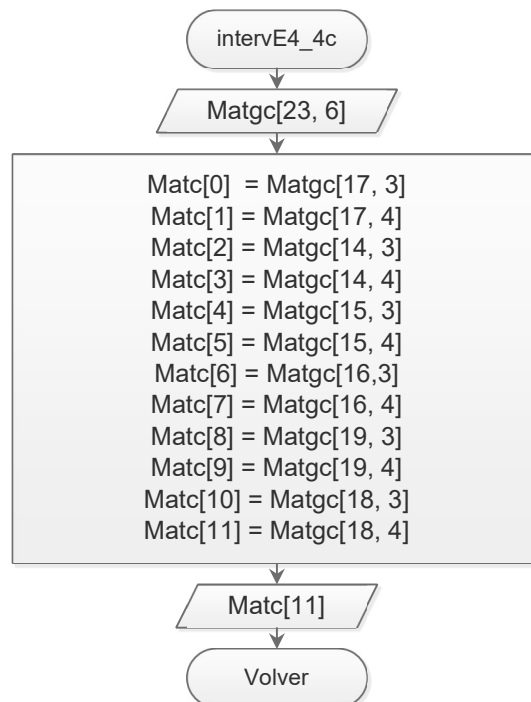


Diagrama 2.2.2.3.3.4.1.4.4. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.4.1.4

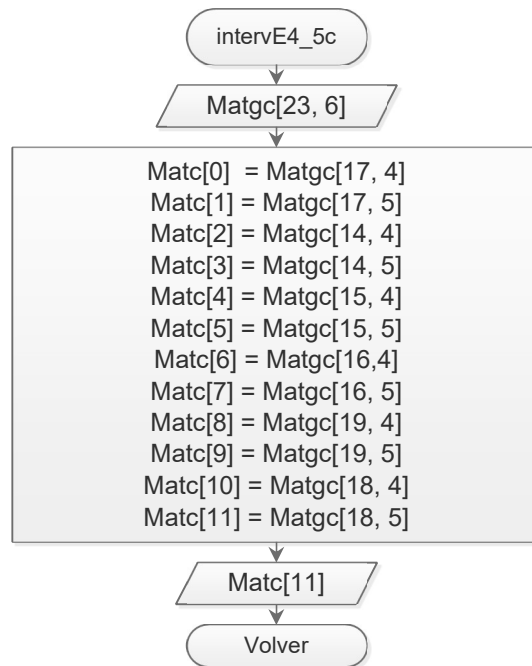


Diagrama 2.2.2.3.3.4.1.4.5. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.4.1.4

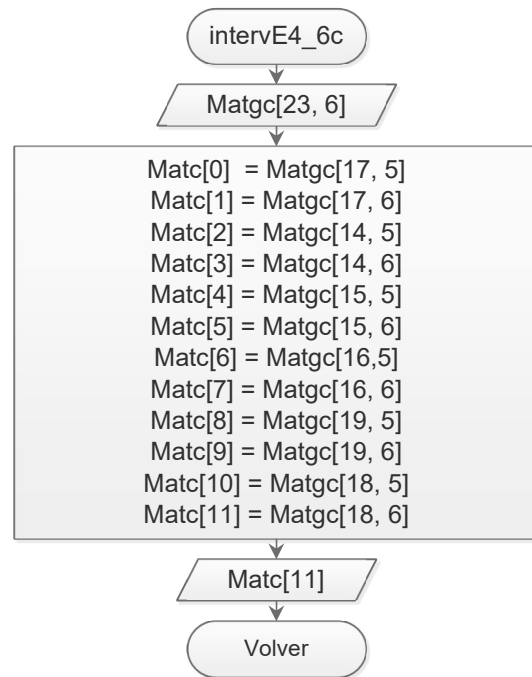


Diagrama 2.2.2.3.3.4.1.4.6. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo que muestra el subproceso empleado en la figura 2.2.2.3.3.4

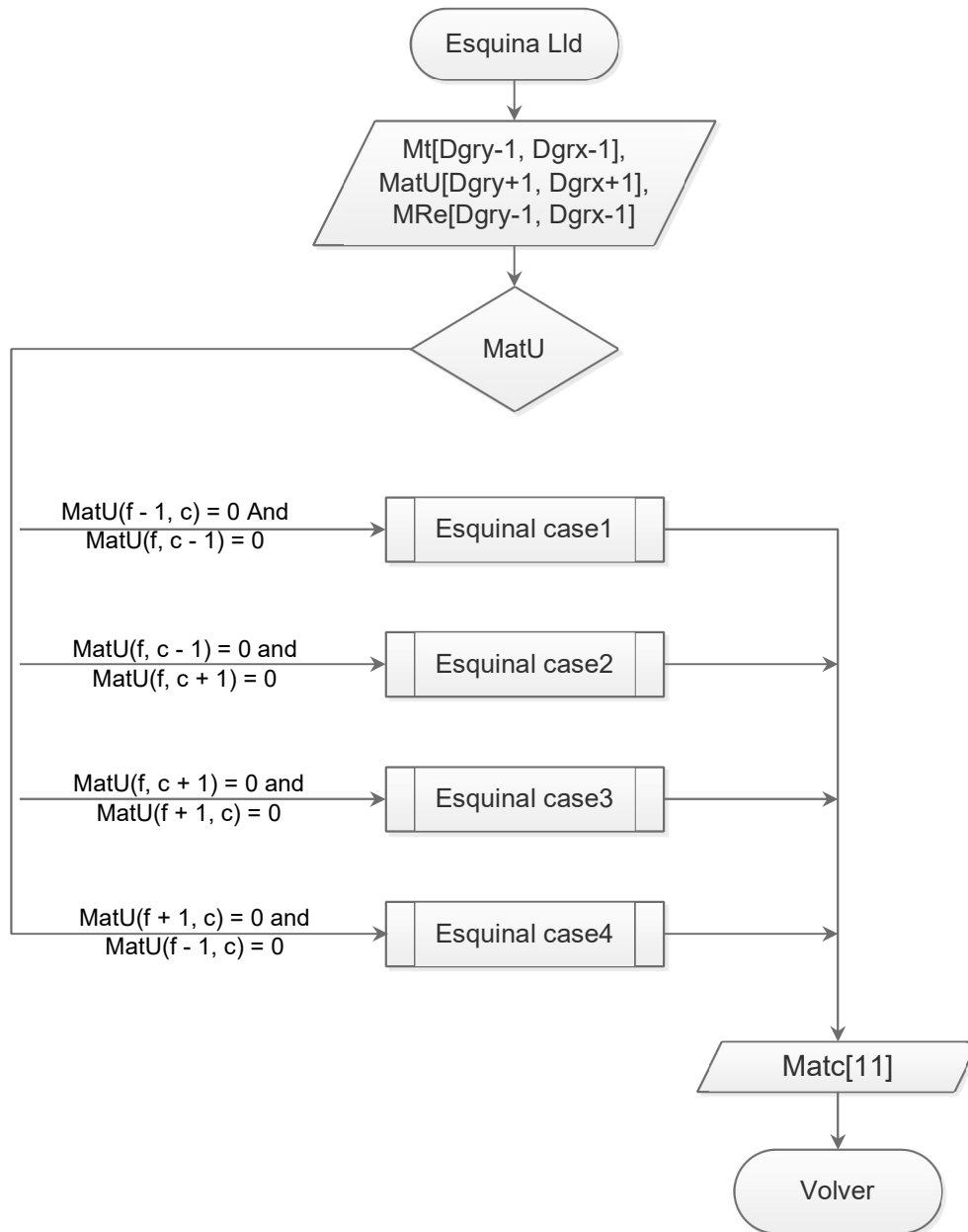


Diagrama 2.2.2.3.3.4.2. Subproceso empleado en la figura 2.2.2.3.3.4

Diagrama de flujo que muestra el subproceso empleado en la figura 2.2.2.3.3.4.2

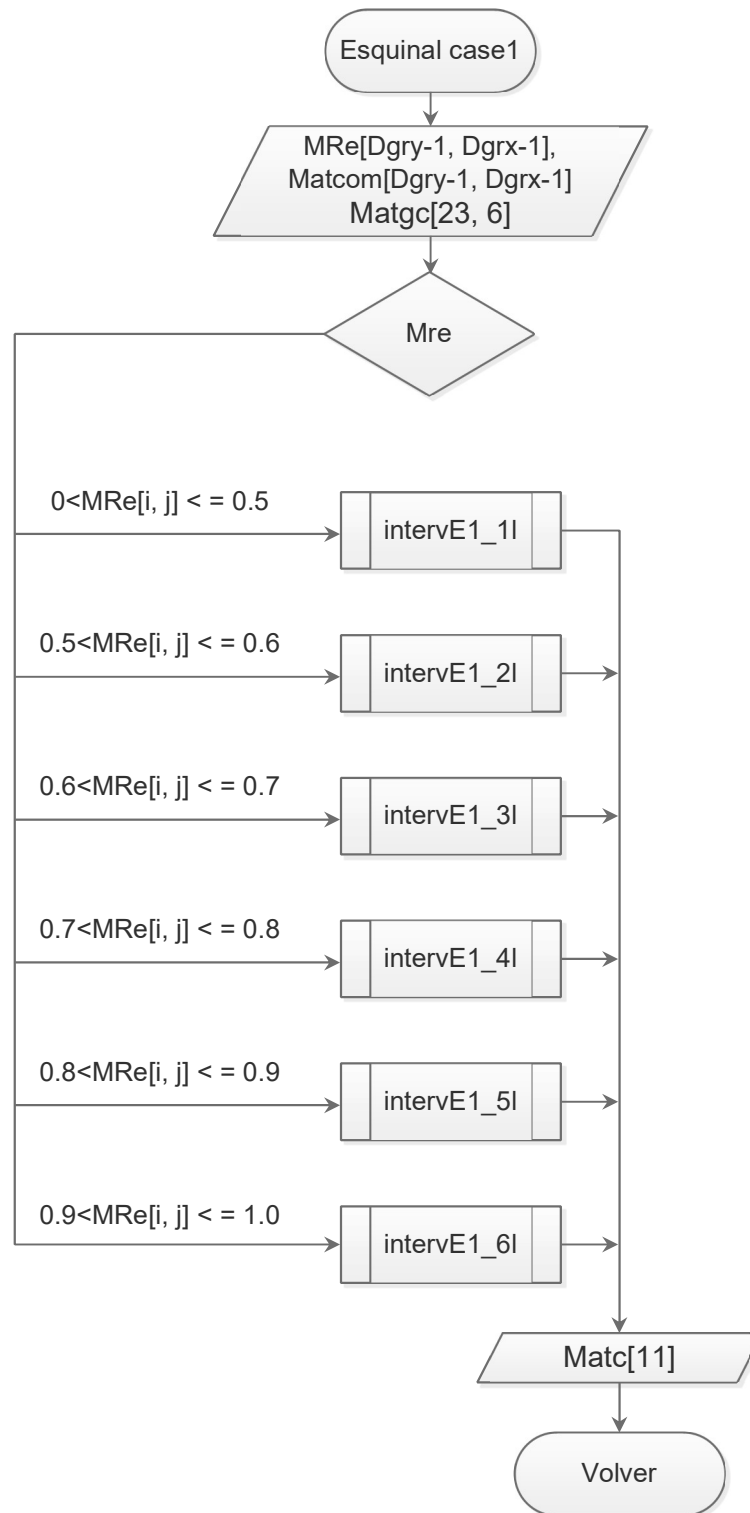


Diagrama 2.2.2.3.3.4.2.1. Subproceso empleado en la figura 2.2.2.3.3.4.2.

Diagrama de flujo que muestra el subproceso empleado en la figura 2.2.2.3.3.4.2

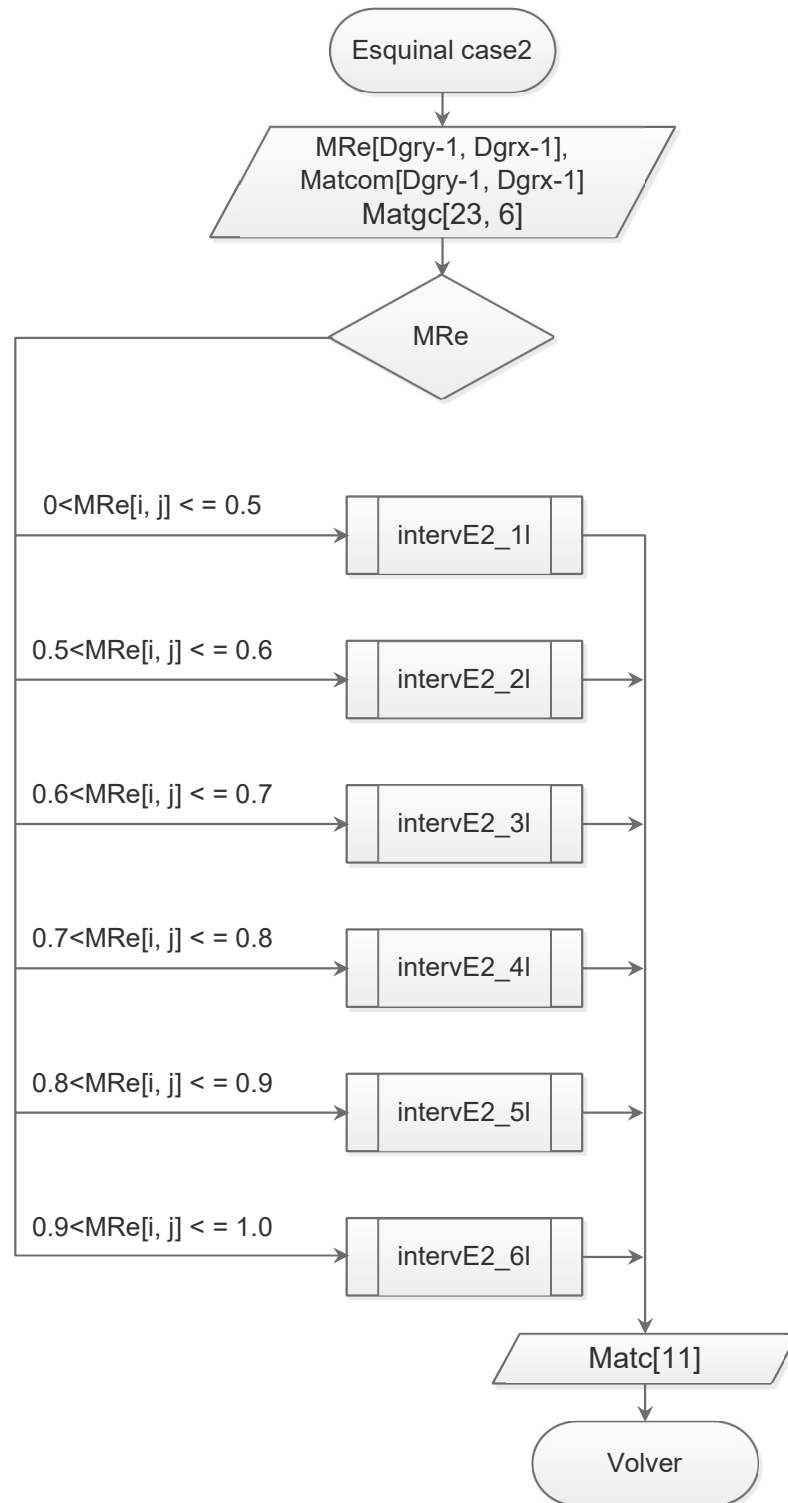


Diagrama 2.2.2.3.3.4.2.2. Subproceso empleado en la figura 2.2.2.3.3.4.2.

Diagrama de flujo que muestra el subproceso empleado en la figura 2.2.2.3.3.4.2

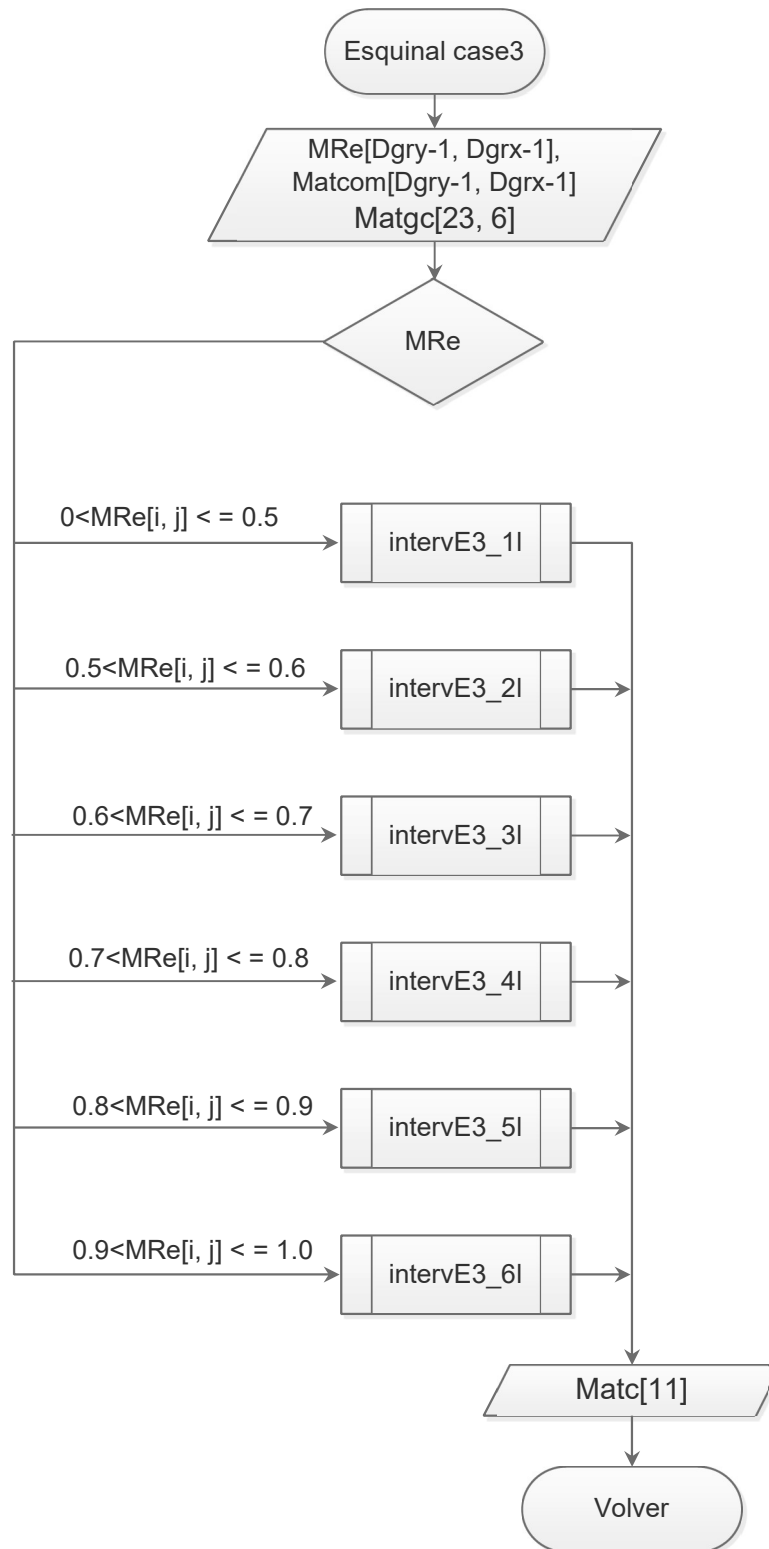


Diagrama 2.2.2.3.3.4.2.3. Subproceso empleado en la figura 2.2.2.3.3.4.2.

Diagrama de flujo que muestra el subproceso empleado en la figura 2.2.2.3.3.4.2

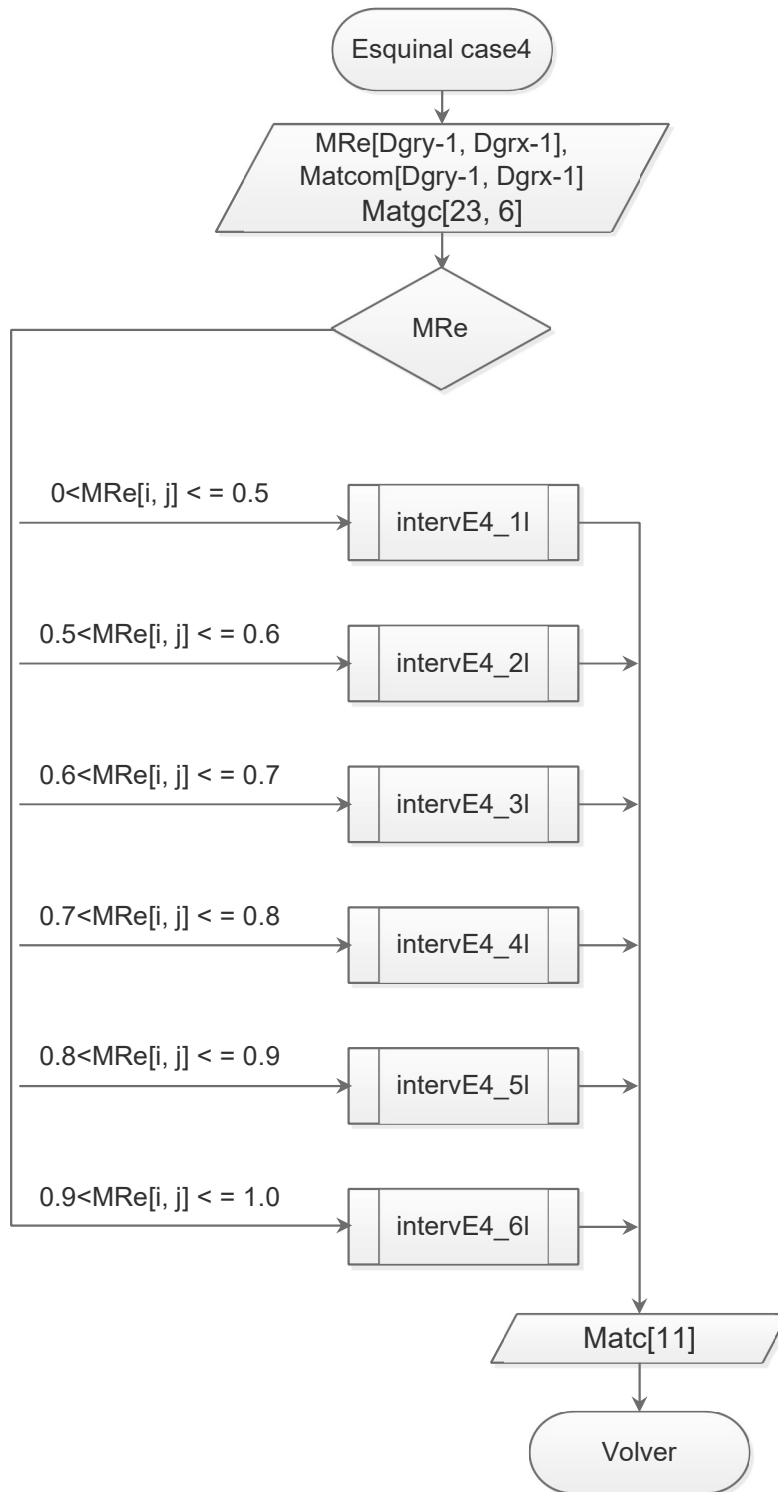


Diagrama 2.2.2.3.3.4.2.4. Subproceso empleado en la figura 2.2.2.3.3.4.2.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.4.2.1

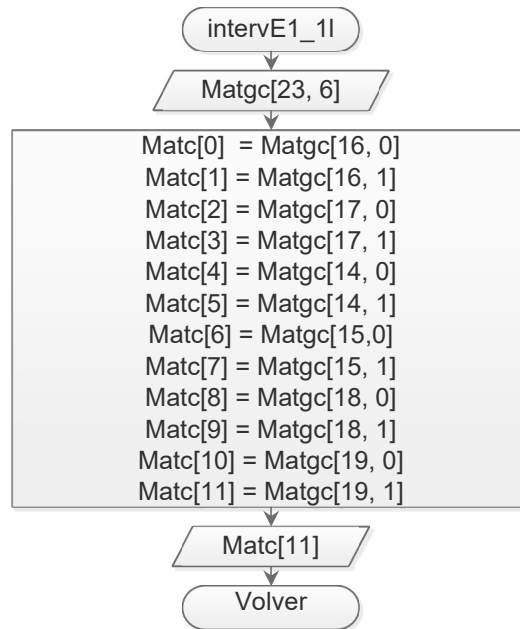


Diagrama 2.2.2.3.3.4.2.1.1. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.4.2.1

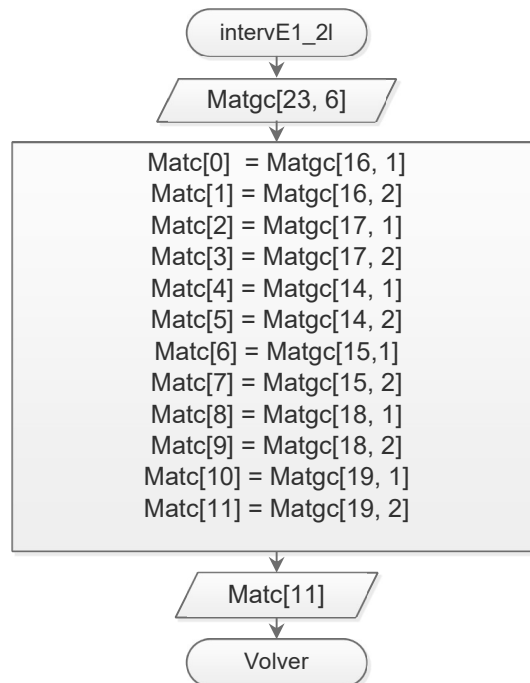


Diagrama 2.2.2.3.3.4.2.1.2. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.4.2.1

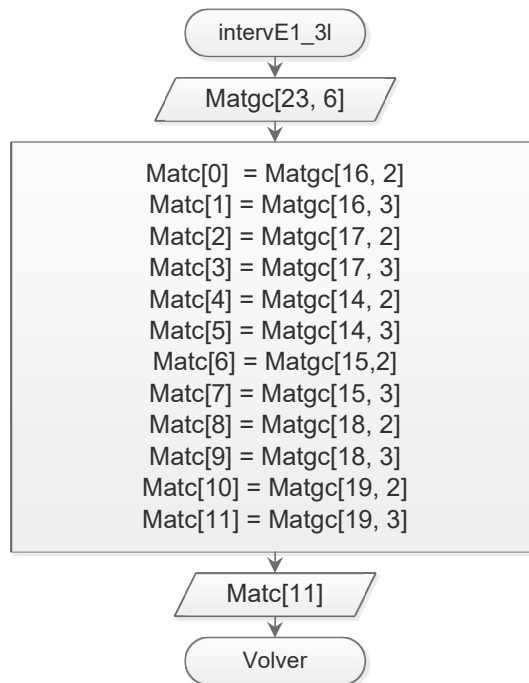


Diagrama 2.2.2.3.3.4.2.1.3. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.4.2.1

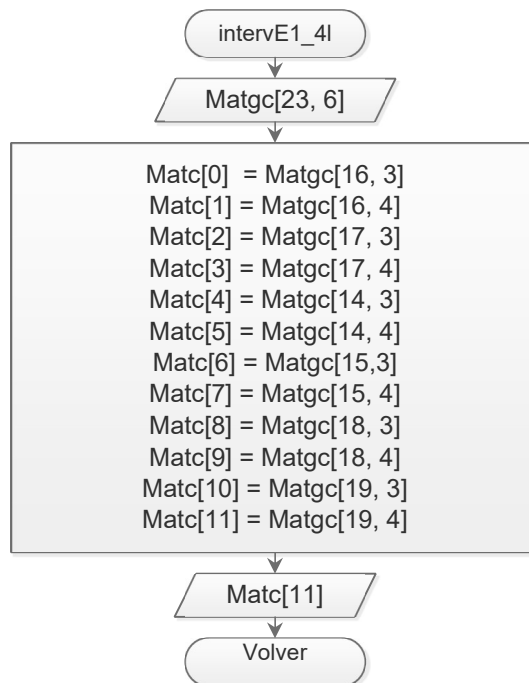


Diagrama 2.2.2.3.3.4.2.1.4. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.4.2.1

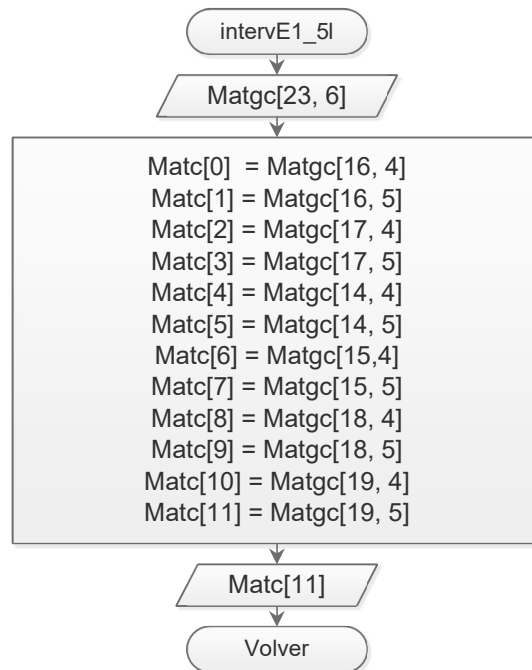


Diagrama 2.2.2.3.3.4.2.1.5. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el Diagrama 2.2.2.3.3.4.2.1

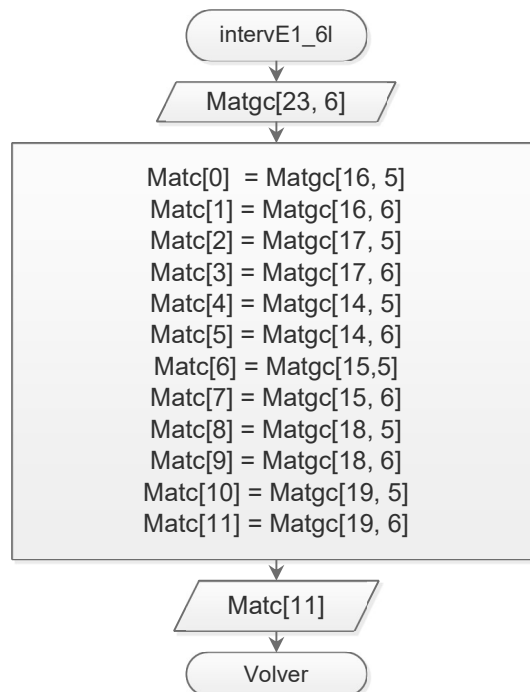


Diagrama 2.2.2.3.3.4.2.1.6. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.4.2.2

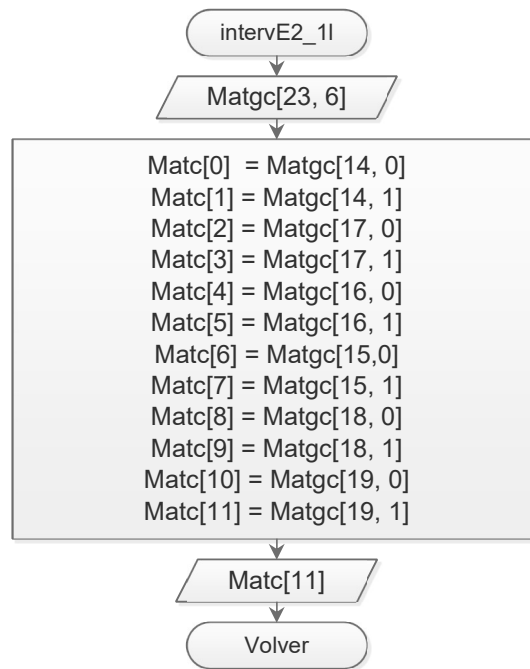


Diagrama 2.2.2.3.3.4.2.2.1. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.4.2.2

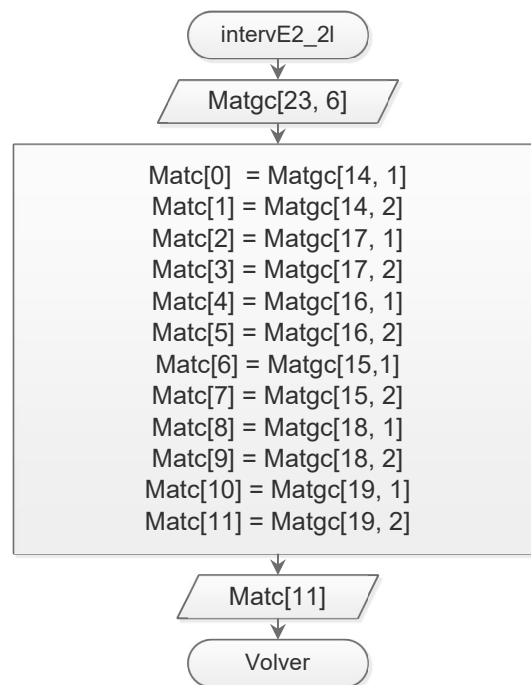


Diagrama 2.2.2.3.3.4.2.2.2. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.4.2.2

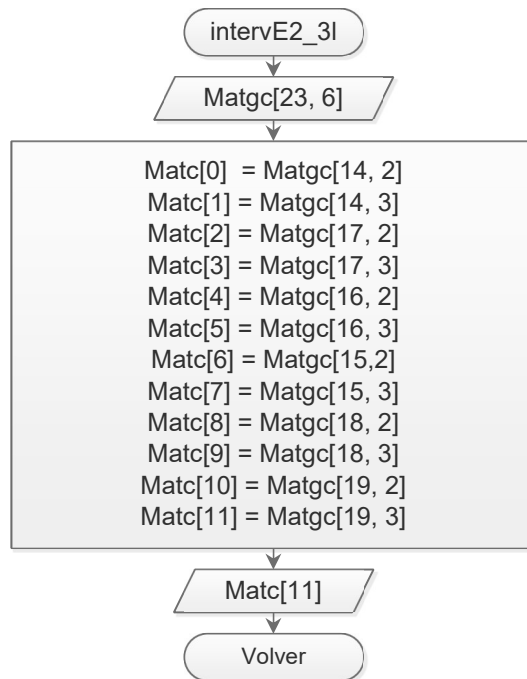


Diagrama 2.2.2.3.3.4.2.2.3. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.4.2.2

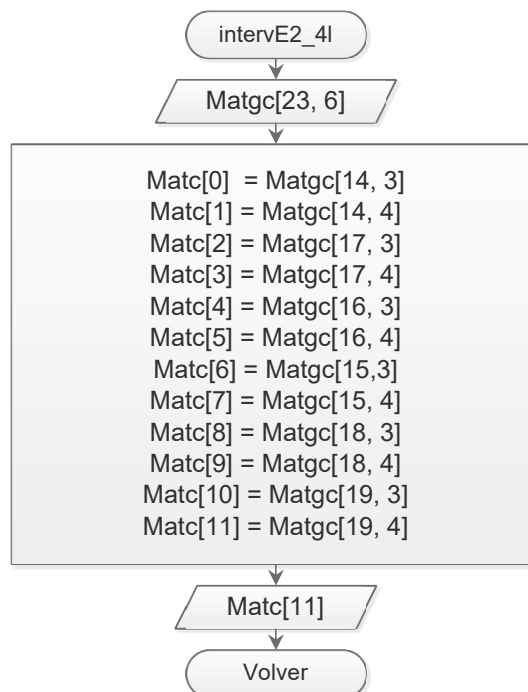


Diagrama 2.2.2.3.3.4.2.2.4. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.4.2.2

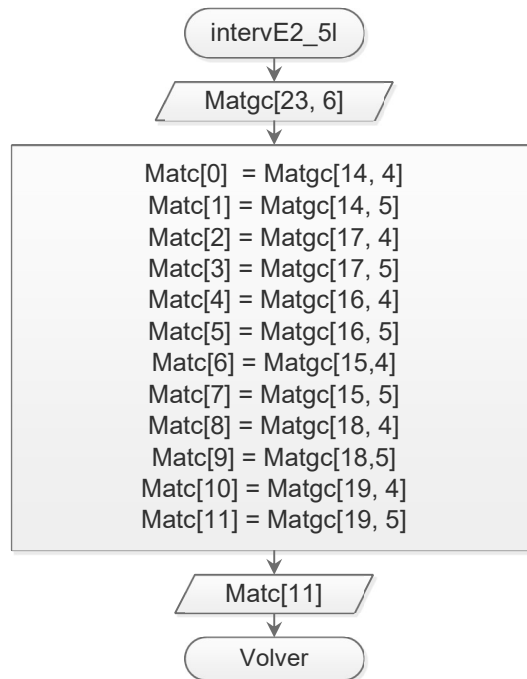


Diagrama 2.2.2.3.3.4.2.2.5. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.4.2.2

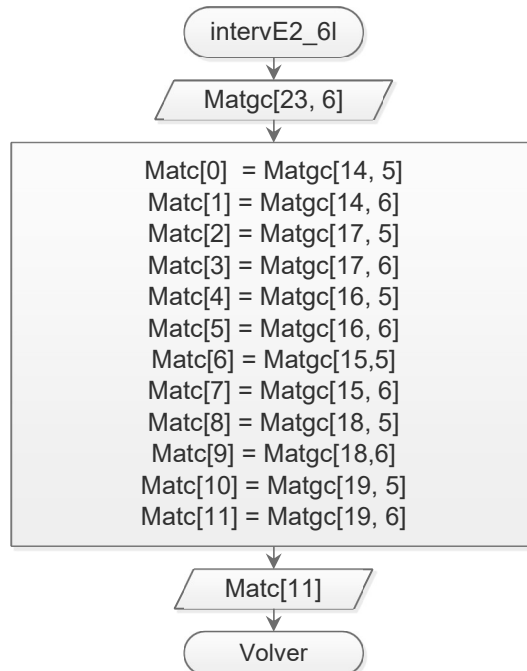


Diagrama 2.2.2.3.3.4.2.2.6. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.4.2.3

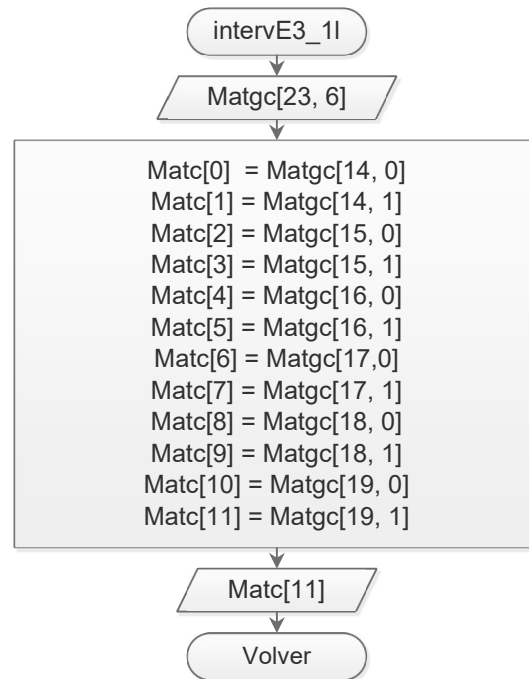


Diagrama 2.2.2.3.3.4.2.3.1. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.4.2.3

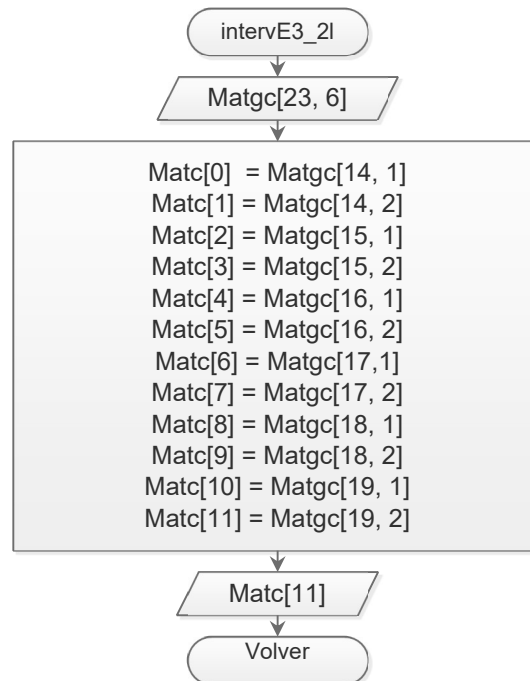


Diagrama 2.2.2.3.3.4.2.3.2. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.4.2.3

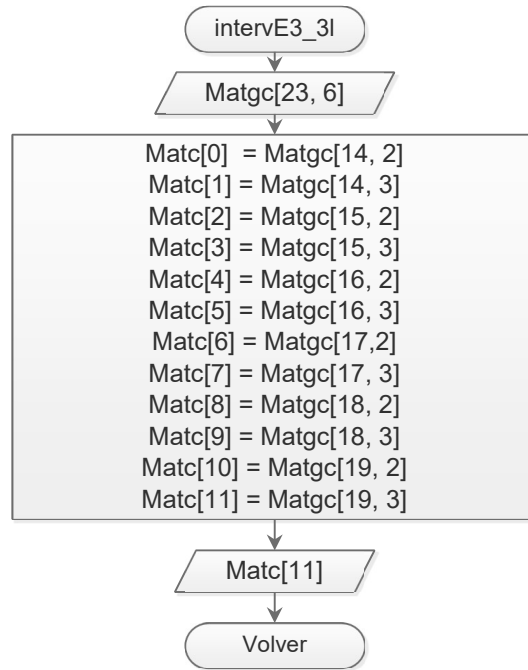


Diagrama 2.2.2.3.3.4.2.3.3. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.4.2.3

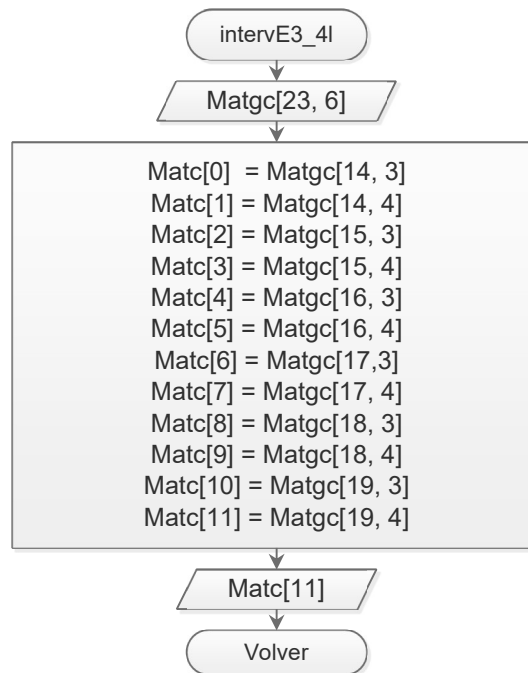


Diagrama 2.2.2.3.3.4.2.3.4. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.4.2.3

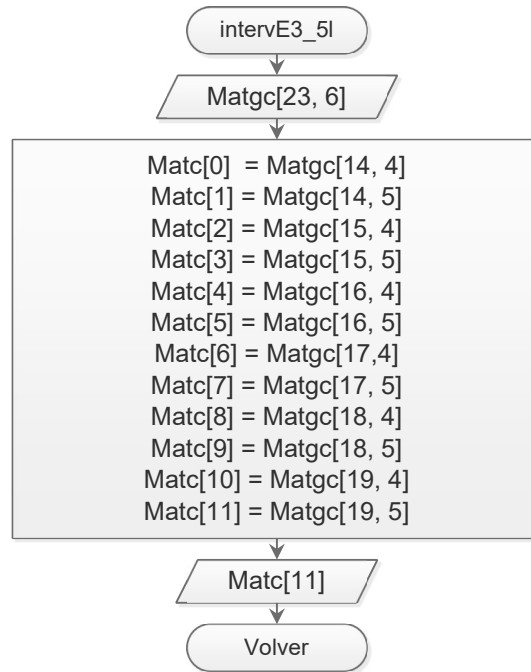


Diagrama 2.2.2.3.3.4.2.3.5. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.4.2.3

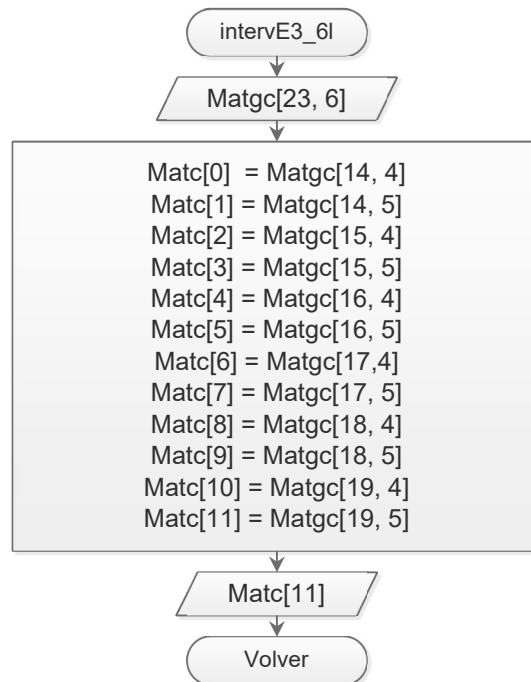


Diagrama 2.2.2.3.3.4.2.3.6. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.4.2.4

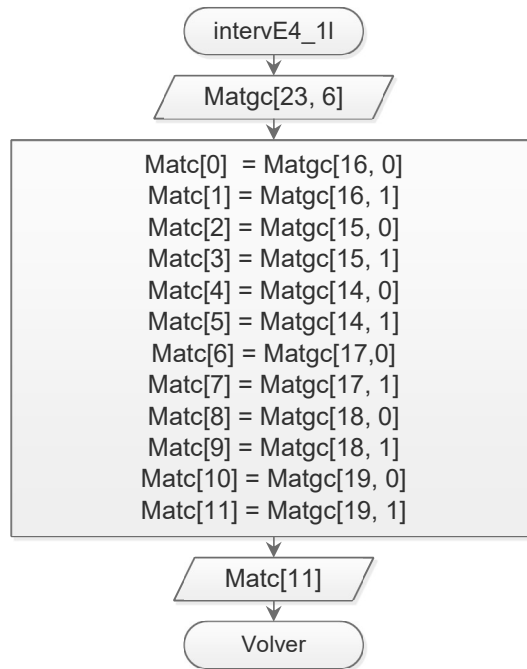


Diagrama 2.2.2.3.3.4.2.4.1. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.4.2.4

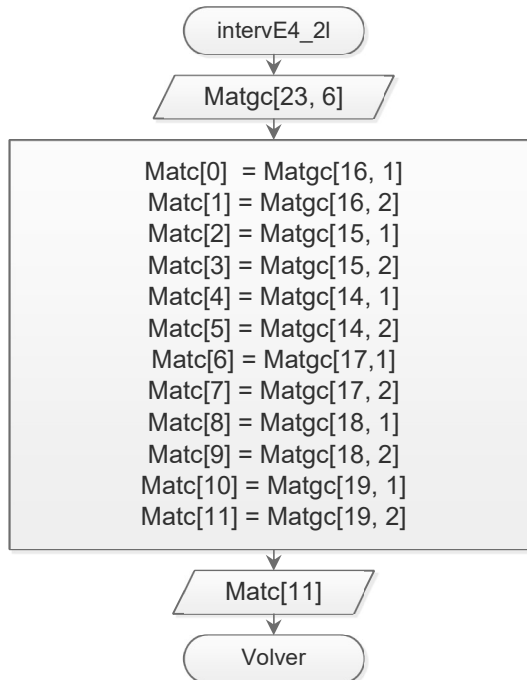


Diagrama 2.2.2.3.3.4.2.4.2. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.4.2.4

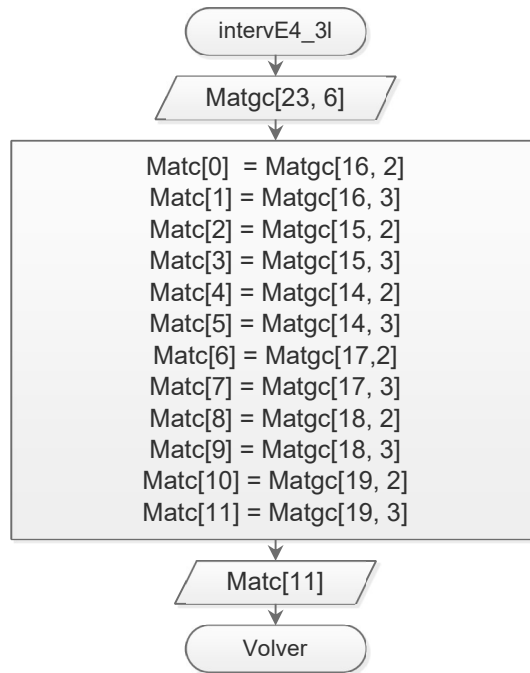


Diagrama 2.2.2.3.3.4.2.4.3. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.4.2.4

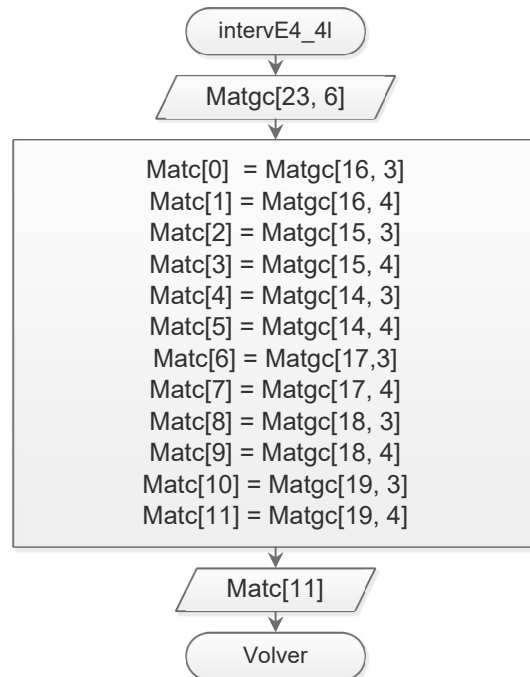


Diagrama 2.2.2.3.3.4.2.4.4. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.4.2.4

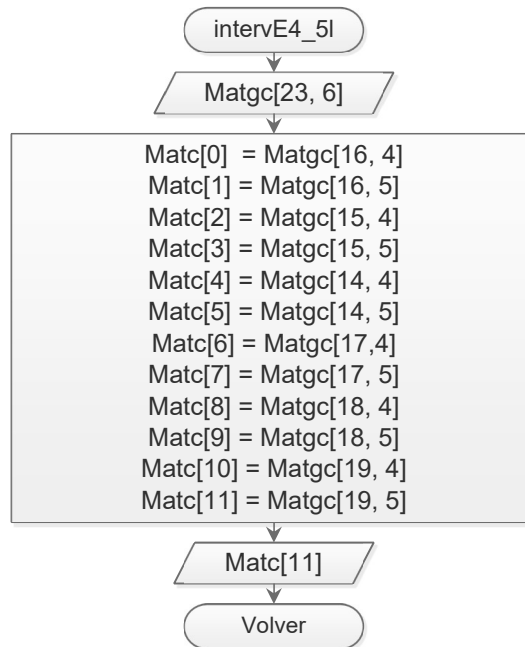


Diagrama 2.2.2.3.3.4.2.4.5. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.4.2.4

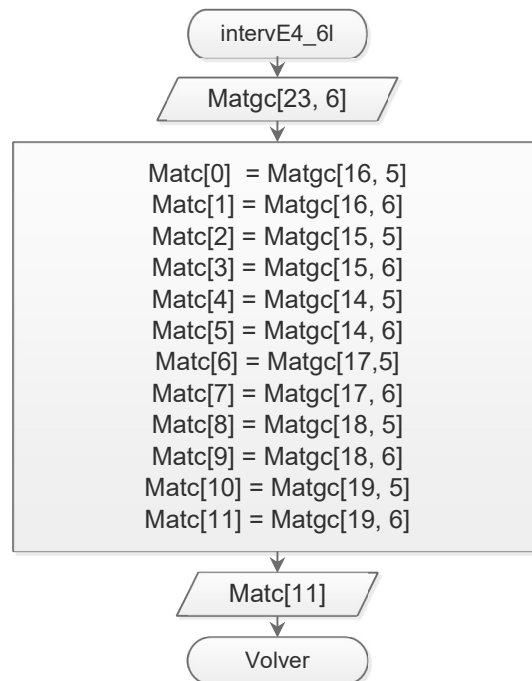


Diagrama 2.2.2.3.3.4.2.4.6. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo que muestra la ruta para obtener los coeficientes de tableros clasificados como “aislado”

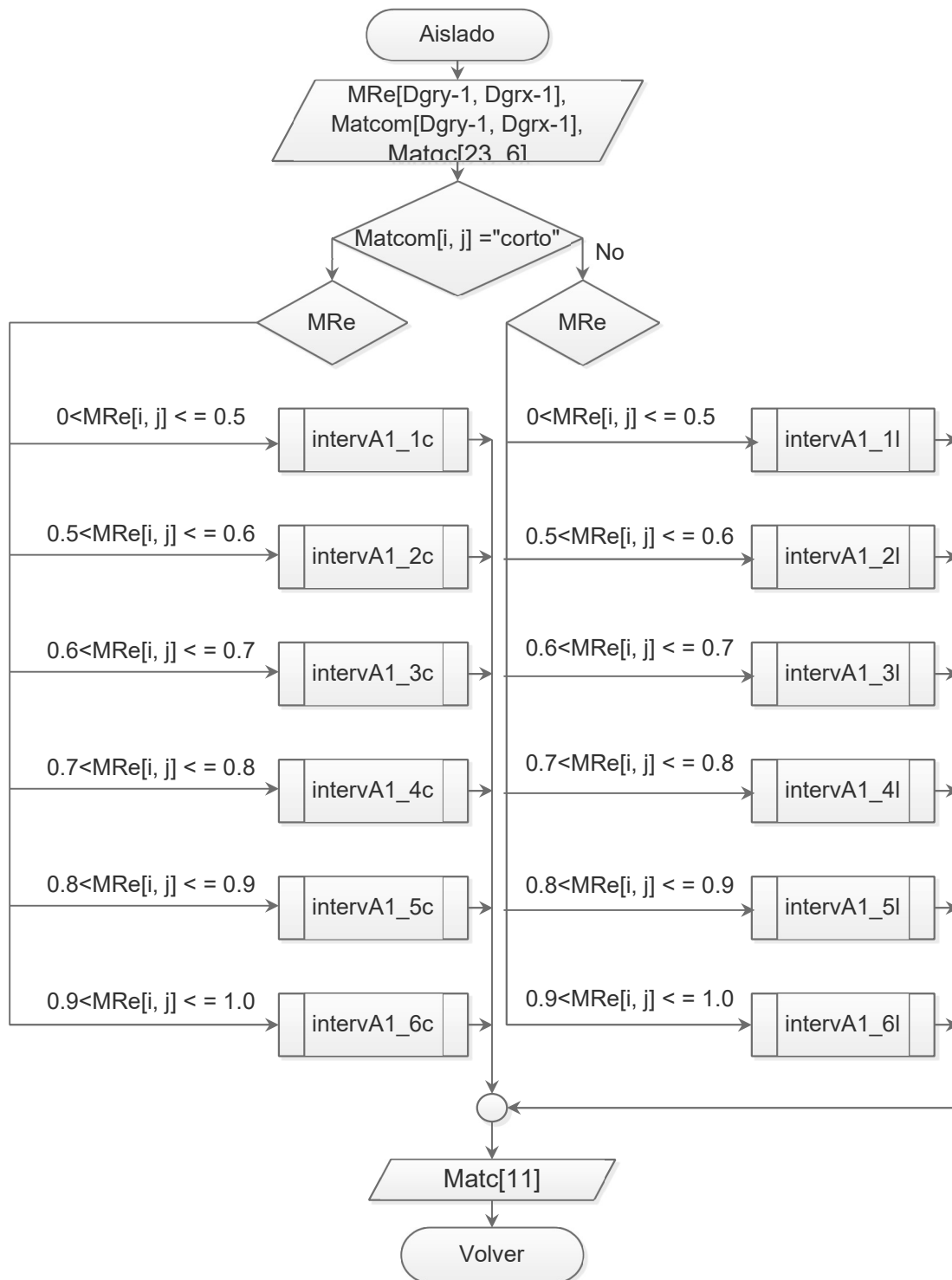


Diagrama 2.2.2.3.3.5. Diagrama de flujo que muestra de forma general la obtención de los coeficientes.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.5

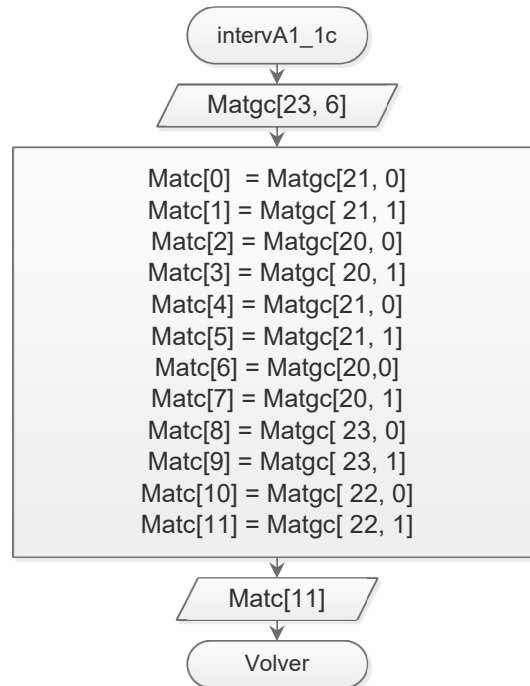


Diagrama 2.2.2.3.3.5.1. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.5

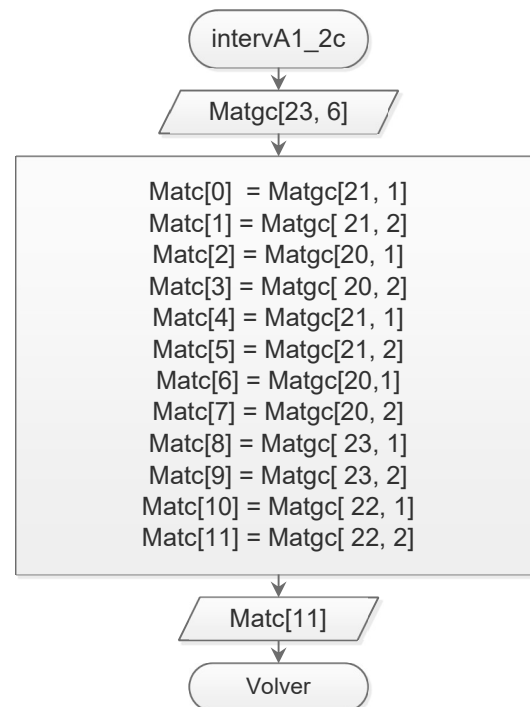


Diagrama 2.2.2.3.3.5.2. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.5

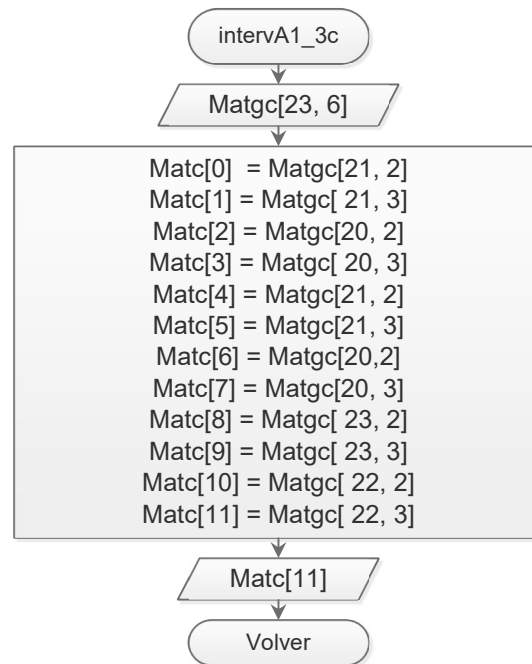


Diagrama 2.2.2.3.3.5.3. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.5

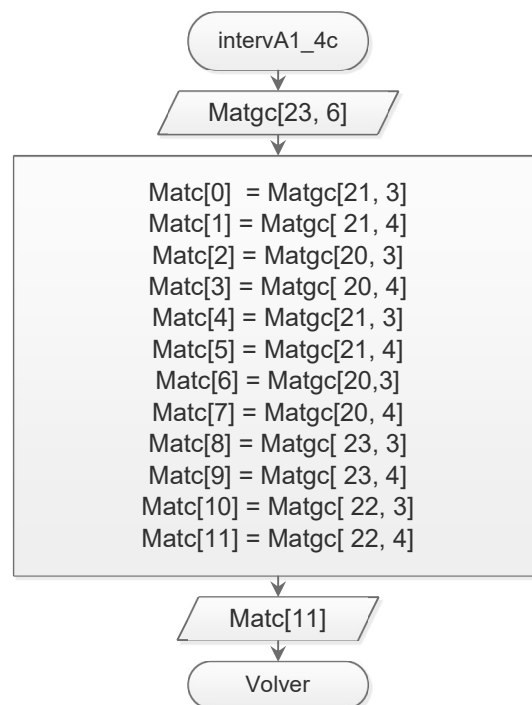


Diagrama 2.2.2.3.3.5.4. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.5

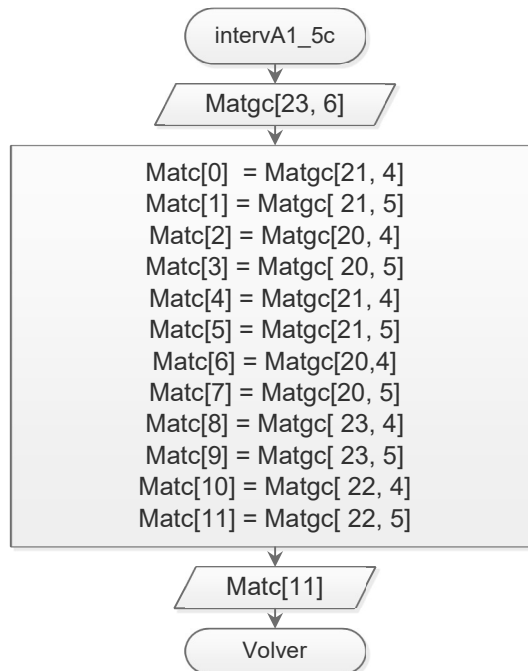


Diagrama 2.2.2.3.3.5.5. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.5

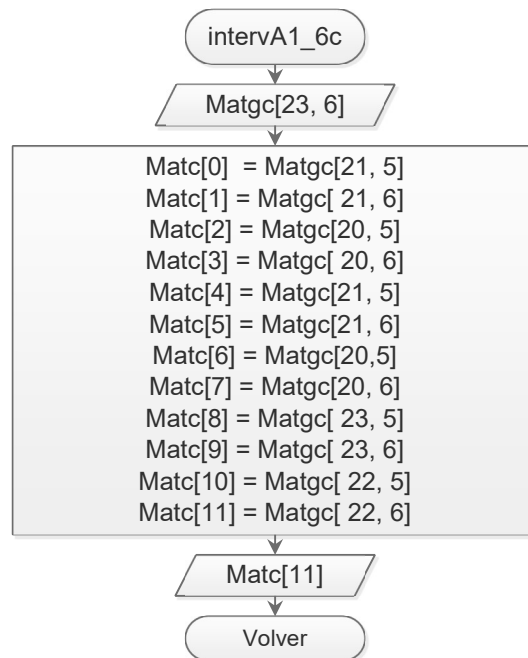


Diagrama 2.2.2.3.3.5.6. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.5

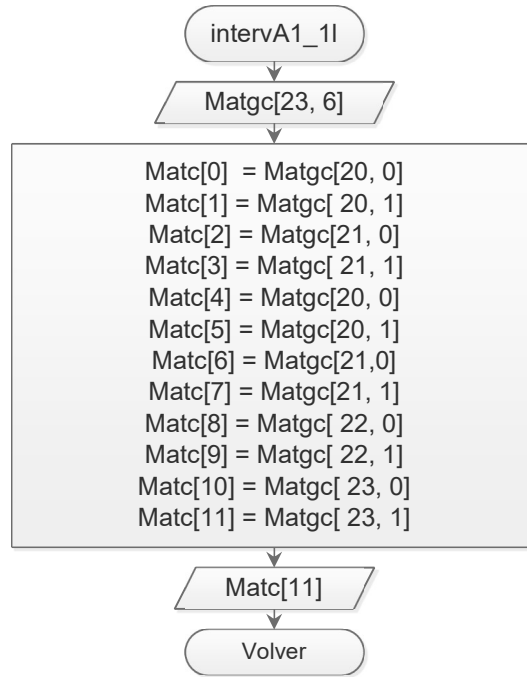


Diagrama 2.2.2.3.3.5.7. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.5

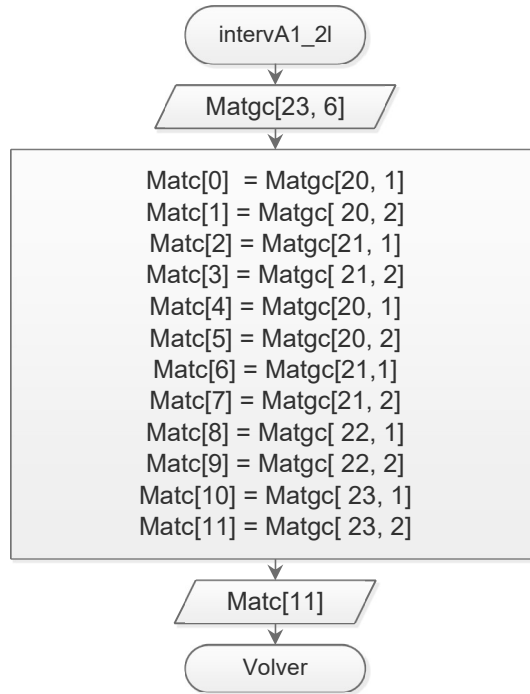


Diagrama 2.2.2.3.3.5.8. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.5

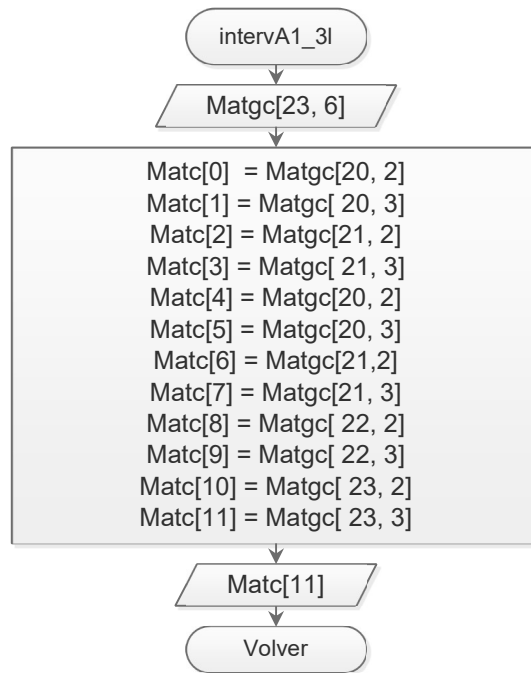


Diagrama 2.2.2.3.3.5.9. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.5

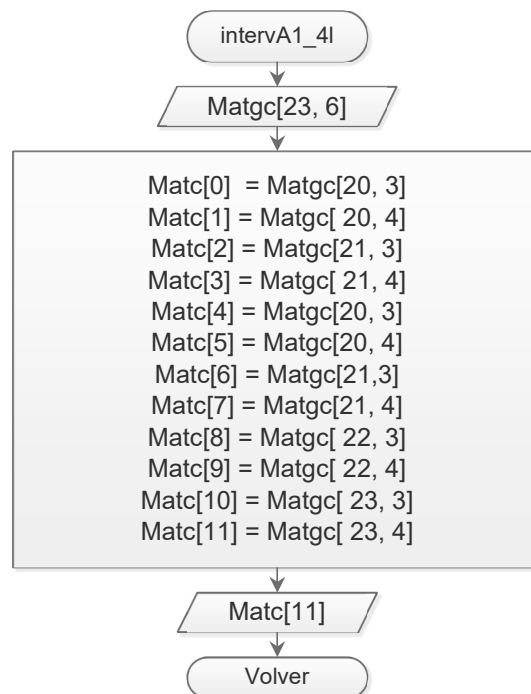


Diagrama 2.2.2.3.3.5.10. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.5

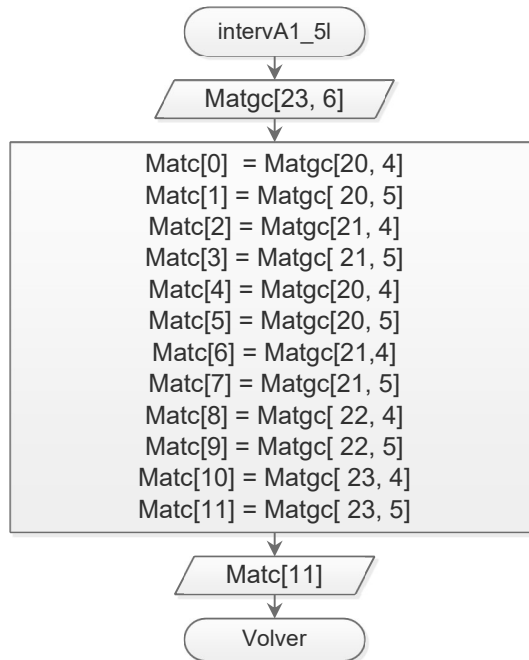


Diagrama 2.2.2.3.3.5.11. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.5

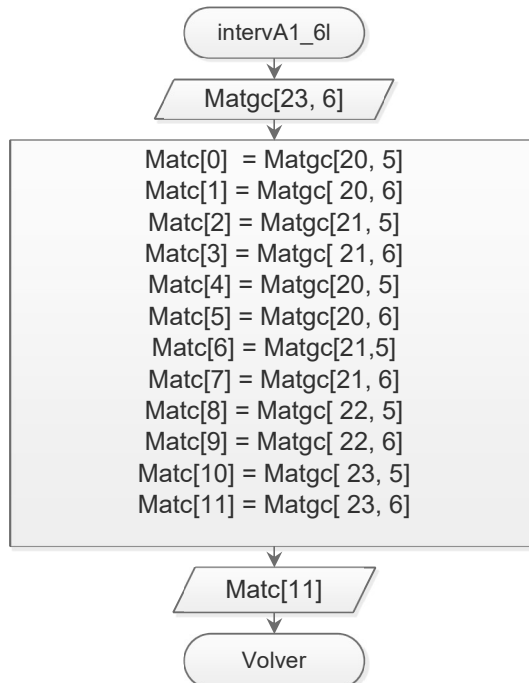


Diagrama 2.2.2.3.3.5.12. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo que muestra la ruta para obtener los coeficientes de tableros clasificados como “extremo un lado corto continuo”

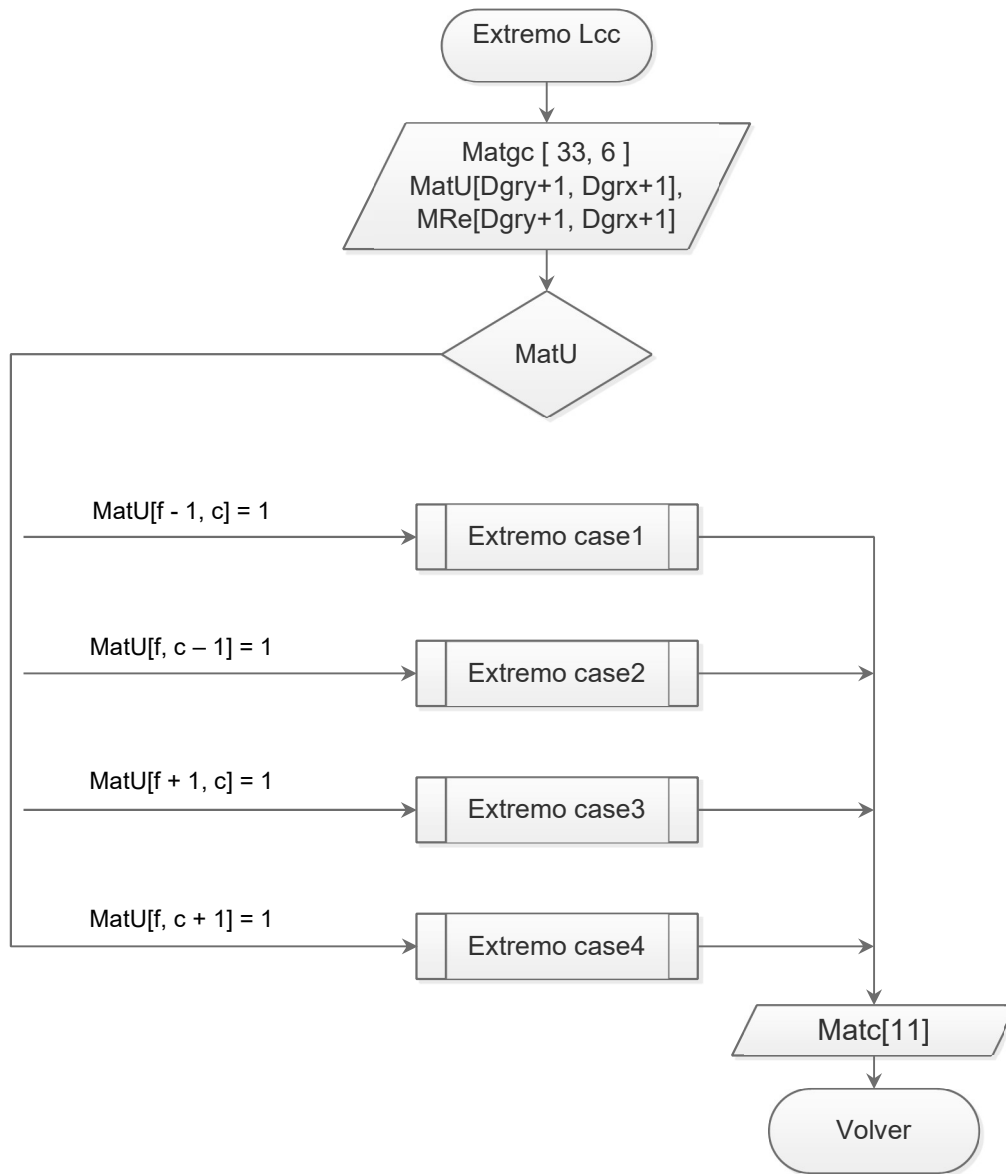


Diagrama 2.2.2.3.3.6. Diagrama de flujo que muestra de forma general la obtención de los coeficientes.

Diagrama de flujo que muestra el subproceso empleado en la figura 2.2.2.3.3.6

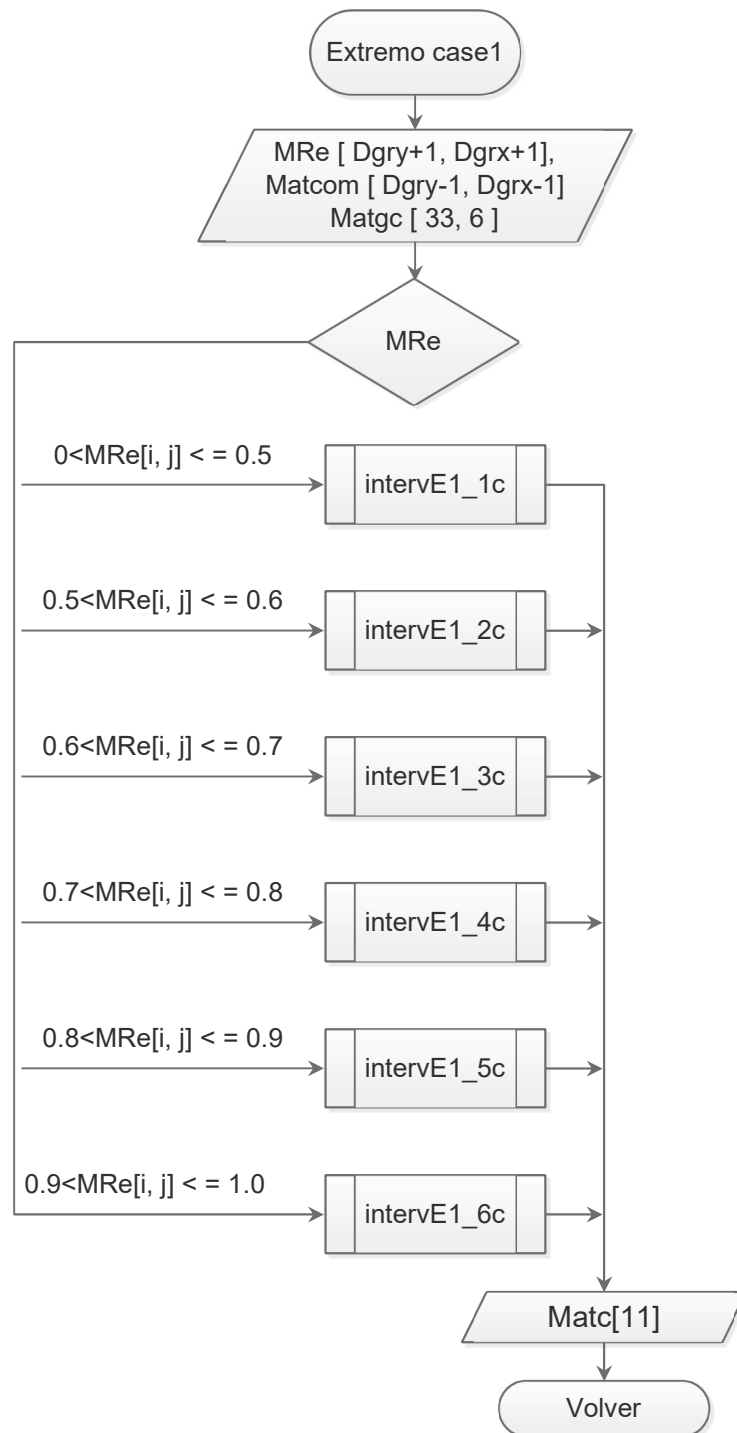


Diagrama 2.2.2.3.3.6.1. Subproceso empleado en la figura 2.2.2.3.3.6.

Diagrama de flujo que muestra el subproceso empleado en la figura 2.2.2.3.3.6

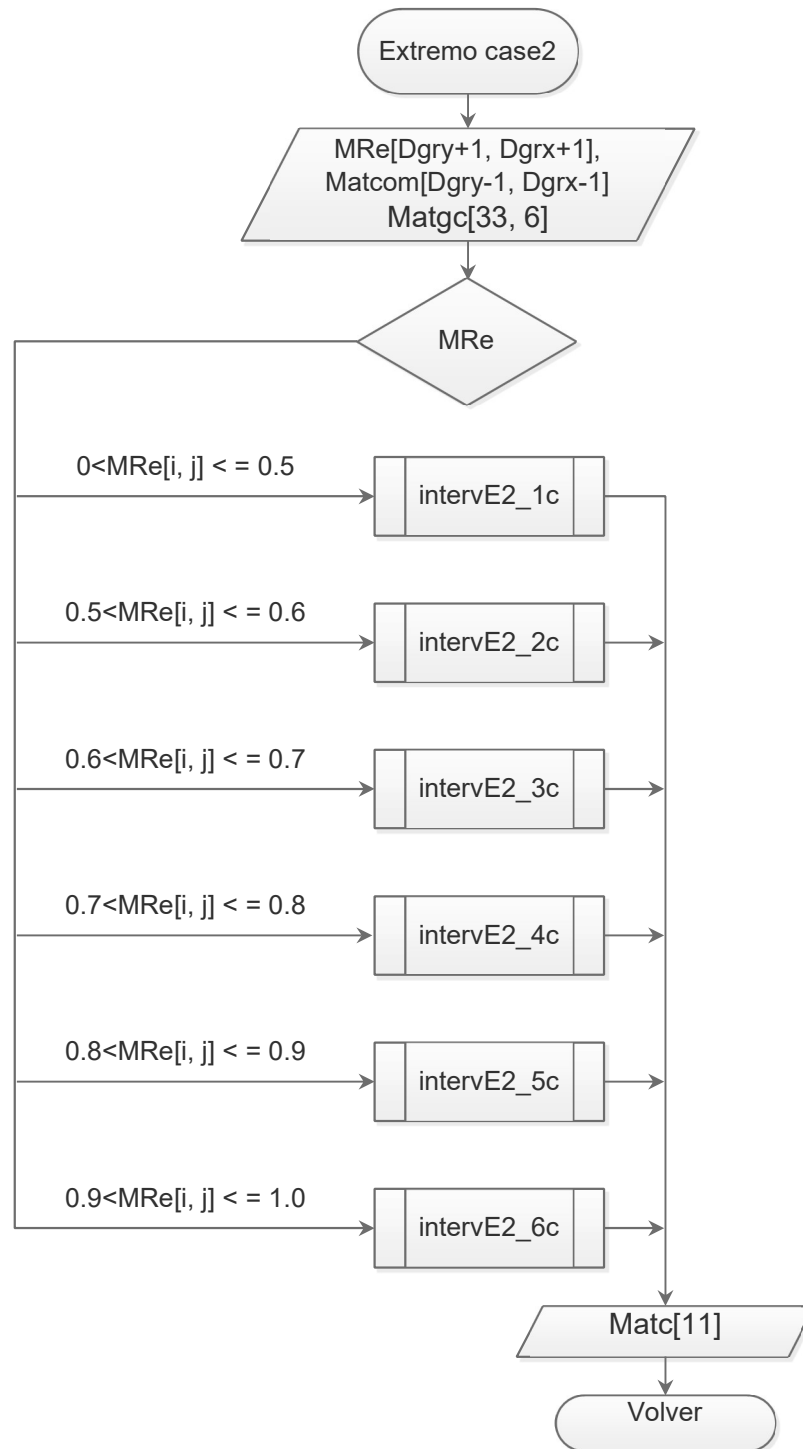


Diagrama 2.2.2.3.3.6.2. Subproceso empleado en la figura 2.2.2.3.3.6.

Diagrama de flujo que muestra el subproceso empleado en la figura 2.2.2.3.3.6

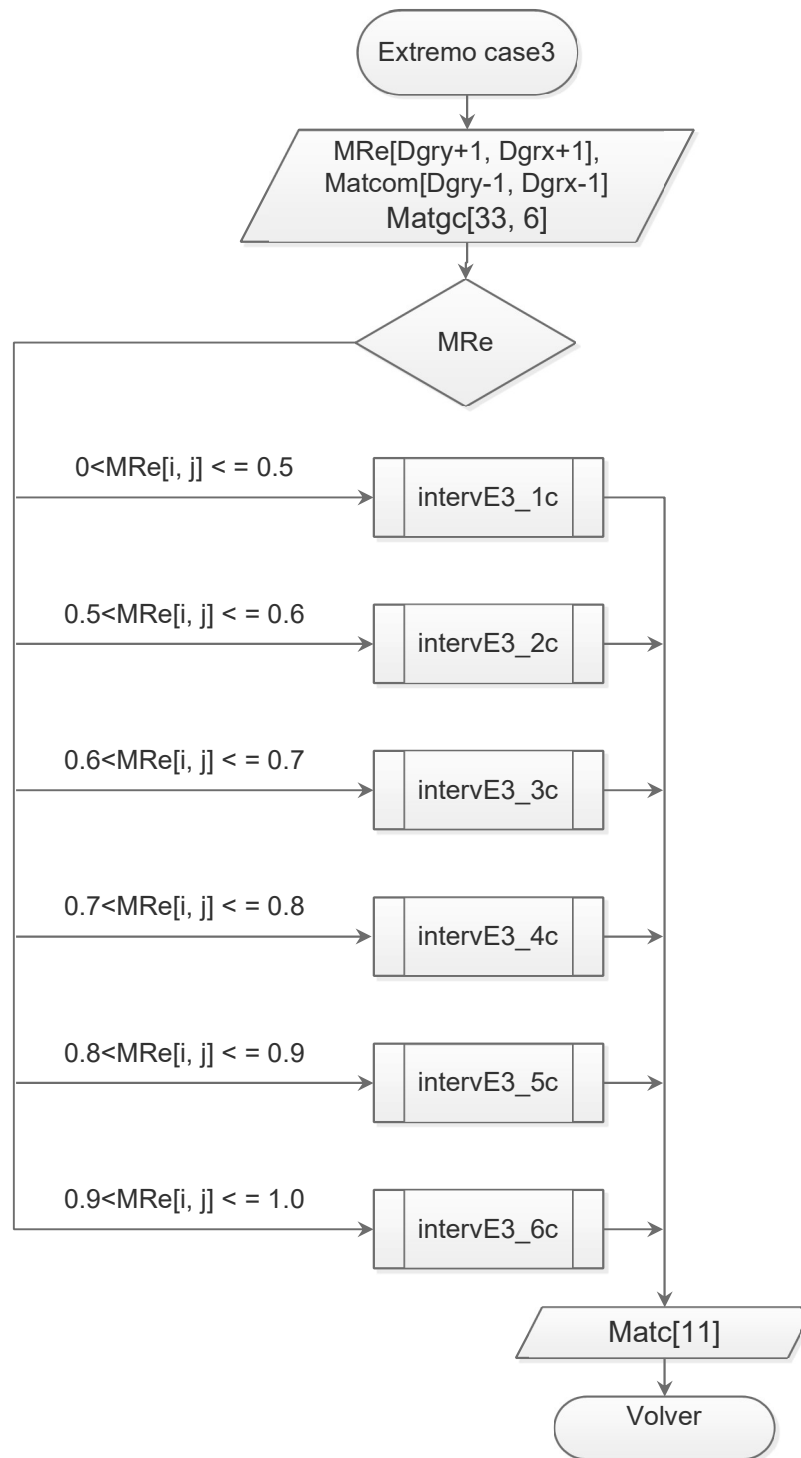


Diagrama 2.2.2.3.3.6.3. Subproceso empleado en la figura 2.2.2.3.3.6.

Diagrama de flujo que muestra el subproceso empleado en la figura 2.2.2.3.3.6

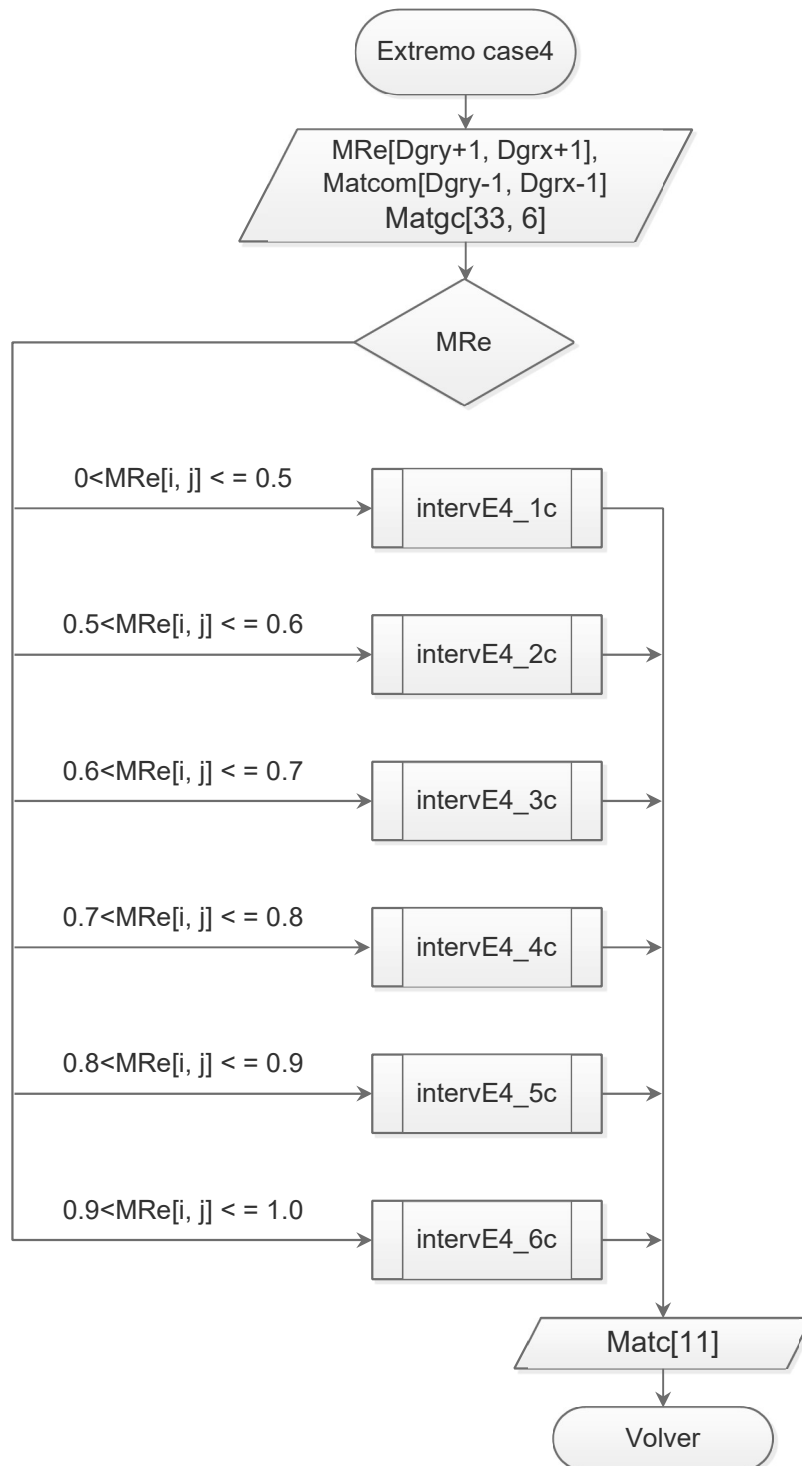


Diagrama 2.2.2.3.3.6.4. Subproceso empleado en la figura 2.2.2.3.3.6.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.6.1

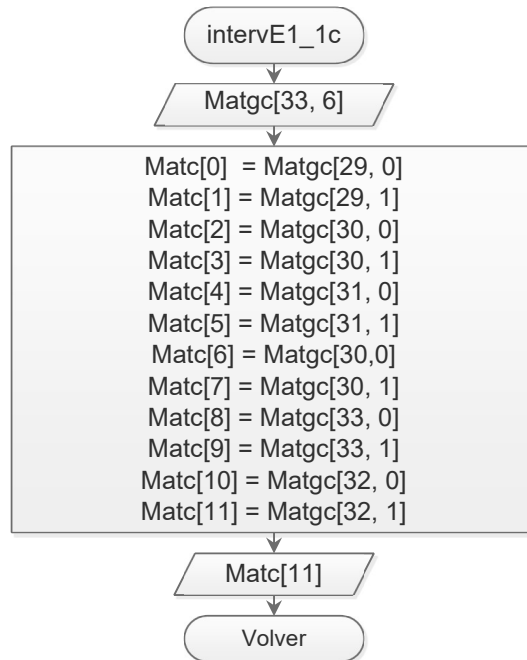


Diagrama 2.2.2.3.3.6.1.1. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.6.1

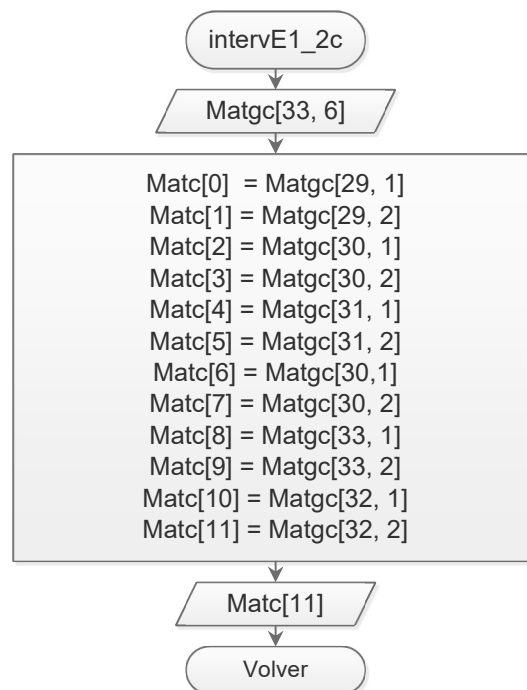


Diagrama 2.2.2.3.3.6.1.2. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.6.1

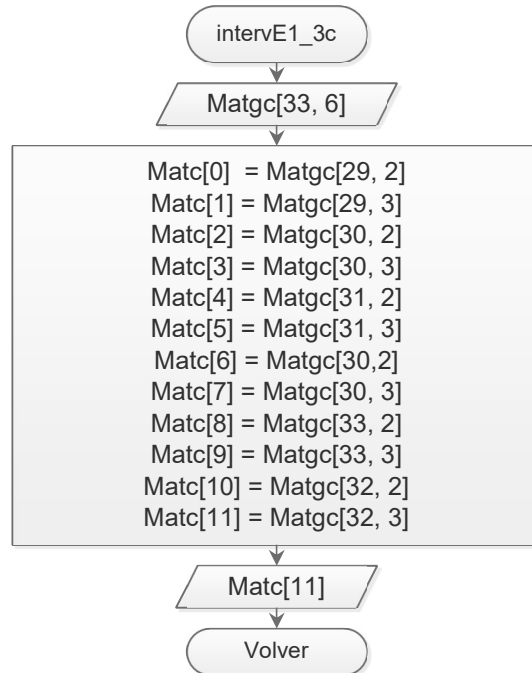


Diagrama 2.2.2.3.3.6.1.3. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.6.1

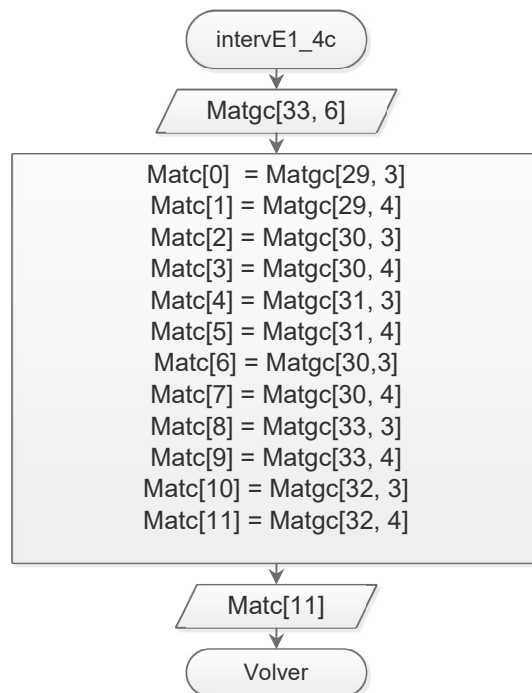


Diagrama 2.2.2.3.3.6.1.4. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.6.1

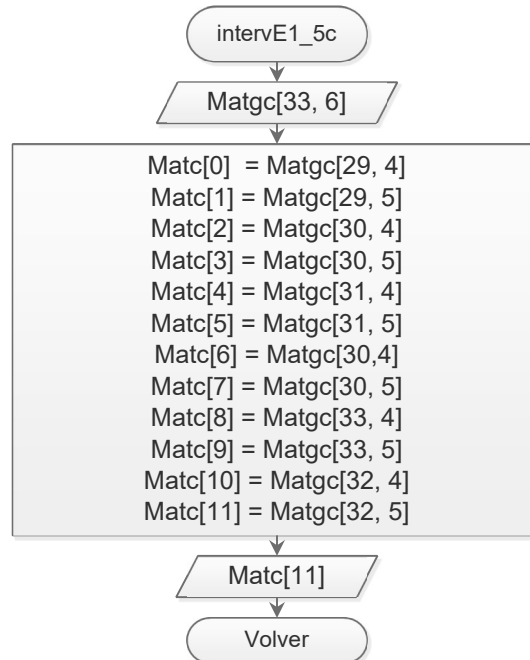


Diagrama 2.2.2.3.3.6.1.5. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.6.1

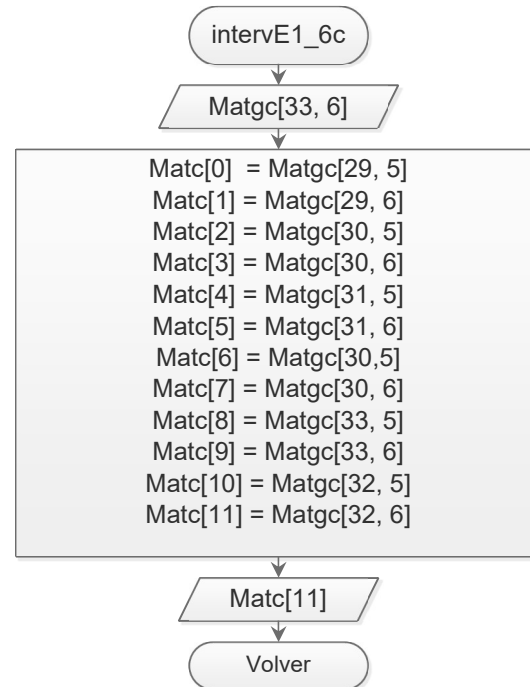


Diagrama 2.2.2.3.3.6.1.6. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.6.2

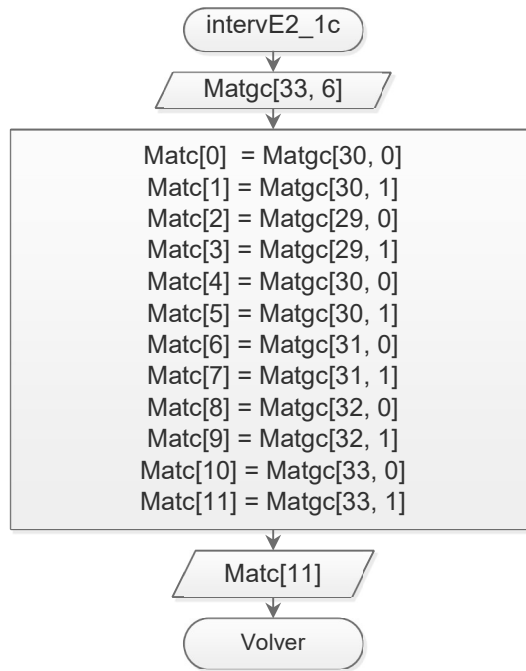


Diagrama 2.2.2.3.3.6.2.1. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.6.2

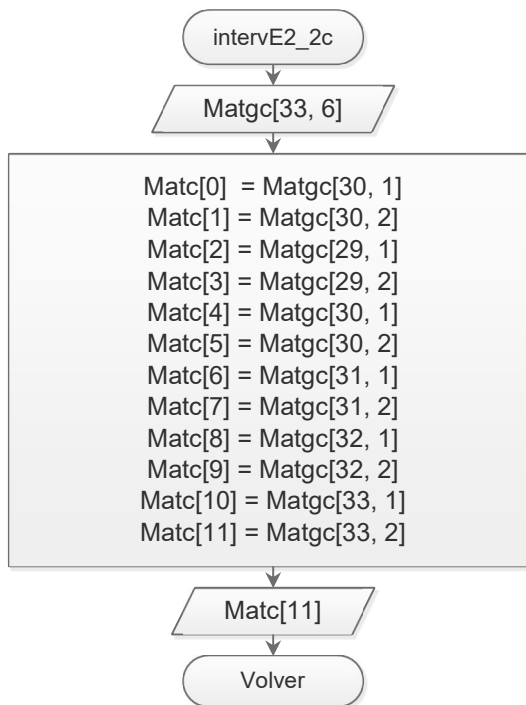


Diagrama 2.2.2.3.3.6.2.2. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.6.2

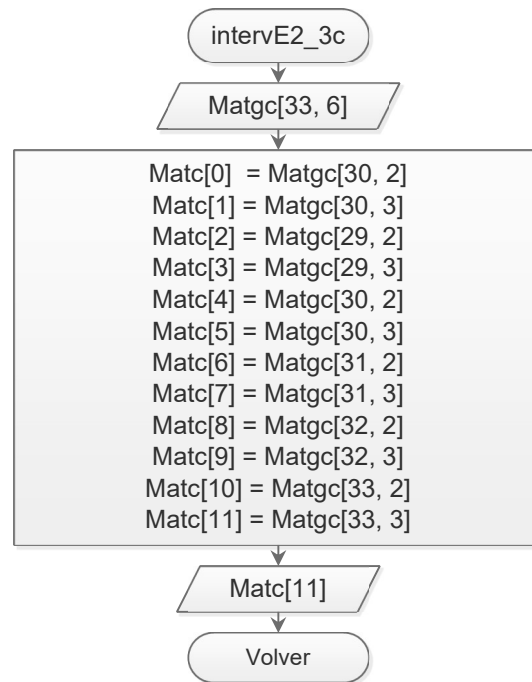


Diagrama 2.2.2.3.3.6.2.3. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.6.2

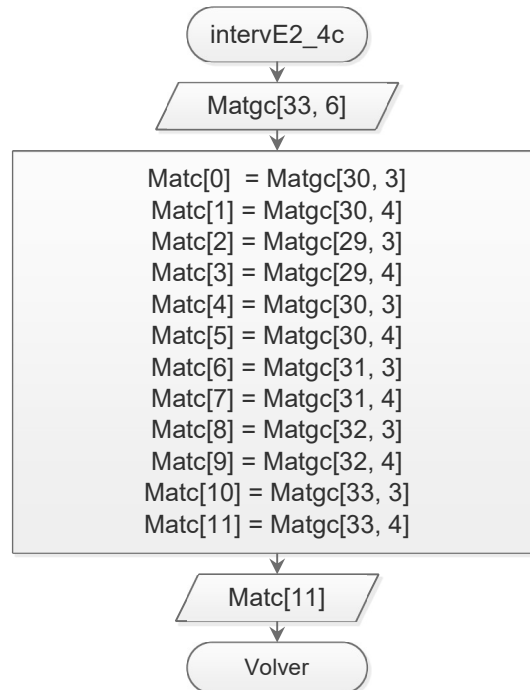


Diagrama 2.2.2.3.3.6.2.4. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.6.2

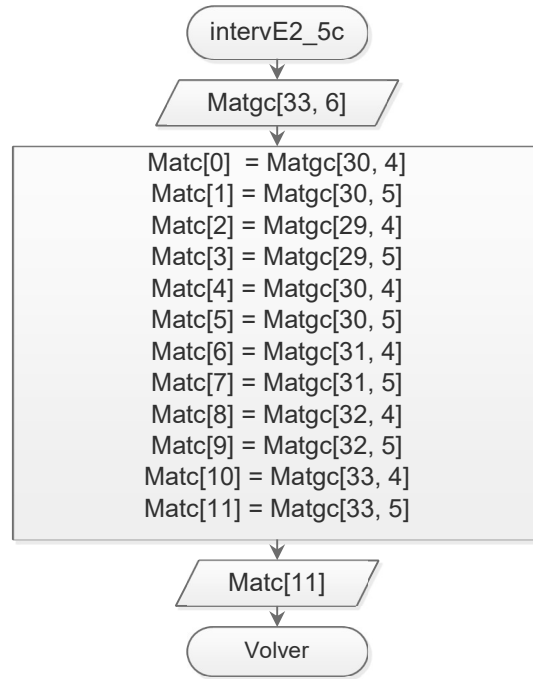


Diagrama 2.2.2.3.3.6.2.5. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.6.2

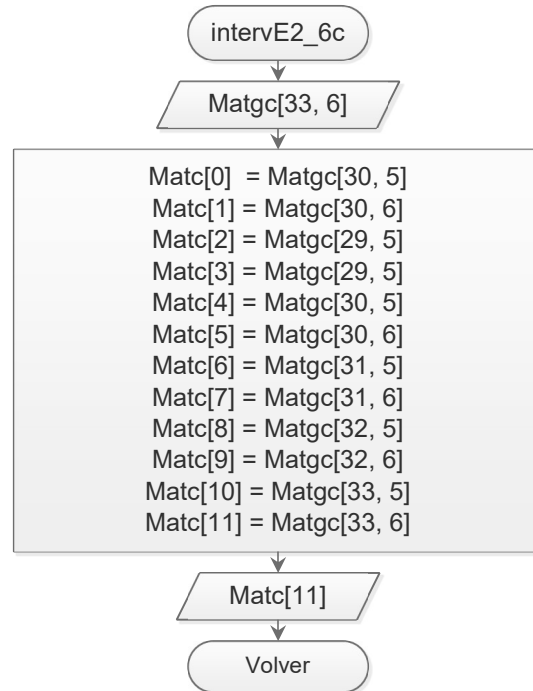


Diagrama 2.2.2.3.3.6.2.6. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.6.3

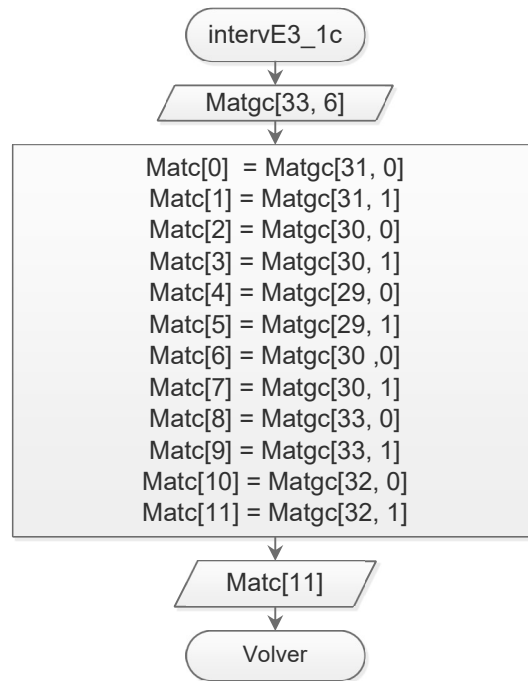


Diagrama 2.2.2.3.3.6.3.1. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.6.3

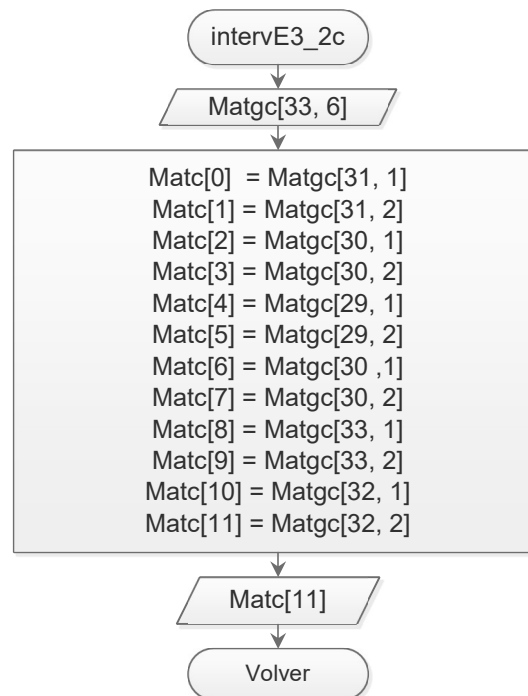


Diagrama 2.2.2.3.3.6.3.2. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.6.3

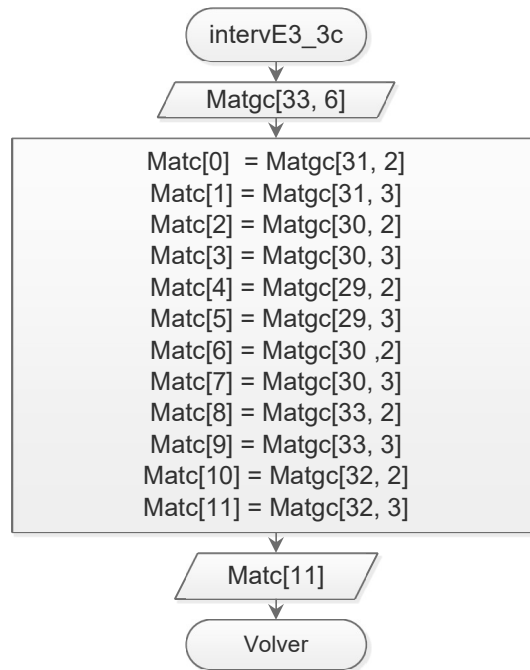


Diagrama 2.2.2.3.3.6.3.3. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.6.3

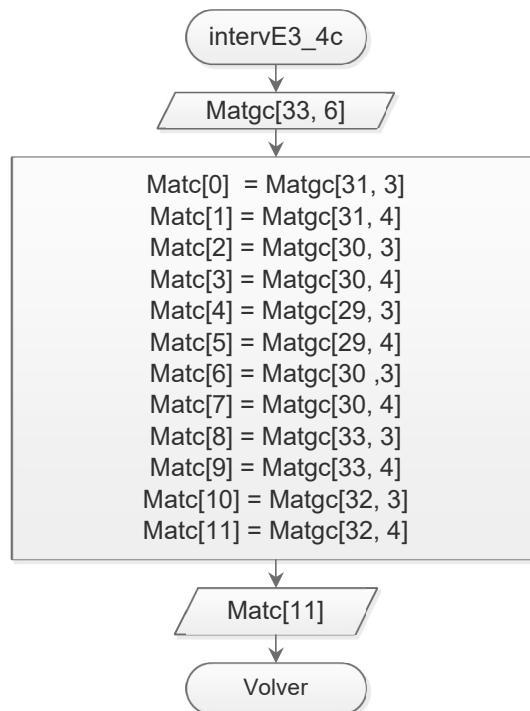


Diagrama 2.2.2.3.3.6.3.4. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.6.3

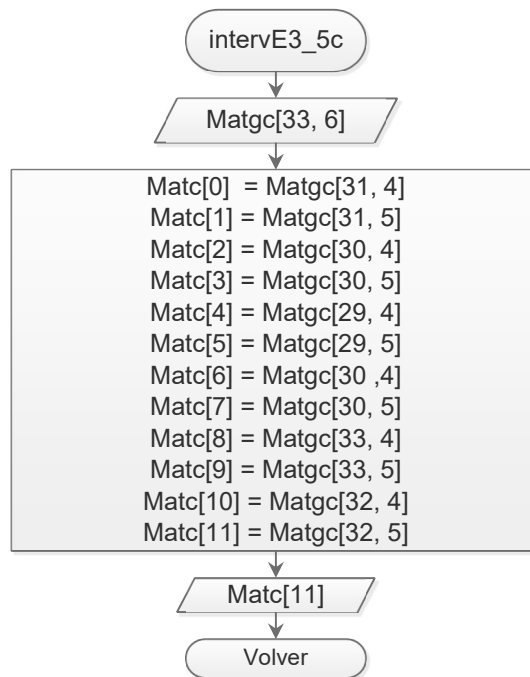


Diagrama 2.2.2.3.3.6.3.5. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.6.3

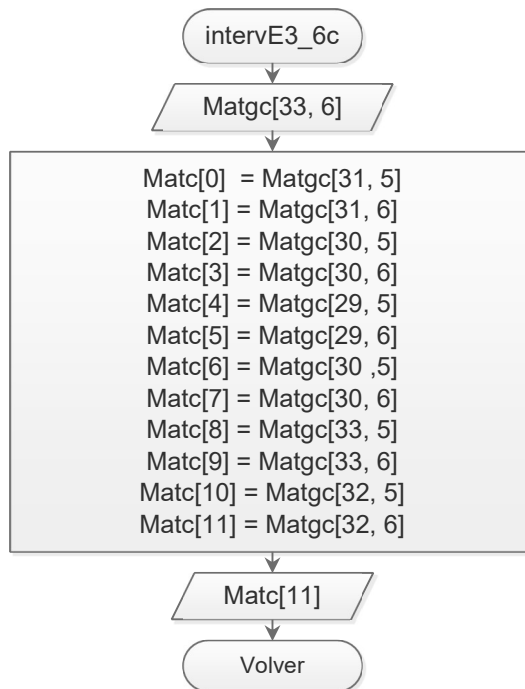


Diagrama 2.2.2.3.3.6.3.6. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.6.4

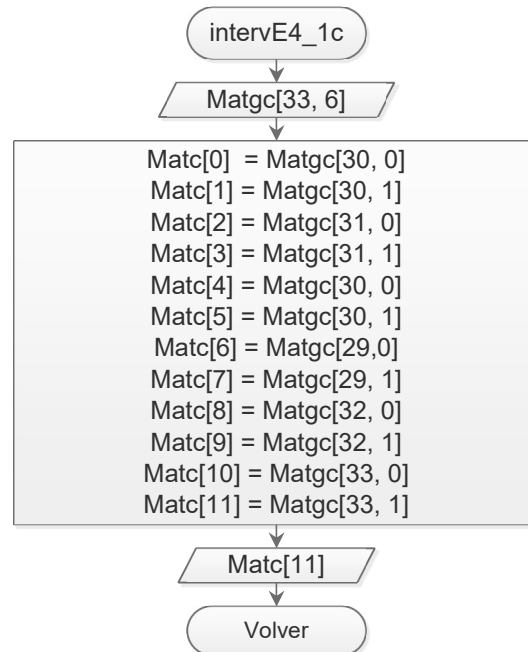


Diagrama 2.2.2.3.3.6.4.1. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.6.4

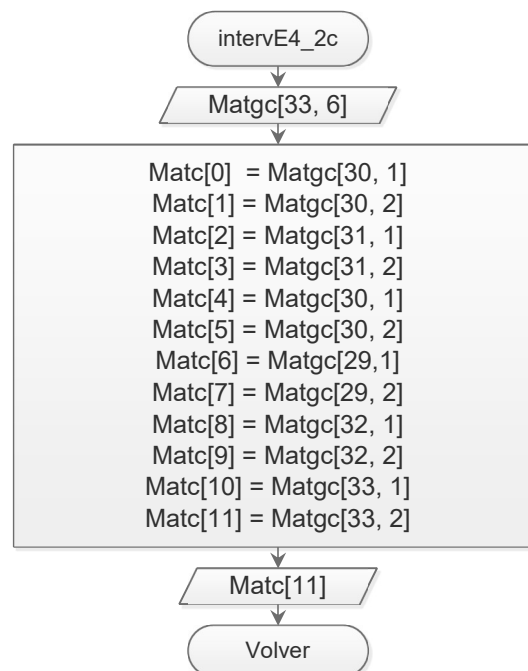


Diagrama 2.2.2.3.3.6.4.2. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.6.4

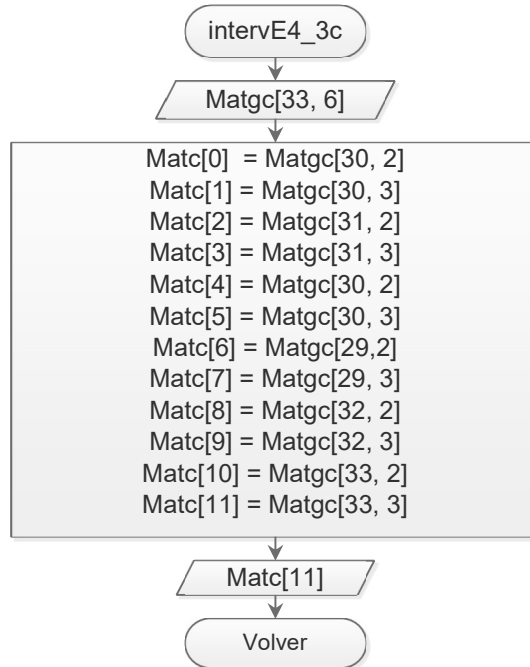


Diagrama 2.2.2.3.3.6.4.3. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.6.4

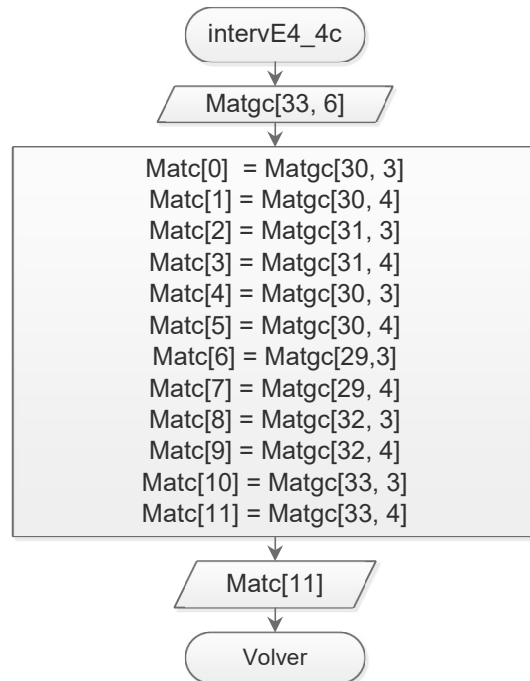


Diagrama 2.2.2.3.3.6.4.4. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.6.4

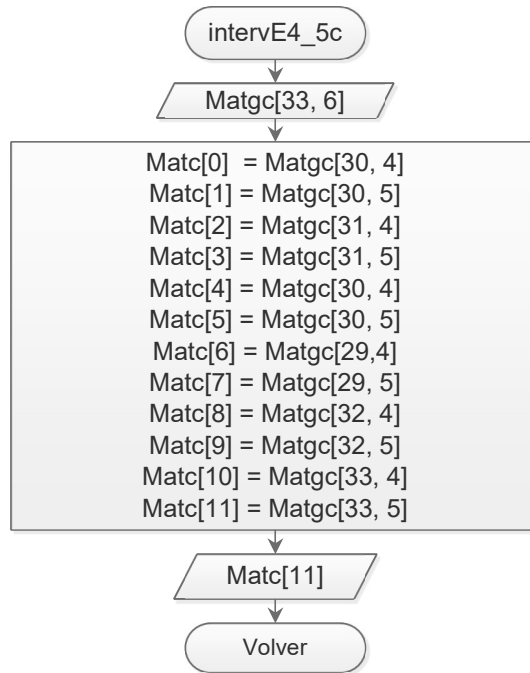


Diagrama 2.2.2.3.3.6.4.5. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.6.4

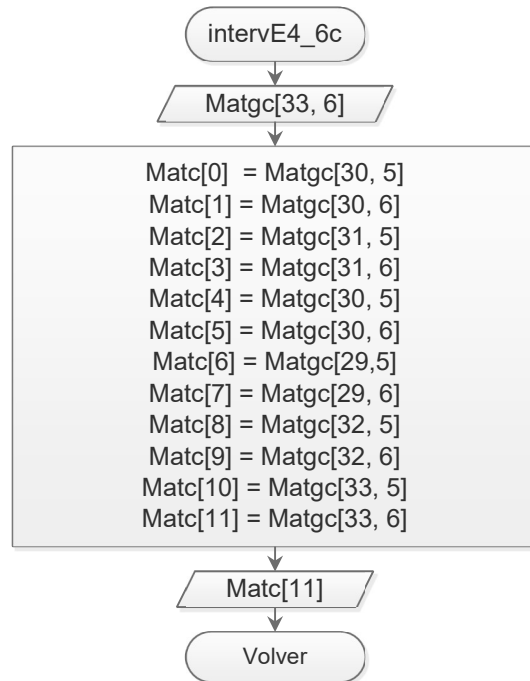


Diagrama 2.2.2.3.3.6.4.6. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo que muestra la ruta para obtener los coeficientes de tableros clasificados como “extremo un lado largo continuo”

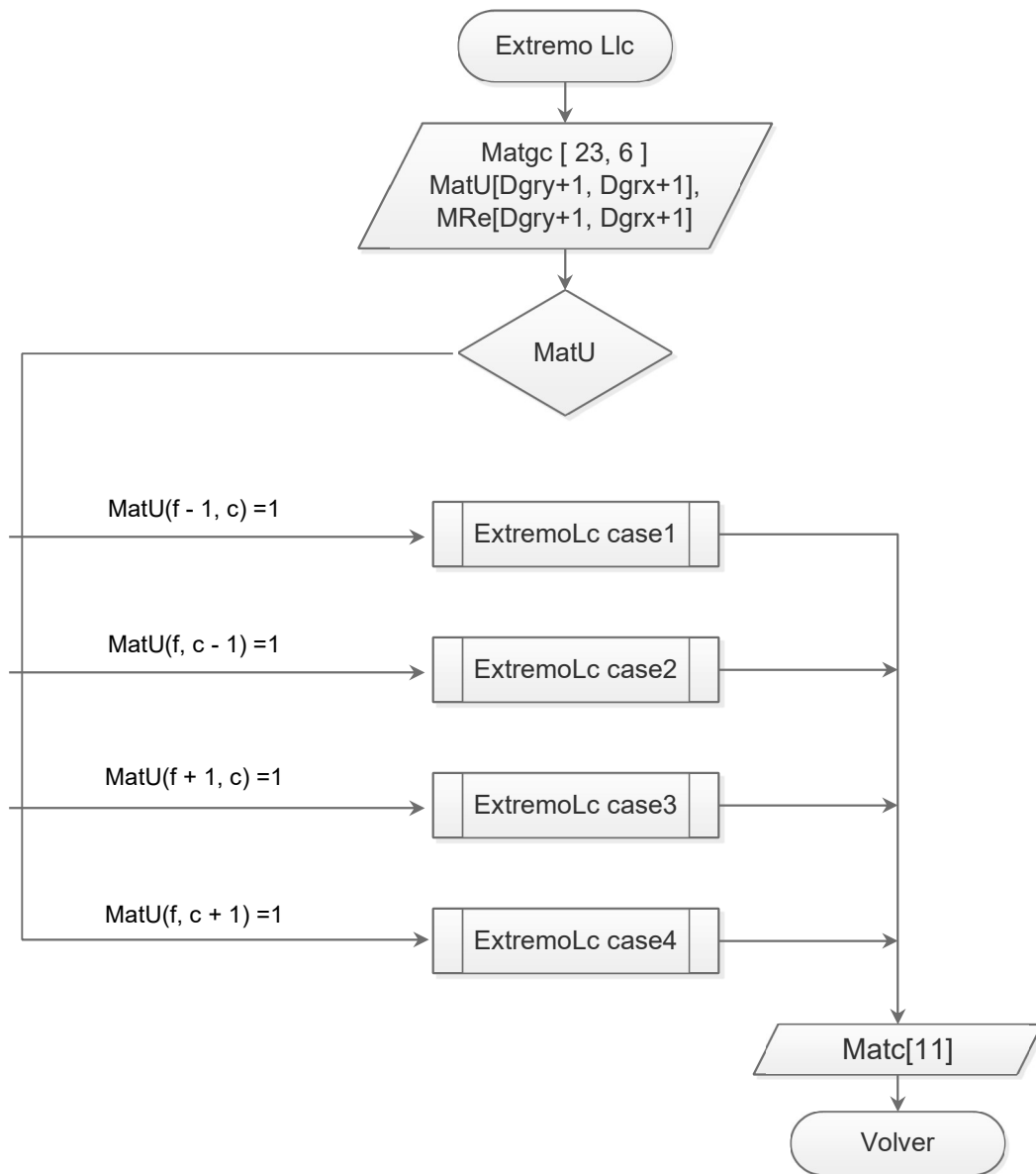


Diagrama 2.2.2.3.3.7. Diagrama de flujo que muestra de forma general la obtención de los coeficientes.

Diagrama de flujo que muestra el subproceso empleado en la figura 2.2.2.3.3.7

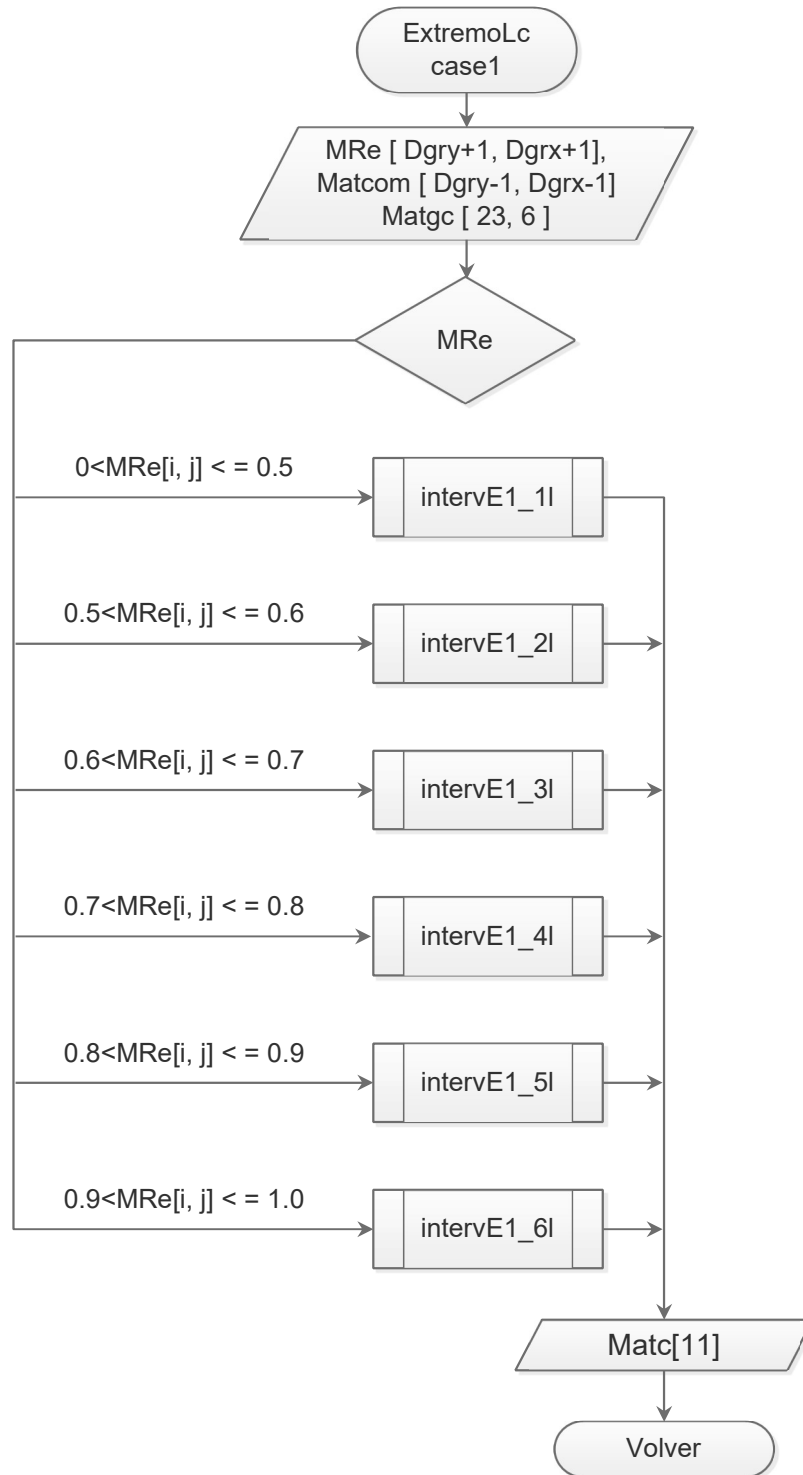


Diagrama 2.2.2.3.3.7.1. Subproceso empleado en la figura 2.2.2.3.3.7.

Diagrama de flujo que muestra el subproceso empleado en la figura 2.2.2.3.3.7

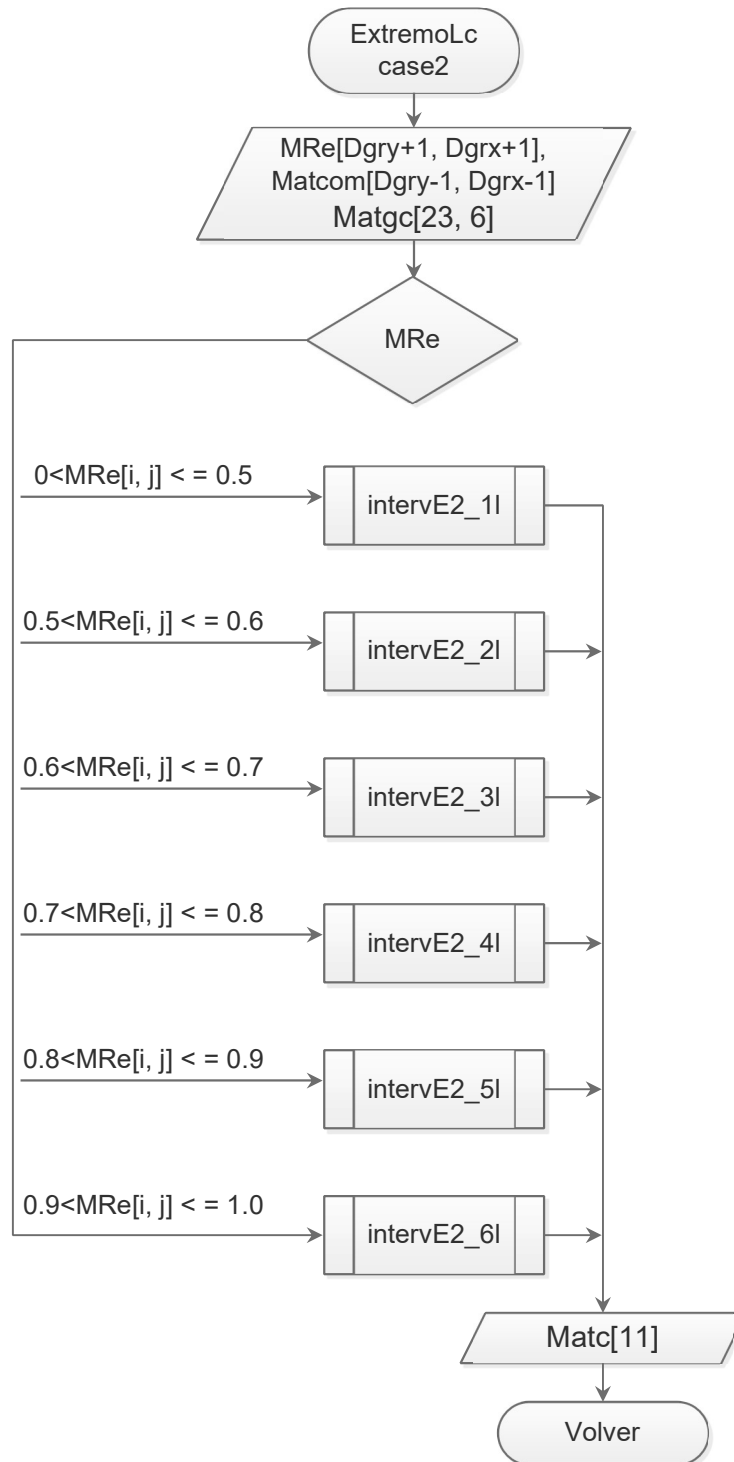


Diagrama 2.2.2.3.3.7.2. Subproceso empleado en la figura 2.2.2.3.3.7

Diagrama de flujo que muestra el subproceso empleado en la figura 2.2.2.3.3.7

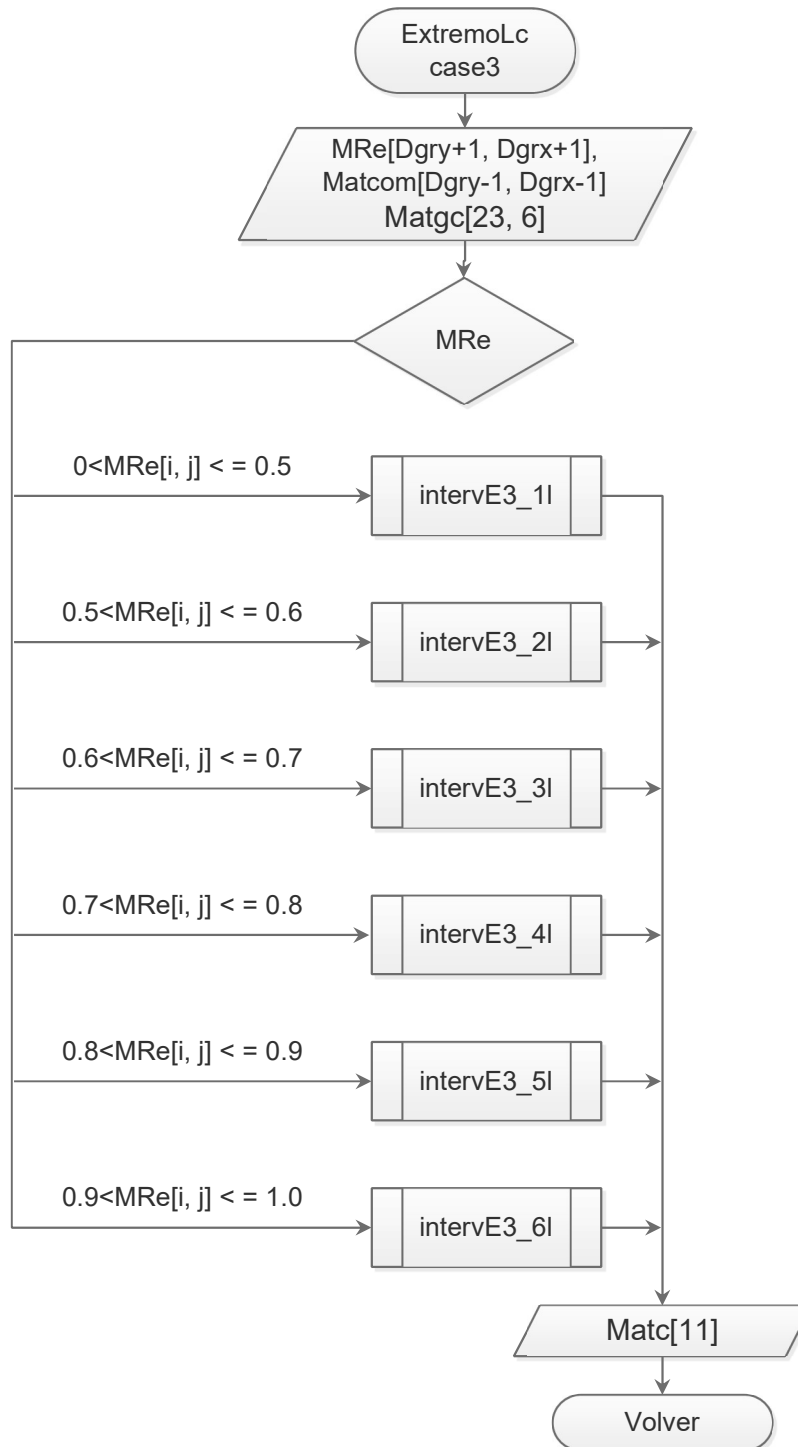


Diagrama 2.2.2.3.3.7.3. Subproceso empleado en la figura 2.2.2.3.3.7

Diagrama de flujo que muestra el subproceso empleado en la figura 2.2.2.3.3.7

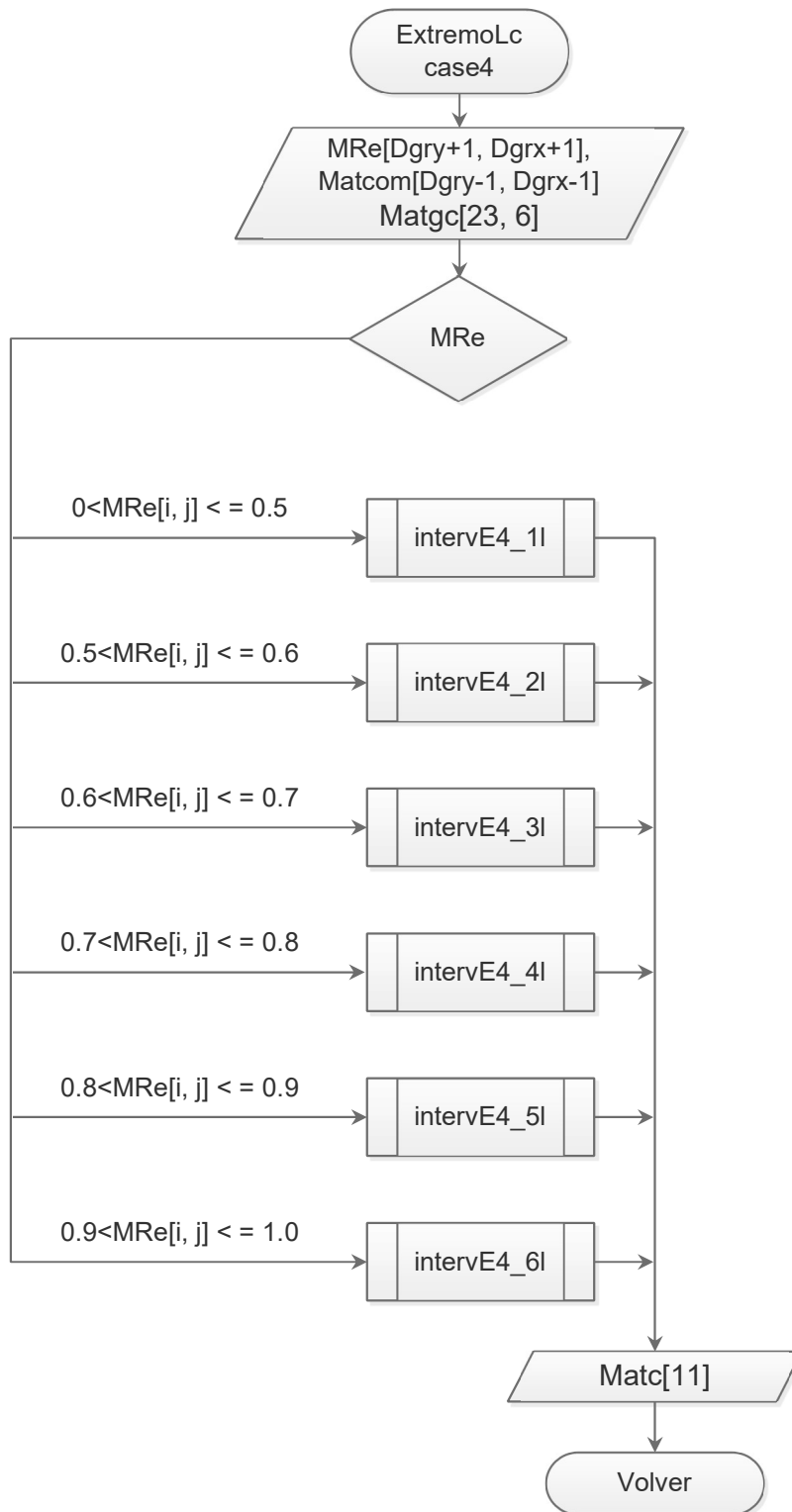


Diagrama 2.2.2.3.3.7.4. Subproceso empleado en la figura 2.2.2.3.3.7.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.7.1

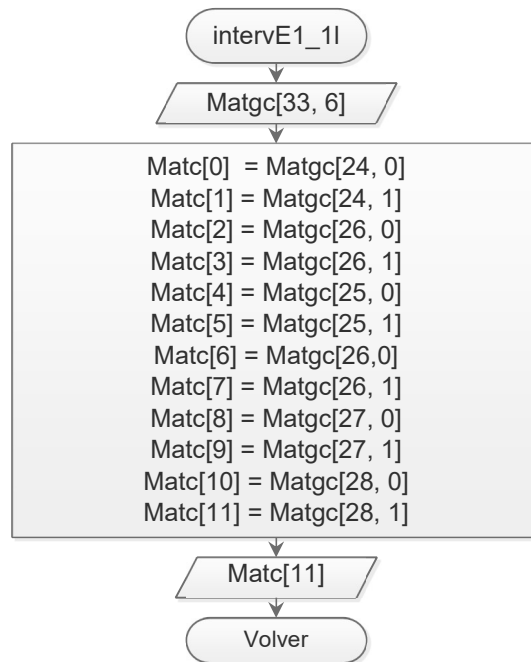


Diagrama 2.2.2.3.3.7.1.1. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.7.1

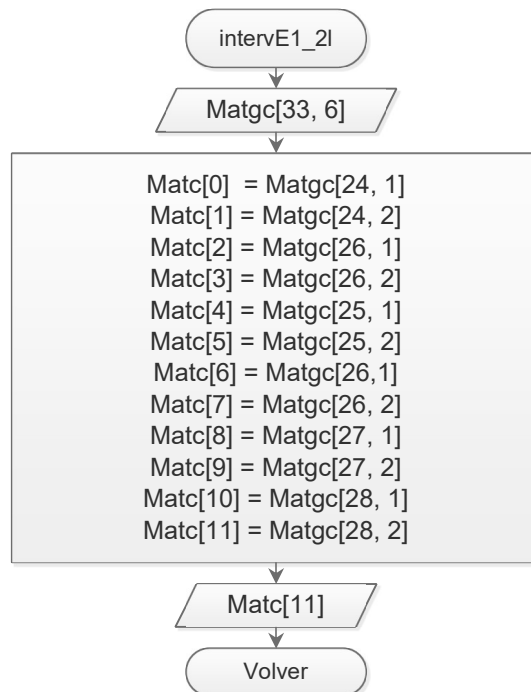


Diagrama 2.2.2.3.3.7.1.2. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.7.1

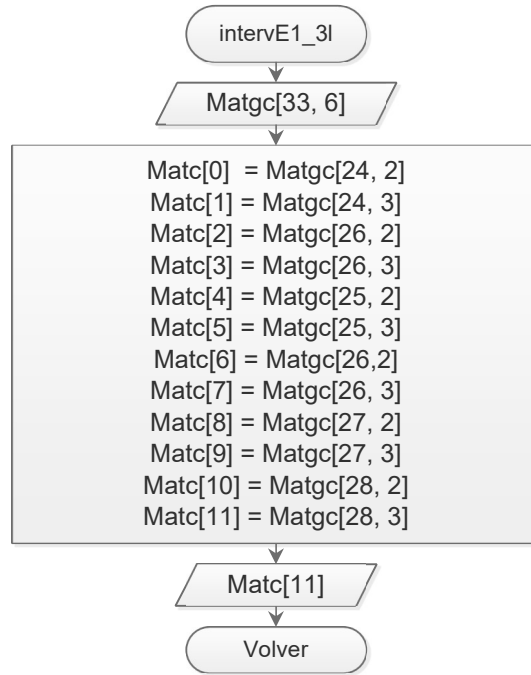


Diagrama 2.2.2.3.3.7.1.3. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.7.1

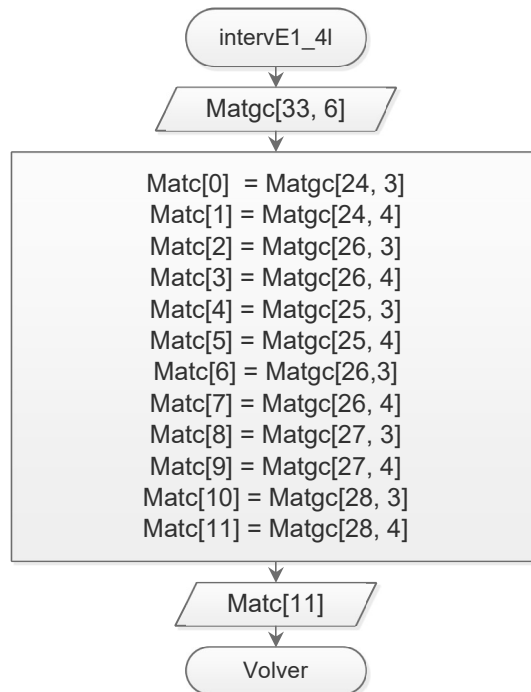


Diagrama 2.2.2.3.3.7.1.4. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.7.1

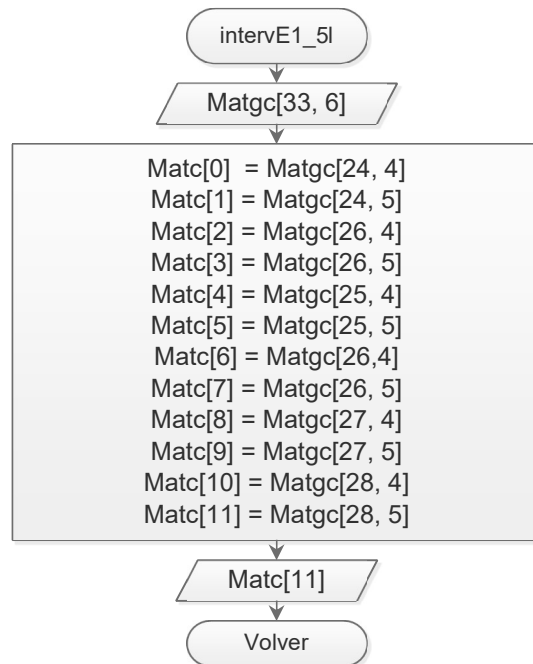


Diagrama 2.2.2.3.3.7.1.5. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.7.1

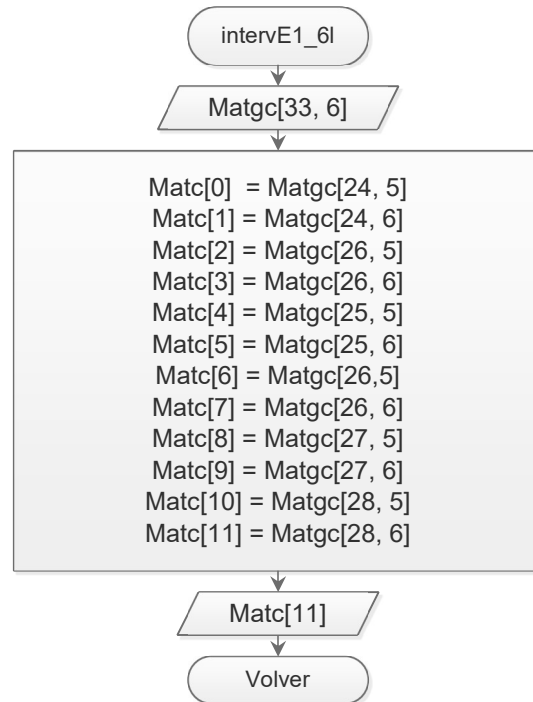


Diagrama 2.2.2.3.3.7.1.6. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.7.2

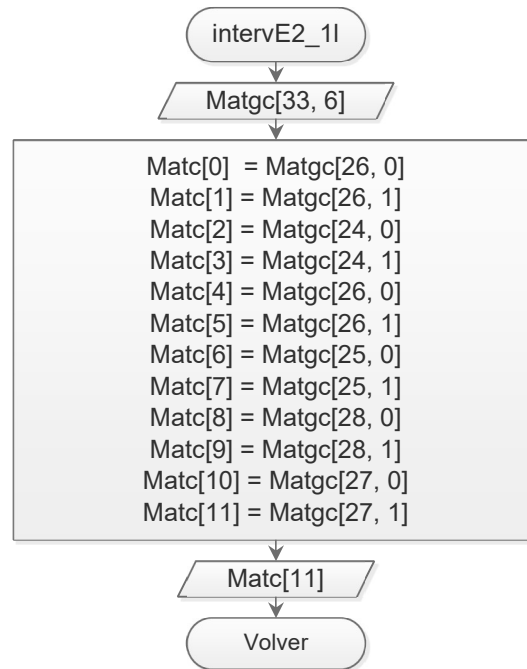


Diagrama 2.2.2.3.3.7.2.1. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.7.2

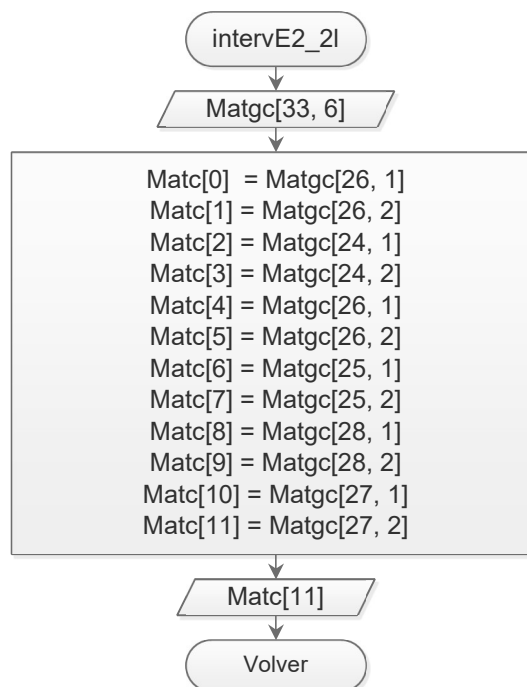


Diagrama 2.2.2.3.3.7.2.2. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.7.2

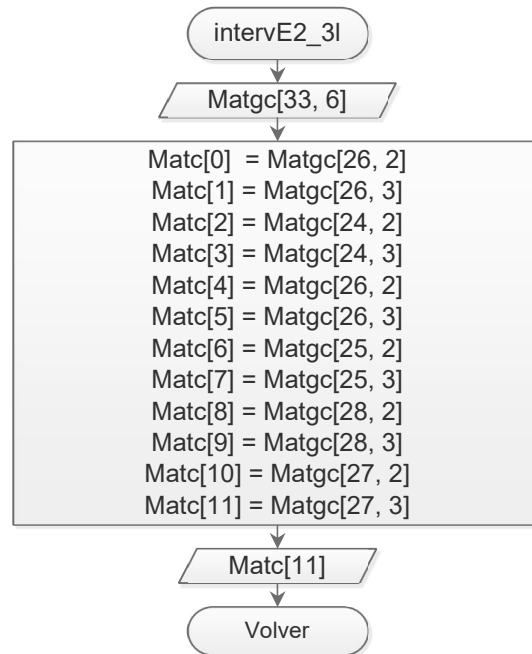


Diagrama 2.2.2.3.3.7.2.3. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.7.2

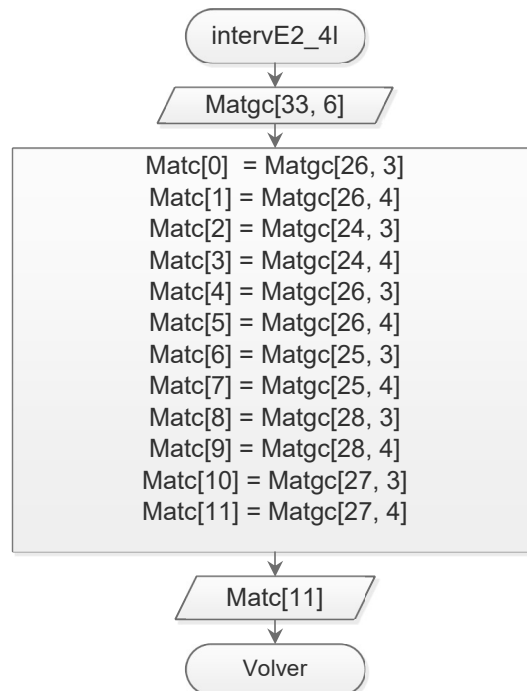


Diagrama 2.2.2.3.3.7.2.4. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.7.2

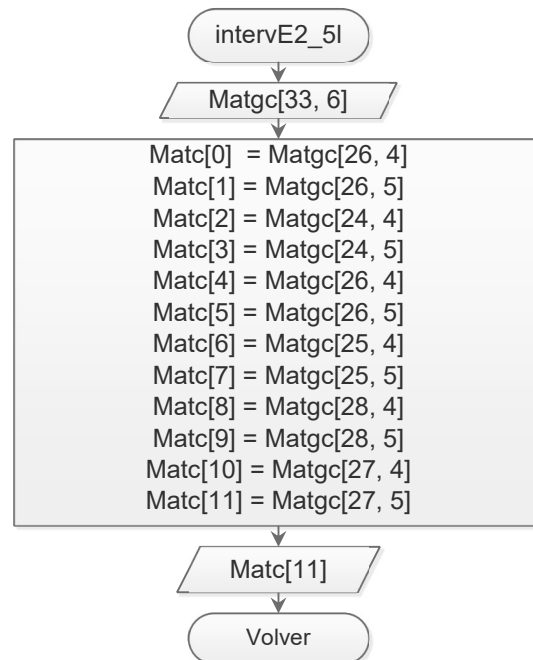


Diagrama 2.2.2.3.3.7.2.5. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.7.2

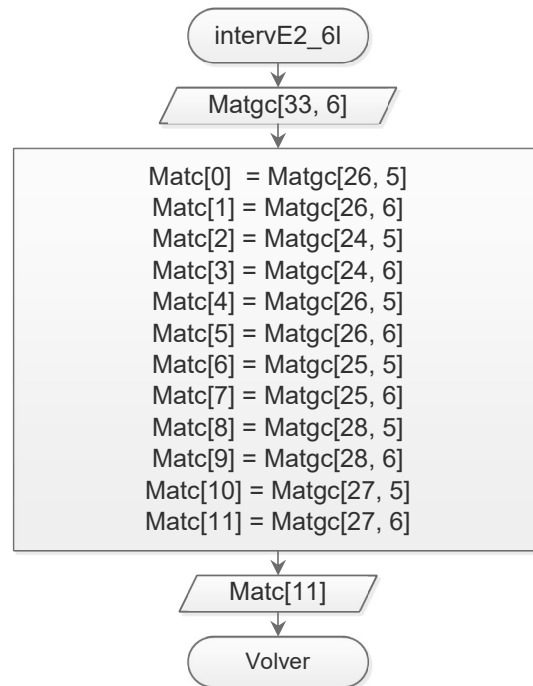


Diagrama 2.2.2.3.3.7.2.6. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.7.3

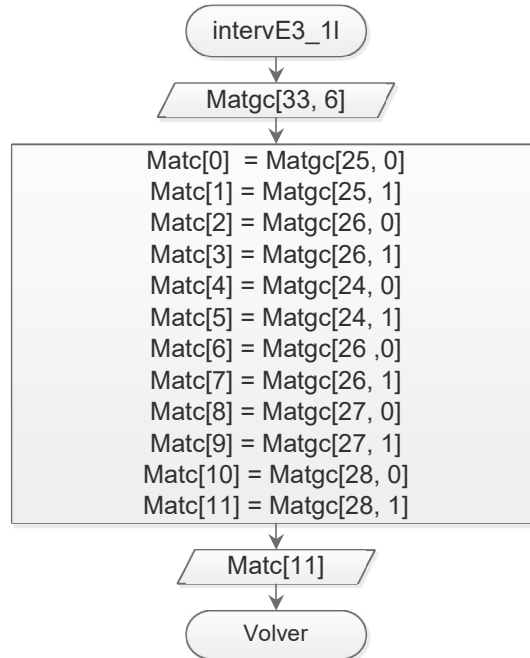


Diagrama 2.2.2.3.3.7.3.1. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.7.3

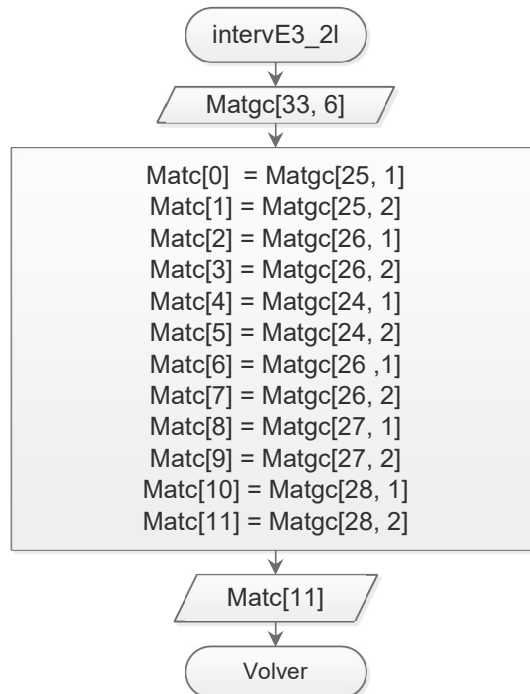


Diagrama 2.2.2.3.3.7.3.2. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.7.3

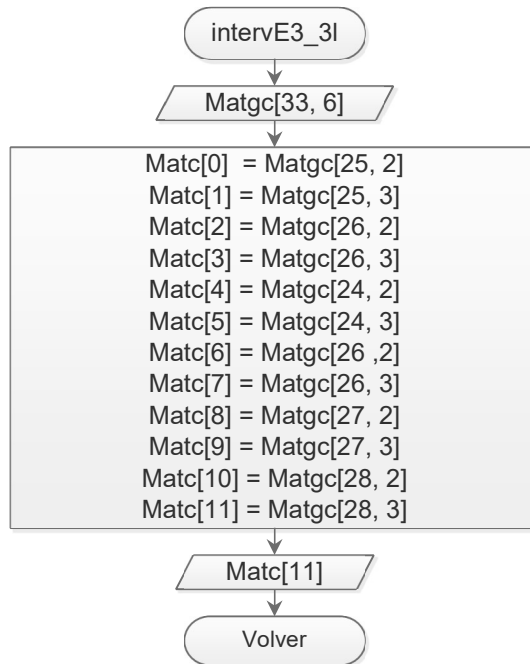


Diagrama 2.2.2.3.3.7.3.3. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.7.3

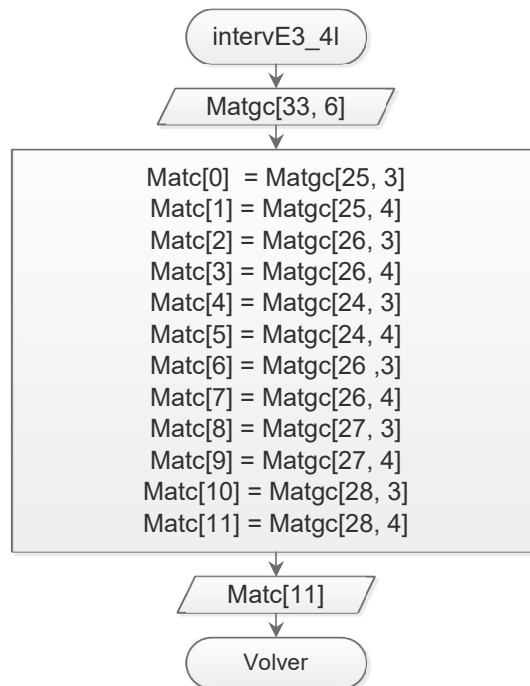


Diagrama 2.2.2.3.3.7.3.4. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.7.3

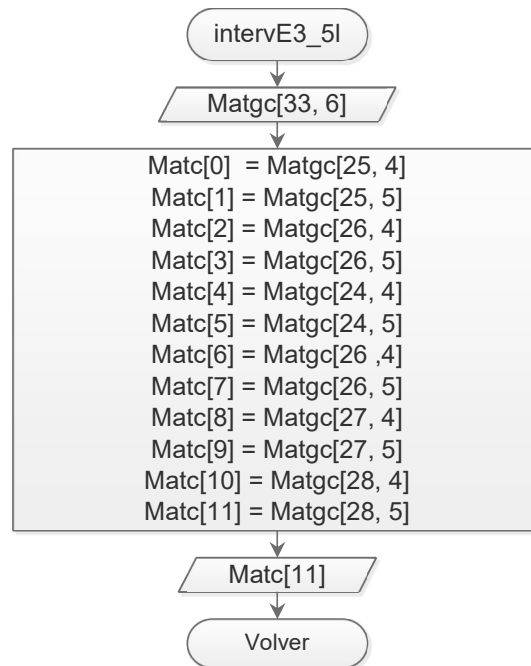


Diagrama 2.2.2.3.3.7.3.5. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.7.3

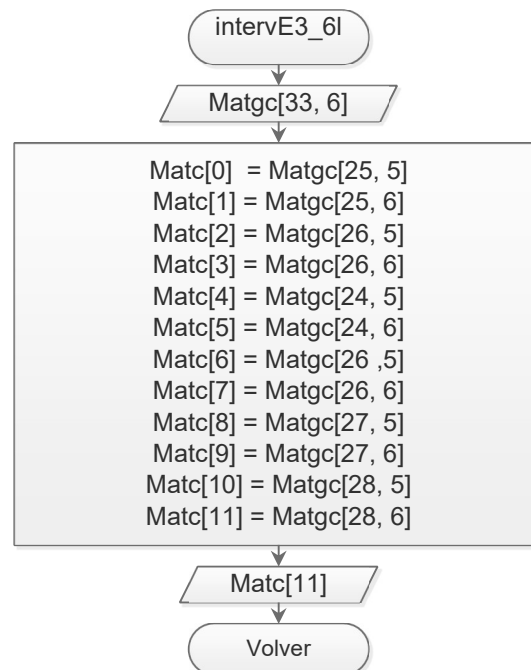


Diagrama 2.2.2.3.3.7.3.6. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.7.4

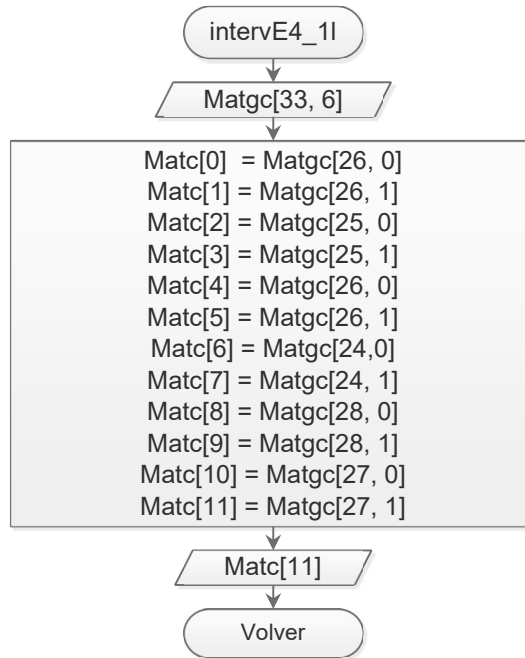


Diagrama 2.2.2.3.3.7.4.1. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.7.4

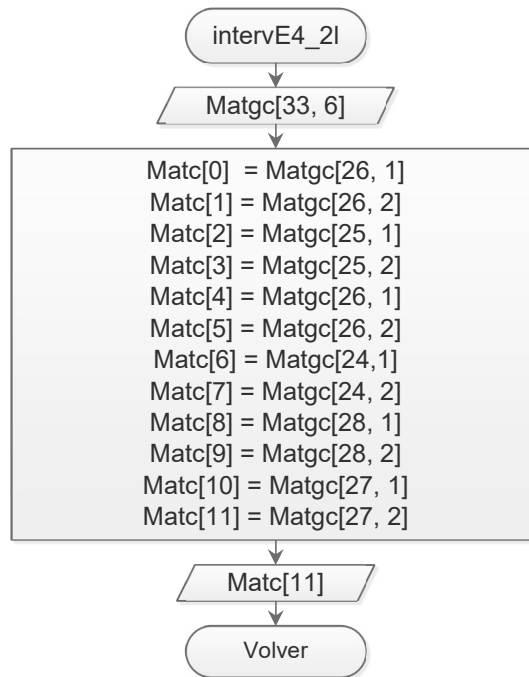


Diagrama 2.2.2.3.3.7.4.2. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.7.4

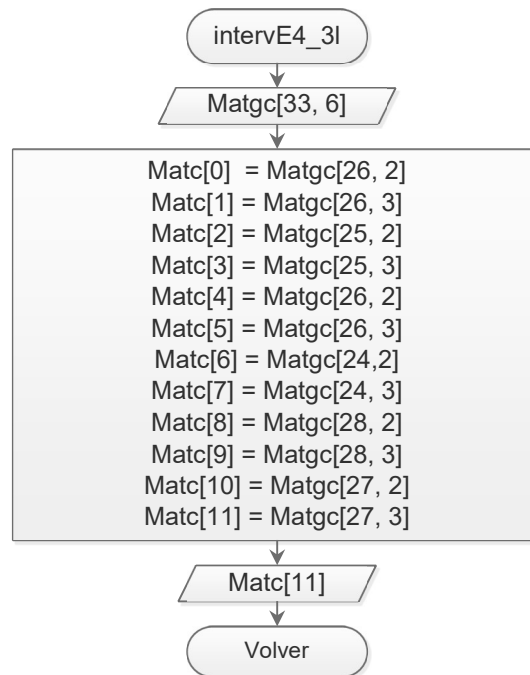


Diagrama 2.2.2.3.3.7.4.3. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.7.4

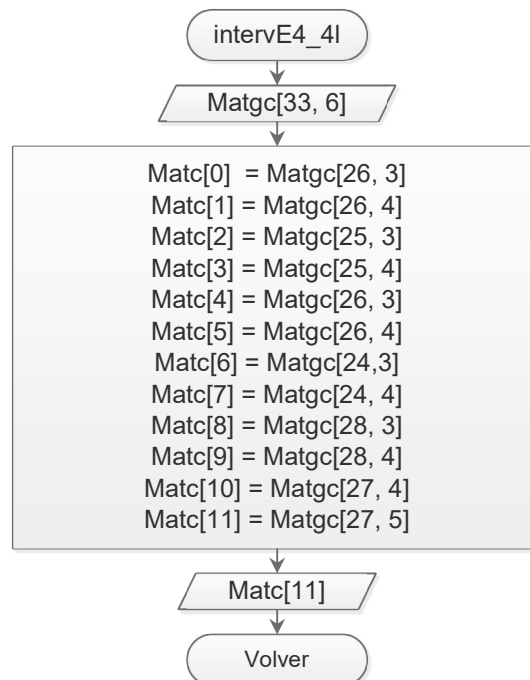


Diagrama 2.2.2.3.3.7.4.4. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.7.4

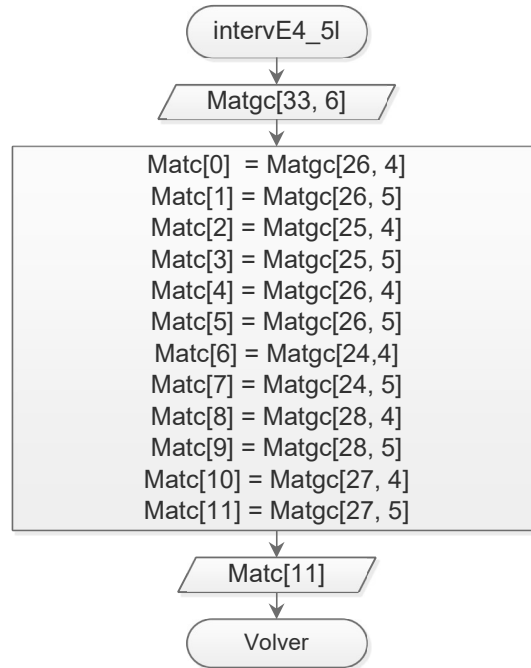


Diagrama 2.2.2.3.3.7.4.5. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Diagrama de flujo del subproceso empleado en el diagrama 2.2.2.3.3.7.4

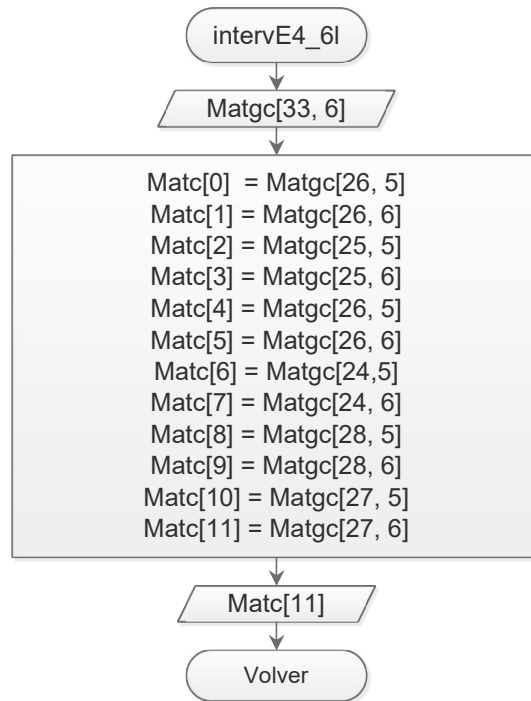


Diagrama 2.2.2.3.3.7.4.6. Obtención de los coeficientes definidos para un tipo de tablero y una relación de lados específica.

Subproceso último del proceso iniciado en el diagrama 2.2.2.3 que a su vez finaliza el subproceso “Obtención de coeficientes” de la figura 2.2.2.0

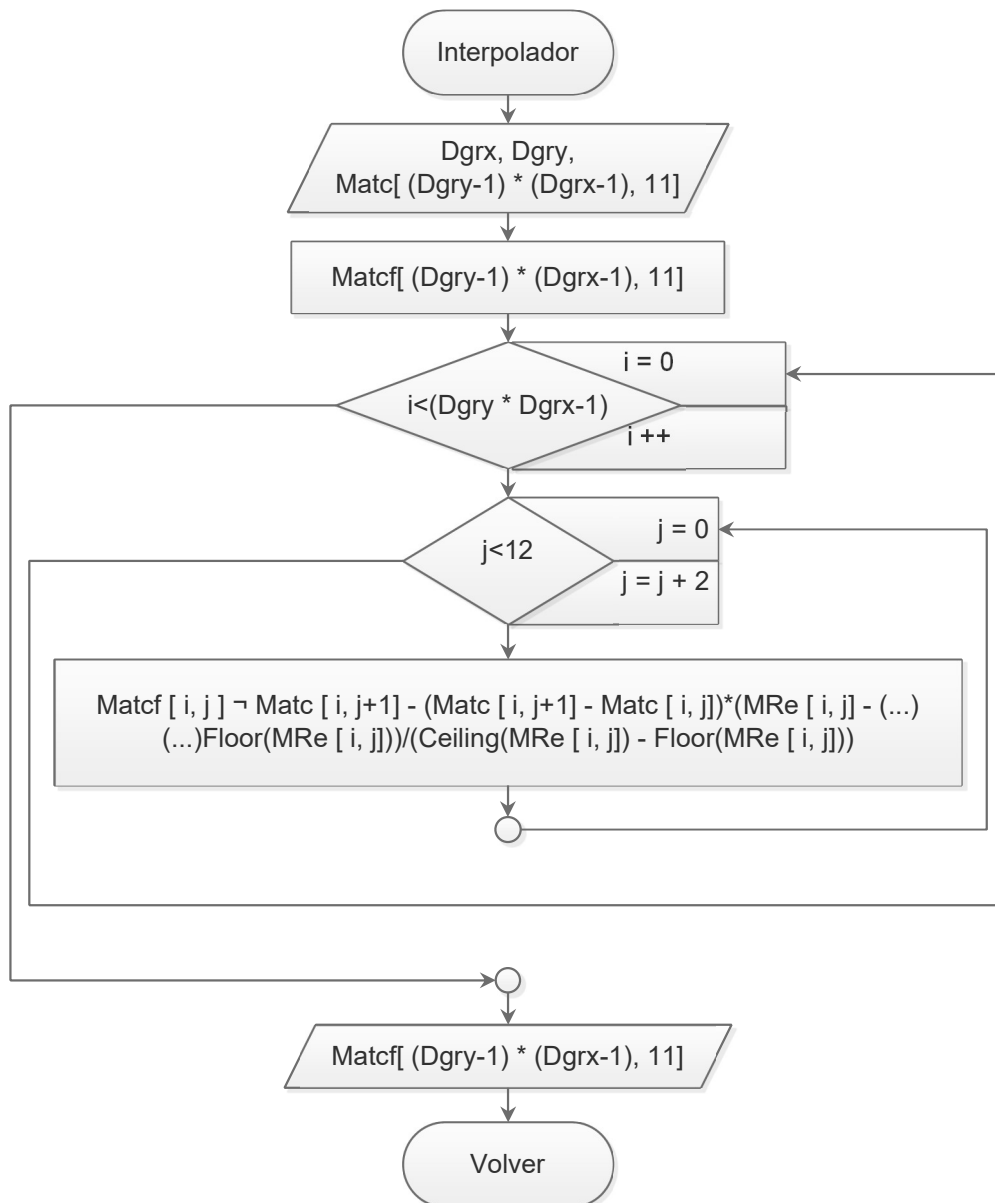


Diagrama 2.2.2.3.4. Diagrama que muestra la interpolación de los coeficientes.

Diagrama de flujo que muestra el subproceso de “Análisis de volados”

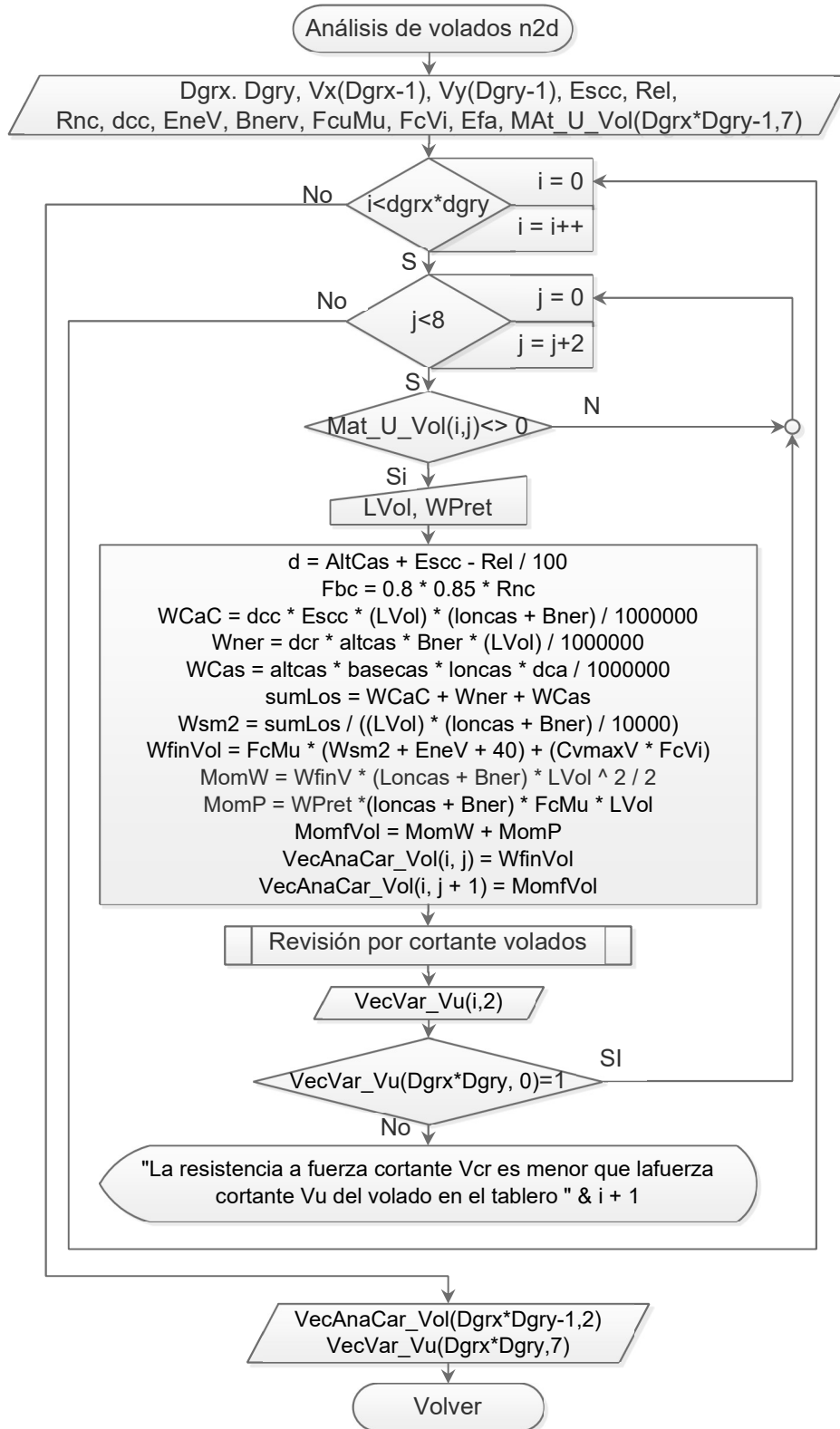


Diagrama 2.2.3.0. Diagrama de flujo que muestra el subproceso para analizar volados, del proceso iniciado en el diagrama 2.2.0.

Diagrama de flujo que muestra el subproceso de “Revisión por cortante volados” del diagrama de la figura 2.2.3

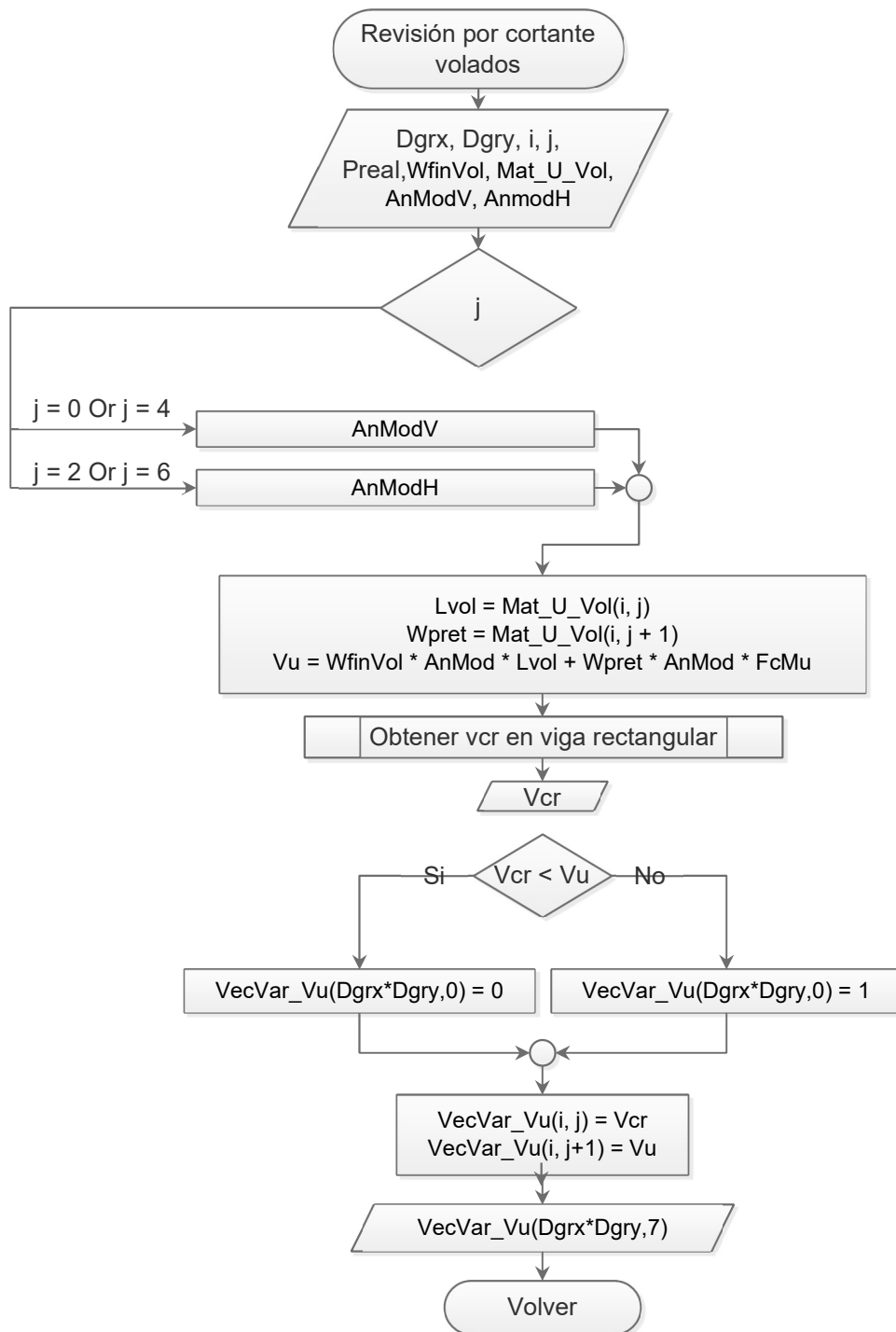


Diagrama 2.2.3.1 Diagrama de flujo que muestra el proceso para la revisión por cortante en volados.

Diagrama de flujo que muestra el subproceso de “Obtener Vcr en viga rectangular” del diagrama de la figura 2.2.3.1

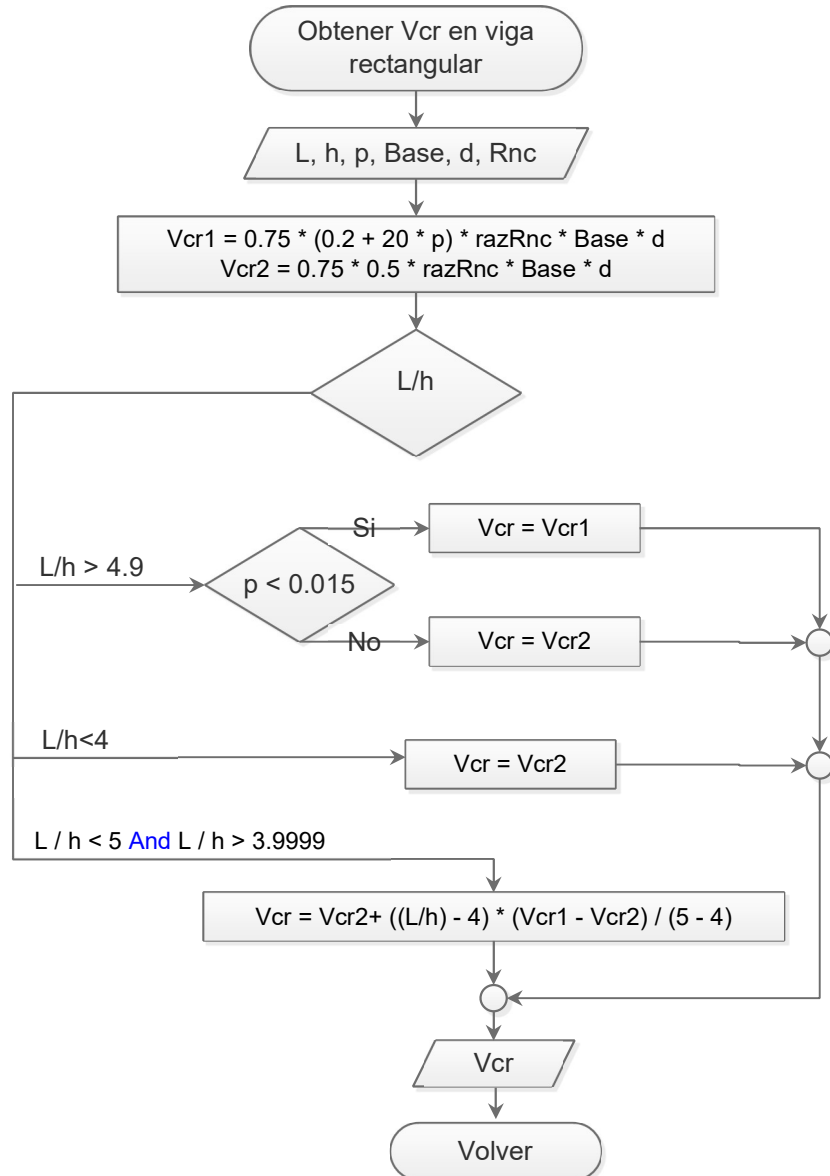


Diagrama 2.2.3.1.1. Diagrama de flujo que muestra el proceso para obtener el valor del Vcr.

Diagrama de flujo que muestra el subproceso “Obtención de momentos”

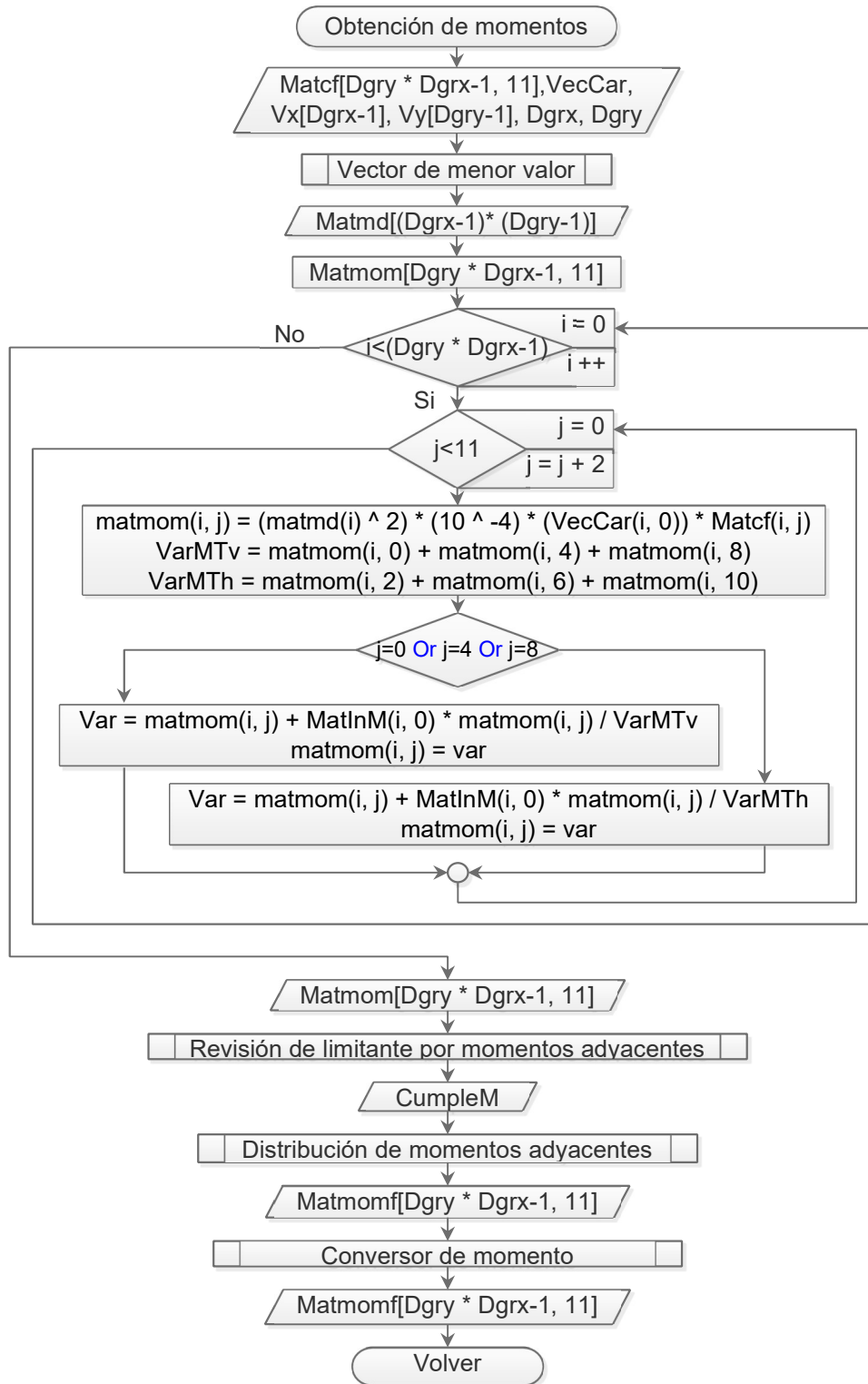


Diagrama 2.2.4.0 Diagrama que muestra el subproceso del diagrama 2.2.0 para obtener los momentos; el subproceso “Vector de menor valor” ya se presentó en la figura 2.2.1.1.

Diagrama de flujo que muestra el subproceso “Revisión de limitante por momentos adyacentes” del diagrama “Obtención de momentos” de la figura 2.2.4.0

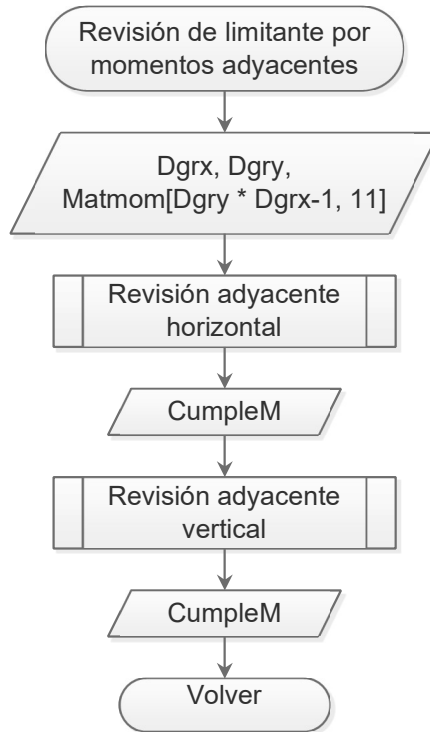


Diagrama 2.2.4.1. Diagrama que muestra el proceso para obtener los momentos.

Diagrama de flujo que muestra el subproceso “Revisión adyacente horizontal” del diagrama de la figura 2.2.4.1

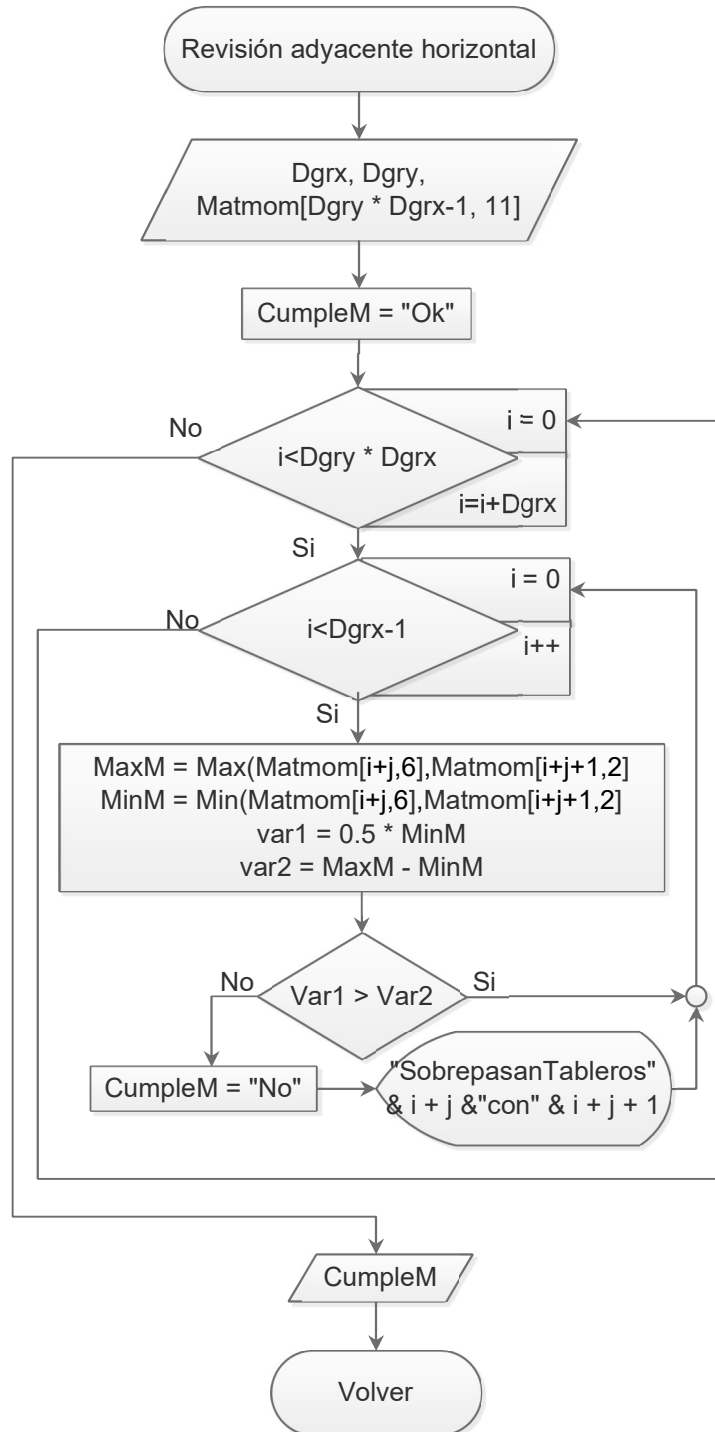


Diagrama 2.2.4.1.1. Diagrama de flujo que muestra la distribución de momentos adyacentes.

Diagrama de flujo que muestra el subproceso “Revisión adyacente vertical” del diagrama de la figura 2.2.4.1

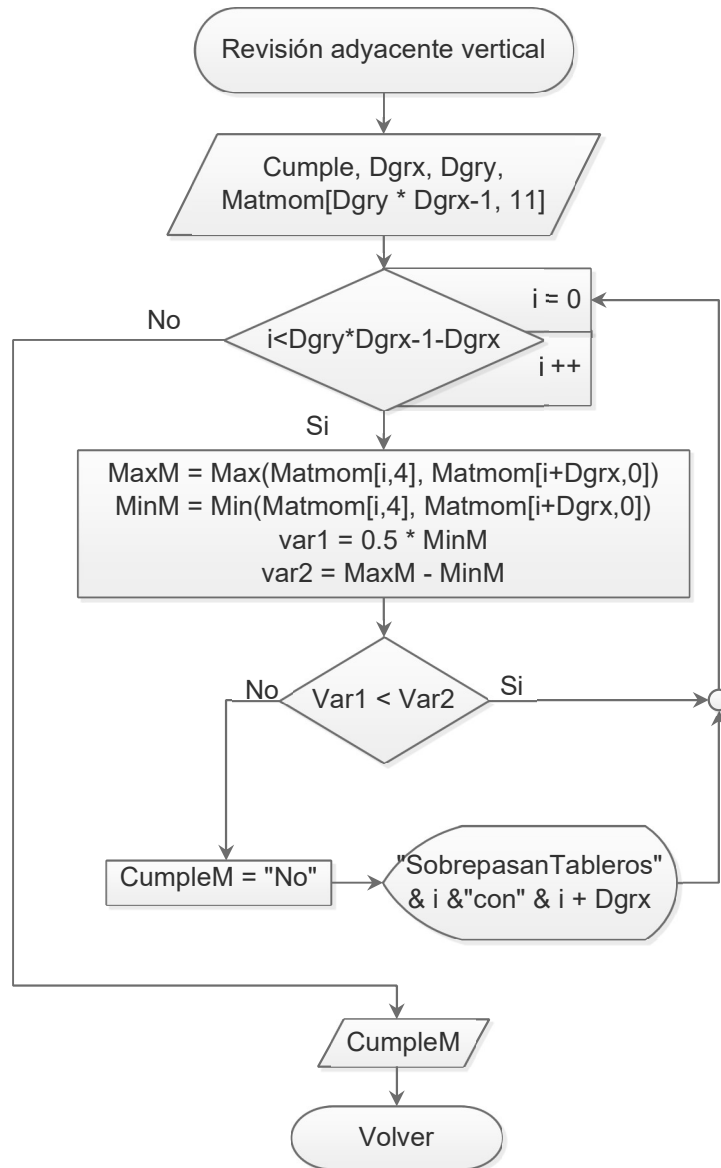


Diagrama 2.2.4.1.2. Diagrama de flujo que muestra la distribución de momentos adyacentes.

Diagrama de flujo que muestra el subproceso “Distribución de momentos adyacentes” del diagrama “Obtención de momentos” de la figura 2.2.4.0

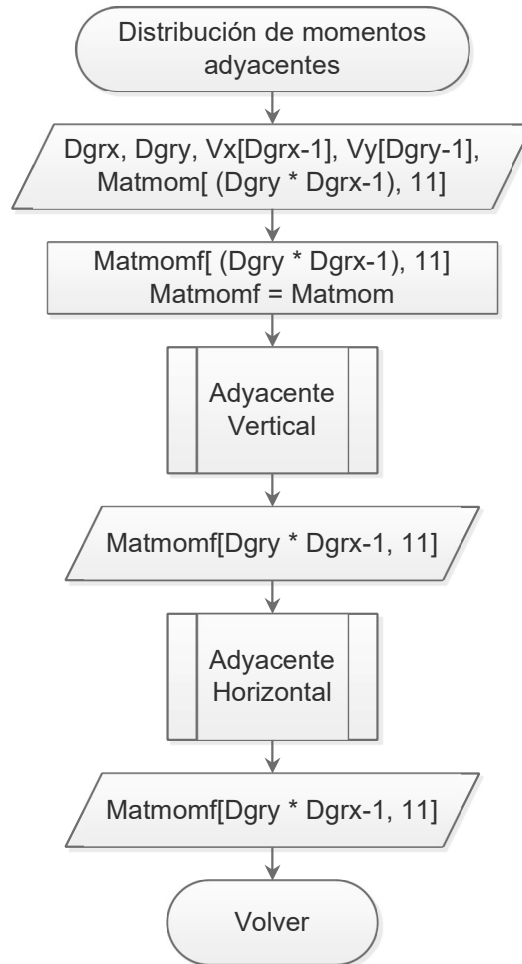


Diagrama 2.2.4.2. Diagrama de flujo que muestra la distribución de momentos adyacentes.

Diagrama de flujo que muestra el subproceso de distribución de momentos
 “adyacentes verticales” del diagrama de la figura 2.2.4.2

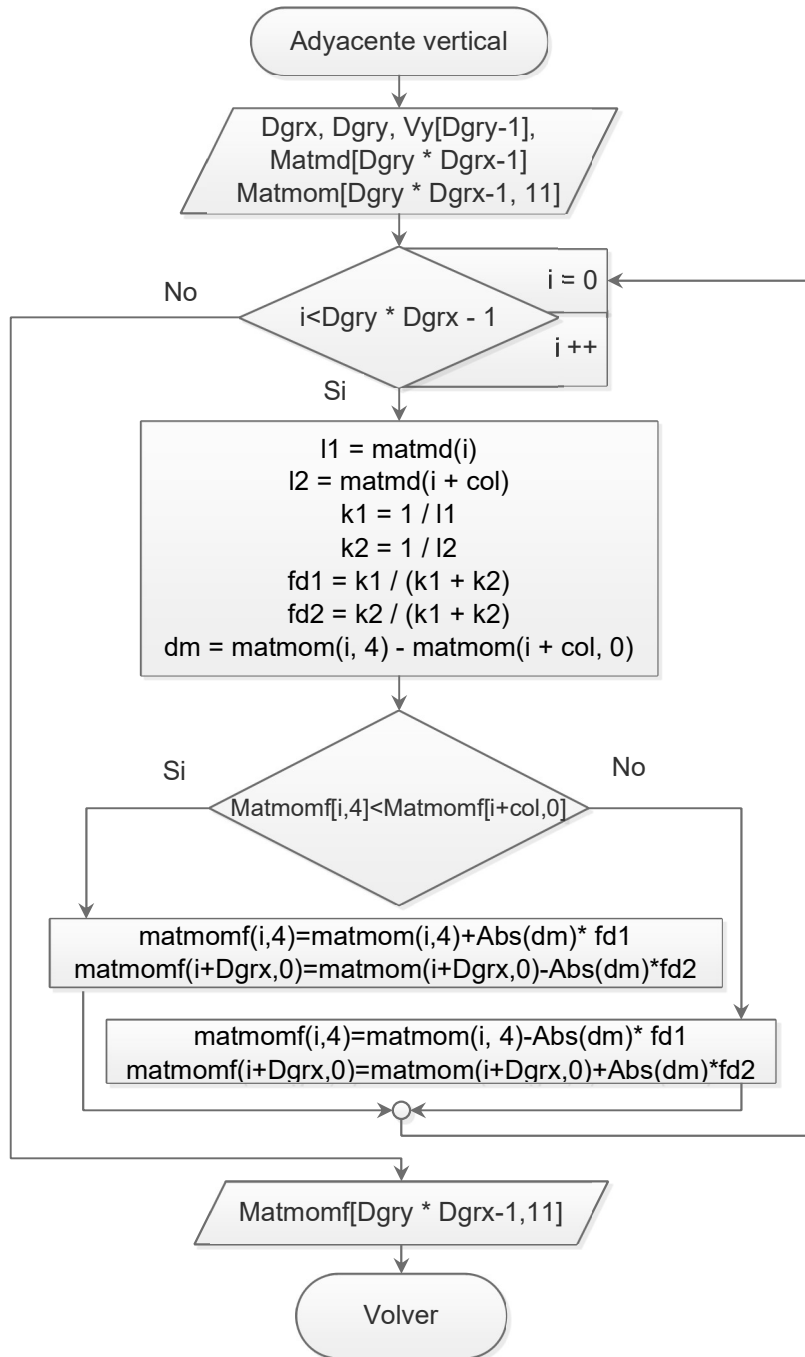


Diagrama 2.2.4.2.1. Diagrama de flujo que muestra la distribución de momentos adyacentes verticales.

Diagrama de flujo que muestra el subproceso de distribución de momentos
“adyacentes horizontales” del diagrama de la figura 2.2.4.2

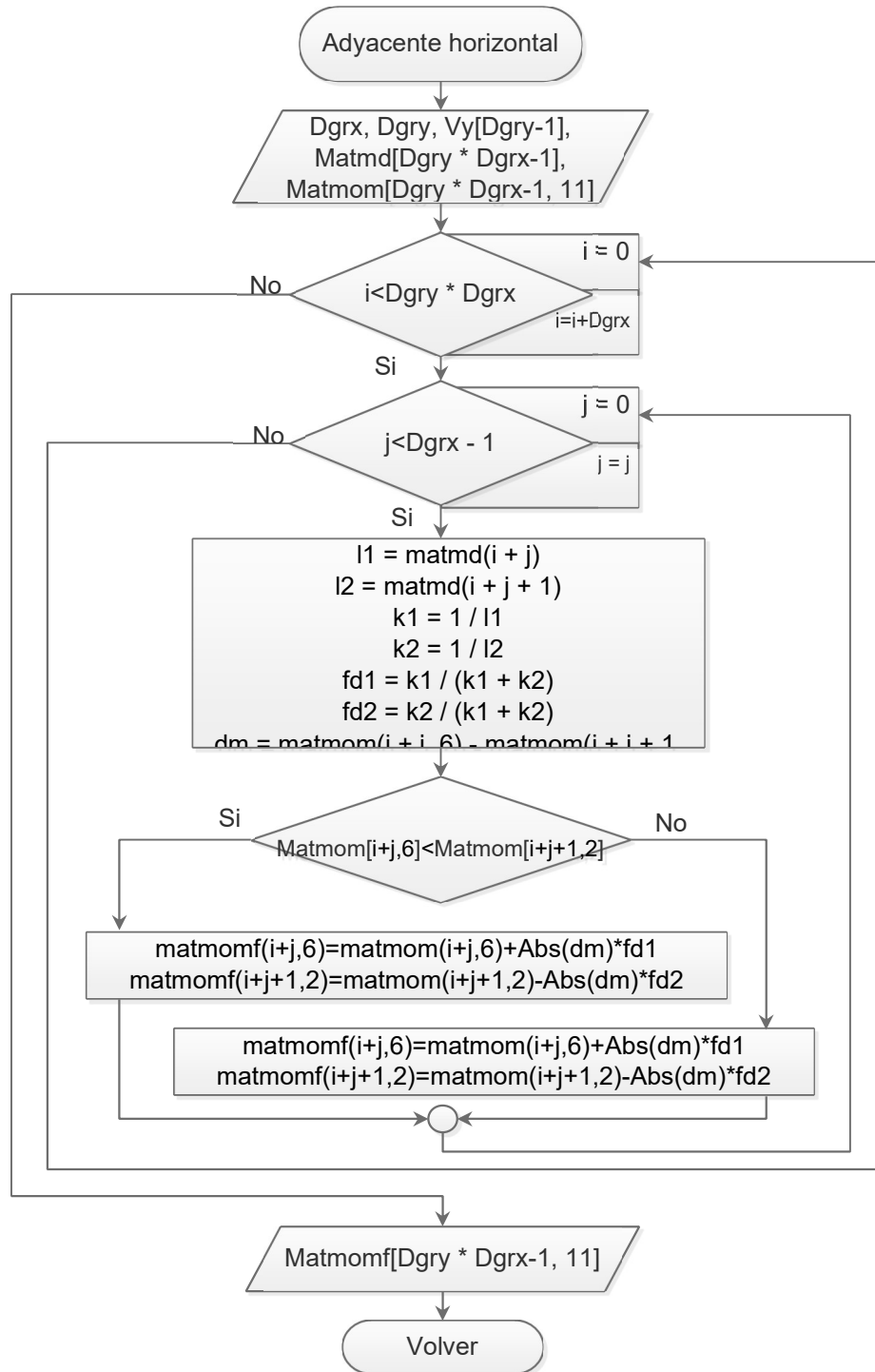


Diagrama 2.2.4.2.2. Diagrama de flujo que muestra la distribución de momentos adyacentes horizontales.

Diagrama de flujo que muestra el subproceso “Convertor de momento” del diagrama de la figura 2.2.4.0

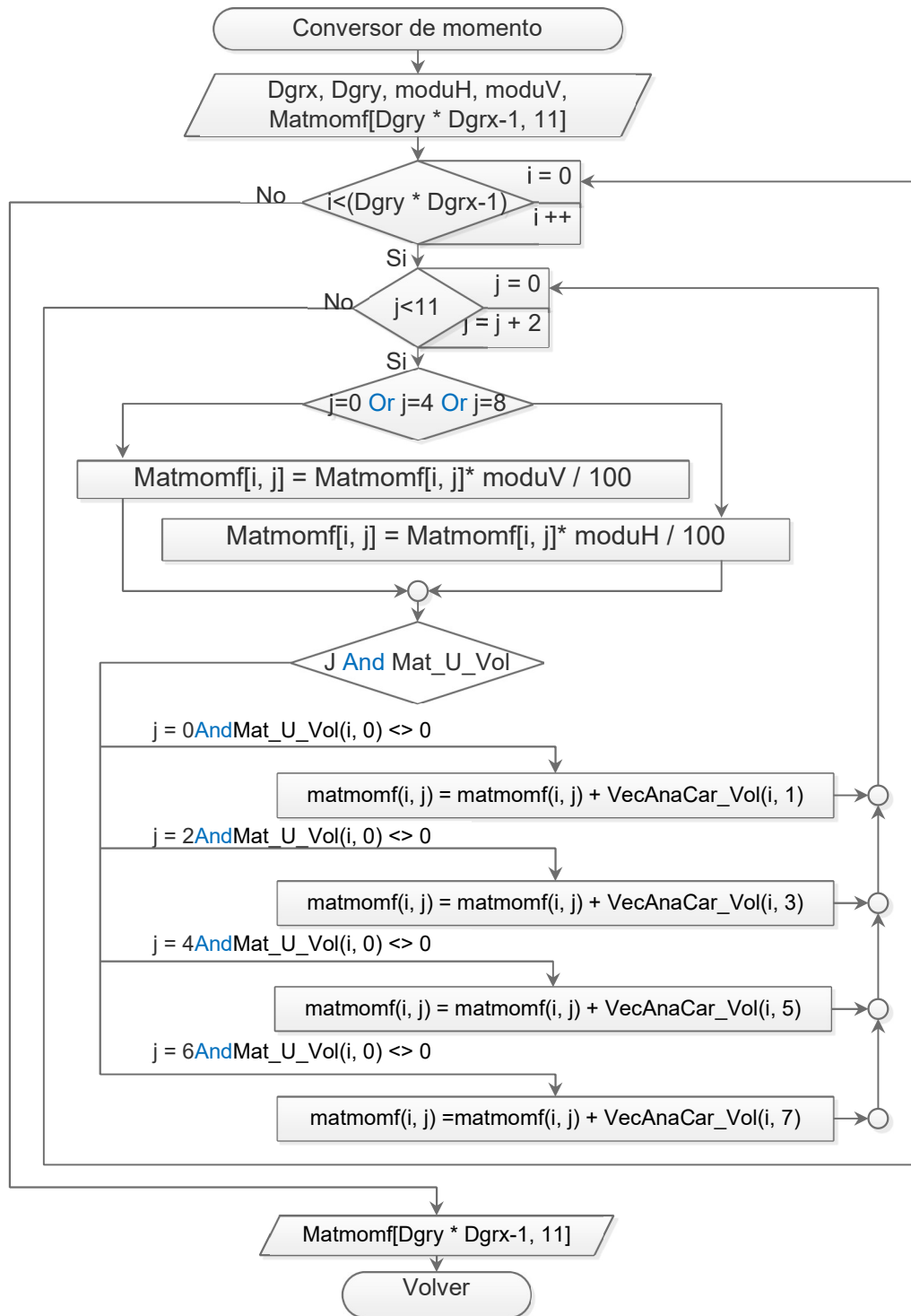


Diagrama 2.2.4.3. Diagrama que muestra el subproceso “Convertor de momento”.

Diagrama de flujo que muestra el subproceso “Diseño por flexión” del diagrama de la figura 2.0.0

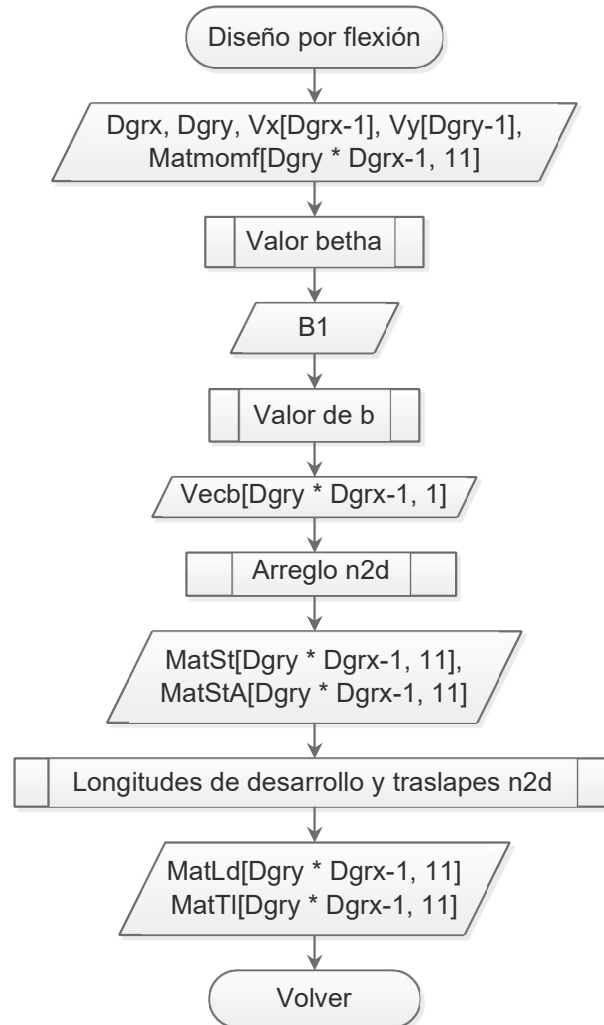


Diagrama 2.3.0. Diagrama que muestra el proceso de diseño por flexión en losas nervada de dos direcciones.

Diagrama de flujo que muestra el subproceso “Valor x” del diagrama de la figura

2.3.0

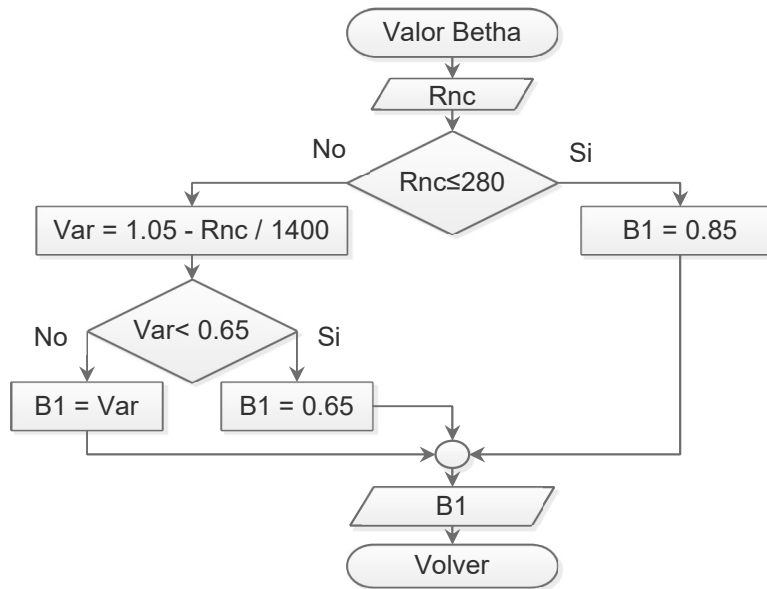


Diagrama 2.3.1.0. Diagrama que muestra el proceso de obtención del valor betha.

Diagrama de flujo que muestra el subproceso “Valor b” del diagrama de la figura

2.3.0

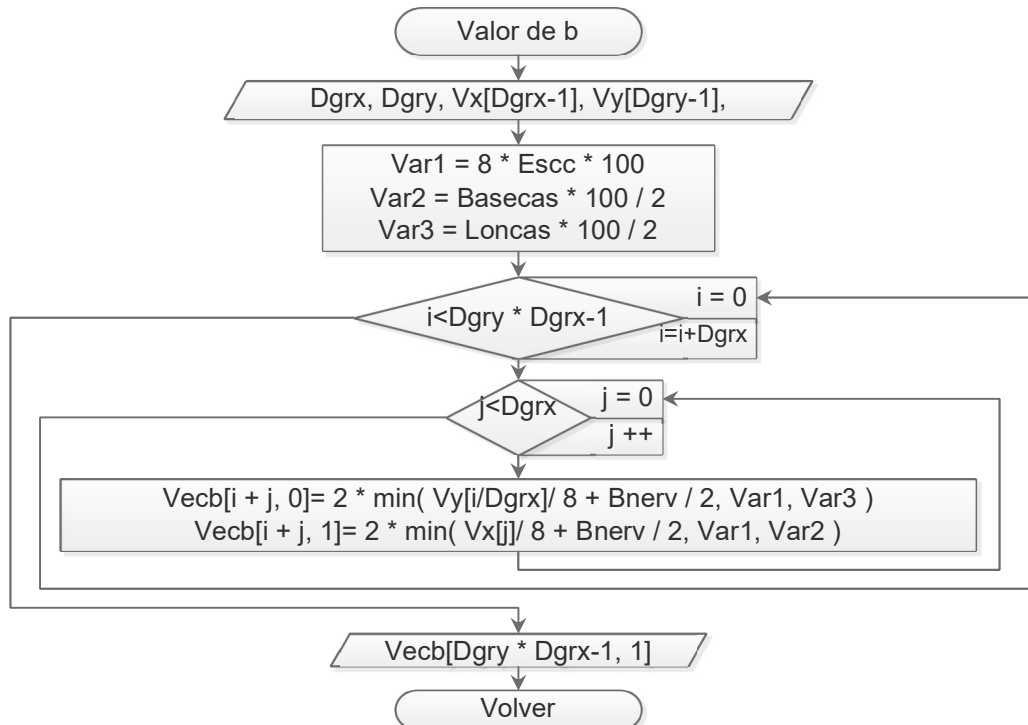


Diagrama 2.3.2.0. Diagrama que muestra el proceso de obtención del valor b.

Diagrama de flujo que muestra el subproceso “Arreglos” del diagrama de la figura 2.3.0

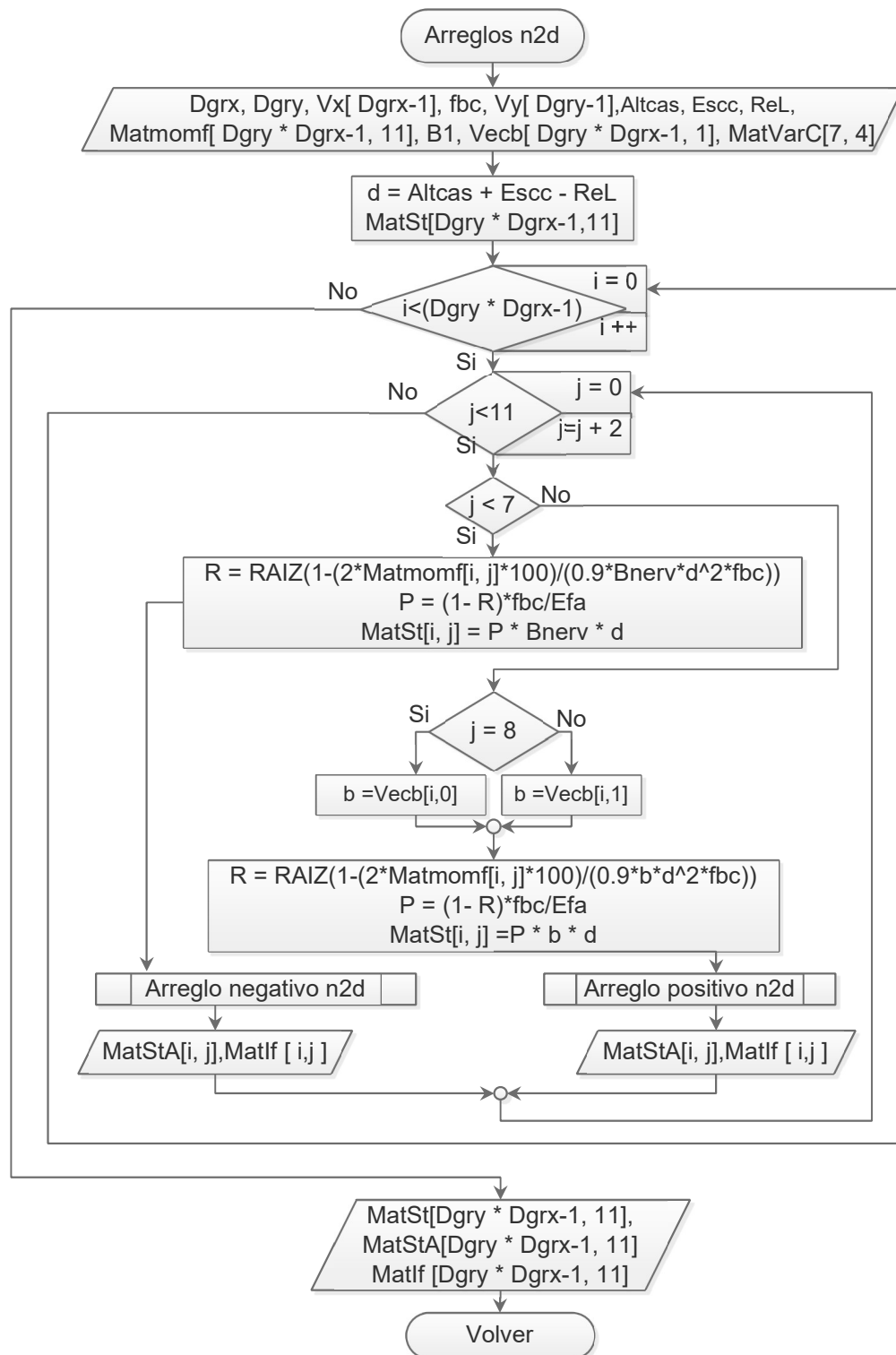


Diagrama 2.3.3.0. Diagrama que muestra el proceso general para la obtención de los arreglos.

Diagrama de flujo que muestra el subproceso “Arreglo negativo n2d” del diagrama de la figura 2.3.3

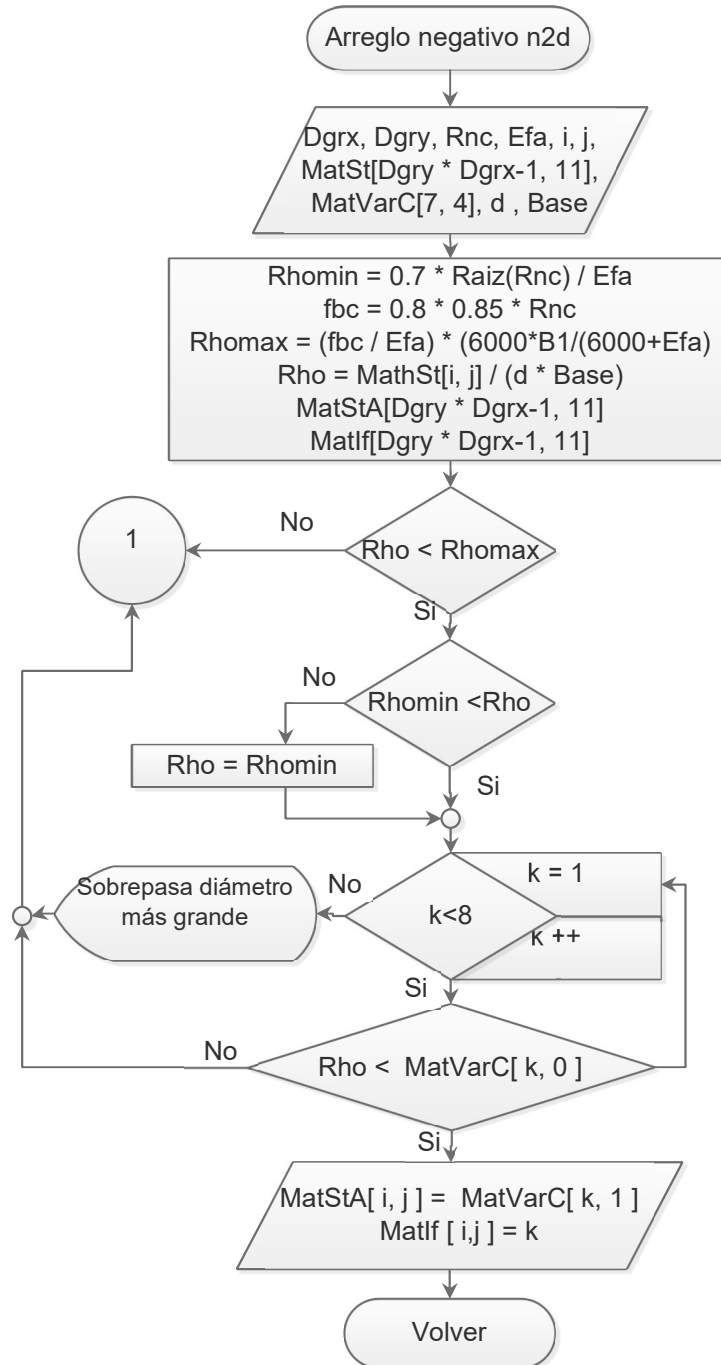


Diagrama 2.3.3.1. Diagrama que muestra el proceso de obtención de los arreglos negativos.

Diagrama de flujo que muestra el subproceso “Arreglos positivo n2d”

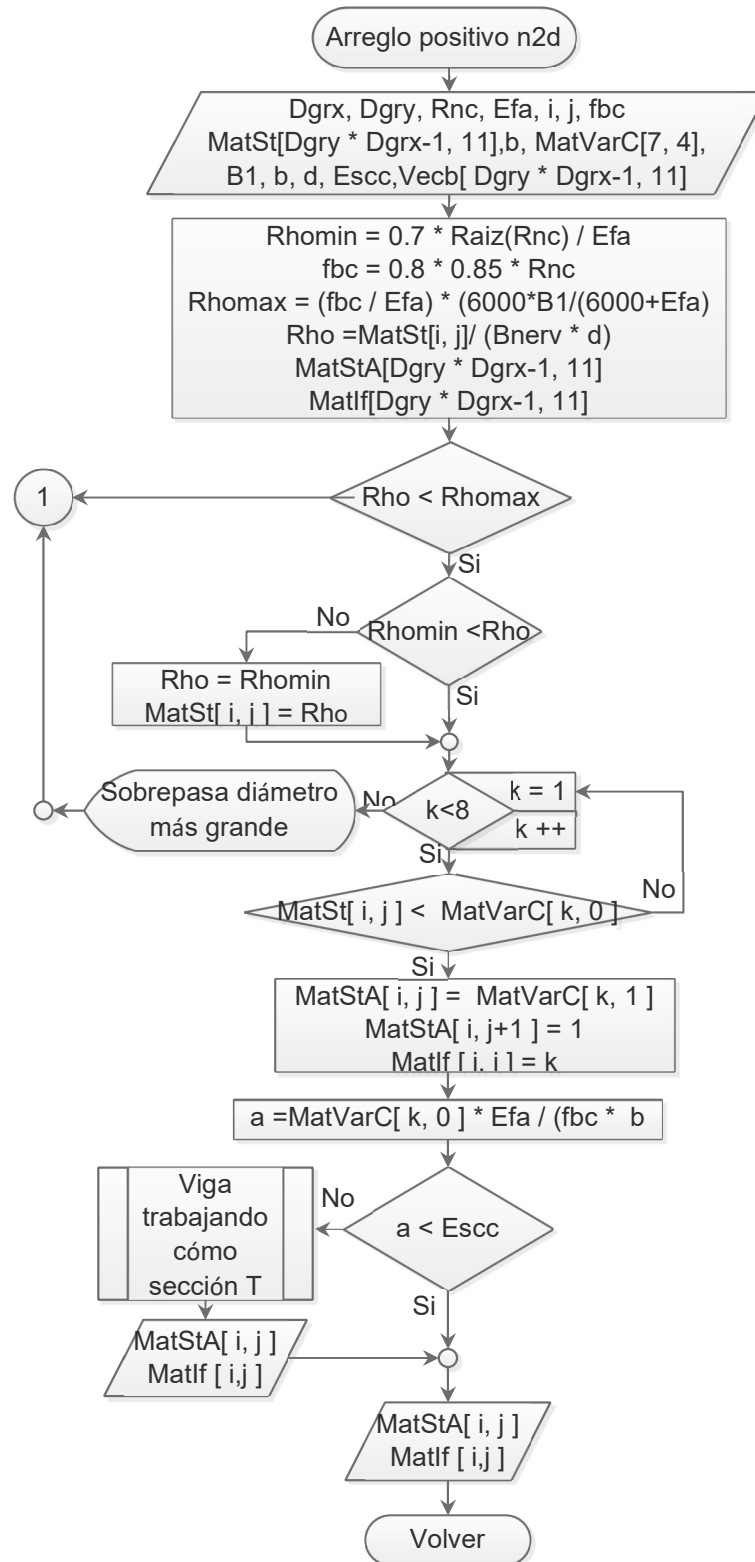


Diagrama 2.3.3.2. Diagrama que muestra el proceso de obtención de arreglos positivos.

Diagrama de flujo que muestra el subproceso “Longitudes de desarrollo y traslapes” del diagrama de la figura 2.2.4.0

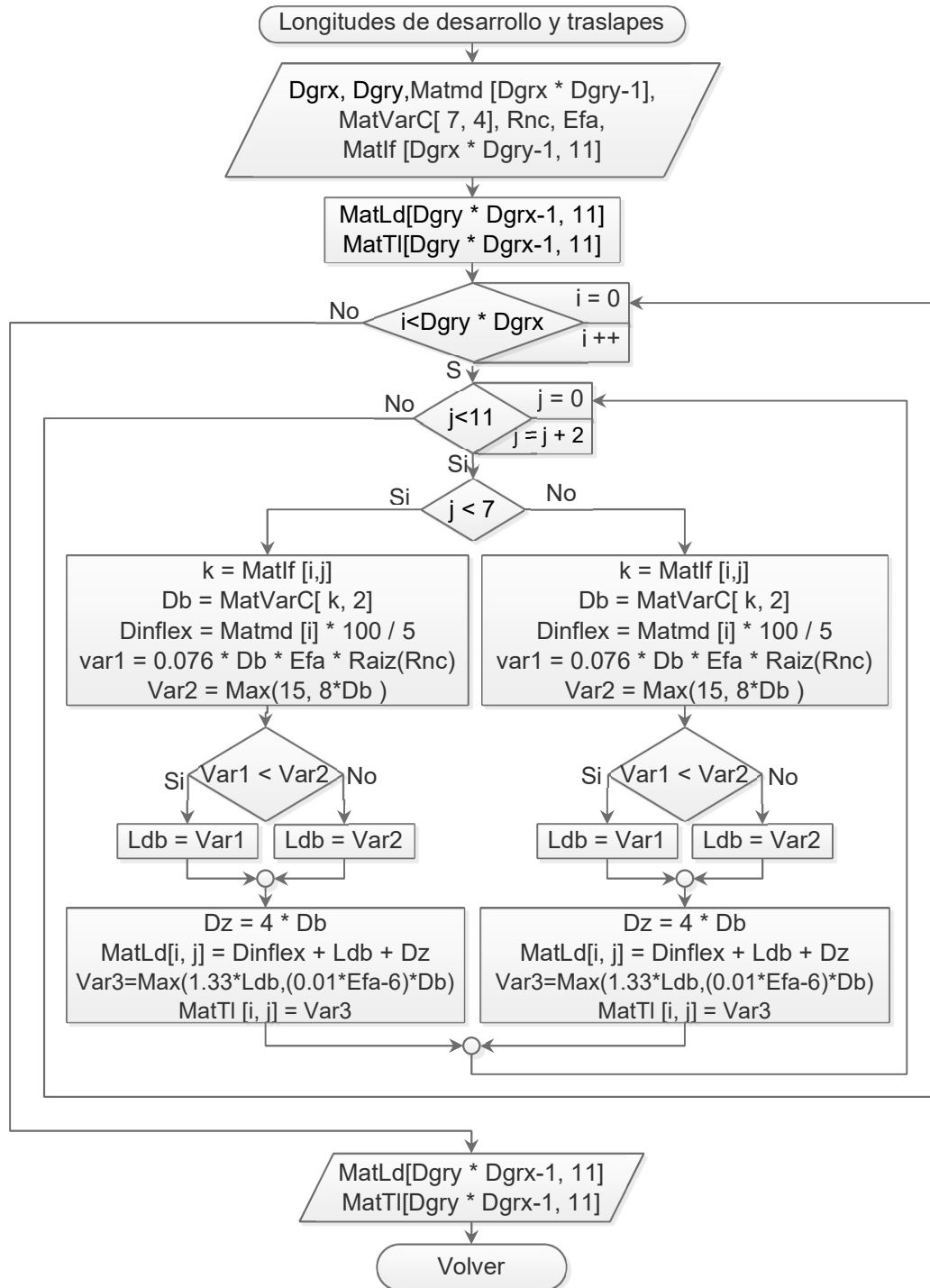


Diagrama 2.3.4.0. Diagrama que muestra el proceso de cálculo de las longitudes de desarrollo y traslape.

3.3 Losa maciza en dos direcciones

El grueso de los subprocesos utilizados en este módulo son los mismos que los del caso anterior, en cada pie de imagen se indica la ubicación de estos; solo se presentan los subprocesos principales que guían al resto ya mostrado.

3.3.1 Diagrama de flujo general del módulo para losa maciza en dos direcciones

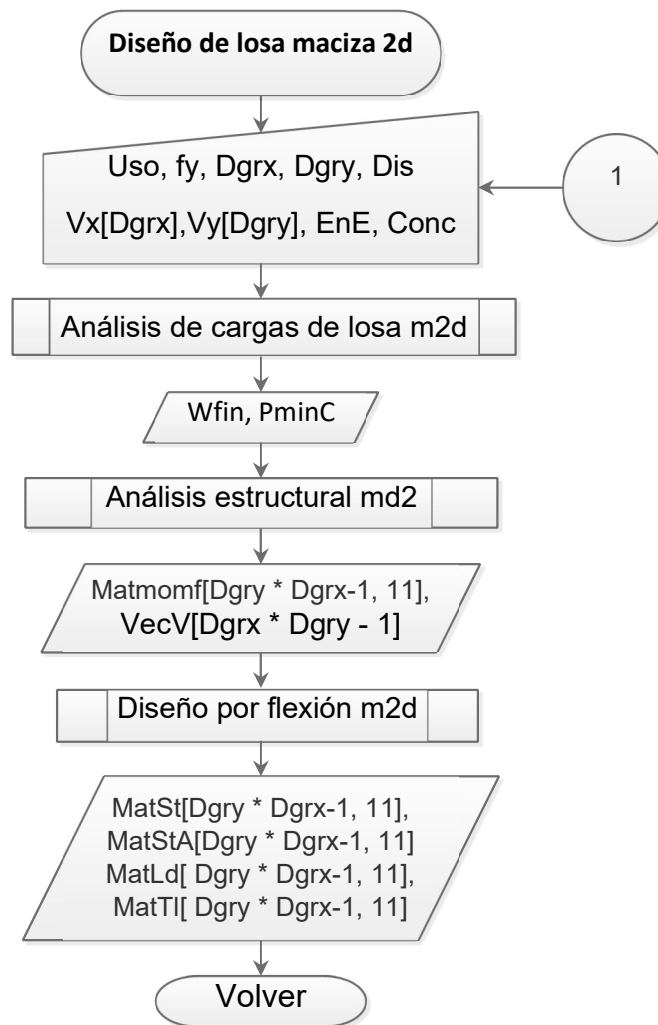


Diagrama 3.0.0. Diagrama general del diseño de losas nervadas. *Usos*; usos que tiene la estructura. *Dgr*; dimensión de la cuadrícula en un sentido específico. *Conc*; variables del concreto. *Dis*; características de la losa. *EnE*; Elementos no estructurales a considerar en el análisis de cargas. *Wfin*; Carga aplicada de forma uniforme (Kg/m2). *Mat*; prefijo para indicar una matriz de datos. *Vec*; prefijo para indicar un vector de datos

3.3.2 Subprocesos del diagrama General

Algoritmo para el análisis de cargas en losas macizas (dos direcciones)

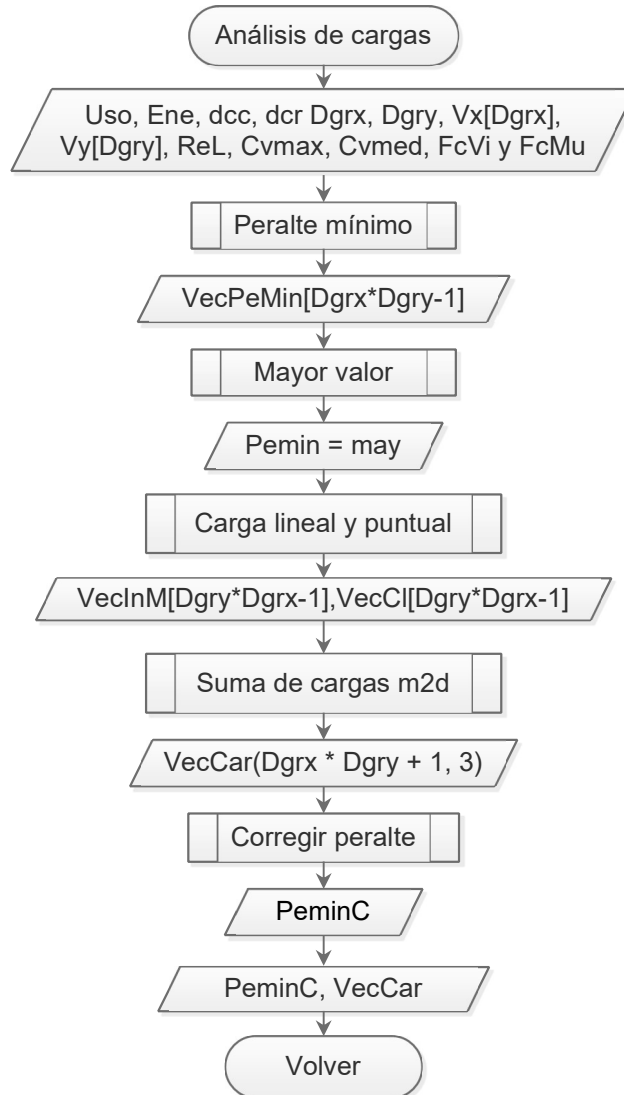


Diagrama 3.1.0. Diagrama general del análisis de cargas, todos los subprocesos a excepción del llamado “Suma de cargas m2d” ya se presentaron en el capítulo anterior; “Peralte mínimo” (Diagrama 2.1.1), “Carga lineal y puntual” (Diagrama 2.1.3 y Diagrama 2.1.4) y “Corregir peralte” (Diagrama 2.1.6).

Diagrama de flujo que muestra el subproceso llamado “Suma de cargas m2d”

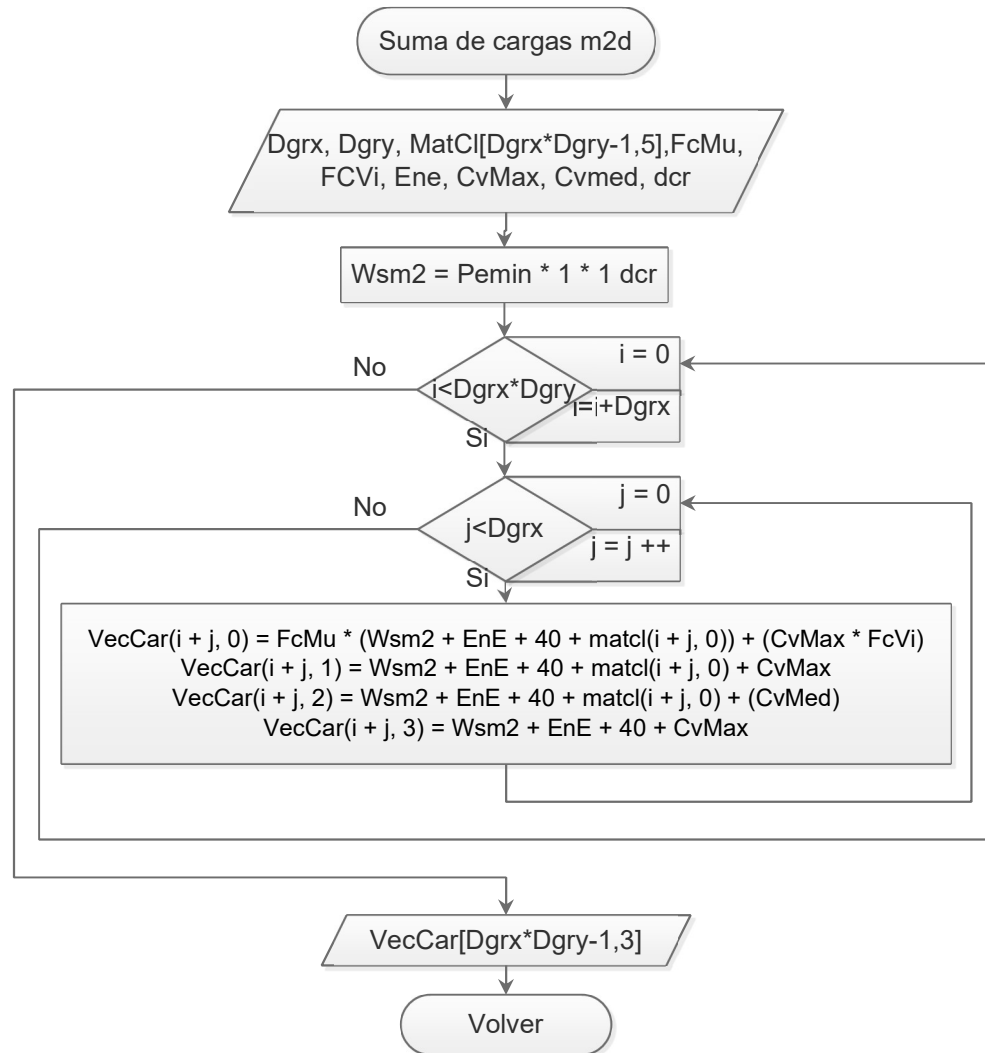


Diagrama 3.1.1. Subproceso “Suma de cargas m2d”.

Diagrama de flujo que muestra el proceso de análisis estructural de losas macizas en dos direcciones

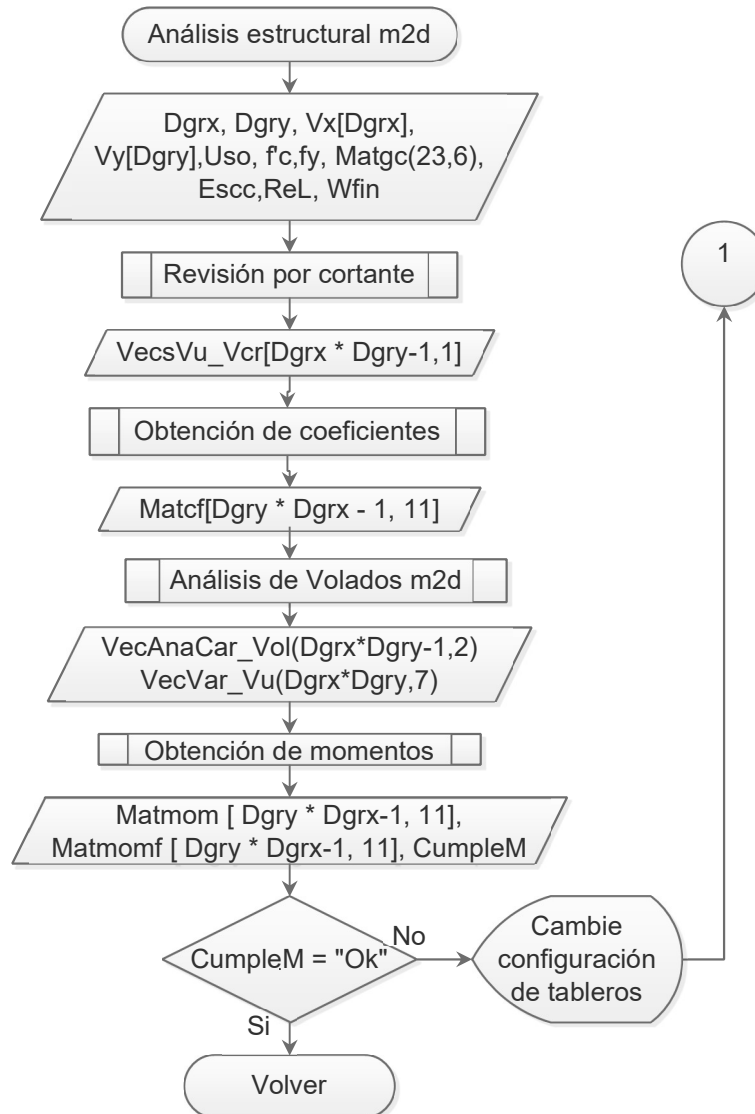


Diagrama 3.2.0. Diagrama general del análisis de estructural, todos los subprocesos a excepción del llamado "Análisis de volados m2d" ya se presentaron en el capítulo anterior; "Revisión por cortante" (Diagrama 2.2.1), "Obtención de coeficientes" (Diagrama 2.2.2) y "Obtención de momentos" (Diagrama 2.2.4).

Diagrama de flujo que muestra el subproceso llamado “Análisis de volados m2d” del diagrama 3.2.0

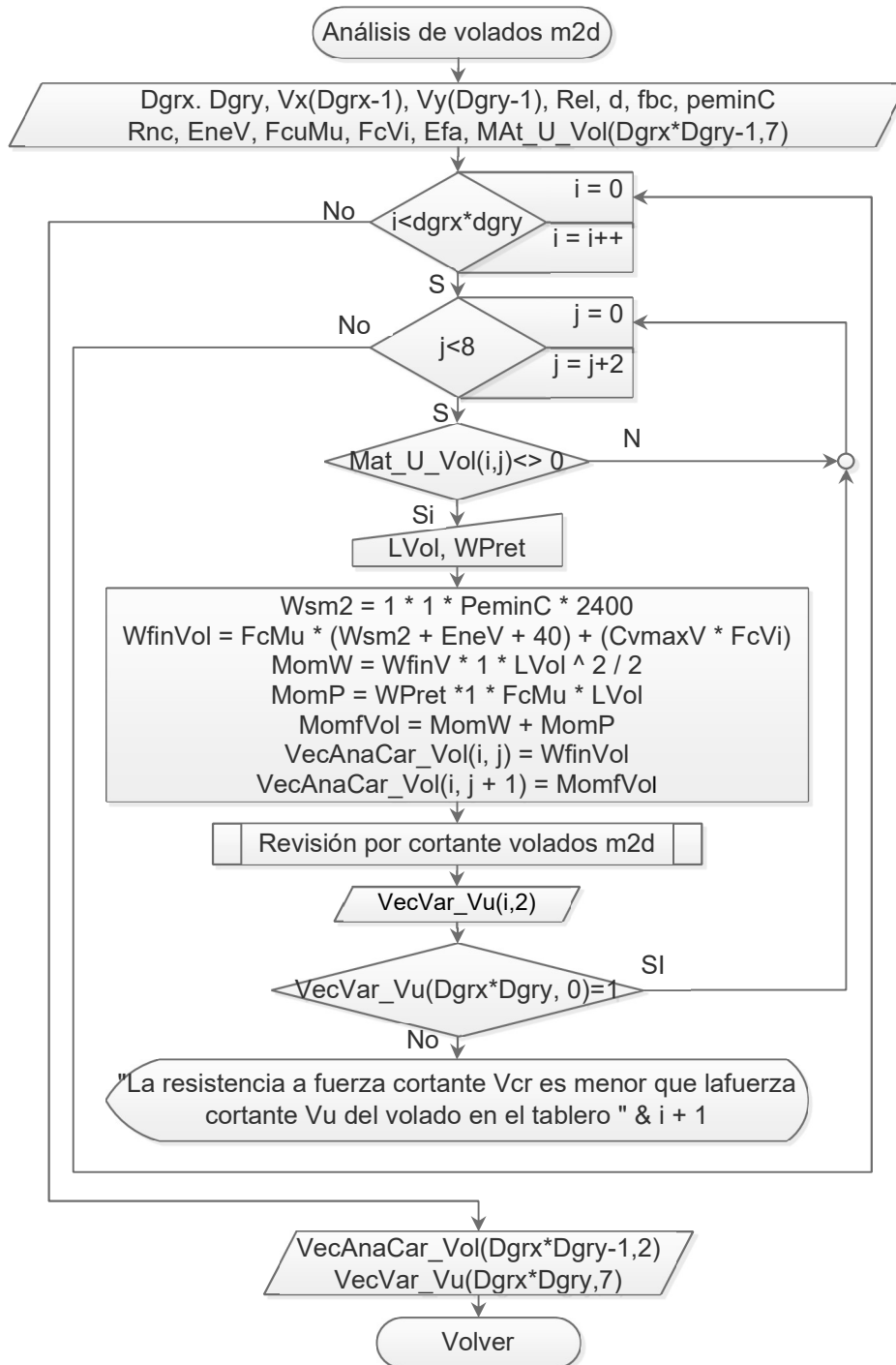


Diagrama 3.2.1. Diagrama de flujo del proceso llamado “Análisis de volados m2d”.

Diagrama de flujo que muestra el subproceso llamado “Revisión por cortante volados m2d” del diagrama 3.2.1

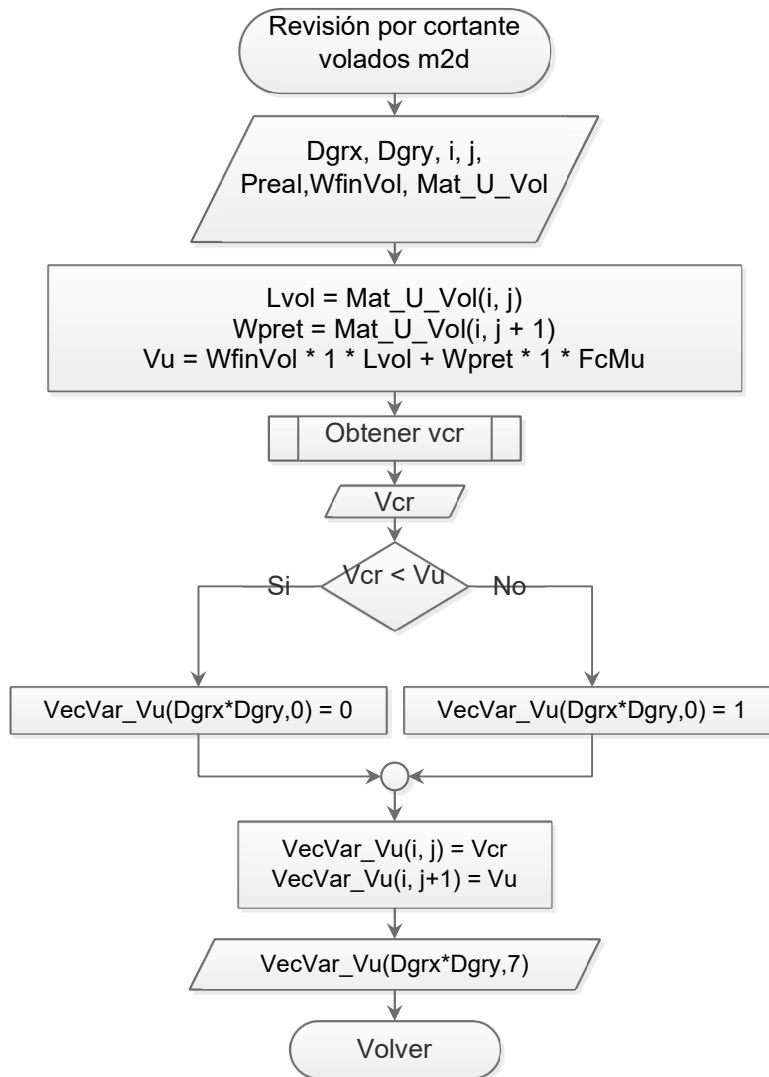


Diagrama 3.2.1.1. Diagrama general de la revisión por cortante en volados de losas macizas, se presentó en el capítulo anterior el subproceso “Obtener vcr” (Diagrama 2.2.3.1.1).

Diagrama de flujo que muestra el proceso de “Diseño por flexión m2d” de losas macizas en dos direcciones

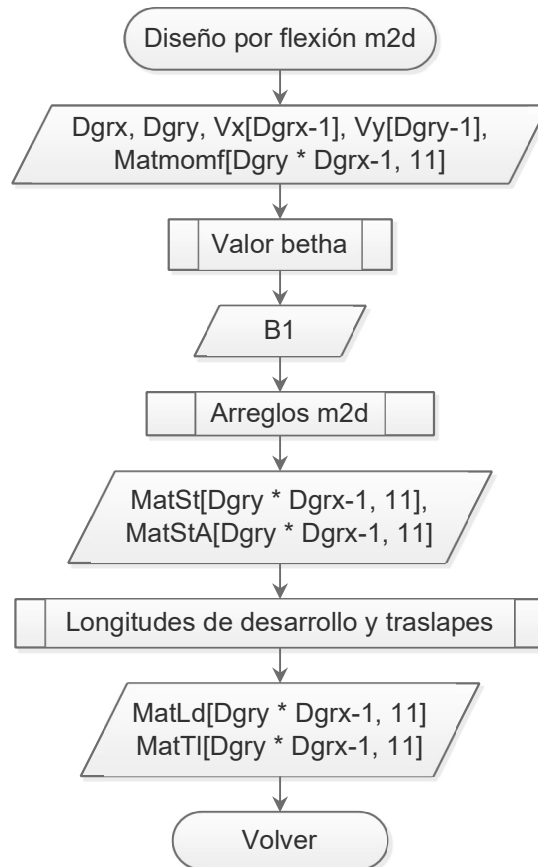


Diagrama 3.3.0. Diagrama del diseño por flexión en losas macizas de dos direcciones, todos los subprocessos a excepción del llamado “Arreglos m2d” ya se presentaron en el capítulo anterior; “Valor betha” (Diagrama 2.3.1) y “Longitudes de desarrollo y traslapes” (Diagrama 2.3.4).

Diagrama de flujo que muestra el subproceso llamado “Arreglos m2d” del diagrama 3.3.0

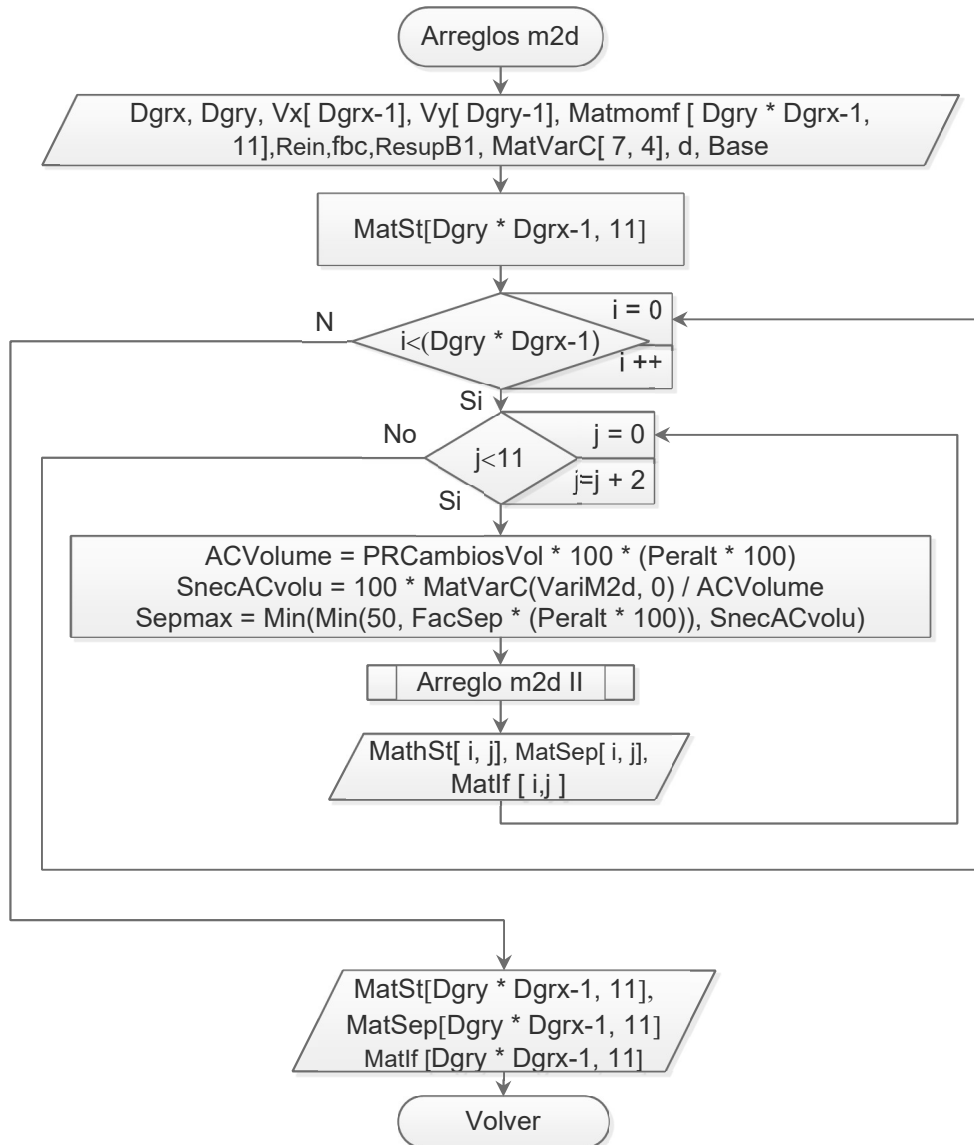


Diagrama 3.3.1. Diagrama de flujo del subproceso llamado “Arreglos m2d”.

Diagrama de flujo que muestra el subproceso llamado “Arreglos m2d II” del diagrama 3.3.1

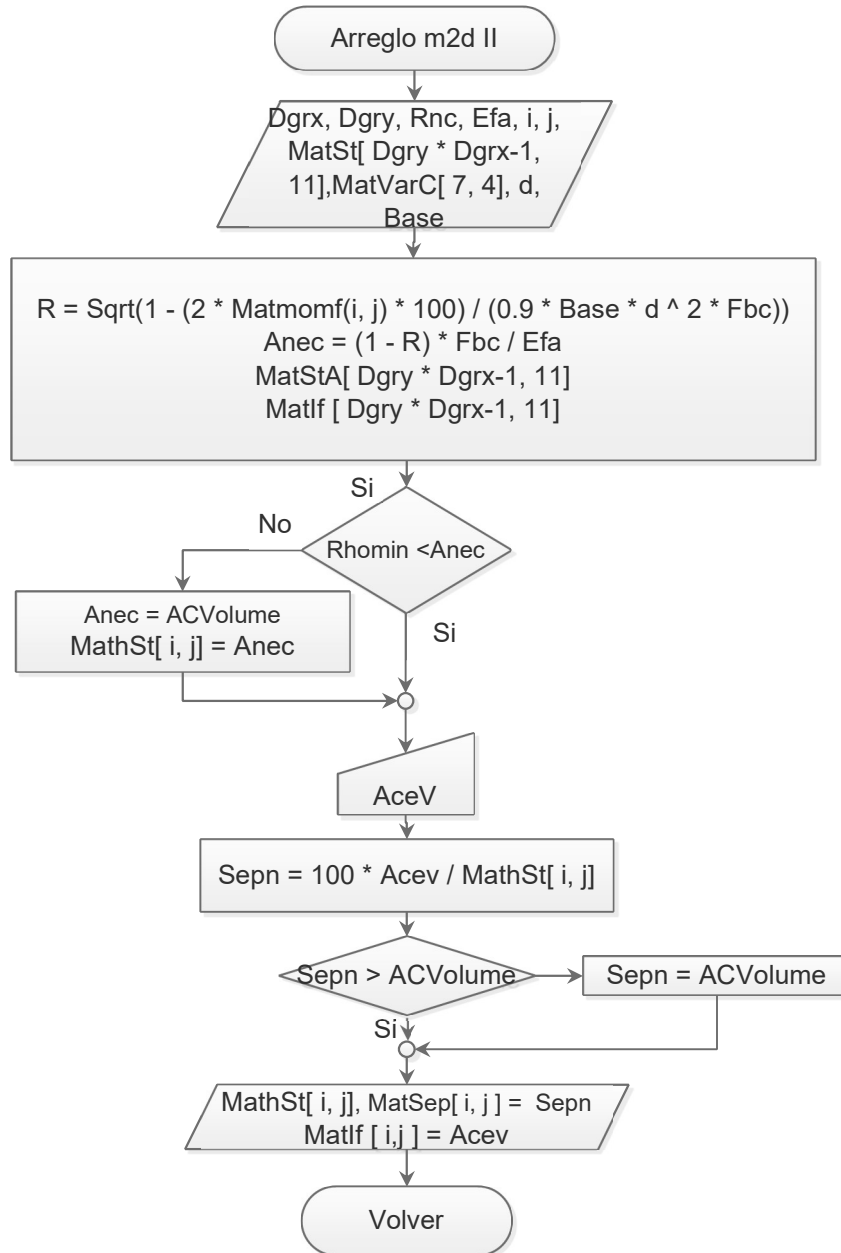


Diagrama 3.3.1.1. Diagrama de flujo del subproceso llamado “Arreglos m2d II”.

3.4 Losa de vigueta y bovedilla

3.4.1 Diagrama de flujo general del módulo para losa de vigueta y bovedilla

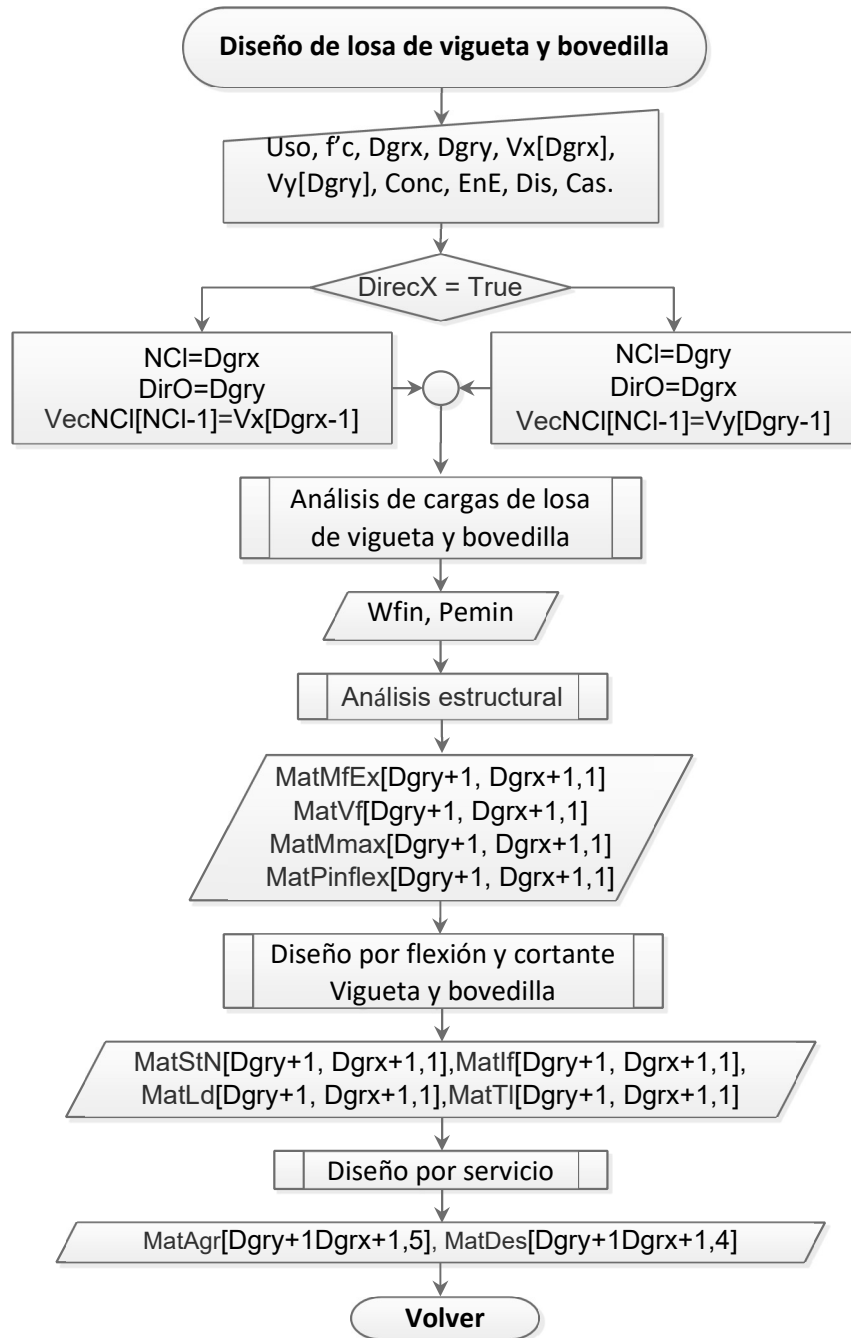


Diagrama 4.0.0. Diagrama general del diseño de vigueta bovedilla. *Usó*; uso que tiene la estructura. *Dgr*; dimensión de la cuadrícula en un sentido específico. *Conc*; variables del concreto. *Dis*; características de la losa. *Cas*; propiedades del casetón. *EnE*; Elementos no estructurales a considerar en el análisis de cargas. *Wfin*; Carga aplicada de forma uniforme (Kg/m²). *Mat*; prefijo para indicar una matriz de datos. *Vec*; prefijo para indicar un vector de datos

3.4.2 Subprocesos del diagrama General

Diagrama de flujo que muestra el proceso de análisis de cargas en losas de vigueta y bovedilla

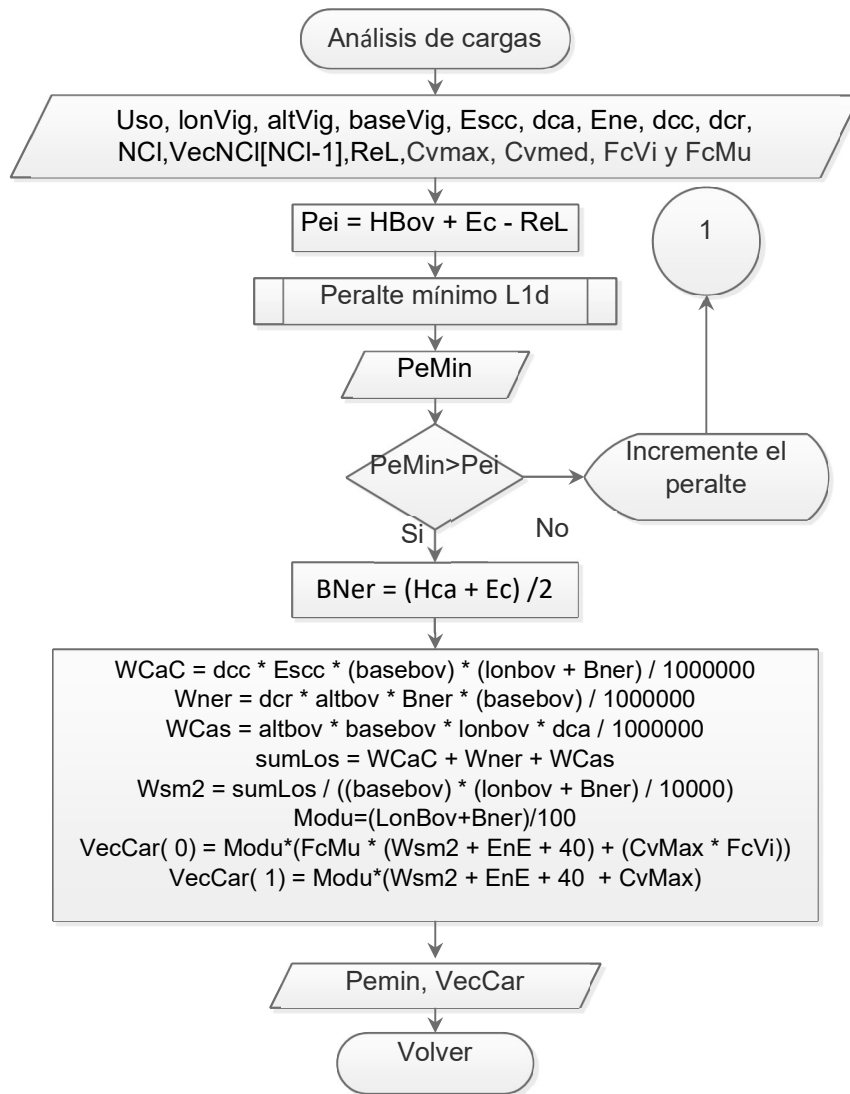


Diagrama 4.1.0. Diagrama del proceso de análisis de cargas, subproceso llamado desde 4.0.0.

Diagrama de flujo que muestra el proceso de obtención del peralte mínimo

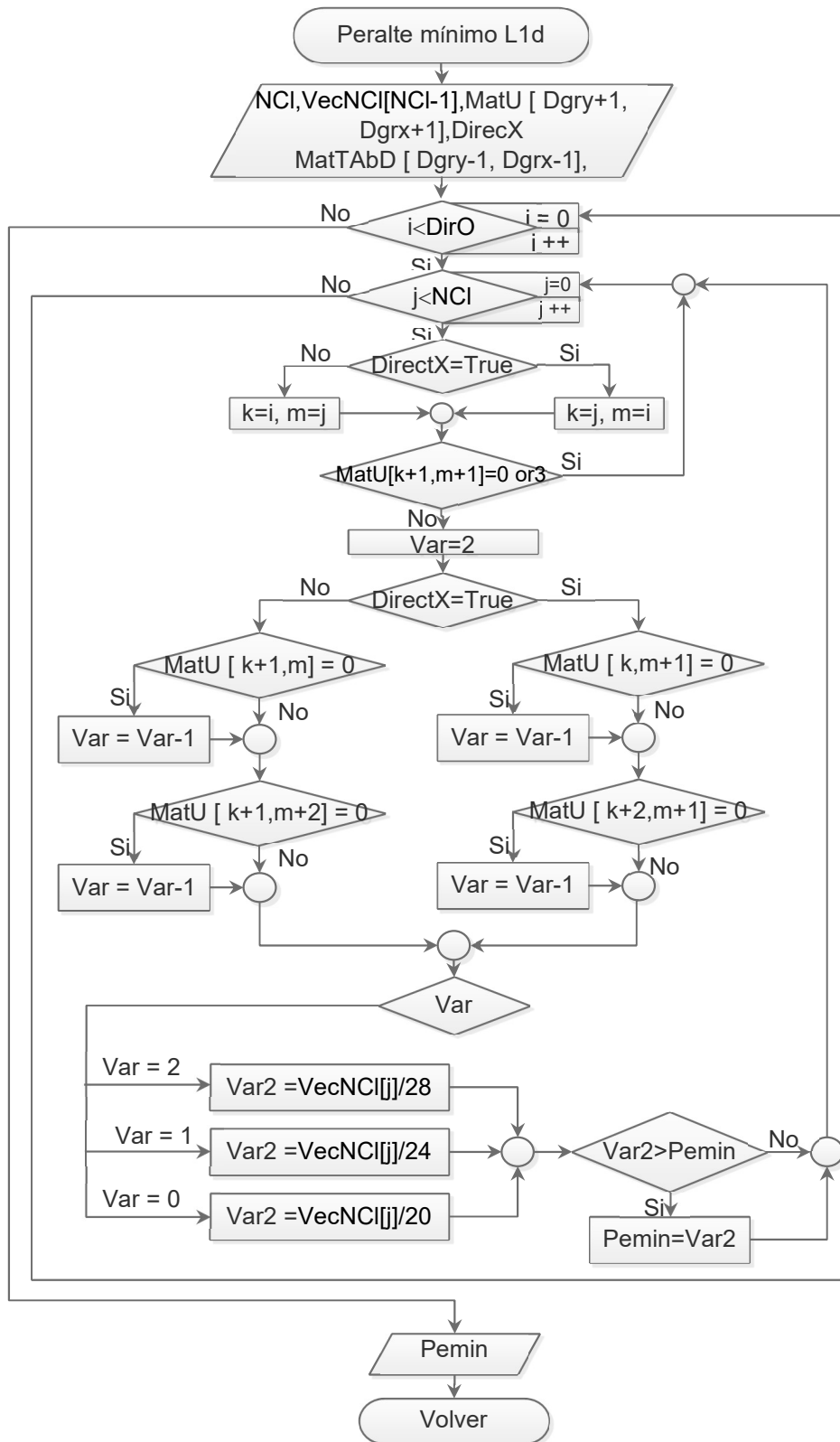


Diagrama 4.1.1. Diagrama para el cálculo del peralte mínimo, empleando el código ACI 318S-14

Diagrama de flujo que muestra el proceso de análisis estructural en losas de vigueta y bovedilla



Diagrama 4.2.0. Diagrama de flujo del proceso de análisis estructural para losas de vigueta y bovedilla, recuérdese que este proceso fue llamado desde 4.0.0.

Diagrama de flujo que muestra la obtención de momentos en extremos mediante el método de redistribución de momentos

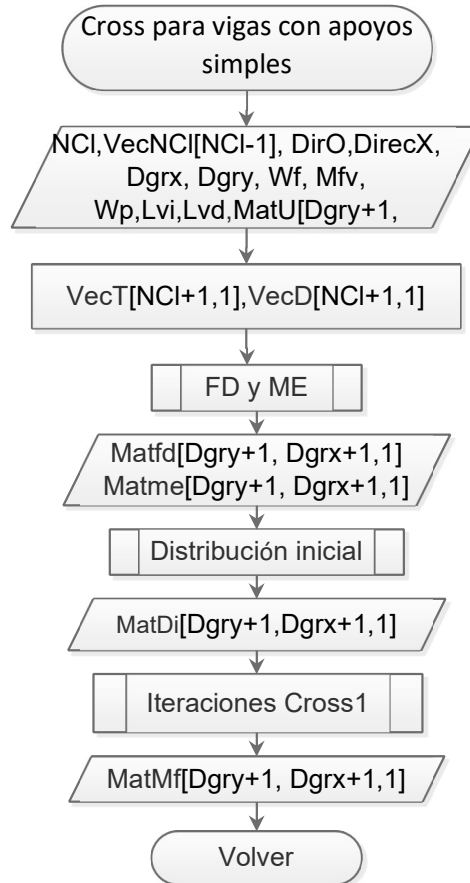


Diagrama 4.2.1. Diagrama de flujo que muestra el proceso para la obtención de momentos en los extremos por el método de distribución de momentos, subproceso llamado desde el proceso "Análisis estructural".

Obtiene los factores de distribución y momentos de empotramiento

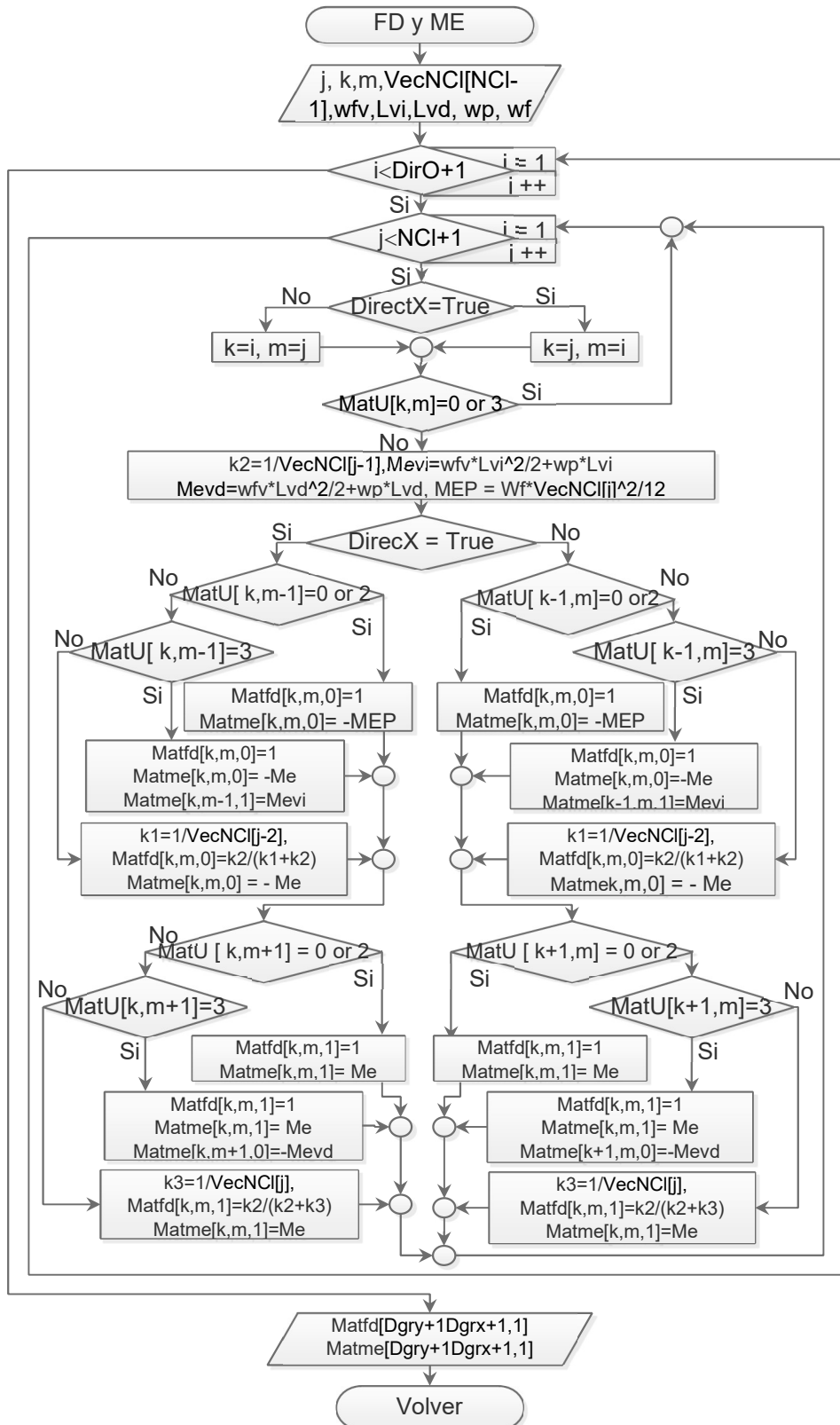


Diagrama 4.2.1.1. Diagrama para la obtención de los factores de distribución y momentos de empotramiento.

Realiza la primera distribución de momentos (Hardy Cross)

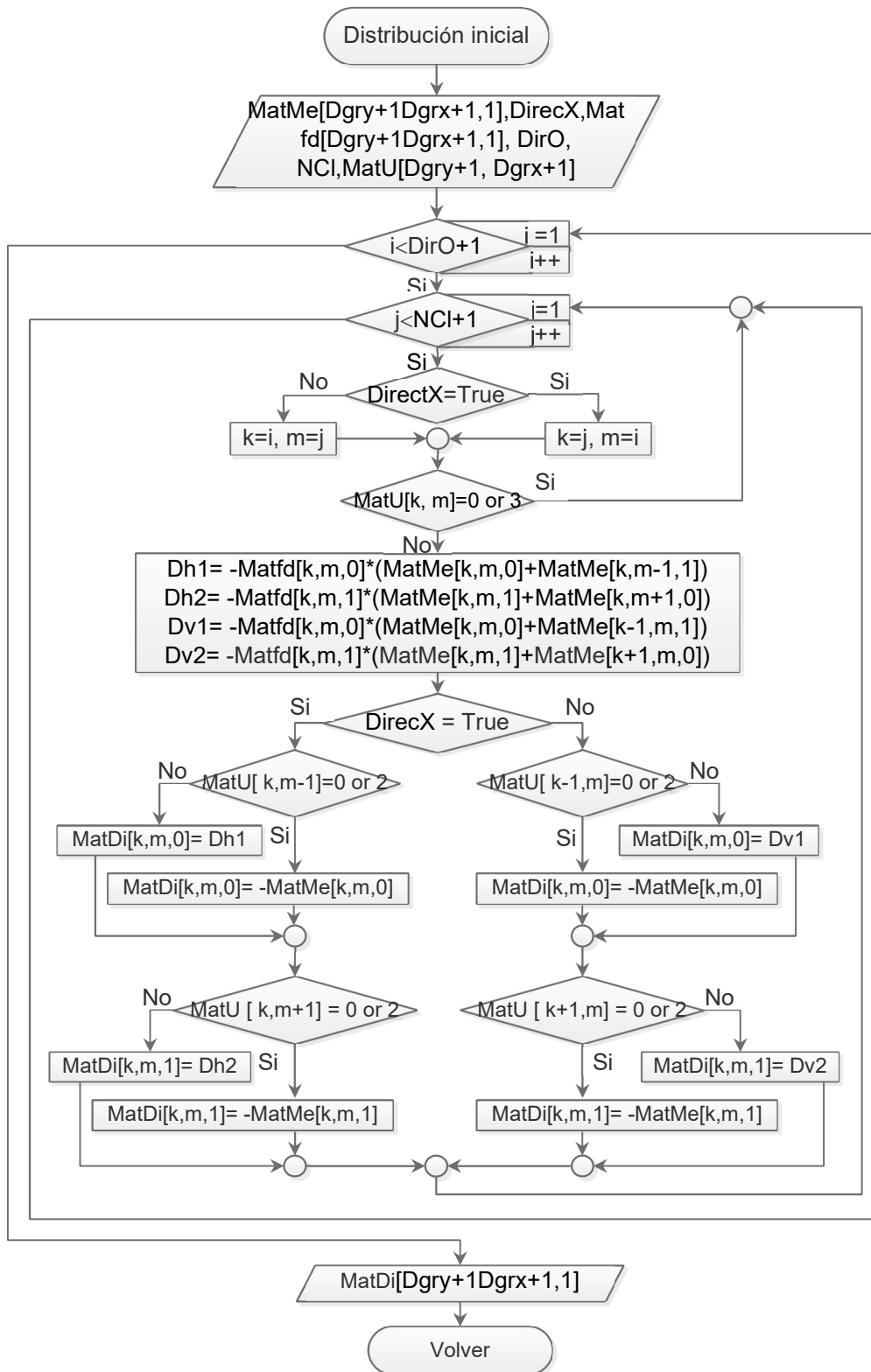


Diagrama 4.2.1.2. Subproceso del diagrama 4.2.1, para realizar la primera distribución en el método de Hardy Cross.

Primera parte del proceso de iteración (Hardy Cross)

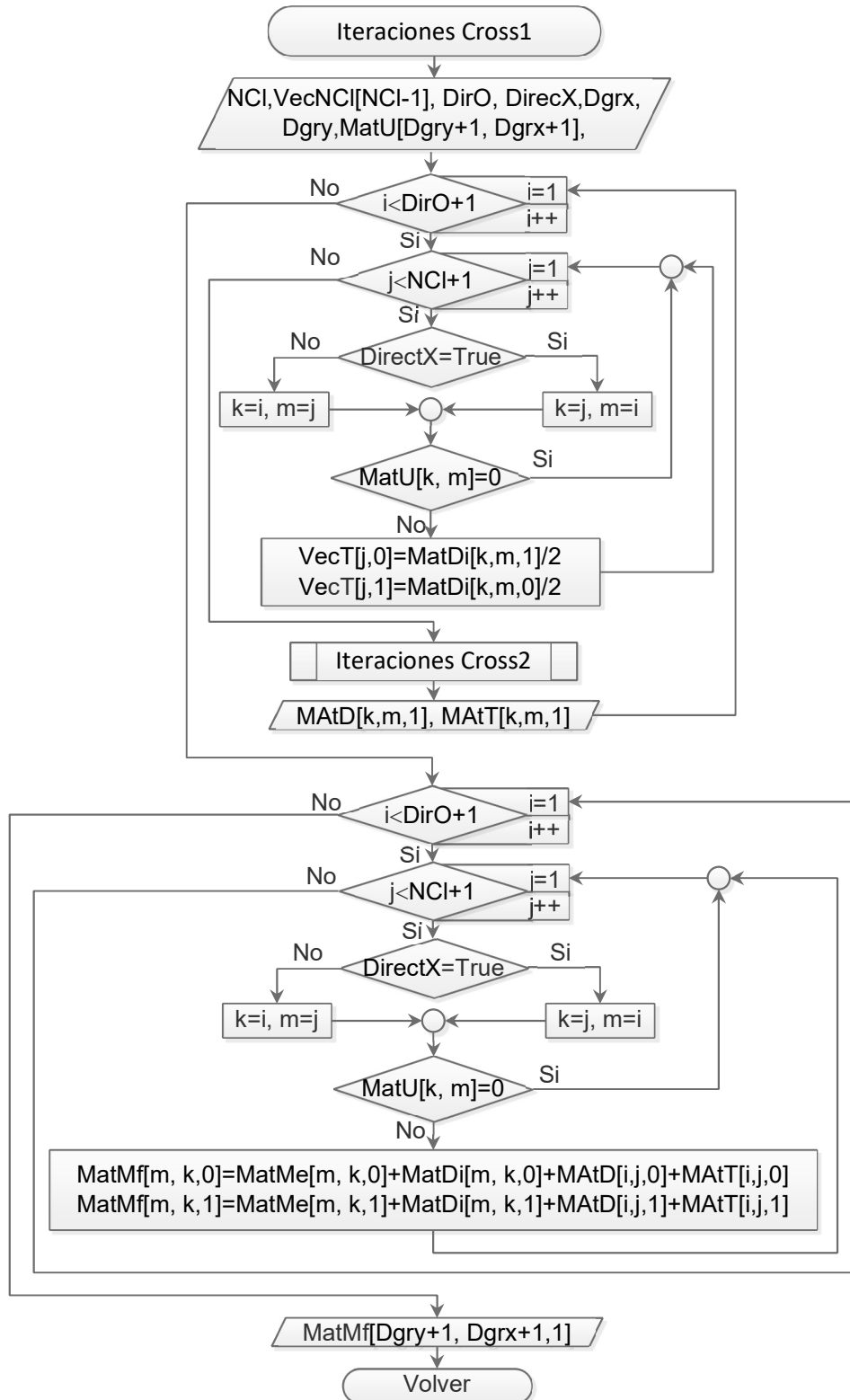


Diagrama 4.2.1.3. Subproceso del diagrama 4.2.1 que realiza las iteraciones de distribución y transporte en el método de Hardy Cross

Segunda parte del proceso de iteración (Hardy Cross)

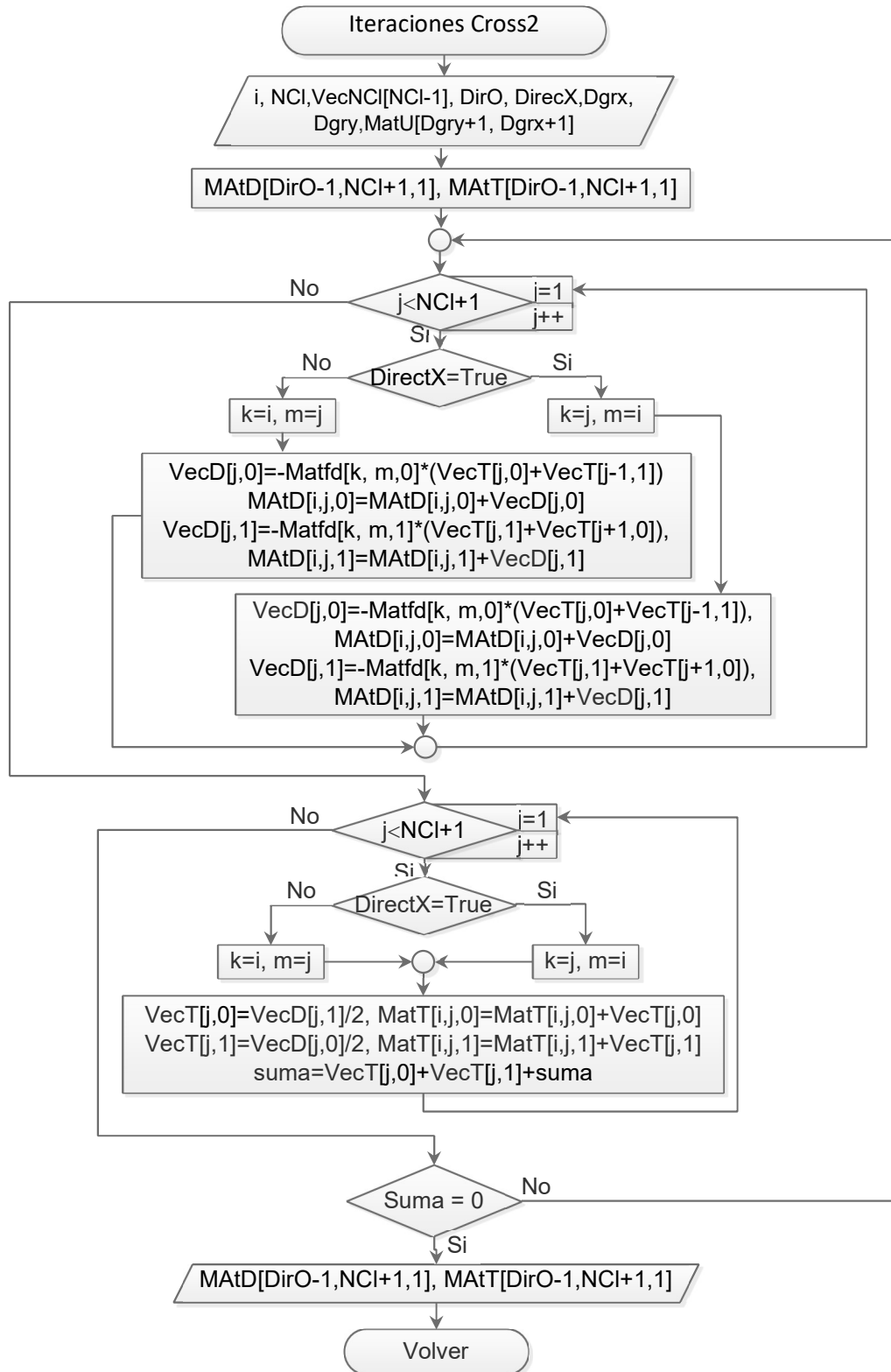


Diagrama 4.2.1.3.1. Subproceso del diagrama 4.2.1.3 que realiza el complemento de las iteraciones de distribución y transporte en el método de Hardy Cross

Diagrama que obtiene los puntos de interés del diagrama de momento

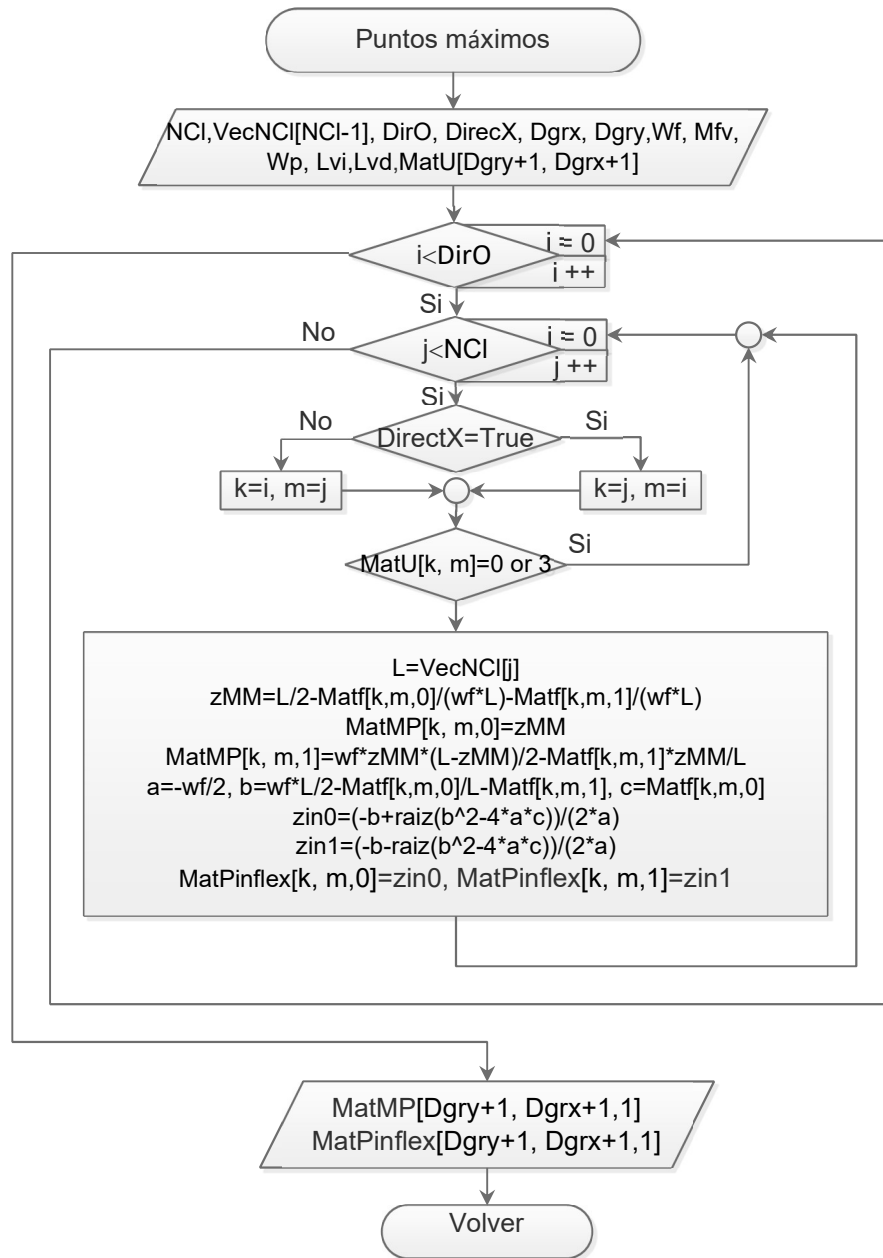


Diagrama 4.2.3. Subproceso del diagrama 4.2.0 que obtiene los puntos de mayor interés en los diagramas de momento y cortante.

Diagrama que muestra el proceso de diseño por flexión y cortante en losas de vigueta y bovedilla

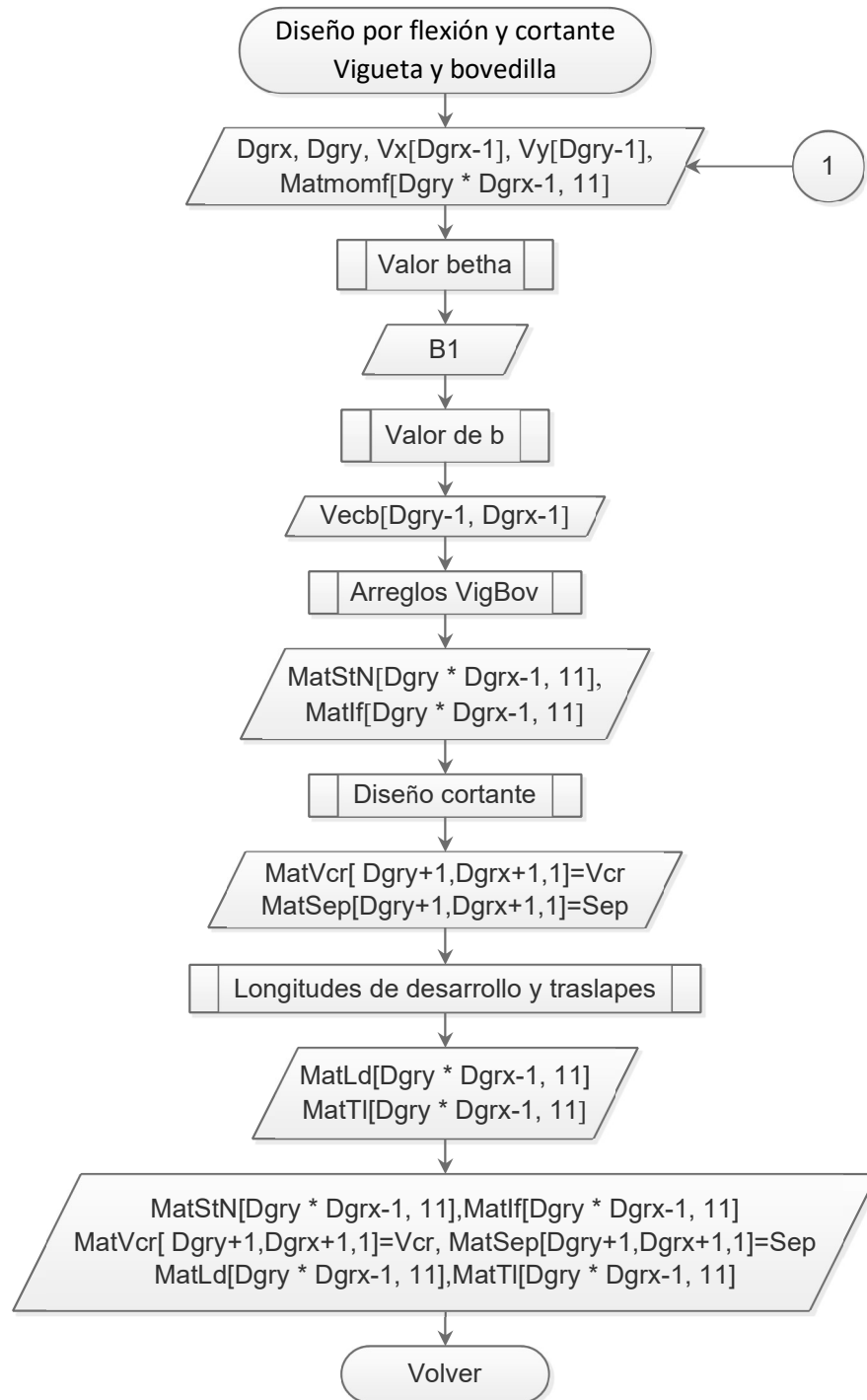


Diagrama 4.3.0. Diagrama que muestra el proceso para el diseño por flexión y cortante en losas de vigueta y bovedilla, este proceso se llamó desde 4.0.0.

Diagrama que obtiene el valor de la constante Beta

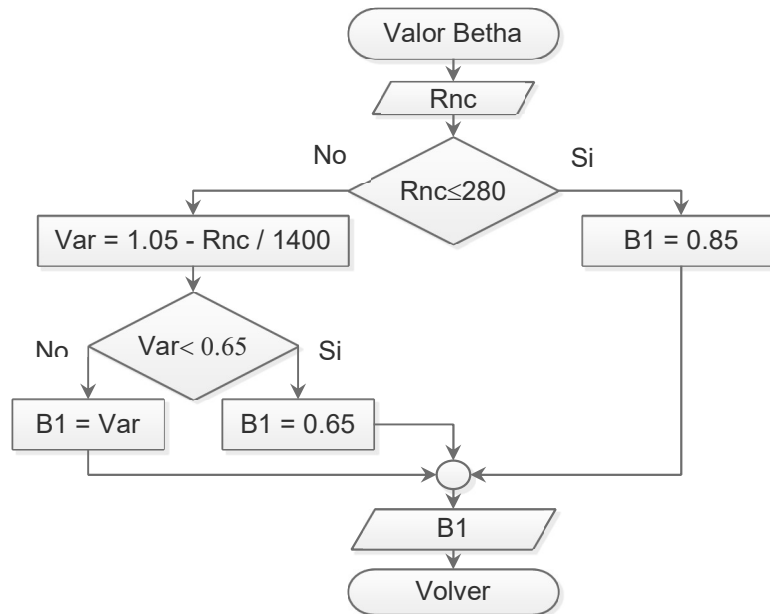


Diagrama 4.3.1. Subproceso del diagrama 4.3.0 que obtiene el beta para el cálculo de porcentajes permisibles en el acero.

Diagrama que obtiene el ancho efectivo de la sección T

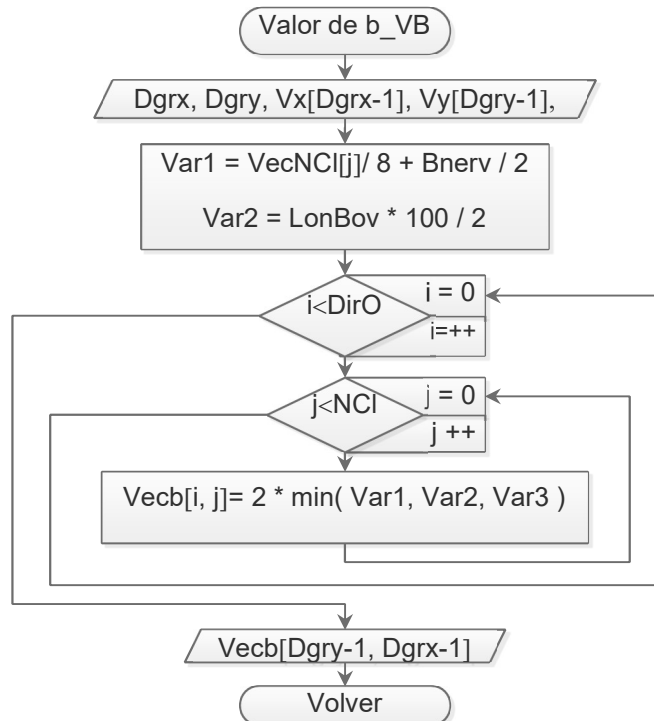


Diagrama 4.3.2. Subproceso del diagrama 4.3.0 que obtiene el valor de ancho efectivo b.

Crea los arreglos del diseño por flexión en losas de vigueta y bovedilla

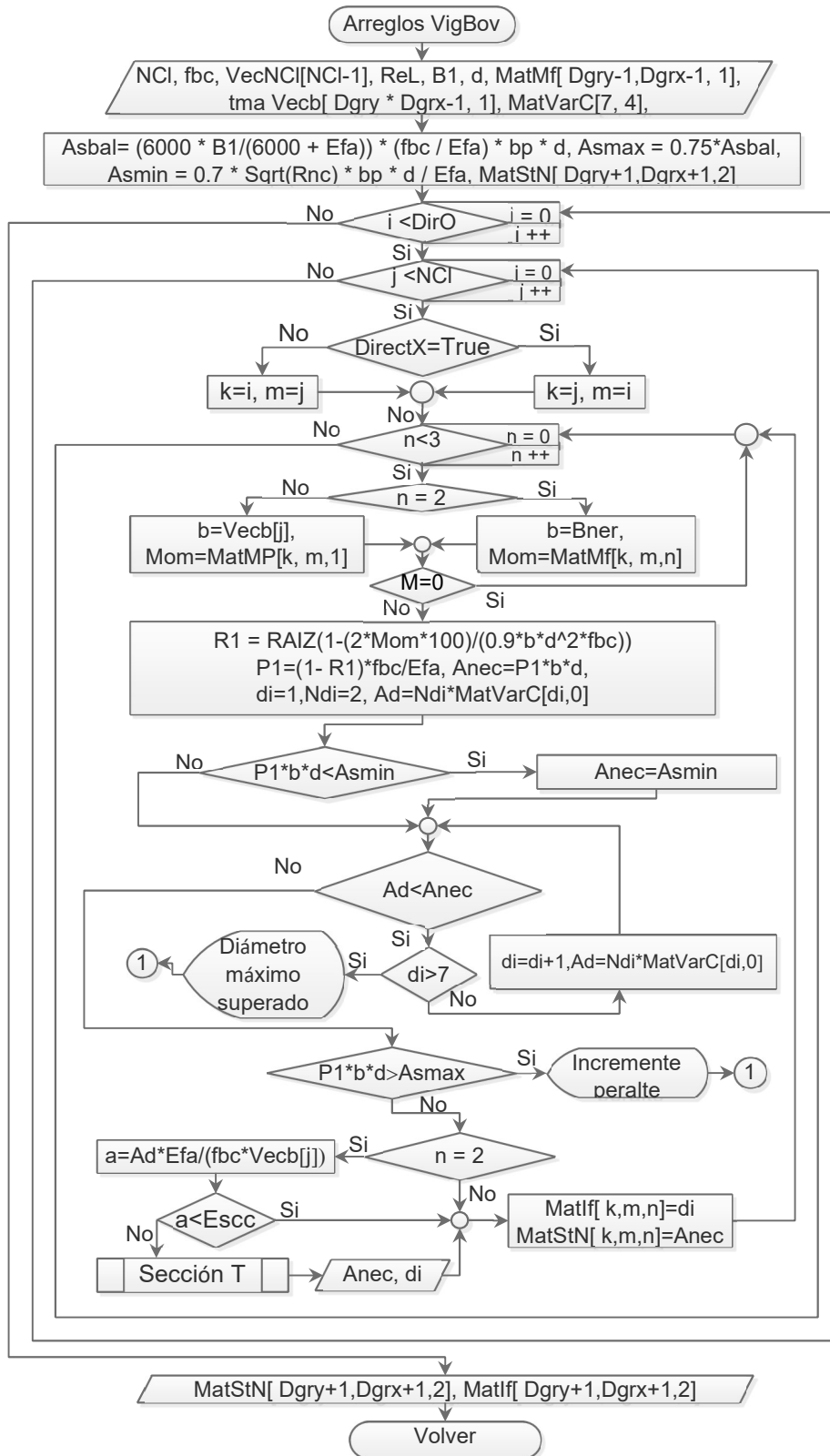


Diagrama 4.3.3. Subproceso del diagrama 4.3.0 que obtiene los arreglos de acero por flexión.

Diagrama que muestra el diseño considerando el trabajo de la viga como sección T

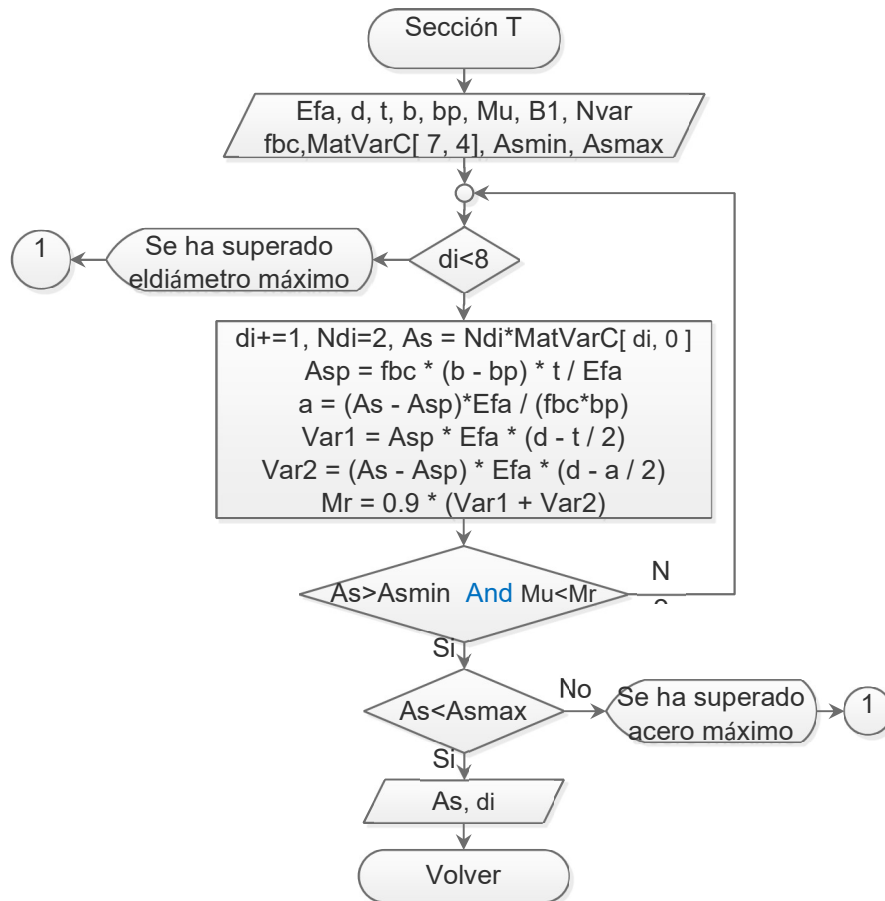


Diagrama 4.3.3.1. Subproceso del diagrama 4.3.3 que obtiene los arreglos de acero por flexión cuando el valor de la profundidad del bloque de esfuerzos en compresión supera el espesor del patín.

Diagrama que muestra el proceso de diseño por cortante en losas de viga y bovedilla

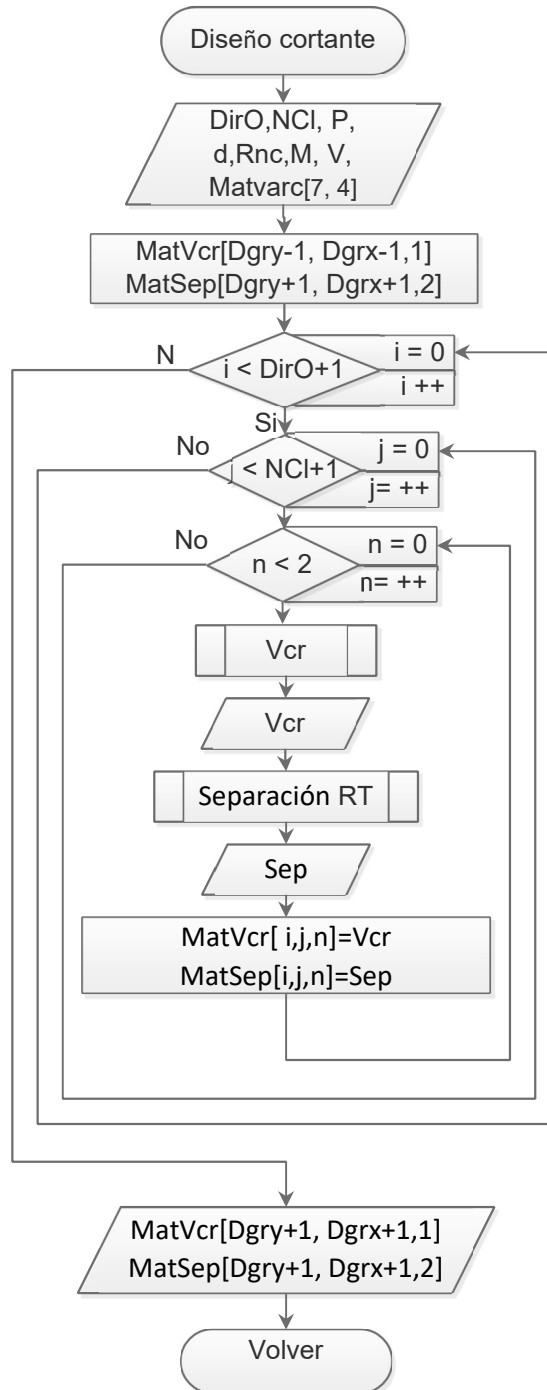


Diagrama 4.3.4. Subproceso del diagrama 4.3.0 que realiza el diseño por cortante.

Diagrama que obtiene la resistencia a fuerza cortante del concreto en losas de vigueta bovedilla

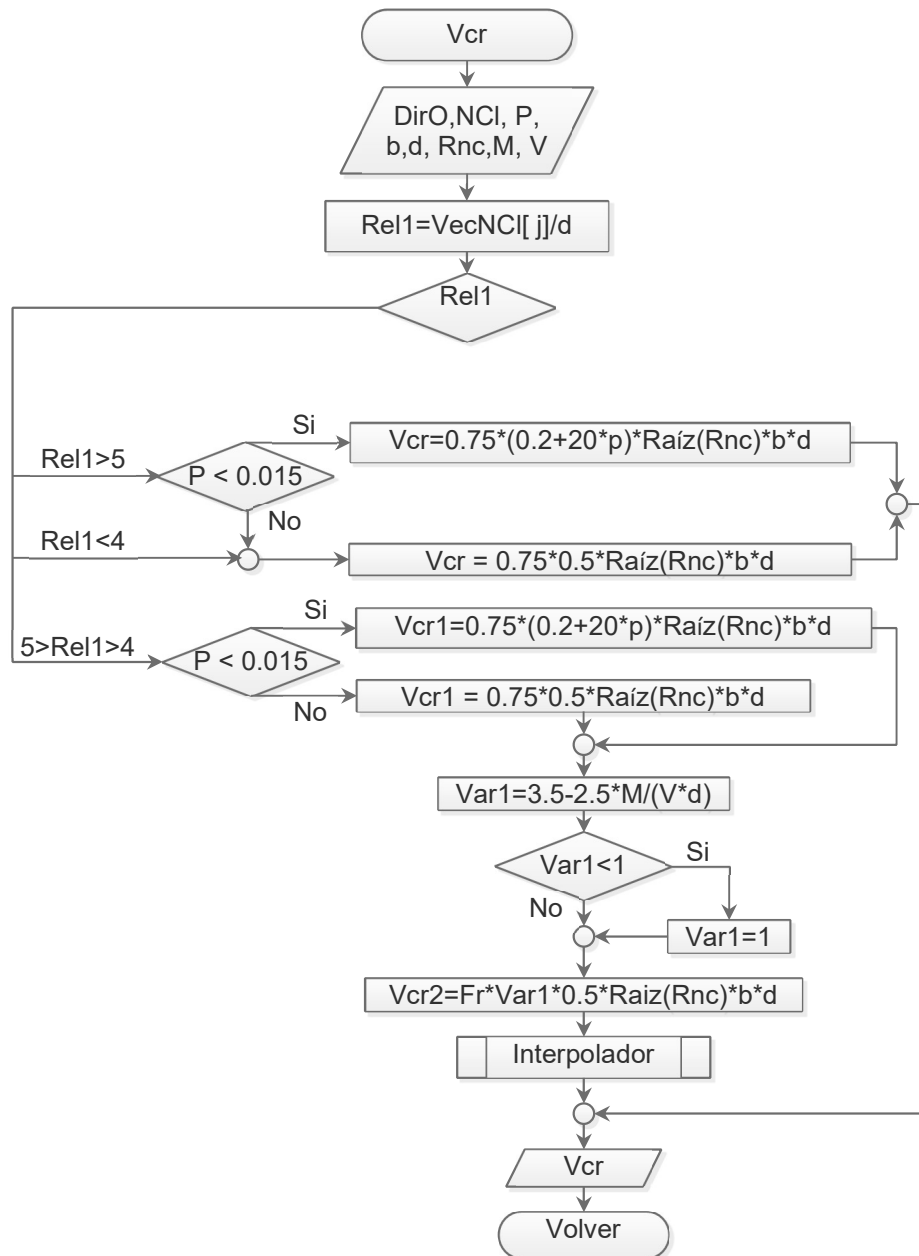


Diagrama 4.3.4.1. Subproceso del diagrama 4.3.4 que obtiene la resistencia del concreto a cortante.

Diagrama de flujo que obtiene la separación requerida de los refuerzos transversales

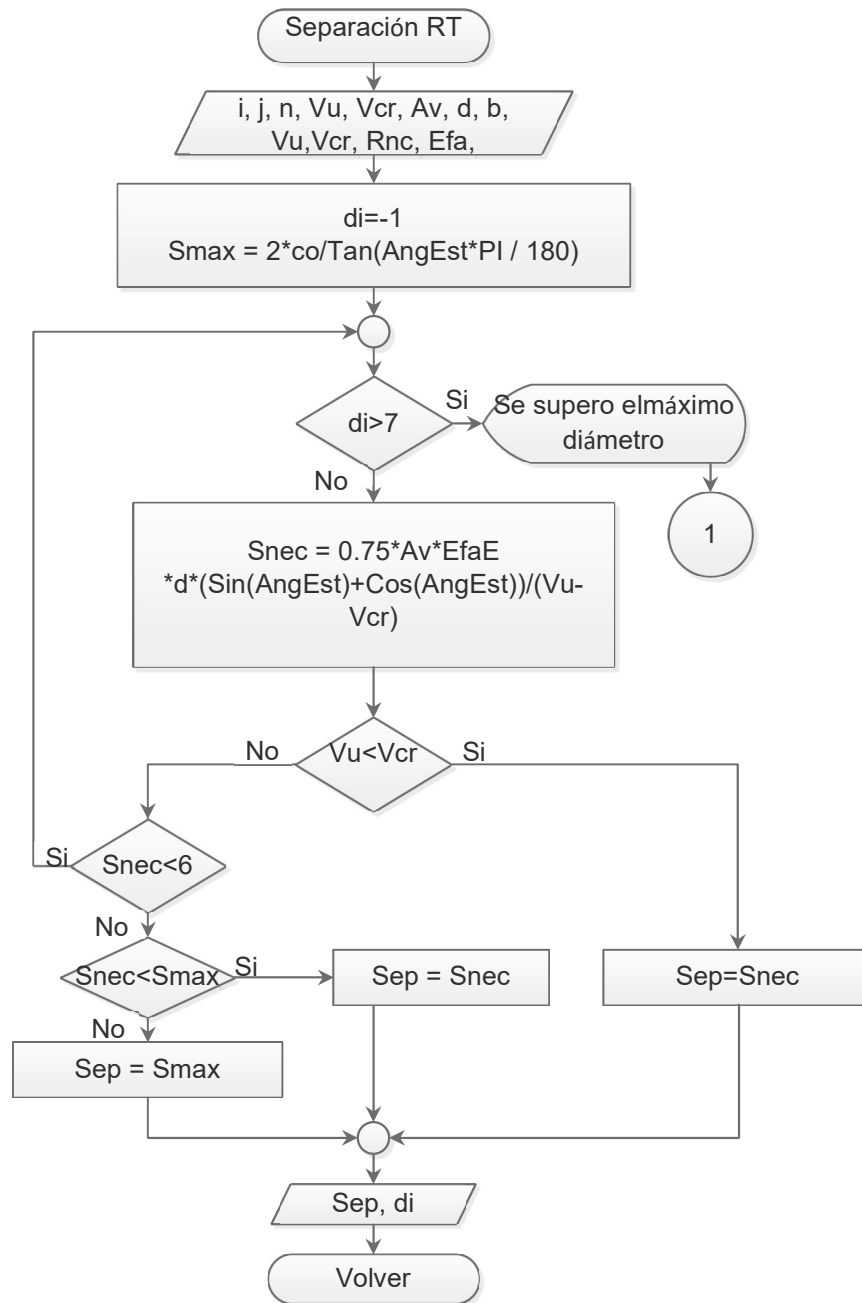


Diagrama 4.3.4.2. Subproceso del diagrama 4.3.4 que obtiene la separación entre refuerzos verticales por cortante (estribos).

Diagrama que muestra el proceso de cálculo de la longitud de desarrollo y traslape

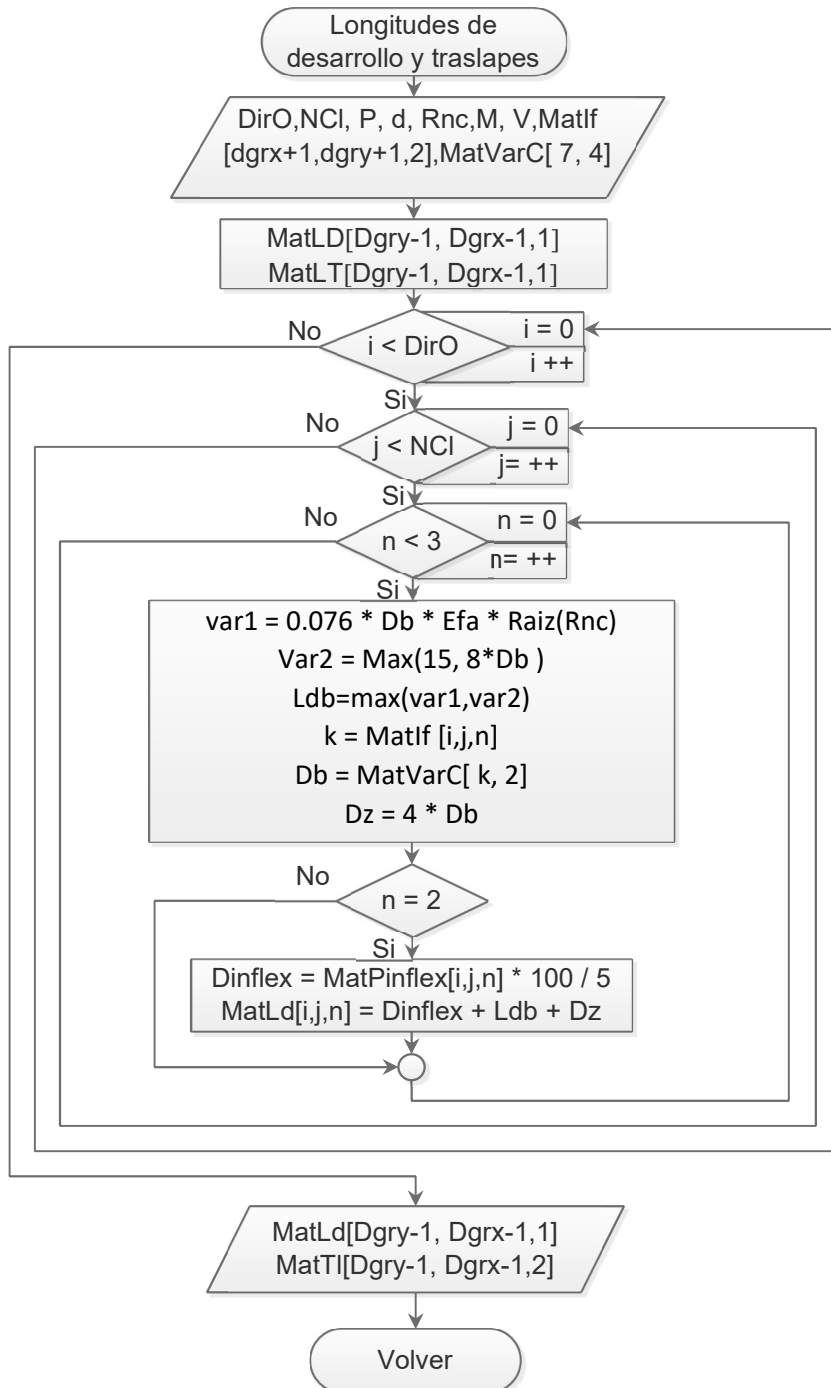


Diagrama 4.3.5. Subproceso del diagrama 4.3.0 que obtiene la longitud de desarrollo y traslape del refuerzo longitudinal.

Diagrama que muestra el proceso de diseño por servicio

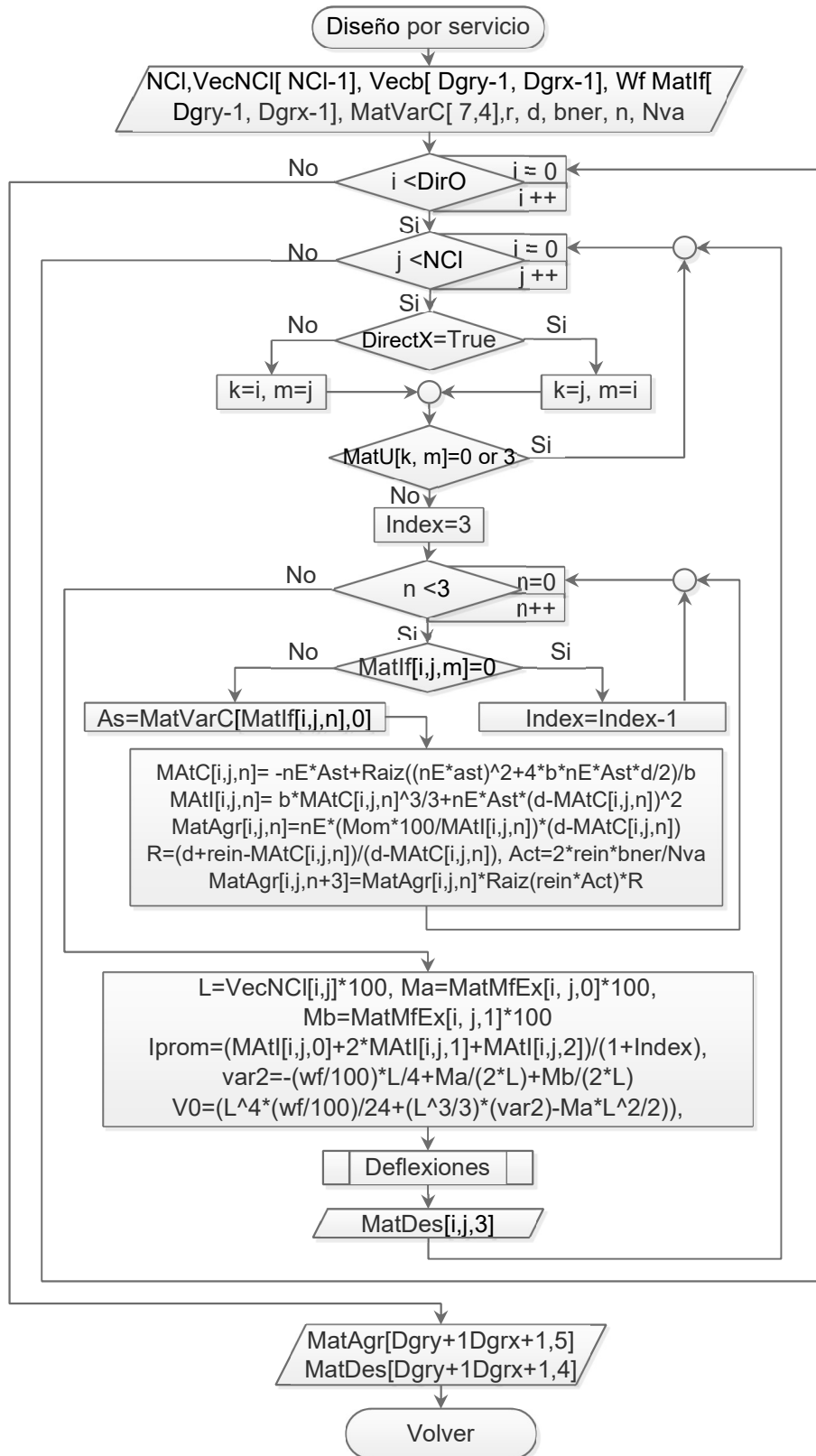


Diagrama 4.4.0. Subproceso del diagrama 4.0.0 que muestra el proceso del diseño por servicio.

Diagrama que realiza el cálculo de los desplazamientos de las viguetas

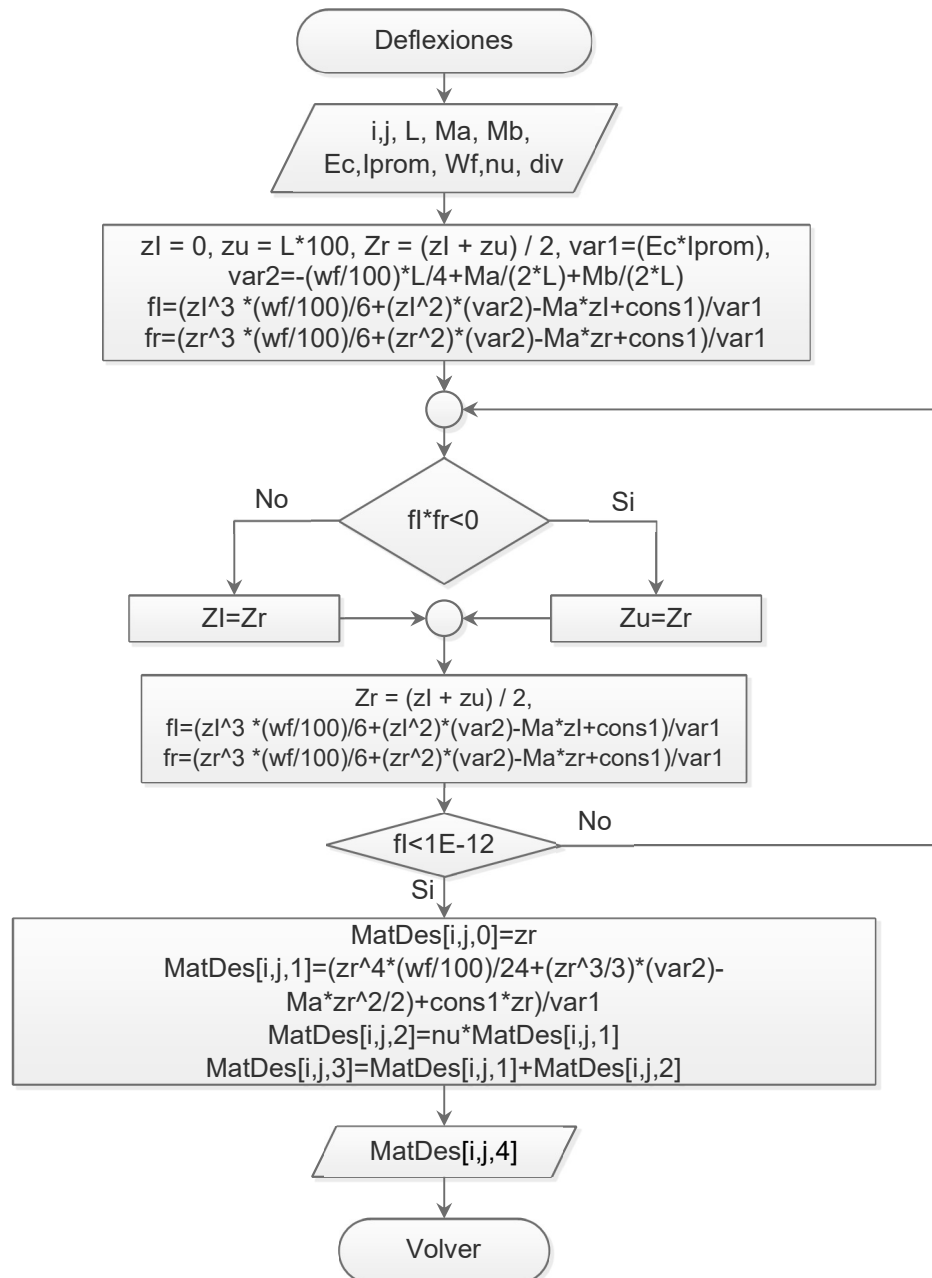


Diagrama 4.4.1. Subproceso del diagrama 4.4.0 que obtiene los desplazamientos más importantes y los evalúa con los permisibles.

3.5 Losa maciza en una dirección

3.5.1 Diagrama general del módulo de losa maciza en una dirección

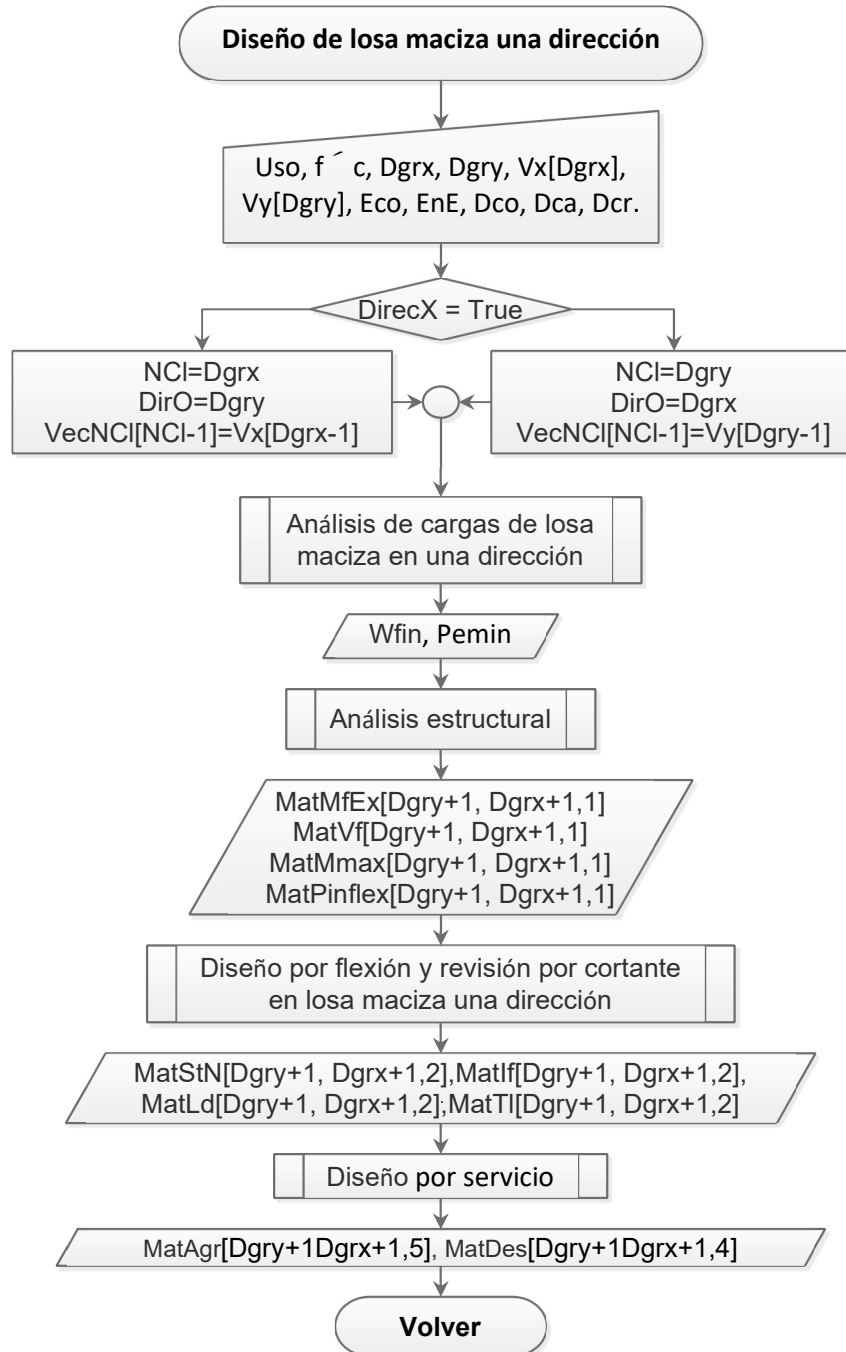


Diagrama 4.0.0. Diagrama general del diseño de vigueta bovedilla, todos los subprocesos con excepción del “Análisis de cargas de losa maciza en una dirección” y “Diseño por flexión y revisión por cortante en losa maciza una dirección” ya se presentaron en el módulo de losas de vigueta y bovedilla. “Análisis estructural” (Diagrama 4.2.0), “Diseño por servicio” (Diagrama 4.4.0).

3.5.2 Subprocesos del diagrama General

La mayoría de los subprocesos llamados por los siguientes diagramas se presentaron en la sección de Losas macizas en dos direcciones, en cada pie de imagen se menciona la ubicación de dichos subprocesos.

Diagrama que muestra el proceso de análisis de cargas en losas macias en una dirección

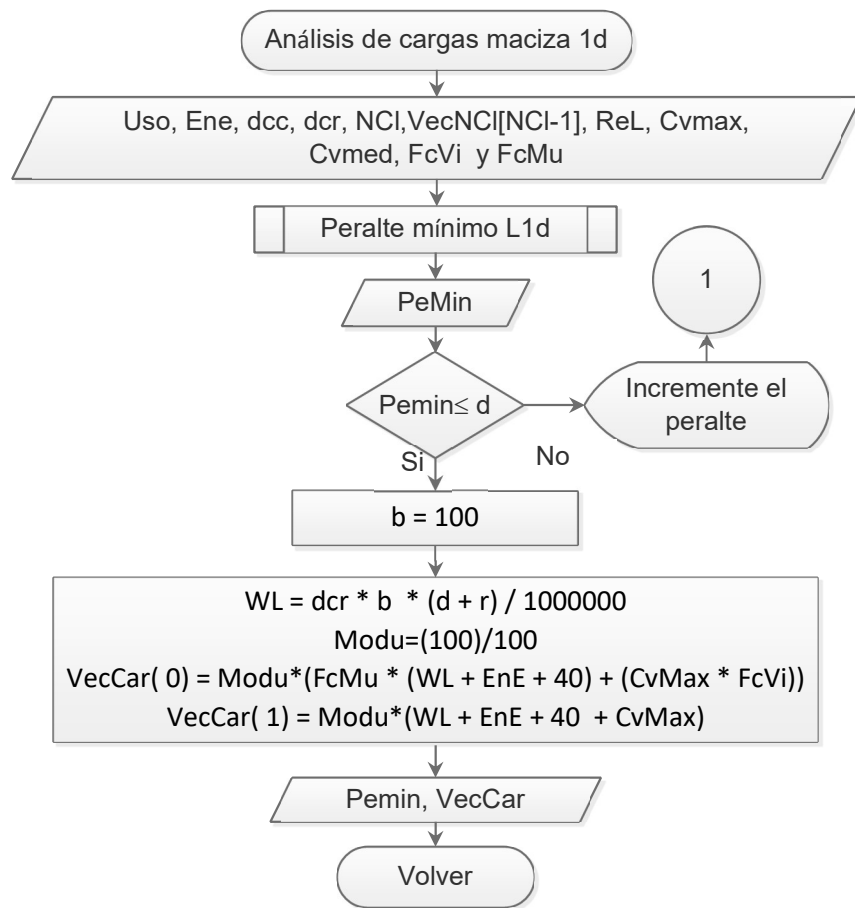


Diagrama 4.1.0. Diagrama del proceso de análisis de cargas. "Peralte mínimo" (Diagrama 4.1.1).

Diagrama que muestra el proceso de diseño por flexión y revisión por cortante en losa maciza de una dirección

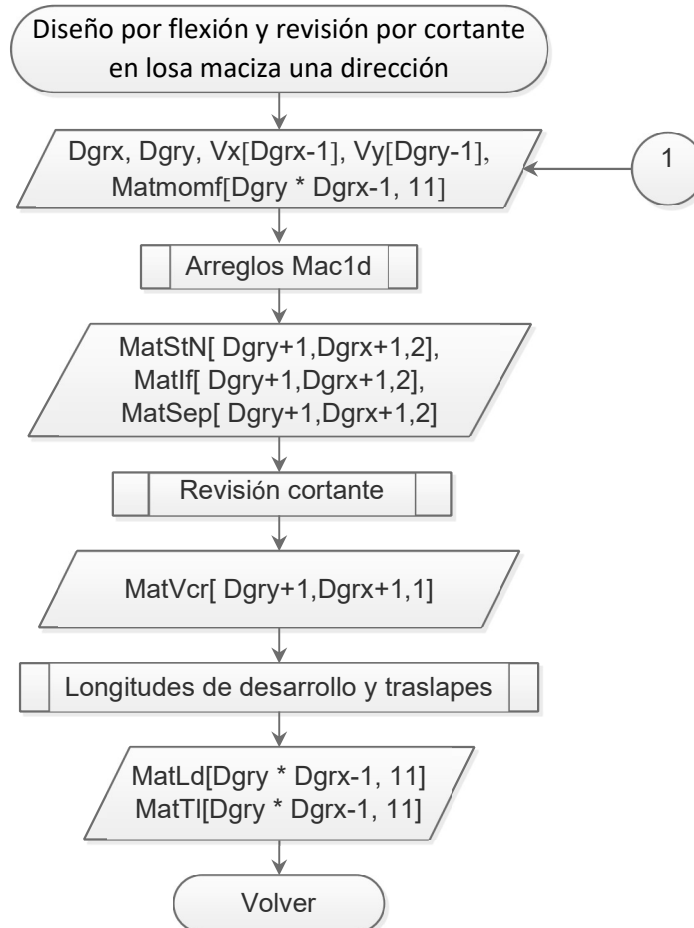


Diagrama 4.2.0. Diagrama que dirige el diseño por flexión y revisión por cortante en losa maciza una dirección. "Longitudes de desarrollo y traslapes" (Diagrama 4.3.5)

Diagrama que muestra el subproceso que elabora los arreglos para losas macizas en una dirección

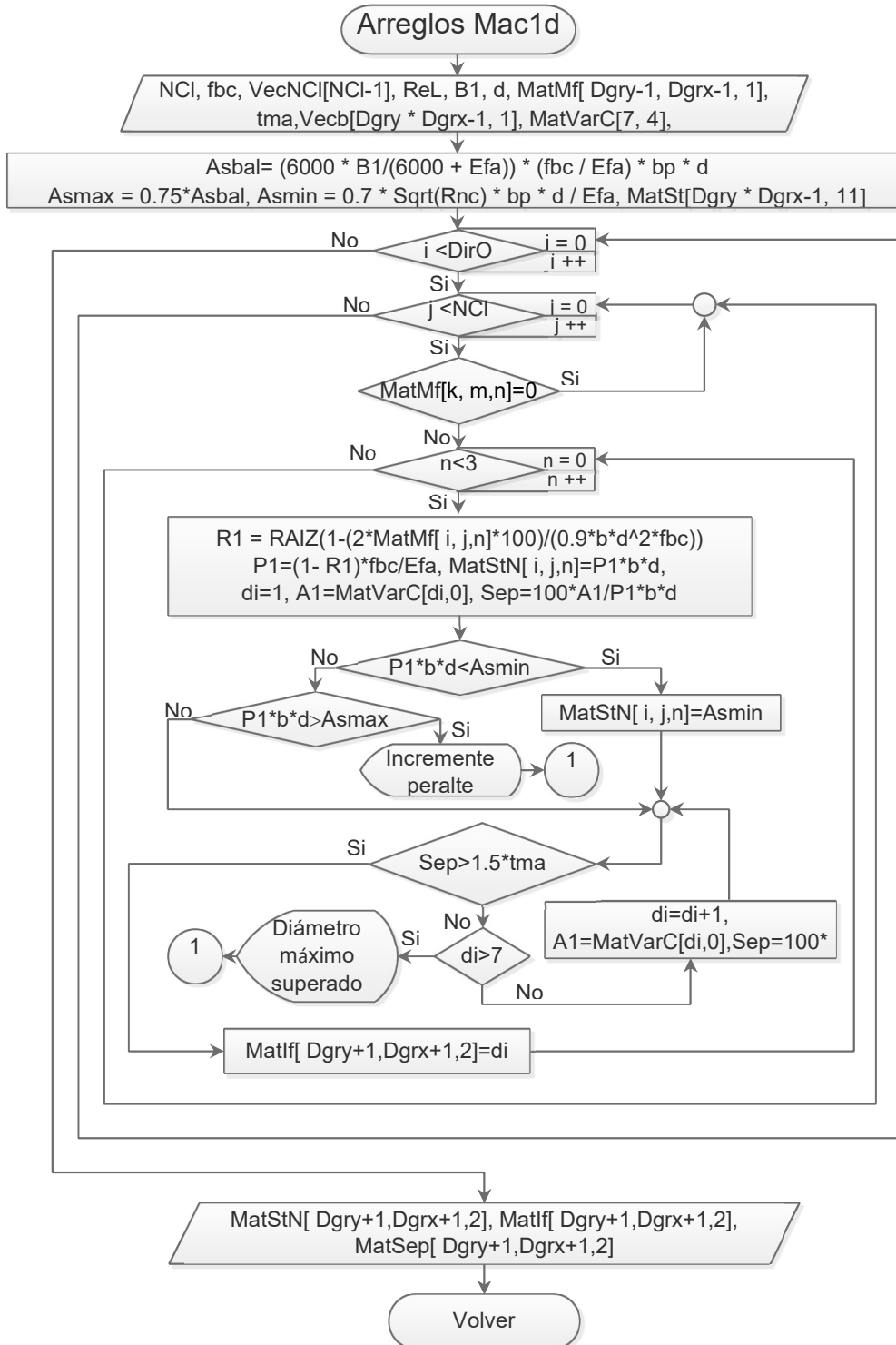


Diagrama 4.2.1. Diagrama que elabora los arreglos en losas macizas de una dirección.

Diagrama que muestra el proceso de revisión por cortante en losas macizas de una dirección

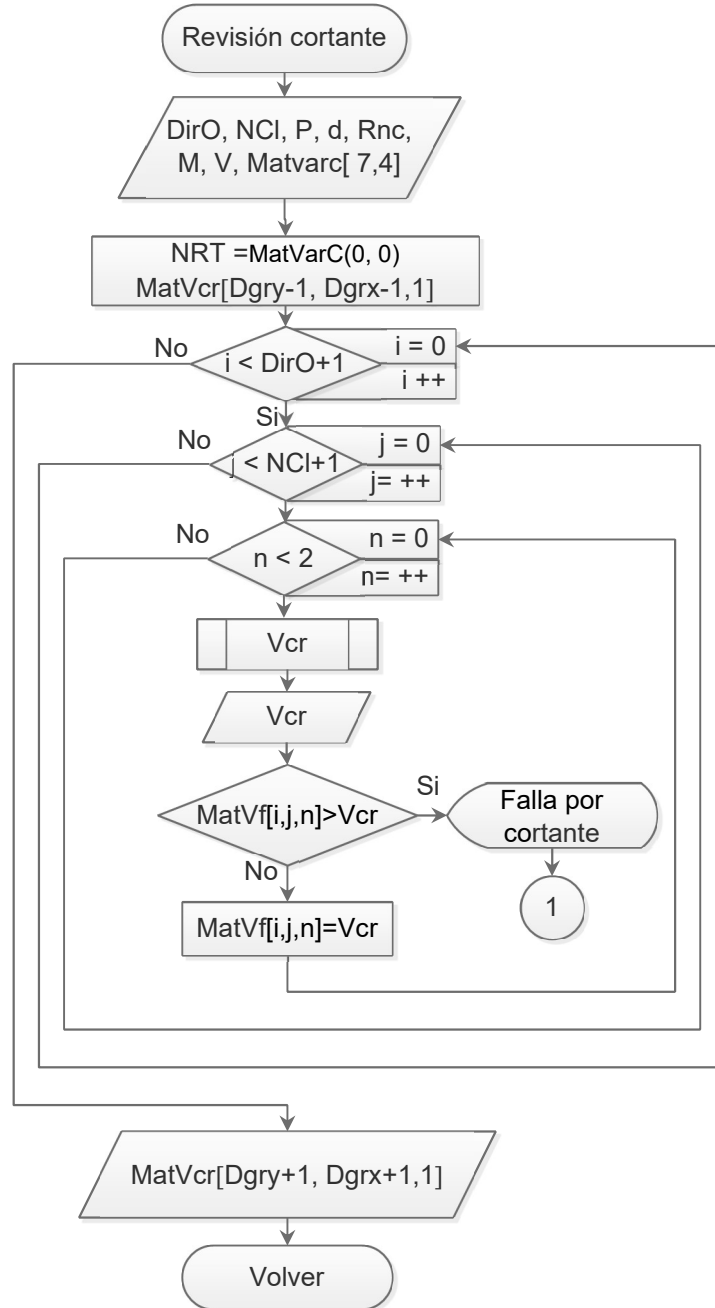


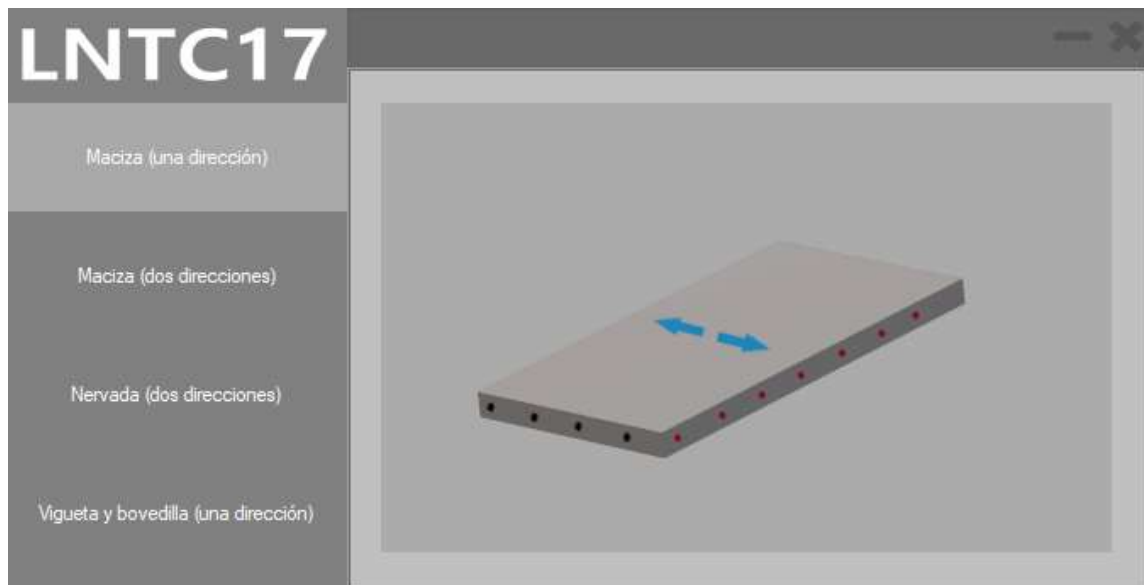
Diagrama 4.2.2. Diagrama del proceso de revisión por cortante.

CAPÍTULO IV

PRUEBA DE LA APLICACIÓN

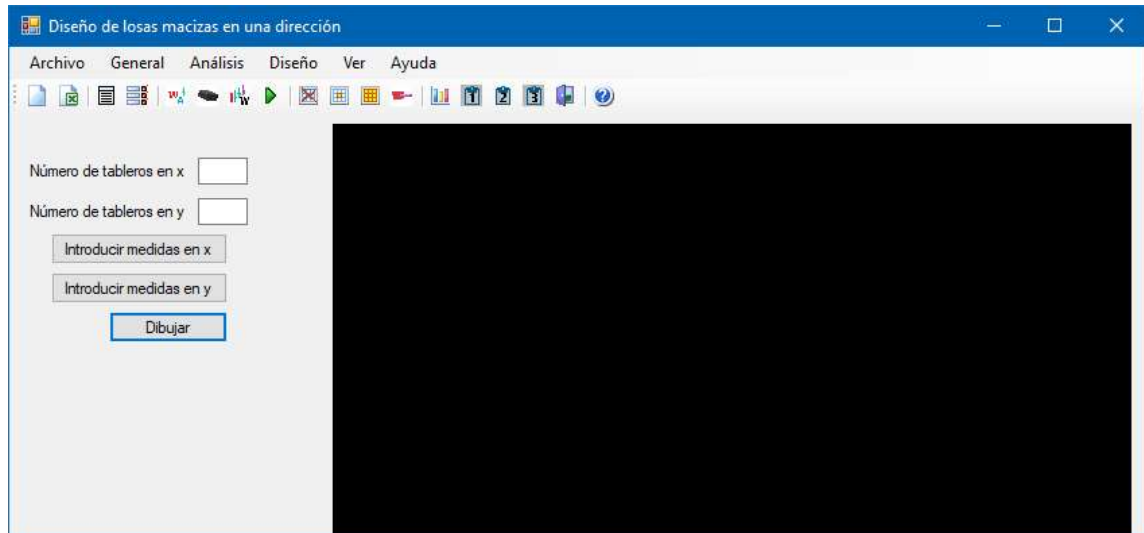
4.1 Presentación del programa

A modo de introducción del funcionamiento del programa se ha puesto a continuación una explicación de la interfaz principal del programa. El uso específico de cada submódulo se desarrolla en el transcurso del resto de las secciones de este capítulo.



Captura 1.0. Interfaz inicial del programa.

Una vez se ha accedido al programa, la primera interacción que se realiza es mediante la interfaz mostrada en la captura 1.0, en ella se ha de seleccionar el tipo de losa con la que se requiera trabajar, a la derecha se encuentra una representación gráfica que intenta dar una idea de la forma en que trabaja la opción seleccionada.



Captura 2.0. Interfaz principal del programa.

Se puede corroborar al navegar por los cuatro módulos disponibles del programa (los cuatro tipos de losas que trabaja) que todos comparten la interfaz mostrada en la captura 2.0, la diferencia que se puede observar es que algunas funciones y métodos se bloquean dependiendo el tipo de losa que se ha seleccionado; a pesar de esto debe tomarse en cuenta que para cambiar el tipo de diseño es necesario salirse de esta misma y elegir la nueva opción, lo que implica la pérdida de la información que antes haya sido ingresada.

El primer elemento que se presenta al describir (de manera descendente) el formulario principal del programa, es la cinta o barra de menús, en la cual están contenidas todas las opciones que tiene el programa, clasificadas según el nombre de la pestaña a la que pertenezca; dado que éstas se encuentran también contenidas en la cinta siguiente (con ella se facilita el acceso a los botones), se omitió agregar la descripción de esta.

El siguiente elemento (visto de la misma forma) es la barra de herramientas de acceso rápido, en ella se encuentran todo lo que se requiere para poder emplear

los cuatro módulos de este programa, la descripción detallada de esta se encuentra en la tabla 1.0.

Ícono	Nombre	Descripción
	Nuevo diseño	Cierra la interfaz de diseño y regresa al formulario inicial para la selección de un nuevo módulo
	Crear archivo exe	Exporta los datos a un libro de Excel una vez concluido todo el proceso
	Uso de estructura	Permite seleccionar el uso de la estructura
	Constantes	Muestra el formulario que contiene todas las constantes de diseño y otros datos relevantes
	Elementos no estructurales	Permite adicionar al análisis de cargas elementos extras no estructurales
	Aligerante	Permite seleccionar las medidas de los aligerantes
	Ejecutar análisis de cargas	Llama al método que realiza el cálculo del peralte mínimo y análisis de cargas
	Correr programa	Ejecuta los procesos de análisis y diseño de las losas
	Deseleccionar tableros	Permite marcar los tableros que no se requieren diseñar
	Aislar tableros	Marca a los tableros que se requieren diseñar como aislados
	Aislar todos los tableros	Aísla todos los tableros de la cuadrícula
	Volados	Ejecuta la cadena de métodos con los que se agrega toda la información relacionada a volados
	Mostrar gráficos	Muestra los gráficos de ayuda resultado de los análisis y/o diseños
	Tabla uno de resultados	Muestra la tabla que contiene el resultado del análisis estructural y el diseño por flexión y cortante
	Tabla dos de resultados	Muestra la tabla que contiene el resultado del diseño por servicio en losas de una dirección
	Tabla tres de resultados	Muestra la tabla que contiene el resultado del análisis y diseño de volados
	Regresar a la pantalla inicial	Muestra la pantalla con el diagrama inicial de la losa
	Ayuda	Muestra la información del programa y ayudas del mismo

Tabla 1.0 Descripción de los botones de la barra de herramientas.

Bajo la barra de herramientas de acceso rápido en la zona izquierda del formulario, tal como se aprecia en la captura 2.0, se encuentran los controles con los que se debe dibujar el croquis de la losa; para poder introducir las medidas de los tableros es necesario indicar primero, en los dos *textbox* que están en esa zona, el número de espacios que hay en cada dirección, ya con los dos campos rellenos puede invocarse los métodos de captura de dimensiones, con los botones para las dos direcciones. Es importante mencionar que luego de ejecutar el método para dibujar el croquis de la losa, con el botón Dibujar, ya no se permite realizar modificaciones ni al número de espacios ni a sus dimensiones, si se requiriera hacer alguna se debe reiniciar el formulario.

Por último, se encuentra la zona de dibujo con el relleno oscuro, la cual tiene como única función mostrar las dimensiones y los tableros que son considerados en los procesos siguientes. Para la visualización de los gráficos generados, luego de finalizar el análisis y diseño, se invoca a formularios independientes, los cuales se presentan adelante en este capítulo.

4.2 Losa nervada en dos direcciones

4.2.1 Ejemplo de análisis y diseño de losas nervadas en dos direcciones

Se planteó un ejemplo de diseño de entepiso de losa nervada en dos direcciones, se determinó que estuviese bajo cargas lineales en los tableros dos y cinco, además de una carga puntual en los tableros uno y seis, por último, un saliente o voladizo de un metro de claro libre, el cual se le asignó un uso de balcón sobre el que se apoya un pretil con peso de cien kilogramos por metro lineal. Como se ha mencionado ya, el análisis y diseño de este sistema se realizó empleando las NTC 2017.

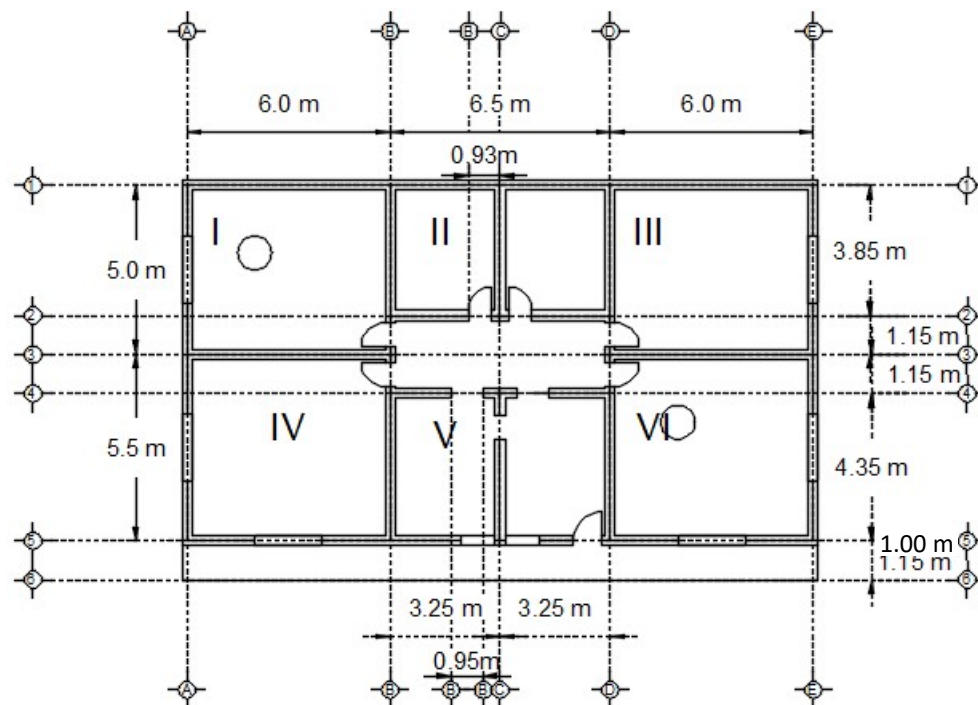


Figura 4.0 Distribución de los tableros de la losa.

Las longitudes de los muros en los tableros dos y cinco se indican en la figura 4.0 y la tabla 6.1, el peso de estos fue de doscientos cincuenta kilogramos por cada metro cuadrado; las cargas puntuales que soportan los tableros uno y seis tienen

una magnitud de mil doscientos kilogramos sobre un área de un metro cuadrado, con coordenadas locales (2,2) a partir de la esquina superior izquierda de cada tablero; se tomaron los ejes horizontales como el eje de las x. Otros datos para el análisis y diseño de este ejemplo se muestran en la tabla 2.0, además que, se contempló una losa no monolítica con sus apoyos y tableros continuos en ambas direcciones.

Uso	Clasificación	f'_c (kg/cm ²)	f'_c (kg/cm ²)	f_y (kg/cm ²)	F.C (muerta)	F.C (viva)	Recubrim
Depart.	B	300	255	4200	1.3	1.5	2.5

Tabla 2.0 Constantes de diseño.

Predimensionamiento del peralte mínimo

TABLERO	a_1	a_2	d_{\min}	d_{\min}
I	5	6	0.132	16.5
II	5	6.5	0.138	
III	5	6	0.132	
IV	5.5	6	0.138	
V	5.5	6.5	0.144	
VI	5.5	6	0.138	

Tabla 3.0 Primer cálculo del peralte mínimo.

Se tuvo en cuenta la condición más desfavorable (bordes discontinuos). Los espesores según el fabricante se ubican en un rango de 10 a 25 cm, con incrementos de 5 cm, ya se ha incluido el valor del recubrimiento.

Análisis de cargas

PESO DE LOSA POR MÓDULO					
Elemento	t(m)	L(m)	B(m)	Y(kgf/m ³)	W(kgf/mod)
Capa	0.05	0.725	0.625	2200	49.84375
Nervio	0.2	1.225	0.125	2400	73.5
Casetón	0.2	0.6	0.5	13	0.78
SUMATORIA =					124.1238
Sumatoria (kg/m ²)=					273.9283

Tabla 4.1 Análisis del peso de la losa.

El peralte total es igual a la altura del casetón más el espesor de la capa de compresión; el peralte efectivo se obtuvo de la suma anterior menos el valor del recubrimiento indicado en la tabla 2.0.

Elem	t(m)	L(m)	B(m)	Y(kgf/m ³)	W(kgf/m ²)
Imper.	-	-	-	-	0.0
Cuadrado	-	-	-	-	0.0
Relleno	-	-	-	-	0.0
Loseta	-	-	-	-	73.0
Losa	-	-	-	-	273.9
Instala	-	-	-	-	40.0
Plafón	-	-	-	-	7.0
Norma	-	-	-	-	40.0
SUMATORIA =					433.9283

Tabla 4.2 Análisis de cargas completo de la losa.

Conversión de cargas lineales, generadas por muros, a cargas aplicadas de forma uniforme

Las NTCDyCEC 2017 proponen considerar la aportación de las cargas por muros, sobre las losas en dos direcciones, como una carga uniforme sobre toda el área de la losa; lo cual implica una conversión por medio de los factores de la

tabla 3.3.2, contenida en las NTCDyCEC 2017 y que aquí se replica en la tabla

5.0. El proceso de dicha conversión se muestra en la tabla 6.1 y 6.2.

Relación de lados $m = a_1/a_2$	0.5	0.8	1
Muro paralelo al lado corto	1.3	1.5	1.6
Muro paralelo al lado largo	1.8	1.7	1.6

Tabla 5.0 Factores para la conversión equivalente de cargas.

TABLERO	a_1/a_2	h muros (m)	L. MPLC(m)	L. MPLL(m)	Y/m ²	F. MPLC	F. MPLL
I	0.833	-	-	-	-	-	-
II	0.769	3.00	3.55	4.8	250.00	1.479487	1.710256
III	0.833	-	-	-	-	-	-
IV	0.917	-	-	-	-	-	-
V	0.846	3.00	3.35	4.3	250.00	1.523077	1.676923
VI	0.917	-	-	-	-	-	-

Tabla 6.1 Interpolación de los factores de "conversión".

TABLERO	P. MPLC(kg)	P. MPLL(kg)	PMf(kg/m ²)	CMf (kg/m ²)	Limitante
I	-	-	0	434	-
II	121.2041	189.4438	310.6479	745	ok
III	-	-	0	434	-
IV	-	-	0	434	-
V	107.0414	151.2749	258.3163	692	ok
VI	-	-	0	434	-

Tabla 6.2 Obtención de la carga equivalente distribuida.

Combinaciones estáticas empleadas en el diseño de losas

Carga	(kgf/m ²)
Viva máxima	190
Viva instantánea	100
Viva media	80

Tabla 7.0 Cargas vivas correspondientes a edificaciones de tipo Habitacional (NTCSCyADEE, tabla 6.1.1).

Las NTCDyCEC 2017 condicionan el empleo de los coeficientes (sección 3.3.2) para el cálculo de los momentos, una de estas condiciones es que la relación de

carga viva a carga muerta no exceda 2.5, para las losas monolíticas con sus apoyos, mientras que para las no monolíticas este límite es de 1.5. En la tabla 8.1 se comprueba que todos los tableros cumplen con esta condición.

TABLERO	CV (kg/m ²)	CM (kg/m ²)	CV/CM	Wf (kg/m ²)
I	190.00	433.93	0.44	Ok
II	190.00	744.58	0.26	Ok
III	190.00	433.93	0.44	Ok
IV	190.00	433.93	0.44	Ok
V	190.00	692.24	0.27	Ok
VI	190.00	433.93	0.44	Ok

Tabla 8.1. Limitante de relación CV/CM.

Es necesario resaltar que para la revisión de la limitante de relación CV/CM, la carga viva como la muerta no se factorizaron.

Dadas las diferencias de carga en los distintos tableros de la losa se optó por especificar cada una de ellas, estas se obtuvieron de la suma de la viva (tabla 7.0) más el valor común del peso muerto (tabla 4.2) y, según fue el caso, se adicionó el valor correspondiente de la conversión de las lineales (tabla 6.2). El valor final se presenta en la tabla 8.2.

TABLERO	CV (kg/m ²)	CM (kg/m ²)	C. mur(kg/m ²)	Wf (kg/m ²)
I	285.00	564.11	0.00	849.11
II	285.00	564.11	403.84	1252.95
III	285.00	564.11	0.00	849.11
IV	285.00	564.11	0.00	849.11
V	285.00	564.11	335.81	1184.92
VI	285.00	564.11	0.00	849.11

Tabla 8.2. Cargas de cada tablero factorizadas.

Corrección y comprobación del peralte mínimo

De acuerdo con la sección 7.5.1 de las NTCDyCEC 2017, que establece una modificación del peralte mínimo en los casos en los que el f_s supere el valor de 2,520 kg/cm² o cuando la carga w supere el valor de 380 kg/m² y, dado que las cargas obtenidas en el análisis previo superan este valor, se realizó la modificación mencionada.

El peralte corregido se obtuvo multiplicando un factor, calculado con la ecuación 31.0, por los valores de peralte mínimo obtenidos en la tabla 3.0.

$$0.032^4 \sqrt{f_s w}$$

Ecuación 31.0 Factor de corrección de peralte

TABLERO	a_1	a_2	d_{\min}	F. correc	d_{\min} (corregido)	d_{\min} (final)
I	5	6	0.132	1.079508	0.142	19.5
II	5	6.5	0.138	1.214948	0.168	
III	5	6	0.132	1.079508	0.142	
IV	5.5	6	0.138	1.079508	0.149	
V	5.5	6.5	0.144	1.195195	0.172	
VI	5.5	6	0.138	1.079508	0.149	

Tabla 9.0 Corrección de peralte por W mayor a 380 kg/m²

Se eligió el valor máximo obtenido y se comparó con la suma de la altura del casetón más el espesor de la capa de compresión. El valor que se presenta como peralte final ya incluye el recubrimiento.

Obtención de coeficientes

Para la obtención de los momentos presentes en las franjas centrales de cada tablero, se utilizaron los coeficientes de la tabla 3.3.1 de las NTCDyCEC 2017. Cada coeficiente se calcula interceptando la fila que corresponde a su

clasificación (aislado, borde, etc.) y la ubicación del momento que se requiere encontrar (negativo en bordes interiores, positivos, etc.) con la o las columnas que corresponden a la relación de lados de cada tablero, es frecuente que esta se ubique en medio de dos valores que contiene la tabla, por lo que se recurre a una interpolación lineal para hallar la correspondiente.

Es importante resaltar que para la obtención de los coeficientes se contempló una losa no monolítica con sus apoyos, por lo que los extremos discontinuos tuvieron un valor de momento igual a cero.

$a_1/a_2 = 0.83$				$a_1/a_2 = 0.77$				$a_1/a_2 = 0.83$			
	0				0				0		
	247				263				247		
	199				218				199		
0	156 154	457 410		470 426	149 146	470 426		457 410	156 154	0	
	464				481				464		
	412				420				412		
	412				420				412		
	364				364				364		
0	154 153	364 410		426 384	146 145	426 384		364 410	154 153	0	
	199				218				199		
	153				175				153		
	0				0				0		
$a_1/a_2 = 0.91$				$a_1/a_2 = 0.85$				$a_1/a_2 = 0.91$			

Figura 5.0 Distribución de coeficientes obtenidos con las NTCDyCEC 2017.

Cálculo de momentos

Las filas en color naranja presentan los valores para las relaciones lado corto sobre lado largo, la de color verde contiene el resultado de las interpolaciones de los extremos y la relación de cada tablero, Por último, la color salmón muestra el valor de los momentos sobre ancho unitario sin redistribuir.

Tablero	a_1/a_2	Positivo V.	Negativo V.	Negativo H.	Positivo V.
I	0.8	247	464	457	156
	0.9	199	412	410	154
	0.83	232.6	448.4	442.9	155.4
	$a_1 = 5$	494	952	940	330
II	0.7	470	263	149	481
	0.8	426	218	146	420
	0.77	439.2	231.5	146.9	438.3
	$a_1 = 5$	1376	725	460	1373
III	0.8	247	464	457	156
	0.9	199	412	410	154
	0.83	232.6	448.4	442.9	155.4
	$a_1 = 5$	494	952	940	330
IV	0.9	412	199	154	410
	1	364	153	153	364
	0.92	402.4	189.8	153.8	400.8
	$a_1 = 5.5$	1034	488	395	1029
V	0.8	420	426	146	218
	0.9	364	384	145	175
	0.85	392	405	145.5	196.5
	$a_1 = 5.5$	1405	1452	522	704
VI	0.9	412	199	154	410
	1	364	153	153	364
	0.92	402.4	189.8	153.8	400.8
	$a_1 = 5.5$	1034	488	395	1029

Tabla 10.0 Interpolación de coeficientes y obtención de momentos.

La obtención de los momentos por ancho unitario se obtuvo multiplicando los coeficientes interpolados (Filas verdes) por la cantidad expresada en la ecuación 32.0.

$$10^{-4}wa_1^2$$

Ecuación 32.0 Cantidad de "Conversión" a momento

0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	233	232	233	0	232	233	0	0
0	155	147	155	439	147	155	443	0
0	443	439	443	0	438	448	0	0
0	448	438	448	0	392	402	0	0
0	402	392	402	0	197	190	0	0
0	190	197	190	405	146	154	401	0
0	154	146	154	405	405	401	154	0
0	401	405	401	0	0	0	0	0

Figura 6.0 Distribución de coeficientes interpolados en franjas centrales de la losa.

0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	494	725	494	1376	460	1376	940	0
0	330	460	330	1376	1373	952	940	0
0	940	1376	940	0	1405	1034	0	0
0	952	1373	952	0	704	488	0	0
0	1034	1405	1034	1452	522	395	1029	0
0	488	704	488	1452	1452	1029	395	0
0	395	522	395	0	0	0	0	0
0	1029	1452	1029	0	0	0	0	0

Figura 7.0 Distribución de momentos en franjas centrales de la losa.

Ancho de franjas centrales

Una de las condiciones que establecen las NTCDyCEC 2017 (sección 3.3.5) para poder contemplar cargas puntuales dentro del diseño de las losas es, que el centroide del área sobre la que descansa esta se ubique dentro del área de intersección de las franjas centrales; para la obtención de estas se inicia calculando la relación de lados para cada tablero, si es mayor a 0.5 entonces el ancho es igual a la mitad del claro perpendicular a ellas, si es menor al valor antes mencionado la perpendicular al lado largo tiene que ser igual a la dimensión larga menos la corta ($a_2 - a_1$).

TABLERO	D. y	D. x	a_1/a_2	Franja C. x	Franja C. y	Coor. X1	coor. Y1	Coor. X2	coor. Y2
I	5	6	0.833	2.5	3	1.5	1.25	4.5	3.75
II	5	6.5	0.769	2.5	3.25	1.625	1.25	4.875	3.75
III	5	6	0.833	2.5	3	1.5	1.25	4.5	3.75
IV	5.5	6	0.917	2.75	3	1.5	1.375	4.5	4.125
V	5.5	6.5	0.846	2.75	3.25	1.625	1.375	4.875	4.125
VI	5.5	6	0.917	2.75	3	1.5	1.375	4.5	4.125

Tabla 11.0 obtención del ancho de franjas centrales.

Cálculo del incremento de momentos por cargas puntuales

Según lo establecido en la sección 3.3.5 de las NTCDyCEC 2017 cuando un tablero tenga que soportar una carga puntual, esta se considera de la siguiente forma: a la suma de los momentos resistentes por unidad de ancho, positivo y negativo, se incrementa en cada dirección paralela a los bordes la cantidad obtenida en la ecuación 33.0.

$$\frac{P}{2\pi} \left[1 - \frac{2r}{3 r_b} \right]$$

Ecuación 33.0 Cantidad de momento a incrementar por carga puntual

Dónde P es el valor en kg de la carga concentrada, r el radio en metros del área circular equivalente en la que se apoya y r_b la distancia al borde más próxima también en metros. El cálculo de los incrementos de momentos para los tableros con carga puntual se muestra en la tabla 12.0.

Tablero	P (kg)	P_u (kg)	A(m ²)	r (m)	R_b (m)	Incremento (kg-m)
I	1200	1560	1	0.56	2	201.59
II	0	0	0	0.00	0	0.00
III	0	0	0	0.00	0	0.00
IV	0	0	0	0.00	0	0.00
V	0	0	0	0.00	0	0.00
VI	1200	1560	1	0.56	2	201.59

Tabla 12.0 Incrementos de momento por carga puntual.

A falta de un criterio establecido en las NTCDyCEC 2017 para la distribución del incremento entre los momentos positivos y negativos, se optó por la propuesta mencionada en (Cuevas, 2005) donde se propone una distribución del incremento proporcional a la magnitud de cada momento (p. 558). La obtención de esta se muestra en las tablas 13.1 y 13.2.

Tablero	Momento positivo largo (kg-m/m)	Momento negativo largo (kg-m/m)	Incremento positivo largo (kg-m/m)	incremento negativo largo (kg-m/m)
I	330	940	52	149
II	460	1376	0	0
III	330	940	0	0
IV	395	1029	0	0
V	522	1452	0	0
VI	395	1029	56	146

Tabla 13.1 Cálculo de los incrementos de momento proporcionales.

Tablero	Momento positivo corto (kg-m/m)	Momento negativo corto (kg-m/m)	Incremento positivo corto (kg-m/m)	Incremento negativo corto (kg-m/m)
I	494	952	69	133
II	725	1373	0	0
III	494	952	0	0
IV	488	1034	0	0
V	704	1405	0	0
VI	488	1034	65	137

Tabla 13.2 Cálculo de los incrementos de momento proporcionales.

Debido a las condiciones específicas de los tableros uno y seis, que son los que soportan las cargas puntuales, solo se tuvo en cuenta la suma de dos momentos, dado que el tercero tiene un valor de cero; sin embargo, para tableros intermedios, como el caso dos y cinco, la suma de momentos horizontales abarcó los tres.

Tablero	Momento positivo largo (kg-m/m)	Momento negativo largo (kg-m/m)	Momento positivo corto (kg-m/m)	Momento negativo corto (kg-m/m)
I	382	1089	563	1085
II	460	1376	725	1373
III	330	940	494	952
IV	395	1029	488	1034
V	522	1452	704	1405
VI	451	1175	552	1171

Tabla 14.0 Momentos incrementados por carga puntual.

	0	0	0
	563	725	494
0	382	460	330
	1089	1376	940
	1085	1373	952
	1034	1405	1171
	488	704	552
0	395	522	451
	1029	1452	1175
	0	0	0

Figura 8.0 Distribución de momentos en franjas centrales de la losa con el incremento por carga puntual.

En la tabla 14.0 se presentan los resultados del incremento de los momentos por carga puntual. A sí mismo en la figura 8.0 se muestra la distribución de los mismos; hasta este punto no se han redistribuido los de bordes adyacentes.

Otra de las limitaciones que establece las NTCDyCEC 2017 (sección 3.3.2) en lo concerniente al empleo de los coeficientes para la obtención de momentos es, que la diferencia de los adyacentes no difiera entre si una cantidad mayor al cincuenta por ciento del menor de ellos, esta revisión se muestra en las tablas 15.1 y 15.2.

Horizontal	Tablero I y II	Tablero II y III	Tablero IV y V	Tablero V y VI
m	1089	1376	1376	940
m1/2	544.70	470.09	514.74	587.58
m2-m1	286.34	435.56	422.20	276.51
	ok	ok	ok	ok

Tabla 15.1 Revisión por diferencia de momentos adyacentes horizontales.

Vertical	Tablero I y IV		Tablero II y V		Tablero III y VI	
m	1085	1034	1373	1405	952	1171
m1/2	516.79		686.46		475.92	
m2-m1	51.00		32.16		218.71	
	ok		ok		ok	

Tabla 15.2 Revisión por diferencia de momentos adyacentes verticales.

Distribución de momentos flexionantes entre tableros adyacentes

La sección 3.3.3 de las NTCDyCEC 2017 indican que, para el caso de losas con apoyos monolíticos, no es necesario redistribuir la diferencia de los momentos adyacentes en más de dos tercios; no así en el caso de las no monolíticas, donde la redistribución de la diferencia debe ser completa.

El enfoque empleado en el proceso de redistribución de los momentos adyacentes, es el mismo que se emplea en el método de análisis estructural de Hardy – Cross, es decir, se busca un “porcentaje de participación” de la rigidez (k) de ambos tableros y, al multiplicarlo por la diferencia de los momentos, se obtiene la cantidad que se le adiciona o resta a cada uno de los tableros para equilibrar el “nudo”.

$$k = \frac{d^3}{a_1}$$

Ecuación 34.0 Valor a emplear como rigidez de cada tablero

En esta misma sección se establece la posibilidad de considerar el valor de la rigidez como la cantidad resultante de la ecuación 34.0. Debe hacerse notar que el valor del peralte y el lado menor fue el mismo en todos los momentos adyacentes en sentido horizontal, por lo que la cantidad repartida a ambos lados fue igual; no así en el sentido vertical dónde solo el valor del peralte se mantuvo

constante y, por consiguiente, el valor que se usó fue igual al inverso de la longitud del lado menor de cada tablero.

Horizonta l	Tablero I y II		Tablero II y III		Tablero IV y V		Tablero V y VI	
m	1089	1376	1376	940	1029	1452	1452	1175
a ₁	5	5	5	5	5.5	5.5	5.5	5.5
k	0.20	0.20	0.20	0.20	0.18	0.18	0.18	0.18
fd	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
	1089.40	-1375.74	1375.74	-940.17	1029.47	1451.67	1451.67	1175.16
dm	286.34		-435.56		422.20		-276.51	
	143.17	143.17	-217.78	-217.78	211.10	211.10	-138.26	-138.26
mf	1232.57	-1232.57	1157.9	-1157.9	1240.5	-1240.5	1313.4	-1313.4

Tabla 16.1 Distribución de momentos adyacentes horizontales.

Vertical	Tablero I y IV		Tablero II y V		Tablero III y VI	
m	1085	1033.58	1373	1405	952	1171
a ₁	5	5.5	5	5.5	5	5.5
k	0.20	0.18	0.20	0.18	0.20	0.18
fd	0.52	0.48	0.52	0.48	0.52	0.48
	1084.58	-1033.58	1372.92	1405.08	951.85	1170.56
dm	-51.00		32.16		218.71	
	-26.71	-24.29	16.84	15.31	114.56	104.15
mf	1057.8	-1057.8	1389.7	-1389.7	1066.4	-1066.4

Tabla 16.2 Distribución de momentos adyacentes verticales.

Es importante mencionar que el algoritmo para el análisis y diseño de losas nervadas considera una disposición del casetón de tal modo que la dimensión más grande de este (Largo) sea paralela al eje de las abscisas; por lo cual debe tomarse en cuenta al dibujar la losa en el programa, ya que de esto depende la distribución del acero longitudinal.

En la figura 9.0 se puede observar la distribución final de los momentos últimos en franjas centrales, una vez que han sido redistribuidos en los bordes

adyacentes; y, sobre la tabla 17.2 se muestran estos mismos convertidos a kilogramo por metro sobre nervio.

0	0	563	382	1238	1058	0	0	725	460	1167	1390	1066	0
0	0	488	395	1249	1058	0	0	704	522	1319	1390	1066	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura 9.0 Distribución de momentos últimos de cada tablero en franjas centrales.

Tablero	MPL (kg-m/m)	MPC (kg-m/m)	MNLd (kg-m/m)	MNLi (kg-m/m)	MNCs (kg-m/m)	MNCi (kg-m/m)
I	382	563	1233	0	0	1058
II	460	725	1157.956	1233	0	1390
III	330	494	0	1157.956	0	1066
IV	395	488	1241	0	1058	0
V	522	704	1313	1241	1390	0
VI	451	552	0	1313	1066	0

Tabla 17.1 Momentos últimos de franjas centrales.

Tablero	MPL (kg-m/nerv)	MPC (kg-m/nerv)	MNLd (kg-m/nerv)	MNLi (kg-m/nerv)	MNCs (kg-m/nerv)	MNCi (kg-m/nerv)
I	238.90	407.89	770.36	0.00	0.00	766.96
II	287.59	525.73	723.72	770.36	0.00	1007.58
III	206.17	357.97	0.00	723.72	0.00	773.15
IV	246.90	353.45	775.36	0.00	766.96	0.00
V	325.95	510.64	820.88	775.36	1007.58	0.00
VI	281.84	400.29	0.00	820.88	773.15	0.00

Tabla 17.2 Momentos últimos sobre nervio.

Dimensionamiento de las nervaduras de momentos positivos

Con el fin de aprovechar la distribución de esfuerzos en compresión sobre el patín de la sección, que se da solo para momentos positivos, se buscó diseñar en estas secciones de la losa bajo el criterio de viga ancha, ya que cómo se explicó antes, esto solo se puede si el valor del bloque de esfuerzo en compresión a , evaluado con la ecuación 1.0, es menor que el valor del espesor de la capa de compresión t .

Con las indicaciones de la sección 5.1.1.2 de las NTCDyCEC 2017, referente al ancho efectivo L y T , se estimó este valor para los dos sentidos de cada tablero; en la tabla 18.0 se muestran las evaluaciones de las posibles dimensiones de b , las columnas en amarillo contienen los resultados gobernantes.

Tablero	Lado largo			Lado corto		
	b1	b2	b3	b1	b2	b3
I	150	62.5	92.5	125	72.5	92.5
II	162.5	62.5	92.5	125	72.5	92.5
III	150	62.5	92.5	125	72.5	92.5
IV	150	62.5	92.5	137.5	72.5	92.5
V	162.5	62.5	92.5	137.5	72.5	92.5
VI	150	62.5	92.5	137.5	72.5	92.5

Tabla 18.0 Evaluación de posibles valores de ancho de patín.

El criterio empleado por las NTCDyCEC 2017 para el dimensionamiento de las nervaduras de las losas encasetonadas indica que se adopte un diseño igual al de vigas; excluyendo el refuerzo mínimo por cortante, para el caso de losas apoyadas en dos direcciones en las que el esfuerzo último mencionado no supere la resistencia a este mismo proporcionada por el concreto.

El cálculo del acero necesario mostrado en tabla 19.0 se obtuvo mediante el despeje de A_s de las expresiones 2.1.0, 2.1.1 y 2.1.2 del capítulo dos de este trabajo.

Dado que el enfoque de dimensionamiento se toma igual al de una viga, se debió verificar que el porcentaje de acero necesario se ubique dentro del rango del porcentaje mínimo y máximo. Para este ejemplo se encontró que todos los porcentajes de acero para momentos positivos eran inferiores al mínimo, por lo que se diseñó con este último.

Debe aclararse que, puesto que se planteó la hipótesis suponiendo que el modo de trabajo de la viga era el de una ancha, el cálculo del acero necesario se realizó tomando un valor de b igual al ancho de patín obtenido en la tabla 18.0; sin embargo, el área mínima se obtuvo usando un b' igual al ancho de nervadura.

Tablero	% A_{necPL}	% A_{necPC}	A_{necPL} (cm^2)	A_{necPC} (cm^2)	$A_{mín}$	Arreglo PL	Arreglo PC	A_{RealPL} (cm^2)	A_{RealPC} (cm^2)
I	0.0002	0.0003	0.2814	0.4808	0.8119	1#4	1#4	1.27	1.27
II	0.0002	0.0004	0.3388	0.6201	0.8119	1#4	1#4	1.27	1.27
III	0.0002	0.0003	0.2428	0.4218	0.8119	1#4	1#4	1.27	1.27
IV	0.0002	0.0003	0.2908	0.4164	0.8119	1#4	1#4	1.27	1.27
V	0.0003	0.0004	0.3841	0.6022	0.8119	1#4	1#4	1.27	1.27
VI	0.0002	0.0003	0.3320	0.4718	0.8119	1#4	1#4	1.27	1.27

Tabla 19.0 Cálculo del acero necesario y propuesta de arreglo de acero longitudinal.

Cómo se observa de la tabla 19.0 el área de acero necesario obtenido con el valor del ancho de patín b es inferior al mínimo requerido b' por lo cual se ha diseñado con este mínimo. Considerando varillas del número tres y cuatro se encontró que el porcentaje arrojado con el del número tres se ubicaba por debajo del mínimo, por esta razón se ha seleccionado la del número cuatro.

ϵ_1	$f_c(\text{kg/cm}^2)$	$f'_c(\text{kg/cm}^2)$	$P_{mín}$	P_{bal}	$P_{máx}$
0.85	150	127.5	0.0020	0.0152	0.0114
0.85	200	170	0.0024	0.0202	0.0152
0.85	250	212.5	0.0026	0.0253	0.0190
0.836	300	255	0.0029	0.0298	0.0224
0.80	350	297.5	0.0031	0.0333	0.0250
0.76	400	340	0.0033	0.0364	0.0273

Tabla 20.0 Valores de porcentaje mínimos y máximos de resistencias comunes.

Puede verse de la ecuación 1.0 que, para obtener el espesor del bloque de esfuerzos en compresión a , se requiere conocer el valor de A_s ; en consecuencia, como ya se mencionó, se partió de la hipótesis de que en efecto se trata de un modo de trabajo equivalente a una viga ancha; una vez obtenido el acero real a usarse, se procedió a evaluar esta hipótesis; dichas evaluaciones se muestran sobre la tabla 21.0.

Tablero	a (cm)		t (cm)	Modo de trabajo	
	L. largo	L. corto		L. largo	L. corto
I	0.335	0.144	5	Viga ancha	Viga ancha
II	0.335	0.144	5	Viga ancha	Viga ancha
III	0.335	0.144	5	Viga ancha	Viga ancha
IV	0.335	0.144	5	Viga ancha	Viga ancha
V	0.335	0.144	5	Viga ancha	Viga ancha
VI	0.335	0.144	5	Viga ancha	Viga ancha

Tabla 21.0. Modo de trabajo de la sección.

Dimensionamiento de las nervaduras de momentos negativos

Procediendo de forma similar a la anterior, se buscó el porcentaje de acero requerido para los momentos negativos; dado que el esfuerzo de tensión se presenta sobre el lecho superior de la nervadura, se hizo uso de las fórmulas para vigas rectangulares empleando un valor de b igual a la base de la nervadura.

Tablero	%A _{nec} NLd	%A _{nec} NLi	%A _{nec} NCs	%A _{nec} NCi	A _{nec} NLd	A _{nec} NLi	A _{nec} NCs	A _{nec} NCi
I	0.00331	-	-	0.00330	0.93116	-	-	0.92693
II	0.00310	0.00331	-	0.00437	0.87327	0.93116	-	1.22891
III	-	0.00310	-	0.00332	-	0.87327	-	0.93463
IV	0.00333	-	0.00330	-	0.93738	--	0.92693	-
V	0.00353	0.00333	0.00437	-	0.99412	0.93738	1.22891	-
VI	-	0.00353	0.00332	-	-	0.99412	0.93463	-

Tabla 22.0 Cálculo de los porcentajes de acero en momentos negativos.

Las áreas de acero se encuentran dentro de los límites para un concreto $f'c$ igual a 300 kg/cm². Para la obtención del porcentaje máximo se ha considerado un sistema de ductilidad media, tabla 20.0.

Una vez comprobado que los porcentajes se encontraban dentro de los límites, se realizó la propuesta de armado que puede verse en la tabla 23.0.

Tablero	NVNLd	NVNLI	NVNCs	NVNCi	A _{real} NLd (cm ²)	A _{real} NLi (cm ²)	A _{real} NCs (cm ²)	A _{real} NCi (cm ²)
I	1#4	-	-	1#4	1.27	-	-	1.27
II	1#4	1#4	-	1#4	1.27	1.27	-	1.27
III	-	1#4	-	1#4	-	1.27	-	1.27
IV	1#4	-	1#4	-	1.27	-	1.27	-
V	1#4	1#4	1#4	-	1.27	1.27	1.27	-
VI	-	1#4	1#4	-	-	1.27	1.27	-

Tabla 23.0 Propuesta de acero en momentos negativos.

Revisión de la fuerza cortante

La evaluación de la fuerza cortante V_u y la resistencia a esta misma del concreto V_{cr} se han obtenido de las ecuaciones 29.0 y 30.0, presentadas en el capítulo dos. Es de hacer notar que el resultado directo de la ecuación 29.0 está dado sobre una superficie de ancho unitario, por lo cual está debió ser convertida a la equivalente sobre la nervadura. Se incrementó en 15 % la magnitud de V_u , tal

como se establece en la sección 7.5.2 de la normativa empleada, debido a la existencia de bordes continuos y discontinuos.

Tablero	Vu	Vcr	Comparación
	Kg/nervio	Kg/nervio	
I	858.97	1826.77	Ok
II	1343.68	1826.77	Ok
III	858.97	1826.77	Ok
IV	878.88	1826.77	Ok
V	1314.42	1826.77	Ok
VI	878.88	1826.77	Ok

Tabla 24.0 Revisión de la resistencia a fuerza cortante

Longitudes de desarrollo y traslapes

Las barras empleadas para resistir los momentos positivos, las cuales se encuentran en el lecho inferior, tienen que abarcar de un extremo de la losa a otro; por ello se omitió el cálculo de la longitud de desarrollo de estas; solo se tomó en cuenta las varillas que se localizan en el lecho superior, es decir, las que resisten los momentos negativos (bastones).

A diferencia de la versión anterior de las NTCDyCEC la actual normativa no especifica alguna metodología para ubicar los puntos de inflexión de momentos y, debido a que se requieren en el cálculo de las longitudes de desarrollo; para la obtención de dichos puntos se empleó la normativa del año 2004. Los resultados para los momentos negativos en los lados largos y lados cortos se muestran sobre las tablas 25.1 y 25.2.

Para este ejemplo se determinó el uso de bastones con doblez a ciento ochenta grados, la longitud de desarrollo se obtiene multiplicando la de desarrollo básica (expresión 35.0) por los coeficientes de la tabla 6.1.2 de las NTCDyCEC 2017,

según sea el caso; en este ejemplo no se encontró alguno por el cual aplicar algún coeficiente.

$$0.76d_b \frac{f_y}{\sqrt{f'_c}}$$

Ecuación 35.0 Expresión empleada para el cálculo de la longitud básica de desarrollo.

Tablero	Distancia Infl. M. Neg cm	Db MNLd cm	Ldb MNLd cm	Doble 180 MNLd cm	Total MNLd cm	Db MNLi cm	Ldb MNLi cm	Doble 180 MNLi cm	Total MNLi cm
I	100.00	1.27	23.40	5.08	128.48				
II	100.00	1.27	23.40	5.08	128.48	1.27	23.40	5.08	128.48
III	100.00	-	-	-	-	1.27	23.40	5.08	128.48
IV	110.00	1.27	23.40	5.08	138.48				
V	110.00	1.27	23.40	5.08	138.48	1.27	23.40	5.08	138.48
VI	110.00	-	-	-	-	1.27	23.40	5.08	138.48

Tabla 25.1 Longitudes de desarrollo para momentos negativos.

Tablero	Distancia Inf. M. Neg cm	Db MNCs cm	Ldb MNCs cm	Doble 180 MNCs cm	Total MNCs cm	Db MNCi cm	Ldb MNCi cm	Doble 180 MNCi cm	Total MNCi cm
I	100	-	-	-	-	1.27	23	5	128
II	100	-	-	-	-	1.27	23	5	128
III	100	-	-	-	-	1.27	23	5	128
IV	110	1.27	23	5	138	-	-	-	-
V	110	1.27	23	5	138	-	-	-	-
VI	110	1.27	23	5	138	-	-	-	-

Tabla 25.2. Longitudes de desarrollo para momentos negativos.

En las tablas 26.1, 26.2 y 26.3 se muestran las longitudes de traslapes, las cuales se obtuvieron según la sección 6.6.1.2 de las NTCDyCEC 2017, verificando que no fuesen menor a 1.33 veces la longitud de desarrollo ni menor a $(0.1 f_y - 6) d_b$.

Tablero	Db	Ldb	Total	Db	Ldb	Total
	MNLd cm	MNLd cm	MNLd cm	MNLi cm	MNLi cm	MNLi cm
I	1.27	30.00	45.72			
II	1.27	30.00	45.72	1.27	30.00	45.72
III	-	-	-	1.27	30.00	45.72
IV	1.27	30.00	45.72			
V	1.27	30.00	45.72	1.27	30.00	45.72
VI	-	-	-	1.27	30.00	45.72

Tabla 26.1. Longitudes de traslape para momentos negativos.

Tablero	Db	Ldb	Total	Db	Ldb	Total
	MNCs cm	MNCs cm	MNCs cm	MNCi cm	MNCi cm	MNCi cm
I	-	-	-	1.27	30	45.72
II	-	-	-	1.27	30	45.72
III	-	-	-	1.27	30	45.72
IV	1.27	30	45.72	-	-	-
V	1.27	30	45.72	-	-	-
VI	1.27	30	45.72	-	-	-

Tabla 26.2. Longitudes de traslape para momentos negativos.

Tablero	Db	Ldb	Lt	Db	Ldb	Lt
	MPL cm	MPL cm	MPL cm	MPC cm	MPC cm	MPC cm
I	1.27	30.00	45.72	1.27	30.00	45.72
II	1.27	30.00	45.72	1.27	30.00	45.72
III	1.27	30.00	45.72	1.27	30.00	45.72
IV	1.27	30.00	45.72	1.27	30.00	45.72
V	1.27	30.00	45.72	1.27	30.00	45.72
VI	1.27	30.00	45.72	1.27	30.00	45.72

Tabla 26.3 Longitudes de traslape para momentos positivos.

Análisis y diseño de salientes o volados

Para el análisis de salientes el cálculo de los momentos se realizó encontrando por separado los producidos por la suma de las cargas vivas y muertas uniformes,

empleando para esto la fórmula 36.0, y, por otra parte, el momento originado por la carga lineal del pretil con la ecuación 37.0.

$$M = \frac{Wl^2}{2}$$

Ecuación 36.0 Momento máximo de viga en voladizo por carga lineal uniforme.

$$M = -PL$$

Ecuación 37.0 Momento máximo de viga en voladizo por carga puntual.

$$V = P$$

Ecuación 38.0 Cortante máximo de viga en voladizo por carga puntual.

$$V = Wl$$

Ecuación 39.0 Cortante máximo de viga en voladizo por carga lineal uniforme.

Cómo puede verse, las fórmulas 36.0 a la 39.0 requirieron una conversión para ser empleadas; para ello se multiplicó por una de las dimensiones del módulo, dependiendo de la ubicación del volado. Es así que, los que emplean la longitud mayor del casetón paralela al eje x, se multiplicaron por el largo de este más la base de la nervadura; por otra parte, los que emplean la menor perpendicular al eje de las x, se les asignó un valor de módulo igual a la base de esta pieza más el de la nervadura.

El cálculo de los momentos y porcentajes de acero se muestran en la tabla 27.0, debe notarse que el valor mostrado en la columna de porcentaje de acero necesario presenta el mínimo posible, ya que se encontró por debajo de este último.

Tablero	L. volado(m)	CV (kg/m ²)	CM (kg/m ²)	Wf (kg/nerv)	Wl ² /2	Pretil(kg)	Pretil(kg-m)	Mf(kg-m)	%A _{nec}
IV	1	300	433.93	735.23	367.61	94.25	94.25	461.86	0.0029
V	1	300	433.93	735.23	367.61	94.25	94.25	461.86	0.0029
VI	1	300	433.93	735.23	367.61	94.25	94.25	461.86	0.0029

Tabla 27.0 Análisis y diseño de volados.

A diferencia de la revisión por cortante realizada para los tableros, en estos elementos se emplearon las fórmulas 6.1 y 6.2 para la obtención de la resistencia a fuerza cortante V_{cr} en vigas, presentada en el capítulo dos.

Tablero	A _{nec}	Arreglo	A _{real}	V _{cr} (kg)	Wf Vu(kg)	Pretil Vu(kg)	V _{uf} (kg)
IV	0.812	1#4	0.00452	1826.77	735.2274	94.25	829.48
V	0.812	1#4	0.00452	1826.77	735.2274	94.25	829.48
VI	0.812	1#4	0.00452	1826.77	735.2274	94.25	829.48

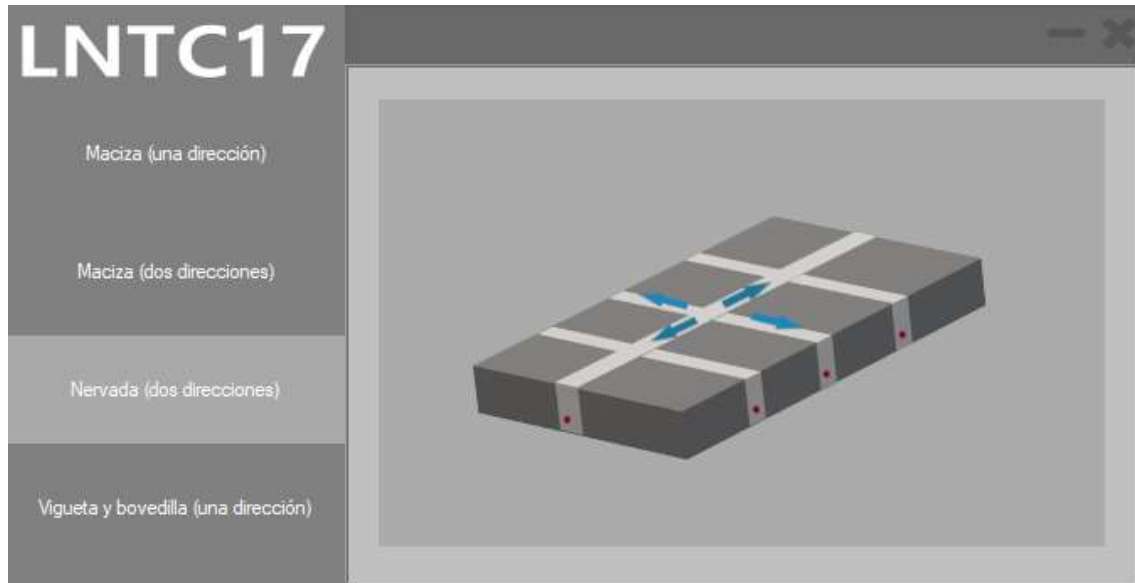
Tabla 28.0 Revisión por cortante en volados.

Es importante aclarar que las longitudes de desarrollo para volados, presentadas en las tabla 29.0, hacen referencia a la medida de la barra que debe tener para cubrir a partir de los ejes de las vigas o muros hacia el centro de los tableros. Para los bastones hacia el exterior el valor es igual a la dimensión del saliente; por tanto, las barras para estos deben medir su propia extensión más lo presentado en la tabla mencionada.

Tablero	Distancia Infl. M. Neg cm	Db MNLd cm	Ldb cm	Doblez 180 cm	Total cm
IV	110.00	1.27	23.40	5.08	138.48
V	110.00	1.27	23.40	5.08	138.48
VI	110.00	1.27	23.40	5.08	138.48

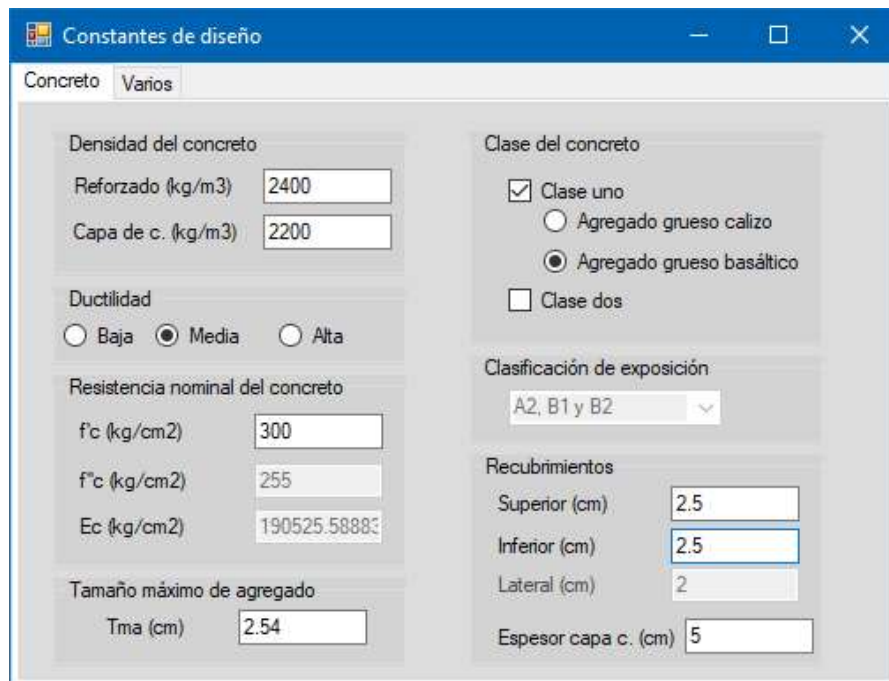
Tabla 29.0 Longitud de desarrollo en volados.

4.2.2 Prueba del módulo desarrollado y comparación de resultados



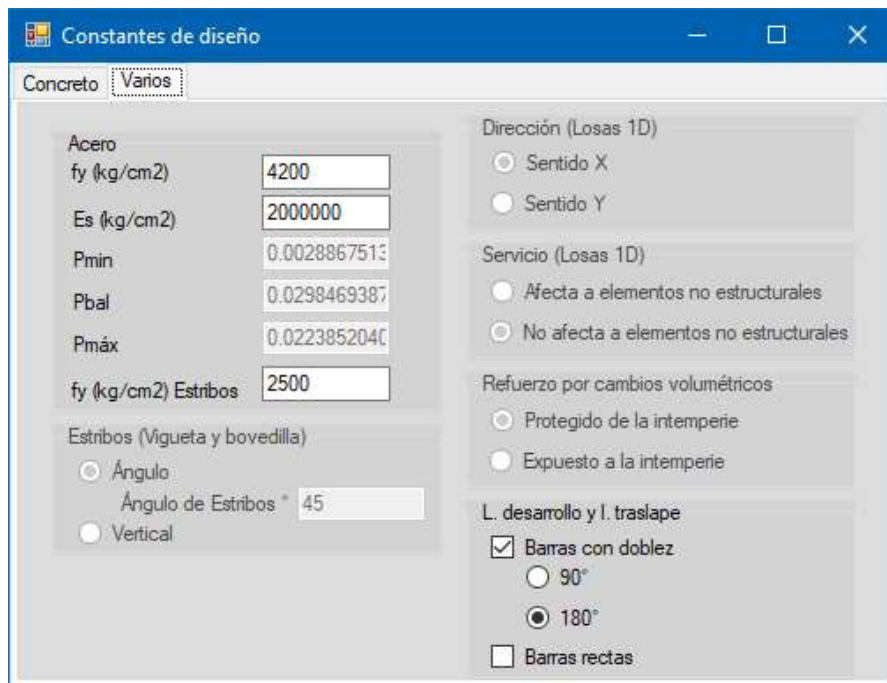
Captura 3.0. Ventana Principal del programa que muestra los tipos de losa que diseña, en esta captura se muestra una representación en 3D de la losa nervada en dos direcciones.

Introducción de constantes de diseño



Captura 4.1. Ventana "Constantes de diseño" con la pestaña "Concreto" seleccionada.

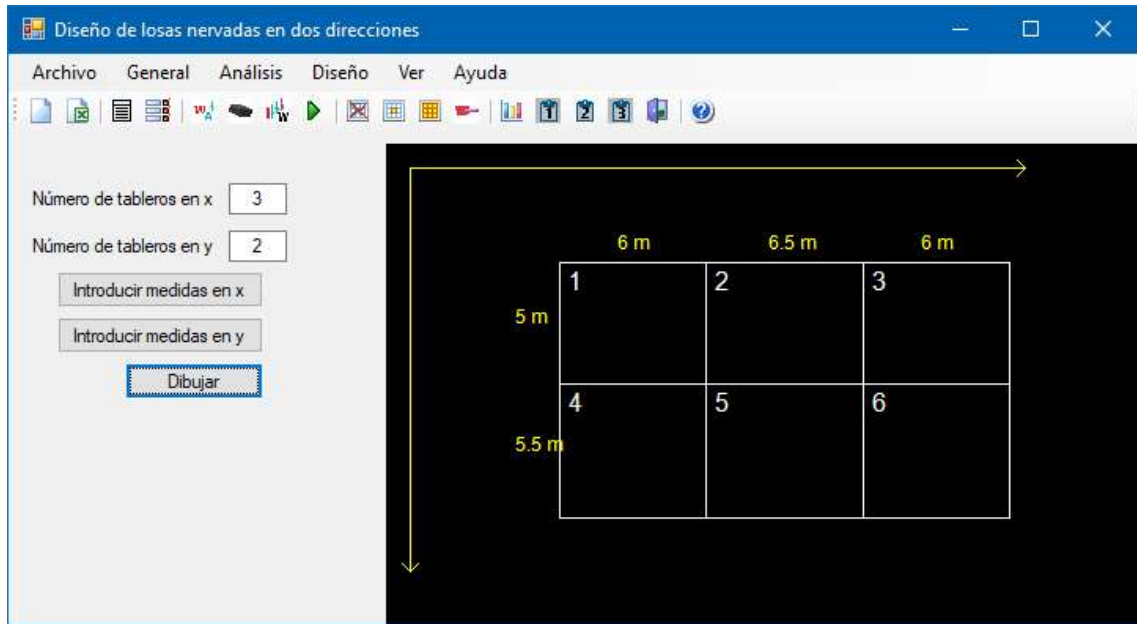
Una vez seleccionado el módulo de diseño aparece el formulario mostrado en la captura 4.1, presenta las principales constantes de diseño requeridas, consta de dos pestañas (captura 4.1 y 4.2). Puede verificarse que la información contenida coincide con las presentadas al inicio del ejemplo 4.2.1.



Captura 4.2. Ventana “Constantes de diseño” con la pestaña “Varios” seleccionada.

Dibujo de losa

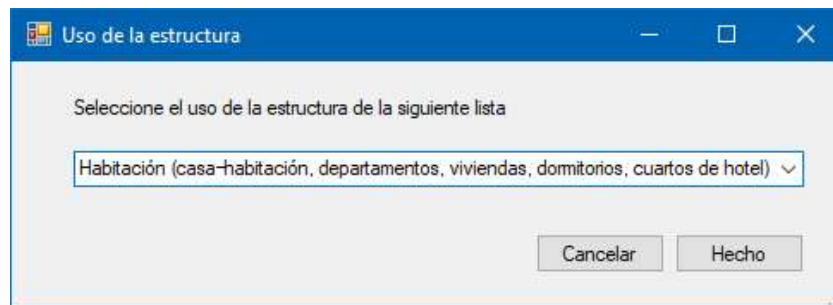
Algunas de las etapas del análisis y diseño se presentan bloqueadas, a fin de evitar errores, hasta que sean ingresados los datos requeridos para su ejecución, uno de ellos es el ingreso de la configuración de los tableros, ya que es necesario ingresar antes el número de espacios en ambas direcciones. En la captura 5.0 puede verse el croquis de la losa dibujado.



Captura 5.0. Ventana general de diseño una vez dibujada la losa.

Introducción de los elementos presentes para el análisis de cargas

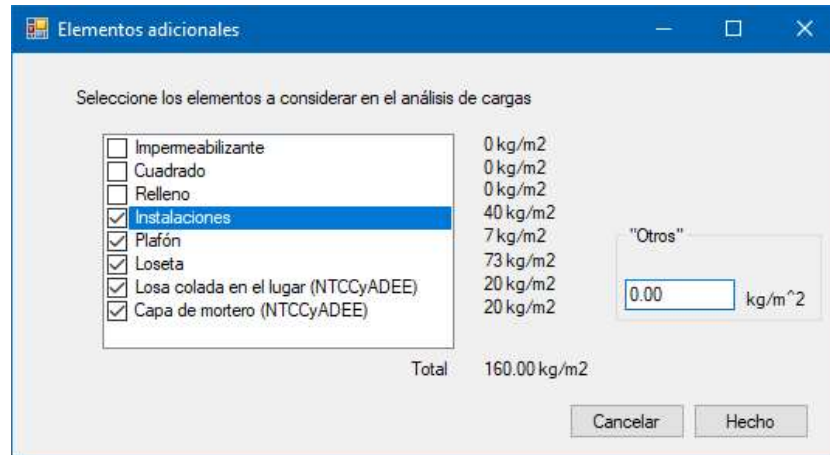
Con el botón Uso de la estructura, de la Cinta de herramientas que se muestra en la captura 5.0, se mostró un cuadro de dialogo como el de la captura 6.0; el cual contiene un *listbox* que permite seleccionar las cargas vivas a considerar según el tipo de uso que la estructura tenga.



Captura 6.0. Cuadro de diálogo para seleccionar el uso de la estructura.

La tabla 3.2 del ejemplo 4.2.1, desarrollado para esta prueba, muestra los elementos no estructurales a contemplar en el análisis de cargas, puede verse de la captura 7.0 que estos se corresponden con los seleccionados en el

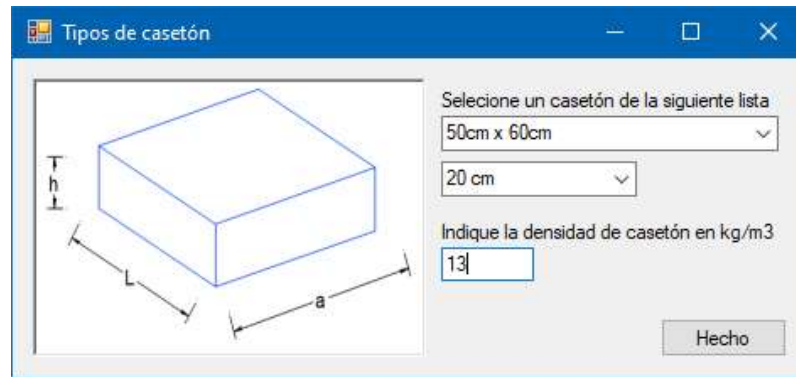
CheckBoxList de la captura. El formulario se invocó mediante el botón Elementos no estructurales de la cinta herramientas.



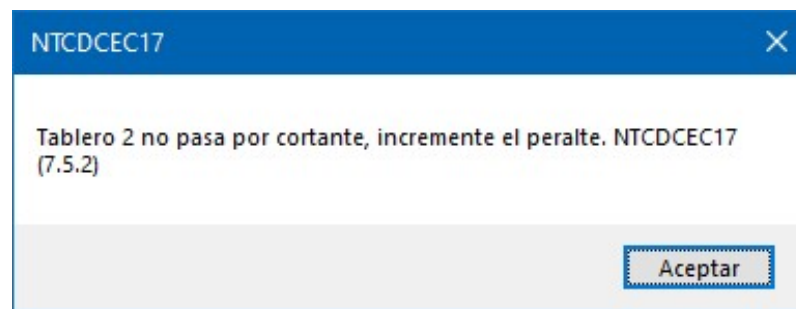
Captura 7.0. Formulario de ingreso de cargas por elementos no estructurales.

Se llamó al formulario mostrado en la captura 8.0 por medio de la Cinta de herramientas, con el botón Aligerante, este permite establecer las dimensiones y el peso del casetón a emplear en el diseño de la losa. Los valores presentados en la lista desplegable resultan ser las especificadas por un fabricante, no obstante, al final de las listas se presenta la opción de introducir medidas distintas a estas.

El peralte total de las losas nervadas está determinado por la altura del aligerante más el espesor de la capa de compresión, considerando lo anterior puede determinarse que este, según la información de la captura 8.0 y 4.1, fue de 25 cm, valor cinco centímetros más grande que el necesario; la decisión de elegir esta medida sobre otras menores, fue la incapacidad de estas de soportar las fuerzas cortantes generadas; la captura 9.0 muestra el mensaje generado al ejecutar el programa con un casetón de menor altitud.



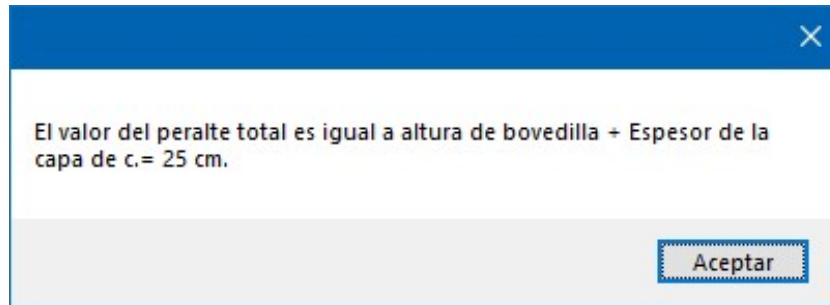
Captura 8.0. Formulario de selección de las dimensiones del aligerante.



Captura 9.0. Mensaje generado por el programa dada la insuficiencia de resistencia al corte del concreto, el valor de altura del aligerante con el que se generó dicho mensaje fue de 15 centímetros.

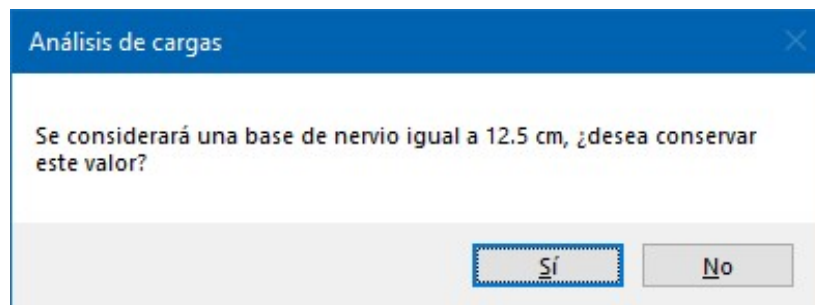
Debe aclararse que el mensaje de la captura 9.0 no se genera en esta etapa del análisis de cargas sino hasta la ejecución del estructural, se ha colocado aquí con el fin de justificar la elección de la altura del casetón.

Con los datos ingresados hasta este punto es posible realizar un primer cálculo del peso de la losa, lo cual permite agregar la información de los volados y proseguir con los siguientes pasos, este método se llamó seleccionando el botón Ejecutar análisis de cargas de la Cinta de herramientas; las capturas 10.0, 11.0 y 13.0 se generaron luego de iniciarlo.



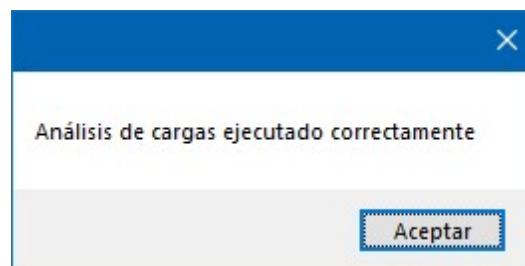
Captura 10.0. Mensaje del programa informando del valor de peralte total dados los datos ingresados.

Otro dato requerido para el cálculo del análisis de cargas es el ancho de la nervadura, dicho valor puede ingresarse dirigiéndose a la opción Base de la nervadura del sub menú Dimensiones perteneciente a la lista Losa de la pestaña Diseño de la barra de opciones del programa; si este valor no se ingresa, luego de ejecutar el botón para este análisis, el programa presenta una propuesta como se ve en la captura 11.0.



Captura 11.0. Cuadro de diálogo para confirmar la propuesta del valor de la base de la nervadura.

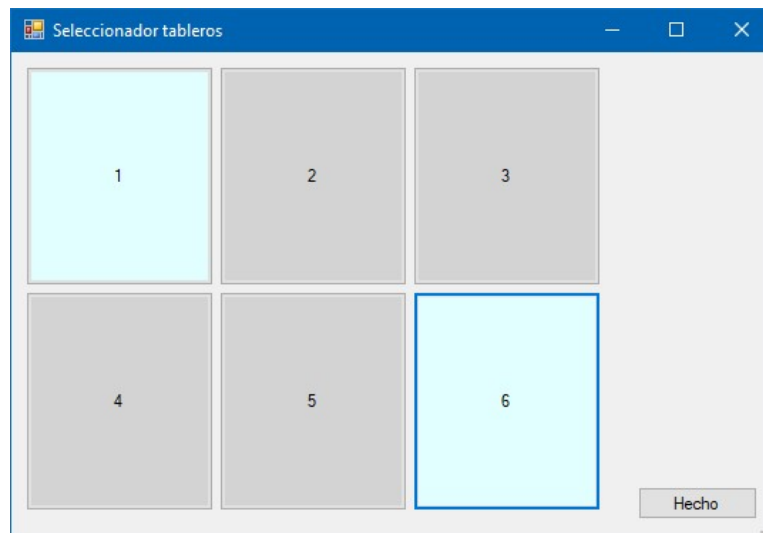
Una vez terminado este proceso el programa envió un mensaje de aviso como el mostrado en la captura 12.0



Captura 12.0. Mensaje del programa para confirmar que se ejecutó el análisis de cargas

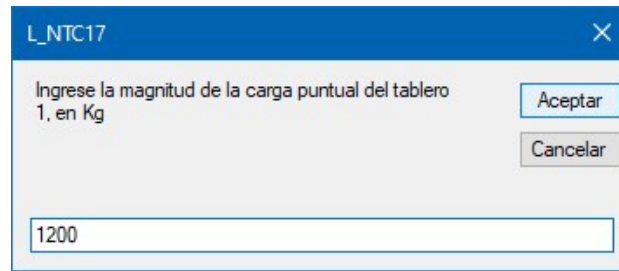
Ingreso de carga puntual y por muros

se consideró las especificaciones presentadas al inicio del ejemplo 4.2, carga puntual de 1200 kilogramos en tableros uno y seis, sobre un área de un metro cuadrado y coordenadas 2,2. Para acceder a este método se dirige a la barra de menú en la pestaña Análisis > Cargas > Carga puntual, en seguida se mostró la captura 13.0 y se procedió a seleccionar los tableros mencionados.



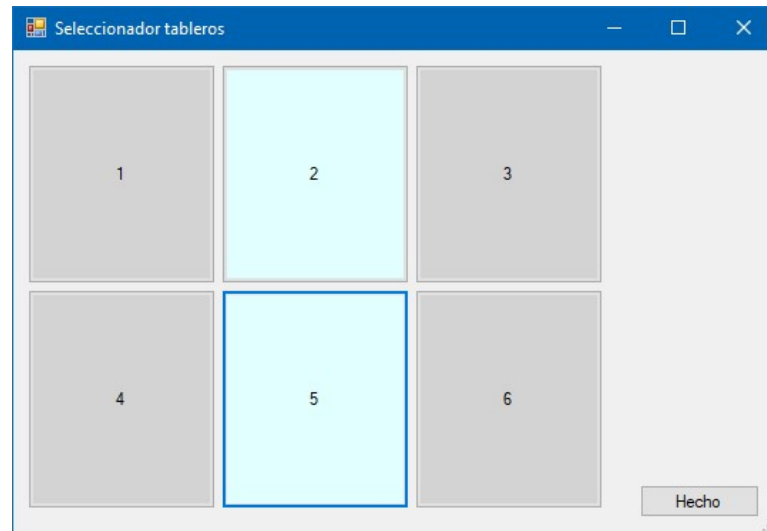
Captura 13.0. Formulario universal para la selección de tableros, en la captura los tableros en los que se colocó una carga puntual.

Al presionar el botón Hecho el programa solicita la información requerida para el método, por medio de cuatro cuadros de diálogos por cada tablero seleccionado (como el mostrado en la captura 14.0), estos son: magnitud de la carga puntual en kilogramos, área sobre la que se aplica dicha carga en metros cuadrados, coordenadas al centroide del área de aplicación en metros.



The dialog box has a title bar with 'L_NTC17' and a close button. The main text reads: 'Ingrese la magnitud de la carga puntual del tablero 1, en Kg'. Below this is a text input field containing the value '1200'. To the right of the input field are two buttons: 'Aceptar' (highlighted) and 'Cancelar'.

Captura 14.0. Cuadro de diálogo de ingreso de información para el método de carga puntual.

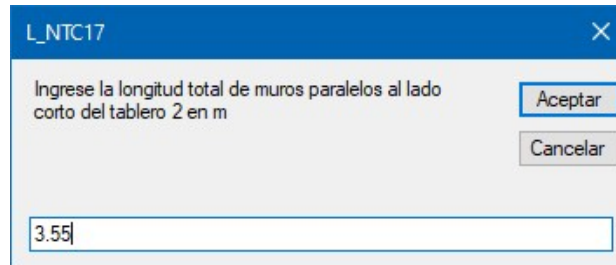


The dialog box is titled 'Seleccionador tableros'. It displays a 2x3 grid of six rectangular panels, numbered 1 through 6. Panels 2 and 5 are highlighted in light cyan, while panels 1, 3, 4, and 6 are grey. A blue border highlights the entire grid area. In the bottom right corner, there is a 'Hecho' button.

Captura 15.0. Formulario universal para la selección de tableros, en la captura los tableros seleccionados en los que se aplicó cargas lineales.

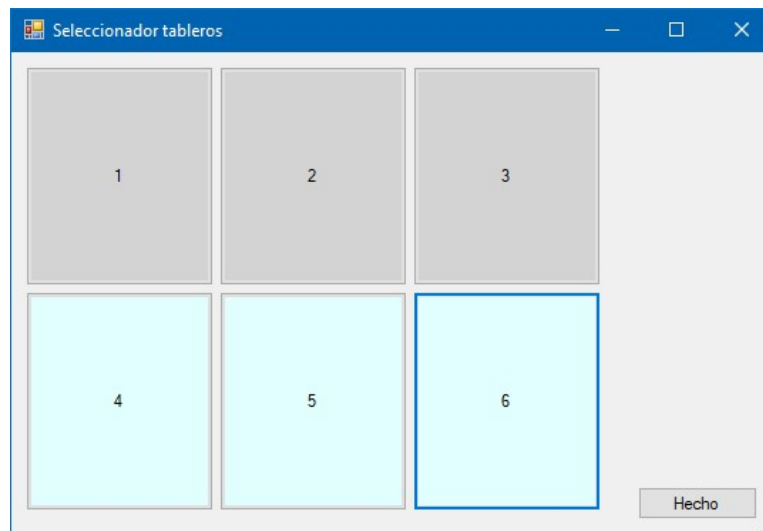
Se procedió a ingresar la información requerida para el método de carga lineal, el cual se invoca dirigiéndose a la barra de menús, Análisis > Cargas > Carga lineal. De la misma forma que para el caso de la puntual se indicaron los tableros a los que se les asignó, mediante el formulario universal de selección (captura 15.0). Al seleccionar el botón Hecho el programa solicita enseguida los datos para ejecutar el proceso, por medio de cinco cuadros de diálogos (como el mostrado en la captura 16.0) por cada uno de los antes seleccionados, estos son: metros lineales de muro paralelos al lado corto del tablero, altura de estos, metros

lineales paralelos al lado largo, altura y por último la densidad por metro cuadrado de los mismos.



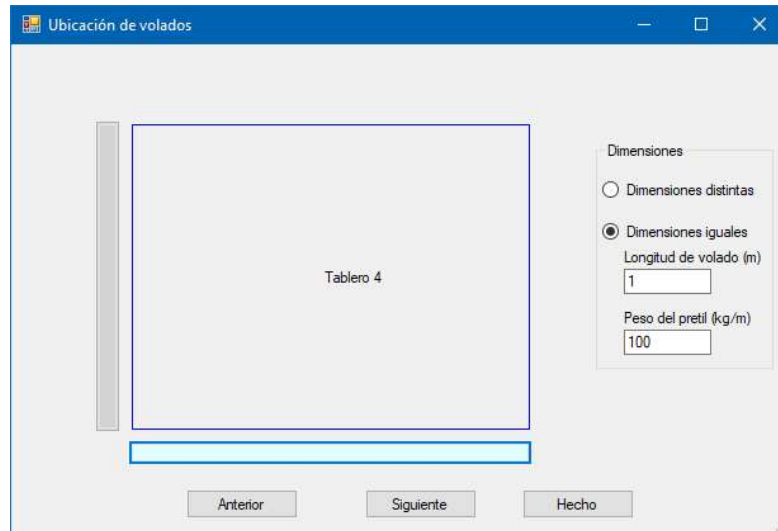
Captura 16.0. Cuadro de diálogo de ingreso de información para el método de carga lineal.

Creación de volados

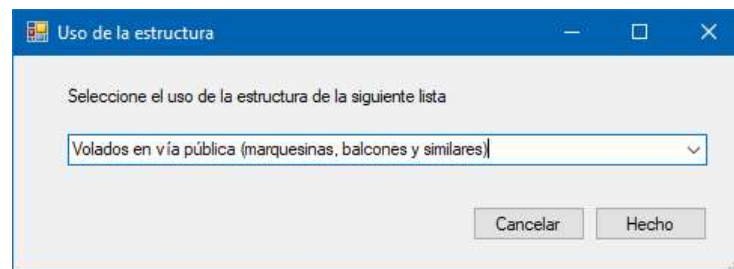


Captura 17.0. Formulario universal para la selección de tableros, en la captura los tableros seleccionados a los que se les asignó un volado.

El proceso para la incorporación de los salientes puede llamarse mediante la Barra de herramientas, con el botón Volados. Al igual que en otros casos se mostró el formulario universal para la selección de tableros (captura 17.0) y se seleccionaron los descritos en el croquis presentado a inicios del ejemplo 4.2.1 en la figura 4.0. Por practicidad las distintas etapas de ingreso de información se presentan vinculadas, activándose al presionar el botón Hecho de cada una.

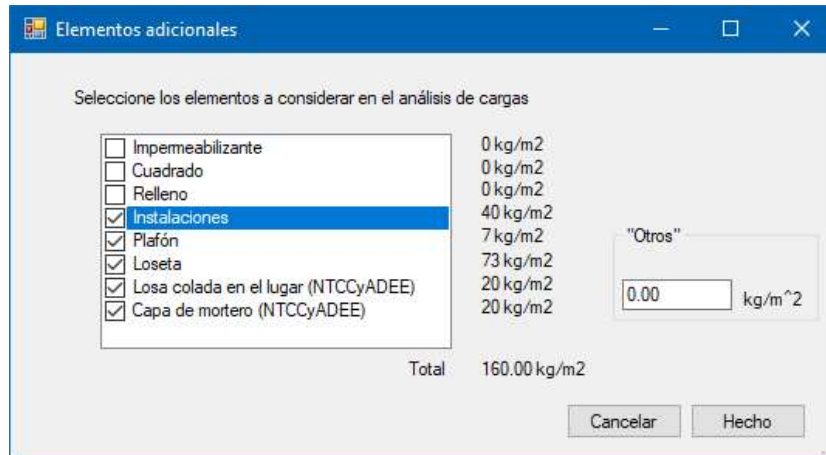


Captura 18.0. Formulario para la selección de la posición de los volados por cada tablero seleccionado.

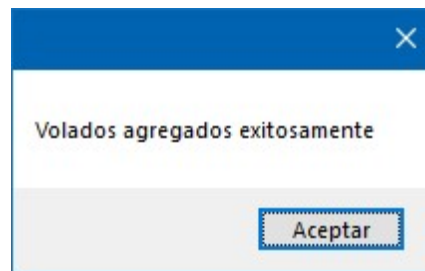


Captura 19.0. Formulario para el ingreso de cargas por elementos no estructurales (volados).

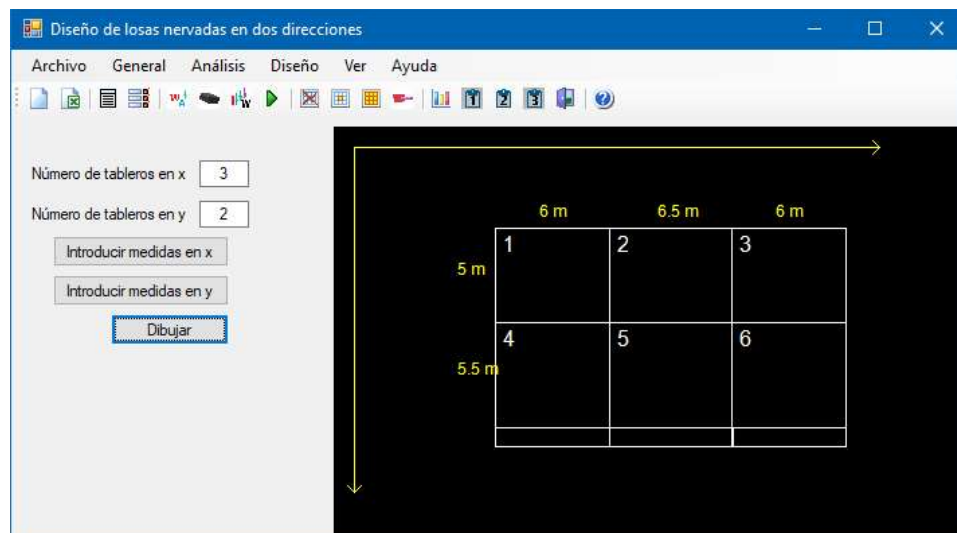
Concluida la selección de tableros, se presenta un formulario como el de la captura 18.0, en el que se muestra las distintas posiciones posibles de los volados por cada uno de estos. En la posición derecha de este ventana se encuentra la configuración para el ingreso de la información (dimensión del saliente y peso del pretil, este último no es necesario asignarle un valor) está predeterminada la configuración para que todos los tableros conserven la misma información. Si se selecciona la configuración Dimensiones distintas, al seleccionar la posición de un volado se presentan dos cuadros de diálogos en los que se introduce los dos valores antes mencionados.



Captura 20.0. Formulario para la selección del uso de la estructura (volados).



Captura 21.0. Mensaje generado por el programa para notificar que ha concluido de forma correcta la asignación de volados



Captura 22.0. Formulario universal una vez concluido el ingreso de los volados.

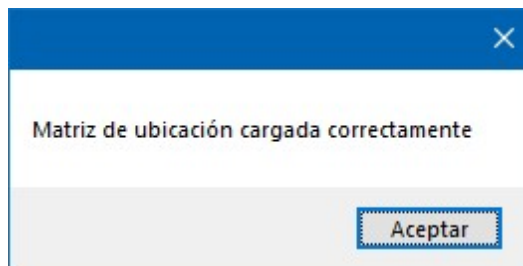
Terminado lo anterior, se presentan los formularios ya vistos antes pero ahora en exclusiva para volados, cargas por elementos no estructurales y uso de la

estructura; al finalizar este proceso el programa envía un mensaje como el de la captura 21.0 informando que este ha culminado de forma correcta.

Ejecución de las etapas de análisis y diseño de losas nervadas

Una vez que el ingreso de solicitaciones de carga, su ejecución y la asignación de los volados se finalizó, se procedió a ejecutar los procesos de análisis y diseño de la losa en cuestión, ambas etapas pueden desencadenarse mediante el uso de la barra de herramientas con el botón Correr programa.

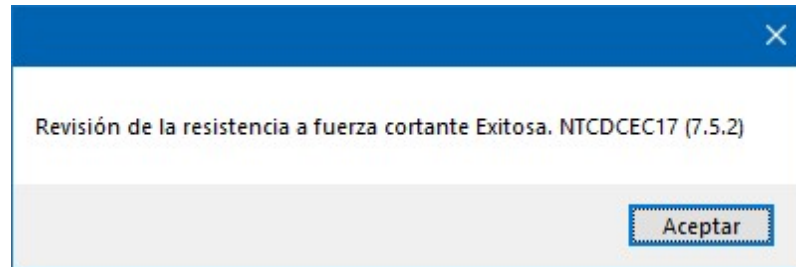
El análisis comienza con una revisión que el programa realiza a la configuración de cada uno de los tableros (es decir si se trata de un tablero con continuidad, aislado o que no se diseña), el resultado de este proceso es una matriz de ceros, unos y doses, según sea la situación de cada tablero.



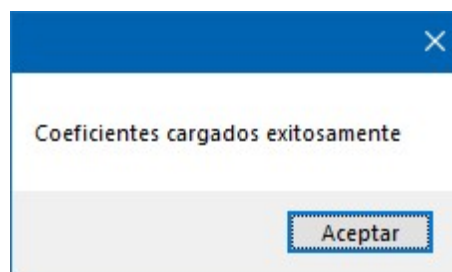
Captura 23.1. Mensaje del programa informando de la correcta creación de la matriz de ubicación.

Empleando las fórmulas para el cálculo de la fuerza cortante y la resistencia del concreto a esta misma en losas de dos direcciones, presentadas en las NTCDyCEC 2017, el programa realiza la revisión para cada uno de los tableros; si el valor de dicha fuerza resulta mayor a la que puede soportar el concreto se envía un mensaje notificando del tablero que no ha cumplido (captura 9.0), también el programa sugiere el incremento del peralte mediante la selección de

una altura mayor del casetón y todo el método se detiene, caso contrario informa del éxito de la revisión con un mensaje como el de la captura 23.2

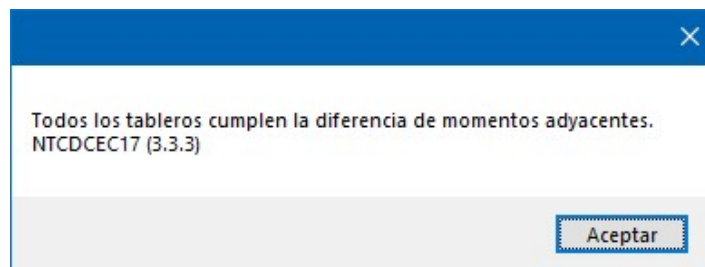


Captura 23.2. Mensaje del programa que se ha revisado la resistencia a fuerza cortante.



Captura 23.3. Mensaje generado por el programa notificando la obtención exitosa de coeficientes

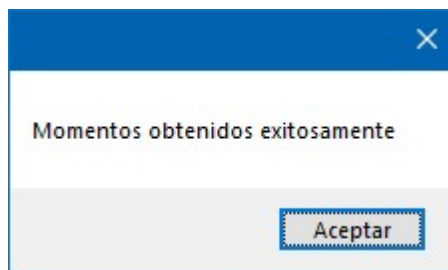
La siguiente etapa del análisis realizado por el programa se identifica cuando este envía el mensaje de que se han obtenido los coeficientes de momentos, como muestra la captura 23.3. Lo que se ha realizado aquí es, en primer lugar, una clasificación de los tipos de tablero que integran la losa (de esquina, borde, extremo, etc.), seguida de la obtención de los coeficientes (dos por cada punto de análisis) y por último la interpolación de estos mismos.



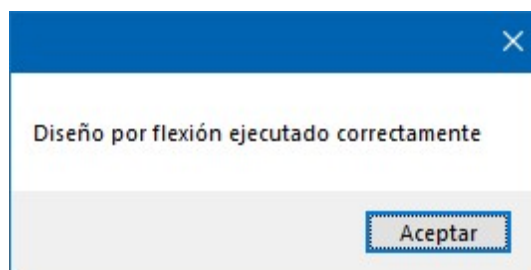
Captura 23.3. Mensaje generado por el programa notificando la exitosa obtención de coeficientes

El siguiente paso del análisis que realiza el programa consta de dos partes, la obtención de momentos a partir de los coeficientes interpolados y la revisión establecida en la normativa con respecto a la diferencia máxima entre los adyacentes, si esta no cumple con el criterio establecido el programa lo notifica y aborta por completo el proceso iniciado, en el caso opuesto se obtiene el mensaje de la captura 23.3.

El mensaje mostrado en la captura 23.4 indica la culminación del proceso de análisis de losas en dos direcciones, lo realizado en este punto ha sido la redistribución de los momentos adyacentes y la conversión de estos sobre nervio.



Captura 23.4. Mensaje que notifica la obtención final de momentos.



Captura 23.5. Mensaje de aviso de culminación satisfactoria del diseño por flexión.

El proceso de diseño por flexión abarca desde la determinación del acero requerido hasta la creación de una propuesta de arreglo, que satisfaga los requerimientos para este mismo, pasando también por la determinación de las

longitudes de desarrollo y traslape. El mensaje enviado una vez terminado el diseño se muestra en la captura 23.5.

Resultados

La tabla mostrada en la captura 24.1 y 24.2 solo puede invocarse accediendo a la barra de menús en la pestaña Ver > Tablas > Datos de inicio, en ella puede encontrarse la clasificación de los tableros, sus dimensiones y los distintos tipos de cargas consideradas.

Tablero	Tipo	ax (m)	ay (m)	Cvmax (kg/m2)	CM (kg/m2)	C. puntual U. (kg)
1	Esquina_si	6	5	190	433.9282758620...	1200
2	Borde un lado La...	6.5	5	190	433.9282758620...	0
3	Esquina_sd	6	5	190	433.9282758620...	0
4	Esquina_ii	6	5.5	190	433.9282758620...	0
5	Borde un lado La...	6.5	5.5	190	433.9282758620...	0
6	Esquina_id	6	5.5	190	433.9282758620...	1200

Captura 24.1. Tabla Datos de inicio generada por el tablero, continua en 24.2 y 24.3.

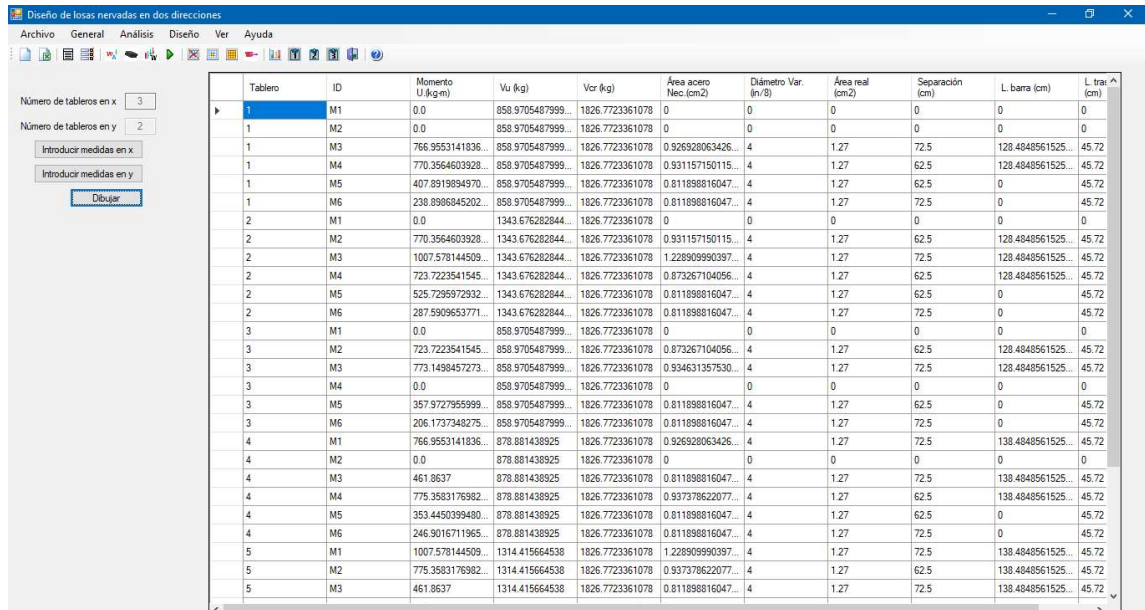
Área carga P. (m2)	Coor. x C.P. (m)	Coor. x C.P. (m)	Incremento M.(kg-m)	L. PLC (m)	h. muros L.C. (m)	L. PLL (m)
1	2	2	201.5890594708...	0	0	0
0	0	0	0	3.55	3	4.8
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	3.35	3	4.3
1	2	2	201.5890594708...	0	0	0

Captura 24.2. Tabla Datos de inicio generada por el tablero, continuación.

h. muros L.L. (m)	Densidad muros (kg/m2)	Peso f. muros (kg/m2)
0	0	0
3	250	310.6479289940...
0	0	0
0	0	0
3	250	258.3162990855...
0	0	0

Captura 24.3. Tabla Datos de inicio generada por el tablero, continuación.

Una vez concluido el proceso de análisis y diseño, este módulo muestra enseguida los resultados de estos, se encuentran en la tabla denominada Tabla uno. Algunas de las columnas contenidas se muestran en la captura 25.0.



Tablero	ID	Momento U (kg-m)	Vu (kg)	Vcr (kg)	Área acero Nec. (cm ²)	Diámetro Var. (m/Ø)	Área real (cm ²)	Separación (cm)	L. barra (cm)	L. tra (cm)
1	M1	0.0	858.9705487999...	1826.7723361078	0	0	0	0	0	0
1	M2	0.0	858.9705487999...	1826.7723361078	0	0	0	0	0	0
1	M3	766.9553141836...	858.9705487999...	1826.7723361078	0.526928063426...	4	1.27	72.5	128.4848561525...	45.72
1	M4	770.3564603928...	858.9705487999...	1826.7723361078	0.931157150115...	4	1.27	62.5	128.4848561525...	45.72
1	M5	407.8919894970...	858.9705487999...	1826.7723361078	0.811898816047...	4	1.27	62.5	0	45.72
1	M6	238.8969645202...	858.9705487999...	1826.7723361078	0.811898816047...	4	1.27	72.5	0	45.72
2	M1	0.0	1343.676282844...	1826.7723361078	0	0	0	0	0	0
2	M2	770.3564603928...	1343.676282844...	1826.7723361078	0.931157150115...	4	1.27	62.5	128.4848561525...	45.72
2	M3	1007.578144509...	1343.676282844...	1826.7723361078	1.228909990397...	4	1.27	72.5	128.4848561525...	45.72
2	M4	723.7223541545...	1343.676282844...	1826.7723361078	0.873267104056...	4	1.27	62.5	128.4848561525...	45.72
2	M5	525.7295972932...	1343.676282844...	1826.7723361078	0.811898816047...	4	1.27	62.5	0	45.72
2	M6	287.5909653771...	1343.676282844...	1826.7723361078	0.811898816047...	4	1.27	72.5	0	45.72
3	M1	0.0	858.9705487999...	1826.7723361078	0	0	0	0	0	0
3	M2	723.7223541545...	858.9705487999...	1826.7723361078	0.873267104056...	4	1.27	62.5	128.4848561525...	45.72
3	M3	773.1498457273...	858.9705487999...	1826.7723361078	0.934631397530...	4	1.27	72.5	128.4848561525...	45.72
3	M4	0.0	858.9705487999...	1826.7723361078	0	0	0	0	0	0
3	M5	357.9727955999...	858.9705487999...	1826.7723361078	0.811898816047...	4	1.27	62.5	0	45.72
3	M6	206.1737348275...	858.9705487999...	1826.7723361078	0.811898816047...	4	1.27	72.5	0	45.72
4	M1	766.9553141836...	878.881438925...	1826.7723361078	0.526928063426...	4	1.27	72.5	138.4848561525...	45.72
4	M2	0.0	878.881438925...	1826.7723361078	0	0	0	0	0	0
4	M3	461.8637	878.881438925...	1826.7723361078	0.811898816047...	4	1.27	72.5	138.4848561525...	45.72
4	M4	775.3583176982...	878.881438925...	1826.7723361078	0.937378622077...	4	1.27	62.5	138.4848561525...	45.72
4	M5	353.4450399480...	878.881438925...	1826.7723361078	0.811898816047...	4	1.27	62.5	0	45.72
4	M6	246.9016711965...	878.881438925...	1826.7723361078	0.811898816047...	4	1.27	72.5	0	45.72
5	M1	1007.578144509...	1314.415664538...	1826.7723361078	1.228909990397...	4	1.27	72.5	138.4848561525...	45.72
5	M2	775.3583176982...	1314.415664538...	1826.7723361078	0.937378622077...	4	1.27	62.5	138.4848561525...	45.72
5	M3	461.8637	1314.415664538...	1826.7723361078	0.811898816047...	4	1.27	72.5	138.4848561525...	45.72

Captura 25.0. Vista de la Tabla uno.

Comparación de resultados

Con el fin de simplificar la comparación de los resultados obtenidos mediante el uso del programa contra los calculados a mano, se hizo la compilación de estos últimos, de tal forma que el orden en el que se presentan sea el mismo que el de las capturas obtenidas de la aplicación; estas compilaciones pueden ser verificadas con las tablas del ejemplo de la sección 4.2.1.

Se buscó también facilitar la interpretación y no solo contrastarlos, por ello a continuación se realizan algunos comentarios.

Como puede verse de las columnas con el título Momento (v. g. captura 26.1.1), en algunas celdas el valor contenido es igual a cero, esto se debe a la inexistencia de tableros contiguos y por ende el valor de este es nulo. La forma en que se

presentan estos es, las primeras cuatro celdas contienen los extremos negativos, mientras que las últimas dos los centrales positivos. Para el caso de los negativos su orden de aparición obedece un sentido anti horario, que comienza con el momento extremo superior hasta culminar con el derecho; en cuanto a los positivos el primero en aparecer es el que actúa sobre el lado corto del tablero siendo el último el actuante sobre el lado largo.

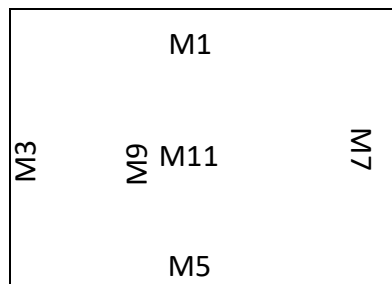


Figura 10.0. Orden de presentación de los momentos y su información en las tablas de resultados.

Recordando las fórmulas presentadas en el capítulo dos para el cálculo de la fuerza cortante y resistencia del concreto a esta misma, se puede observar que, mientras se mantenga constante el peralte y la base de la nervadura (el programa siempre mantiene este caso) éstas no distinguen del sentido de análisis ni posición. En las tablas generadas se repite el valor en cada fila por hacer coincidir con el formato de esta misma y no generar confusión.

La columna Separación resulta adecuada para las losas macizas, en las que la separación se encuentra en función de las necesidades de flexión y cambios volumétricos, en este caso dicha separación está determinada por las dimensiones del aligerante y la base de la nervadura, la razón de colocar estos valores es apoyar en la cuantificación de las varillas y resaltar la orientación en la que se coloca el aligerante.

Los valores contenidos en la columna L barra son la extensión mínima que puede llevar el refuerzo en ese punto, se compone de tres valores, distancia crítica (zona de influencia del momento), longitud de desarrollo y en su caso la requerida para la elaboración de los dobleces. Este valor nunca es calculado para los momentos positivos ya que por integridad estructural se recomienda prolongarse todo el claro y anclarse a los apoyos según la normativa.

En la última columna se encuentran las longitudes necesarias que se requieren para realizar los traslapes en las barras, deben considerarse las recomendaciones adicionales expresadas en la normativa relacionadas a este punto.

Con el fin de mejorar la vista de los números en las capturas, estas se han dividido en dos partes, por lo que el orden para la evaluación de los resultados es: dos capturas de los resultados obtenidos mediante el programa y, al final, una tabla con los resultados a mano.

Como se puede corroborar, los valores generados por la aplicación tienen la misma magnitud que los compilados de las tablas hechas a mano.

Tablero I. Análisis y diseño

Momento U.(kg-m)	Vu (kg)	Vcr (kg)	Área acero Nec.(cm ²)	Diámetro Var. (in/8)
0.0	858.9705487999...	1826.7723361078	0	0
0.0	858.9705487999...	1826.7723361078	0	0
766.9553141836...	858.9705487999...	1826.7723361078	0.926928063426...	4
770.3564603928...	858.9705487999...	1826.7723361078	0.931157150115...	4
407.8919894970...	858.9705487999...	1826.7723361078	0.811898816047...	4
238.8986845202...	858.9705487999...	1826.7723361078	0.811898816047...	4

Captura 26.1.1. Captura de la Tabla de resultado uno, con los valores para el tablero uno.

Área real (cm ²)	Separación (cm)	L. barra (cm)	L. traslape (cm)
0	0	0	0
0	0	0	0
1.27	72.5	128.4848561525...	45.72
1.27	62.5	128.4848561525...	45.72
1.27	62.5	0	45.72
1.27	72.5	0	45.72

Captura 26.1.2. Captura de la Tabla de resultado uno, con los valores para el tablero uno.

Momentos (kg-m/nerv)	Vu Kg/nervio	Vcr Kg/nervio	A. Nec. (cm ²)	Arreglo	A. Real (cm ²)	Sep (cm)	L. desa. (cm ²)	L. trasla (cm ²)
0.00	858.97	1826.77	0.000	0	0	0	0	0
0.00	858.97	1826.77	0.000	0	0	0	0	0
766.96	858.97	1826.77	0.927	1#4	1.27	72.5	128	46
770.36	858.97	1826.77	0.931	1#4	1.27	62.5	128	46
407.89	858.97	1826.77	0.812	1#4	1.27	62.5	0	46
238.90	858.97	1826.77	0.812	1#4	1.27	72.5	0	46

Captura 30.1. Compilación de resultados obtenidos a mano para el tablero uno.

Tablero II. Análisis y diseño

Momento U.(kg-m)	Vu (kg)	Vcr (kg)	Área acero Nec.(cm ²)	Diámetro Var. (n/8)
0.0	1343.676282844...	1826.7723361078	0	0
770.3564603928...	1343.676282844...	1826.7723361078	0.931157150115...	4
1007.578144509...	1343.676282844...	1826.7723361078	1.228909990397...	4
723.7223541545...	1343.676282844...	1826.7723361078	0.873267104056...	4
525.7295972932...	1343.676282844...	1826.7723361078	0.811898816047...	4
287.5909653771...	1343.676282844...	1826.7723361078	0.811898816047...	4

Captura 26.2.1. Captura de la Tabla de resultado uno, con los valores para el tablero dos.

Área real (cm ²)	Separación (cm)	L. barra (cm)	L. traslape (cm)
0	0	0	0
1.27	62.5	128.4848561525...	45.72
1.27	72.5	128.4848561525...	45.72
1.27	62.5	128.4848561525...	45.72
1.27	62.5	0	45.72
1.27	72.5	0	45.72

Captura 26.2.2. Captura de la Tabla de resultado uno, con los valores para el tablero dos.

Momentos (kg-m/nerv)	Vu Kg/nervio	Vcr Kg/nervio	A. Nec. (cm ²)	Arreglo	A. Real (cm ²)	Separación (cm)	L. desa (cm ²)	L. trasla (cm ²)
0.00	1343.68	1826.77	0.000	0	0	0	0	0
770.36	1343.68	1826.77	0.931	1#4	1.27	62.5	128	46
1007.58	1343.68	1826.77	1.229	1#4	1.27	72.5	128	46
723.72	1343.68	1826.77	0.873	1#4	1.27	62.5	128	46
525.73	1343.68	1826.77	0.812	1#4	1.27	62.5	0	46
287.59	1343.68	1826.77	0.812	1#4	1.27	72.5	0	46

Captura 30.2. Compilación de resultados obtenidos a mano para el tablero dos.

Tablero III. Análisis y diseño

Momento U. (kg-m)	Vu (kg)	Vcr (kg)	Área acero Nec. (cm ²)	Diámetro Var. (in/8)
0.0	858.9705487999...	1826.7723361078	0	0
723.7223541545...	858.9705487999...	1826.7723361078	0.873267104056...	4
773.1498457273...	858.9705487999...	1826.7723361078	0.934631357530...	4
0.0	858.9705487999...	1826.7723361078	0	0
357.9727955999...	858.9705487999...	1826.7723361078	0.811898816047...	4
206.1737348275...	858.9705487999...	1826.7723361078	0.811898816047...	4

Captura 26.3.1. Captura de la Tabla de resultado uno, con los valores para el tablero tres.

Área real (cm ²)	Separación (cm)	L. barra (cm)	L. traslape (cm)
0	0	0	0
1.27	62.5	128.4848561525...	45.72
1.27	72.5	128.4848561525...	45.72
0	0	0	0
1.27	62.5	0	45.72
1.27	72.5	0	45.72

Captura 26.3.2. Captura de la Tabla de resultado uno, con los valores para el tablero tres.

Momentos (kg-m/nerv)	Vu Kg/nervio	Vcr Kg/nervio	A. Nec. (cm ²)	Arreglo	A. Real (cm ²)	Separación (cm)	L. desa (cm ²)	L. trasla (cm ²)
0.00	858.97	1826.77	0.000	-	0	0	0	0
723.72	858.97	1826.77	0.873	1#4	1.27	62.5	128	46
773.15	858.97	1826.77	0.935	1#4	1.27	72.5	128	46
0.00	858.97	1826.77	0.000	-	0	0	0	0
357.97	858.97	1826.77	0.812	1#4	1.27	62.5	0	46
206.17	858.97	1826.77	0.812	1#4	1.27	72.5	0	46

Captura 30.3. Compilación de resultados obtenidos a mano para el tablero tres.

Tablero IV. Análisis y diseño

Momento U.(kg-m)	Vu (kg)	Vcr (kg)	Área acero Nec.(cm2)	Diámetro Var. (in/8)
766.9553141836...	878.881438925	1826.7723361078	0.926928063426...	4
0.0	878.881438925	1826.7723361078	0	0
461.8637	878.881438925	1826.7723361078	0.811898816047...	4
775.3583176982...	878.881438925	1826.7723361078	0.937378622077...	4
353.4450399480...	878.881438925	1826.7723361078	0.811898816047...	4
246.9016711965...	878.881438925	1826.7723361078	0.811898816047...	4

Captura 26.4.1. Captura de la Tabla de resultado uno, con los valores para el tablero cuatro.

Área real (cm2)	Separación (cm)	L. barra (cm)	L. traslape (cm)
1.27	72.5	138.4848561525...	45.72
0	0	0	0
1.27	72.5	138.4848561525...	45.72
1.27	62.5	138.4848561525...	45.72
1.27	62.5	0	45.72
1.27	72.5	0	45.72

Captura 26.4.2. Captura de la Tabla de resultado uno, con los valores para el tablero cuatro.

Momentos (kg-m/nerv)	Vu Kg/nervio	Vcr Kg/nervio	A. Nec. (cm ²)	Arreglo	A. Real (cm ²)	Separación (cm)	L. desa (cm ²)	L. trasla (cm ²)
766.96	878.88	1826.77	0.927	1#4	1.27	72.5	138	46
0.00	878.88	1826.77	0.000	-	0	0	0	0
461.86	878.88	1826.77	0.812	1#4	1.27	72.5	138	46
775.36	878.88	1826.77	0.937	1#4	1.27	62.5	138	46
353.45	878.88	1826.77	0.812	1#4	1.27	62.5	0	46
246.90	878.88	1826.77	0.812	1#4	1.27	72.5	0	46

Captura 30.4. Compilación de resultados obtenidos a mano para el tablero cuatro.

Tablero V. Análisis y diseño

Momento U.(kg-m)	Vu (kg)	Vcr (kg)	Área acero Nec.(cm2)	Diámetro Var. (in/8)
1007.578144509...	1314.415664538	1826.7723361078	1.228909990397...	4
775.3583176982...	1314.415664538	1826.7723361078	0.937378622077...	4
461.8637	1314.415664538	1826.7723361078	0.811898816047...	4
820.8848768376...	1314.415664538	1826.7723361078	0.994116681299...	4
510.6392785851...	1314.415664538	1826.7723361078	0.811898816047...	4
325.9542644298...	1314.415664538	1826.7723361078	0.811898816047...	4

Captura 26.5.1. Captura de la Tabla de resultado uno, con los valores para el tablero cinco.

Área real (cm ²)	Separación (cm)	L. barra (cm)	L. traslape (cm)
1.27	72.5	138.4848561525...	45.72
1.27	62.5	138.4848561525...	45.72
1.27	72.5	138.4848561525...	45.72
1.27	62.5	138.4848561525...	45.72
1.27	62.5	0	45.72
1.27	72.5	0	45.72

Captura 26.5.2. Captura de la Tabla de resultado uno, con los valores para el tablero cinco.

Momentos (kg-m/nervio)	Vu (Kg/nervio)	Vcr (Kg/nervio)	A. Nec. (cm ²)	Arreglo	A. Real (cm ²)	Separación (cm)	L. desa (cm ²)	L. trasla (cm ²)
1007.58	1314.42	1826.77	1.229	1#4	1.27	72.5	138	46
775.36	1314.42	1826.77	0.937	1#4	1.27	62.5	138	46
461.86	1314.42	1826.77	0.812	1#4	1.27	72.5	138	46
820.88	1314.42	1826.77	0.994	1#4	1.27	62.5	138	46
510.64	1314.42	1826.77	0.812	1#4	1.27	62.5	0	46
325.95	1314.42	1826.77	0.812	1#4	1.27	72.5	0	46

Captura 30.5. Compilación de resultados obtenidos a mano para el tablero cinco.

Tablero VI. Análisis y diseño

Momento U. (kg-m)	Vu (kg)	Vcr (kg)	Área acero Nec. (cm ²)	Diámetro Var. (in/8)
773.1498457273...	878.881438925	1826.7723361078	0.934631357530...	4
820.8848768376...	878.881438925	1826.7723361078	0.994116681299...	4
461.8637	878.881438925	1826.7723361078	0.811898816047...	4
0.0	878.881438925	1826.7723361078	0	0
400.2867530997...	878.881438925	1826.7723361078	0.811898816047...	4
281.8417150869...	878.881438925	1826.7723361078	0.811898816047...	4

Captura 26.6.1. Captura de la Tabla de resultado uno, con los valores para el tablero seis.

Área real (cm ²)	Separación (cm)	L. barra (cm)	L. traslape (cm)
1.27	72.5	138.4848561525...	45.72
1.27	62.5	138.4848561525...	45.72
1.27	72.5	138.4848561525...	45.72
0	0	0	0
1.27	62.5	0	45.72
1.27	72.5	0	45.72

Captura 26.6.2. Captura de la Tabla de resultado uno, con los valores para el tablero seis.

Momentos (kg-m/nerv)	Vu Kg/nervio	Vcr Kg/nervio	A. Nec. (cm2)	Arreglo	A. Real (cm2)	Separación (cm)	L. desa (cm2)	L. trasla (cm2)
773.15	878.88	1826.77	0.935	1#4	1.27	72.5	138	46
820.88	878.88	1826.77	0.994	1#4	1.27	62.5	138	46
461.86	878.88	1826.77	0.812	1#4	1.27	72.5	138	46
0.00	878.88	1826.77	0.000	-	0	0	0	0
400.29	878.88	1826.77	0.812	1#4	1.27	62.5	0	46
281.84	878.88	1826.77	0.812	1#4	1.27	72.5	0	46

Table 30.6. Compilación de resultados obtenidos a mano para el tablero seis.

Análisis y diseño de volados

El resultado del análisis y diseño de volados se presenta fuera de las tablas anteriores, aunque el momento colindante al tablero (es decir a partir del eje del extremo hacia el interior de la losa) se mostró en la número uno. Con el botón Tabla dos de resultados se muestra lo obtenido en este proceso

L. Volados (cm)	P. pretil (kg/m)	CVmax. vol (kg/m2)	CM + CVvolados (kg/m2)	Momento f. U. (kg-m)	Área acero nec. (cm2)	Diámetro var. vol (in/8)
100	100	300	1014.106758620...	461.8637	0.811898816047...	4
100	100	300	1014.106758620...	461.8637	0.811898816047...	4
100	100	300	1014.106758620...	461.8637	0.811898816047...	4

Captura 27.1. Vista de la Tabla dos de resultados.

Área real vol. (cm2)	Vcr volados (kg)	Vu vol. (kg)	L. barra Vol(cm)
1.27	1826.7723361078	829.4774000000...	100
1.27	1826.7723361078	829.4774000000...	100
1.27	1826.7723361078	829.4774000000...	100

Captura 27.2. Vista de la Tabla dos de resultados (continuación).

L. volados (cm)	P. pretil (kg/m)	Cvmax (kg/m ²)	CM+CV (kg/m ²)	Momento (kg-m)	Acero n (cm ²)	Diam (in/8)	Acero r (cm ²)	Vcr (kg)	Vu (kg)	L. barra (cm)
100	100	300	1014	462	0.81	1#4	1.27	1827	829	100
100	100	300	1014	462	0.81	1#4	1.27	1827	829	100
100	100	300	1014	462	0.81	1#4	1.27	1827	829	100

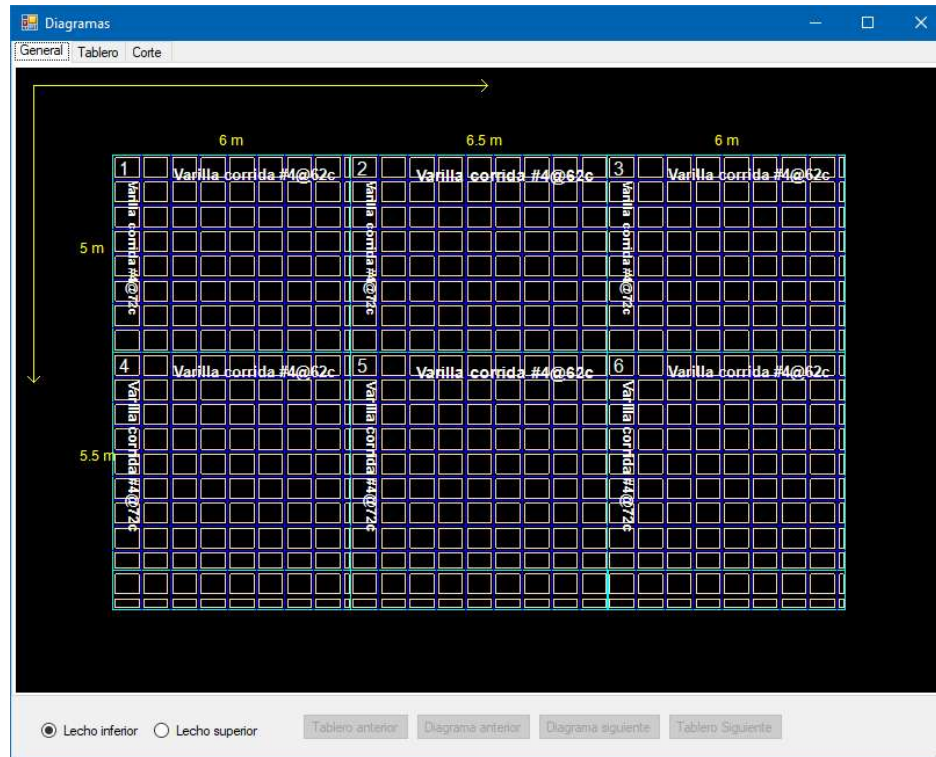
Table 31.0. Compilación de resultados obtenidos a mano para el tablero seis.

Implementaciones secundarias

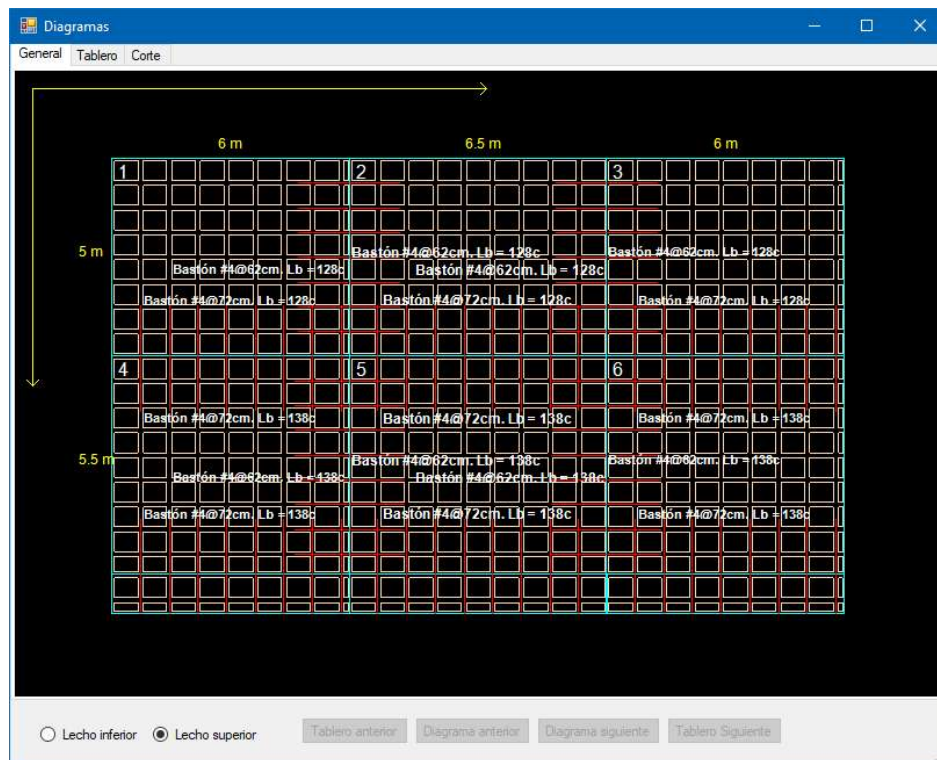
La forma de presentar los resultados con la que se diseñó el programa fue por medio de las tablas ya mencionadas, sin embargo, con el fin de facilitar la interpretación y comprensión de los resultados, se agregaron funciones y métodos que permiten tener una visualización del armado final por medio de croquis y gráficos básicos.

Terminado el análisis y diseño de la losa, en automático se presenta un formulario como el de la captura 28.1; en él se pueden apreciar tres pestañas en la zona izquierda superior; la primera, con el nombre General, muestra a la losa completa, dado que el tamaño de los elementos dibujados es función del espacio disponible y considerando que este disminuye al aumentar el número de tableros (a mayor número de estos menor visibilidad), se creó la pestaña Tablero, la cual muestra uno a uno a todos los que constituyen la losa, (v. g. capturas 28.3 y 28.4); puede verse que al ingresar a esta se activan dos botones que sirven para navegar entre los tableros. Para las dos pestañas antes mencionadas existen dos controles ubicados en la esquina inferior izquierda, con ellos es posible visualizar la configuración del armado del lecho superior e inferior.

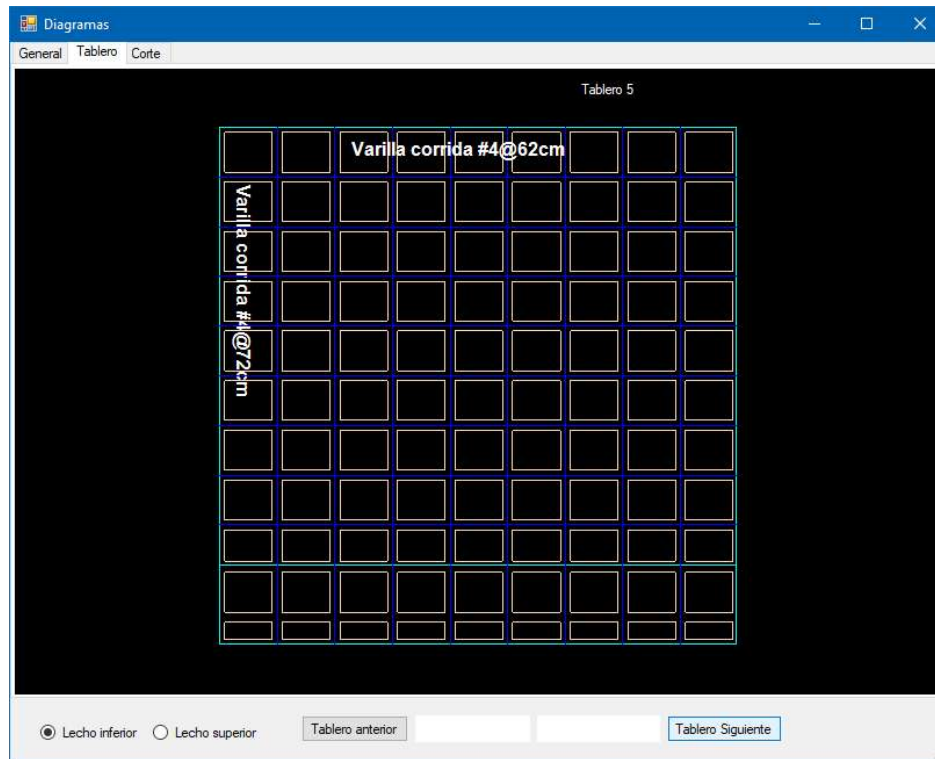
Por último, en la tercera está contenido un croquis transversal de la losa, muestra el corte en seis puntos distintos de ella, correspondientes a los seis momentos calculados para cada tablero (ver figura 10.0), en esta misma se activan los cuatro botones de navegación para pasar de corte a corte y de tablero a tablero.



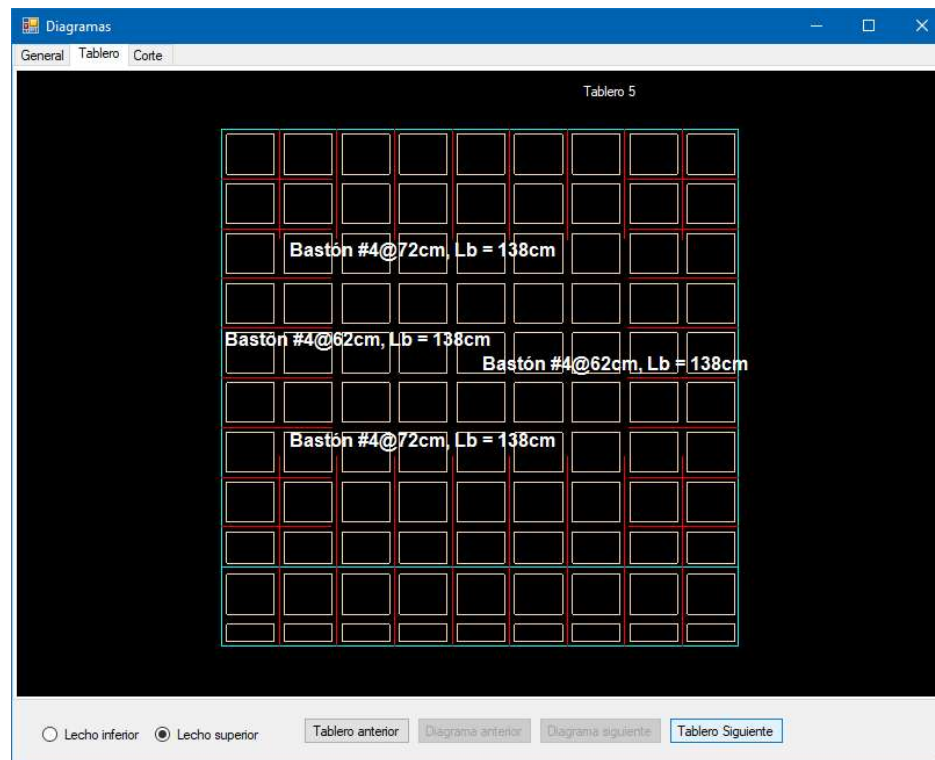
Captura 28.1. Vista de la pestaña general, lecho inferior.



Captura 28.2. Vista de la pestaña general, lecho superior.



Captura 28.3. Vista de la pestaña Tablero, lecho inferior.



Captura 28.4. Vista de la pestaña Tablero, lecho superior.

4.3 Losa maciza en dos direcciones

4.3.1 Ejemplo de análisis y diseño de losa maciza en dos direcciones

Con el objetivo de poder contextualizar el problema se replicó el diagrama de la losa a diseñar, que en cuestión de distribución de espacios es igual al plano de losas nervadas del ejemplo anterior. Las especificaciones y detalles adicionales de los requerimientos son los mismos que los mencionados al principio de la sección 4.2.

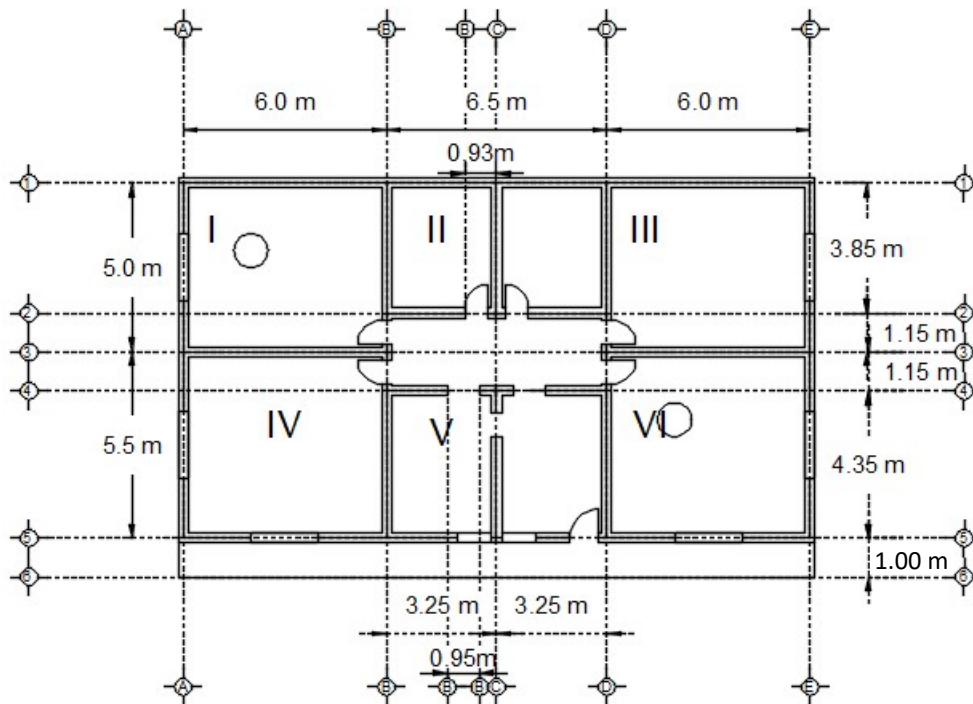


Figura 11.0. Distribución de los tableros de la losa.

Al igual que en el ejemplo 4.2.1 se trata de una losa no monolítica con sus apoyos, que debe resistir los efectos de cargas uniformes, lineales y puntuales, la cual se buscó diseñar continua entre todos los tableros sobre las dos direcciones, además de contemplarse un saliente o voladizo. Dadas las similitudes entre las

losas nervadas y las losas macizas en dos direcciones y con el fin de evitar redundar los comentarios solo se presentan los resultados.

Constantes de diseño

Uso	Clasificación	f'_c (kg/cm ²)	f'_c (kg/cm ²)	f_y (kg/cm ²)	F.C (muerta)	F.C (viva)	Recubrim
Departamentos	B	300	255	4200	1.3	1.5	2.5

Tabla 32.0. Constantes de diseño.

Predimensionamiento del peralte mínimo

TABLERO	a_1	a_2	$d_{\text{mín}}$	$d_{\text{mín}}$
I	5	6	0.132	16.5
II	5	6.5	0.138	
III	5	6	0.132	
IV	5.5	6	0.138	
V	5.5	6.5	0.144	
VI	5.5	6	0.138	

Tabla 33.0. Primer cálculo del peralte mínimo, Se ha considerado la condición más desfavorable (bordes discontinuos).

Análisis de cargas

Elem	t(m)	L(m)	B(m)	γ (kgf/m ³)	W(kgf/m ²)
Imper.	-	-	-	-	0.0
Cuadrado	-	-	-	-	0.0
Relleno	-	-	-	-	0.0
Loseta	-	-	-	-	73.0
Losa	0.21	1	1	2400	504.0
Instala	-	-	-	-	40.0
Plafón	-	-	-	-	7.0
Norma	-	-	-	-	40.0
SUMATORIA =					664.0

Tabla 34.0. Análisis de cargas completo de la losa.

Conversión de cargas lineales generadas por muros a cargas aplicadas de forma uniforme

TABLERO	a_1/a_2	h muros (m)	L. MPLC(m)	L. MPLL(m)	γ/m^2	F. MPLC	F. MPLL
I	0.833	-	-	-	-	-	-
II	0.769	3.00	3.55	4.8	250.00	1.479487	1.710256
III	0.833	-	-	-	-	-	-
IV	0.917	-	-	-	-	-	-
V	0.846	3.00	3.35	4.3	250.00	1.523077	1.676923
VI	0.917	-	-	-	-	-	-

Tabla 35.1. Interpolación de los factores de "conversión".

TABLERO	P. MPLC(kg)	P. MPLL(kg)	PMf(kg/m ²)	CM (kg/m ²)	Limitante
I	-	-	0	664	-
II	121.2041	189.4438	310.6479	975	ok
III	-	-	0	664	-
IV	-	-	0	664	-
V	107.0414	151.2749	258.3163	922	ok
VI	-	-	0	664	-

Tabla 35.2. Obtención de la carga equivalente distribuida.

Combinaciones estáticas empleadas en el diseño de losas

Carga	(kgf/m ²)
Viva máxima	190
Viva instantánea	100
Viva media	80

Tabla 36.1. Cargas vivas correspondientes a edificaciones de tipo Habitacional NTCSCyADEE (tabla 6.1.1).

TABLERO	CV (kg/m ²)	CM (kg/m ²)	CV/CM	Wf (kg/m ²)
I	190.00	664.00	0.29	Ok
II	190.00	974.65	0.19	Ok
III	190.00	664.00	0.29	Ok
IV	190.00	664.00	0.29	Ok
V	190.00	922.32	0.21	Ok
VI	190.00	664.00	0.29	Ok

Tabla 36.2. Limitante de relación CV/CM.

TABLERO	CV (kg/m ²)	CM (kg/m ²)	C. mur(kg/m ²)	Wf (kg/m ²)
I	285.00	863.20	0.00	1148.20
II	285.00	863.20	403.84	1552.04
III	285.00	863.20	0.00	1148.20
IV	285.00	863.20	0.00	1148.20
V	285.00	863.20	335.81	1484.01
VI	285.00	863.20	0.00	1148.20

Tabla 36.3. Cargas de cada tablero factorizadas.

Obtención de coeficientes

$a_1/a_2 = 0.83$				$a_1/a_2 = 0.77$				$a_1/a_2 = 0.83$						
0				0				0						
247				263				247						
199				218				199						
0	156	154	457	470	426	149	146	470	426	457	410	156	154	0
464				481				464						
412				420				412						
412				420				412						
364				364				364						
0	154	153	364	426	384	146	145	426	384	364	410	154	153	0
199				218				199						
153				175				153						
0				0				0						
$a_1/a_2 = 0.91$				$a_1/a_2 = 0.85$				$a_1/a_2 = 0.91$						

Figura 12.1. Distribución de coeficientes obtenidos en las NTC17.

Corrección y comprobación del peralte mínimo

TABLERO	a1	a2	dmín	F. correc	dmín (corregido)	20.5
I	5	6	0.132	1.184113541	0.156	
II	5	6.5	0.138	1.292043066	0.178	
III	5	6	0.132	1.184113541	0.156	
IV	5.5	6	0.138	1.184113541	0.163	
V	5.5	6.5	0.144	1.275708096	0.184	
VI	5.5	6	0.138	1.184113541	0.163	

Tabla 37.0. Corrección de peralte por W mayor a 380 kg/m²

Cálculo de momentos

Tablero	a1/a2	Positivo V.	Negativo V.	Negativo H.	Positivo V.
I	0.8	247	464	457	156
	0.9	199	412	410	154
	0.83	232.6	448.4	442.9	155.4
	a1 = 5	668	1287	1271	446
II	0.7	470	263	149	481
	0.8	426	218	146	420
	0.77	439.2	231.5	146.9	438.3
	a1 = 5	1704	898	570	1701
III	0.8	247	464	457	156
	0.9	199	412	410	154
	0.83	232.6	448.4	442.9	155.4
	a1 = 5	668	1287	1271	446
IV	0.9	412	199	154	410
	1	364	153	153	364
	0.92	402.4	189.8	153.8	400.8
	a1 = 5.5	1398	659	534	1392
V	0.8	420	426	146	218
	0.9	364	384	145	175
	0.85	392	405	145.5	196.5
	a1 = 5.5	1760	1818	653	882
VI	0.9	412	199	154	410
	1	364	153	153	364
	0.92	402.4	189.8	153.8	400.8
	a1 = 5.5	1398	659	534	1392

Tabla 38.0. Interpolación de coeficientes y obtención de momentos.

Coeficientes interpolados

0	0	233	155	443	439	0	147	439	443	233	0
448	402	190	154	401	405	392	197	405	401	190	402
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura 12.2. Distribución de coeficientes interpolados en franjas centrales de la losa.

Momentos en franjas centrales

0	0	668	446	1271	1704	0	898	1704	1271	668	0
1287	1398	659	534	1392	1818	1701	882	1818	1392	659	1398
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura 13.0. Distribución de momentos en franjas centrales de la losa.

Ancho de franjas centrales

TABLERO	D. y	D. x	a_1/a_2	Franja C. x	Franja C. y	Coor. X1	coor. Y1	Coor. X2	coor. Y2
I	5	6	0.833	2.5	3	1.5	1.25	4.5	3.75
II	5	6.5	0.769	2.5	3.25	1.625	1.25	4.875	3.75
III	5	6	0.833	2.5	3	1.5	1.25	4.5	3.75
IV	5.5	6	0.917	2.75	3	1.5	1.375	4.5	4.125
V	5.5	6.5	0.846	2.75	3.25	1.625	1.375	4.875	4.125
VI	5.5	6	0.917	2.75	3	1.5	1.375	4.5	4.125

Tabla 39.0. obtención del ancho de franjas centrales.

Cálculo del incremento de momentos por cargas puntuales

Tablero	P (kg)	P_u (kg)	A(m ²)	r (m)	R_b (m)	Incremento (kg-m)
I	1200	1560	1	0.56	2	201.59
II	0	0	0	0.00	0	0.00
III	0	0	0	0.00	0	0.00
IV	0	0	0	0.00	0	0.00
V	0	0	0	0.00	0	0.00
VI	1200	1560	1	0.56	2	201.59

Tabla 40.0. Incrementos de momento por carga puntual.

Tablero	Momento positivo largo (kg-m/m)	Momento negativo largo (kg-m/m)	Incremento positivo largo (kg-m/m)	incremento negativo largo (kg-m/m)
I	446	1271	52	149
II	570	1704	0	0
III	446	1271	0	0
IV	534	1392	0	0
V	653	1818	0	0
VI	534	1392	56	146

Tabla 41.1. Cálculo de los incrementos de momento proporcionales.

Tablero	Momento positivo corto (kg-m/m)	Momento negativo corto (kg-m/m)	Incremento positivo corto (kg-m/m)	Incremento negativo corto (kg-m/m)
I	668	1287	69	133
II	898	1701	0	0
III	668	1287	0	0
IV	659	1398	0	0
V	882	1760	0	0
VI	659	1398	65	137

Tabla 41.2. Cálculo de los incrementos de momento proporcionales.

Tablero	Momento positivo largo (kg-m/m)	Momento negativo largo (kg-m/m)	Momento positivo corto (kg-m/m)	Momento negativo corto (kg-m/m)
I	498	1421	737	1420
II	570	1704	898	1701
III	446	1271	668	1287
IV	534	1392	659	1398
V	653	1818	882	1760
VI	590	1538	724	1535

Tabla 42.0. Momentos incrementados por carga puntual.

	0		0		0
	737		898		668
0	498	1421	1704	570	1704
	1420		1701		1287
	1398		1760		1535
	659		882		724
0	534	1392	1818	653	1818
	0		0		0

Figura 14.0. Distribución de momentos en franjas centrales de la losa con el incremento por carga puntual.

Revisión por diferencia de momentos flexionantes entre tableros adyacentes

Horizontal	Tablero I y II		Tablero II y III		Tablero IV y V		Tablero V y VI	
m	1421	1704	1704	1271	1392	1818	1818	1538
m1/2	710.29		635.67		696.05		768.89	
m2-m1	283.57		432.80		426.00		280.31	
	ok		ok		ok		ok	

Tabla 43.1. Revisión por diferencia de momentos adyacentes horizontales.

Vertical	Tablero I y IV		Tablero II y V		Tablero III y VI	
m	1085	1034	1373	1405	952	1171
m1/2	698.83		850.33		643.57	
m2-m1	22.21		59.09		247.51	
	ok		ok		ok	

Tabla 43.2. Revisión por diferencia de momentos adyacentes verticales.

Distribución de momentos flexionantes entre tableros adyacentes

Horizontal	Tablero I y II		Tablero II y III		Tablero IV y V		Tablero V y VI	
m	1421	1704	1704	1271	1392	1818	1818	1538
a1	5	5	5	5	5.5	5.5	5.5	5.5
k	0.20	0.20	0.20	0.20	0.18	0.18	0.18	0.18
fd	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
	1420.57	-1704.14	1704.14	-1271.34	1392.10	-1818.10	1818.10	-1537.79
dm	283.57		-432.80		426.00		-280.31	
	141.78	141.78	-216.40	-216.40	213.00	213.00	-140.16	-140.16
mf	1562.358	-1562.36	1487.743	-1487.74	1605.100	-1605.1	1677.942	-1677.94

Tabla 44.1. Distribución de momentos adyacentes horizontales.

Vertical	Tablero I y IV		Tablero II y V		Tablero III y VI	
m	1420	1397.66	1701	1760	1287	1535
l	5	5.5	5	5.5	5	5.5
k	0.20	0.18	0.20	0.18	0.20	0.18
fd	0.52	0.48	0.52	0.48	0.52	0.48
	1419.87	-1397.66	1700.65	-1759.74	1287.13	-1534.64
dm	-22.21		59.09		247.51	
	-11.63	-10.58	30.95	28.14	129.65	117.86
mf	1408.234	-1408.23	1731.602	-1731.6	1416.778	-1416.78

Tabla 44.2. Distribución de momentos adyacentes verticales.

Momentos últimos de franjas internas

0	0	0	0	0	0	0
737	737	898	898	668	668	668
498	498	570	570	446	446	446
1562	1562	1488	1488	0	0	0
1408	1408	1732	1732	1417	1417	1417
1408	1408	882	882	724	724	724
534	534	653	653	590	590	590
1605	1605	1678	1678	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0

Figura 15.0. Distribución de momentos últimos de cada tablero en franjas centrales.

Tablero	MPL (kg-m/m)	MPC (kg-m/m)	MNLd (kg-m/m)	MNLi (kg-m/m)	MNCs (kg-m/m)	MNCi (kg-m/m)
I	498	737	1562	0	0	1408
II	570	898	1487.74	1562	0	1732
III	446	668	0	1487.74	0	1417
IV	534	659	1605	0	1408	0
V	653	882	1678	1605	1732	0
VI	590	724	0	1678	1417	0

Tabla 45. Momentos últimos de franjas centrales.

Diseño por flexión y revisión de la resistencia a cortante

Tablero	%A _{nec} PL	%A _{nec} PC	A _{nec} PL	A _{nec} PC	PL Sep _{#3} (cm)	PC Sep _{#3} (cm)	Sep _{máx} (cm)	APL	APC
I	0.002	0.002	3.70	3.70	19.19	19.19	19	#3@19cm	#3@19cm
II	0.002	0.002	3.70	3.70	19.19	19.19	19	#3@19cm	#3@19cm
III	0.002	0.002	3.70	3.70	19.19	19.19	19	#3@19cm	#3@19cm
IV	0.002	0.002	3.70	3.70	19.19	19.19	19	#3@19cm	#3@19cm
V	0.002	0.002	3.70	3.70	19.19	19.19	19	#3@19cm	#3@19cm
VI	0.002	0.002	3.70	3.70	19.19	19.19	19	#3@19cm	#3@19cm

Tabla 46.1. Porcentajes de acero y diseño de flexión en momentos positivos.

Tablero	%A _{nec} NLd	%A _{nec} NLi	%A _{nec} NCs	%A _{nec} NCi	A _{nec} NLd	A _{nec} NLi	A _{nec} NCs	A _{nec} NCi
I	0.0020	-	-	0.0020	3.7000	-	-	3.7000
II	0.0020	0.0020	-	0.0020	3.7000	3.7000	-	3.7000
III	-	0.0020	-	0.0020	-	3.7000	-	3.7000
IV	0.0020	-	0.0020	-	3.7000	-	3.7000	-
V	0.0020	0.0020	0.0020	-	3.7000	3.7000	3.7000	-
VI	-	0.0020	0.0020	-	-	3.7000	3.7000	-

Tabla 47.2. Porcentajes y áreas necesarias en momentos negativos.

Tablero	NLd Sep _{#3} (cm)	NLi Sep _{#3} (cm)	NCs Sep _{#3} (cm)	NCi Sep _{#3} (cm)	ANLd	ANLi	ANCs	ANCi
I	19	-	-	19	#3@19cm	-	-	#3@19cm
II	19	19	-	19	#3@19cm	#3@19cm	-	#3@19cm
III	-	19	-	19	-	#3@19cm	-	#3@19cm
IV	19	-	19	-	#3@19cm	-	#3@19cm	-
V	19	19	19	-	#3@19cm	#3@19cm	#3@19cm	-
VI	-	19	19	-	-	#3@19cm	#3@19cm	-

Tabla 48.0. Diseño del refuerzo a flexión en momentos negativos.

Tablero	Vu	Vcr	Comparación
	Kg/nervio	Kg/nervio	
I	1,630.29	12,016.10	Ok
II	2,336.13	12,016.10	Ok
III	1,630.29	12,016.10	Ok
IV	1,665.23	12,016.10	Ok
V	2,306.59	12,016.10	Ok
VI	1,665.23	12,016.10	Ok

Tabla 49.0. Revisión de la resistencia a fuerza cortante de la losa.

Longitudes de desarrollo y traslapes

Tablero	Distancia	Dv	Ldb	Doble	Total	Db	Ldb	Doble	Total
	Inf.								
	M. Neg	MNLd	cm	cm	MNLd	MNLi	cm	cm	MNLi
	cm	cm			cm	cm			cm
I	100.00	0.95	17.51	3.8	121.31	-	-	-	-
II	100.00	0.95	17.51	3.8	121.31	0.95	17.51	3.8	121.31
III	100.00	-	-	-	-	0.95	17.51	3.8	121.31
IV	110.00	0.95	17.51	3.8	131.31	-	-	-	-
V	110.00	0.95	17.51	3.8	131.31	0.95	17.51	3.8	131.31
VI	110.00	-	-	-	-	0.95	17.51	3.8	131.31

Tabla 50.1. Longitudes de desarrollo en momentos negativos

Tablero	Distancia	Dv	Ldb	Doble	Total	Db	Ldb	Doble	Total
	Inf.								
	M. Neg	MNCs	cm	cm	MNCs	MNCi	cm	cm	MNCi
	cm	cm			cm	cm			cm
I	100.00	-	-	-	-	0.95	17.51	3.8	121.31
II	100.00	-	-	-	-	0.95	17.51	3.8	121.31
III	100.00	-	-	-	-	0.95	17.51	3.8	121.31
IV	110.00	0.95	17.51	3.8	131.31	-	-	-	-
V	110.00	0.95	17.51	3.8	131.31	-	-	-	-
VI	110.00	0.95	17.51	3.8	131.31	-	-	-	-

Tabla 50.2. Longitudes de desarrollo en momentos negativos

Tablero	Db	Ldb	Total	Db	Ldb MNLi	Total
	MNLd cm	MNLd cm	MNLd cm	MNLi cm	cm	MNLi cm
I	0.95	30	40	-	-	-
II	0.95	30	40	0.95	30	40
III	-	-	-	0.95	30	40
IV	0.95	30	40	-	-	-
V	0.95	30	40	0.95	30	40
VI	-	-	-	0.95	30	40

Tabla 51.1. Longitudes de traslape en momentos negativos

Tablero	Db	Ldb	Total	Db	Ldb MNCi	Total
	MNCs cm	MNCs cm	MNCs cm	MNCi cm	cm	MNCi cm
I	-	-	-	0.95	30	40
II	-	-	-	0.95	30	40
III	-	-	-	0.95	30	40
IV	0.95	30	40	-	-	-
V	0.95	30	40	-	-	-
VI	0.95	30	40	-	-	-

Tabla 51.2. Longitudes de traslape en momentos negativos

Tablero	Db	Ldb MPL	Lt MPL	Db	Ldb MPC	Lt MPC
	MPL cm	cm	cm	MPC cm	cm	cm
I	0.95	30	40	0.95	30	40
II	0.95	30	40	0.95	30	40
III	0.95	30	40	0.95	30	40
IV	0.95	30	40	0.95	30	40
V	0.95	30	40	0.95	30	40
VI	0.95	30	40	0.95	30	40

Tabla 51.3. Longitudes de traslape en momentos positivos

Análisis y diseño de volados

Tablero	L. volado(m)	CV (kg/m ²)	CM (kg/m ²)	Wf (kg/m)	WI ² /2	Pretil U.(kg)	M.PretU.(kg-m)	Mf(kg-m/m)	%S _{nec}
I	-	-	-	-	-	-	-	-	-
II	-	-	-	-	-	-	-	-	-
III	-	-	-	-	-	-	-	-	-
IV	1	300	664	1313	657	130	130	787	0.002
V	1	300	664	1313	657	130	130	787	0.002
VI	1	300	664	1313	657	130	130	787	0.002

Tabla 52.0. Análisis de volados y obtención del porcentaje necesario.

Tablero	S _{nec}	Sep _{máx} (cm)	Sep _{#3} (cm)	Arreglo	Wf Vu(kg)	Pretil Vu(kg)	Vuf(kg)	Vcr(kg)
I	-	-	-	-	-	-	-	-
II	-	-	-	-	-	-	-	-
III	-	-	-	-	-	-	-	-
IV	3.7	50	19	#3@19	1313	130	1443	12016
V	3.7	50	19	#3@19	1313	130	1443	12016
VI	3.7	50	19	#3@19	1313	130	1443	12016

Tabla 53.0. Diseño por flexión en volados.

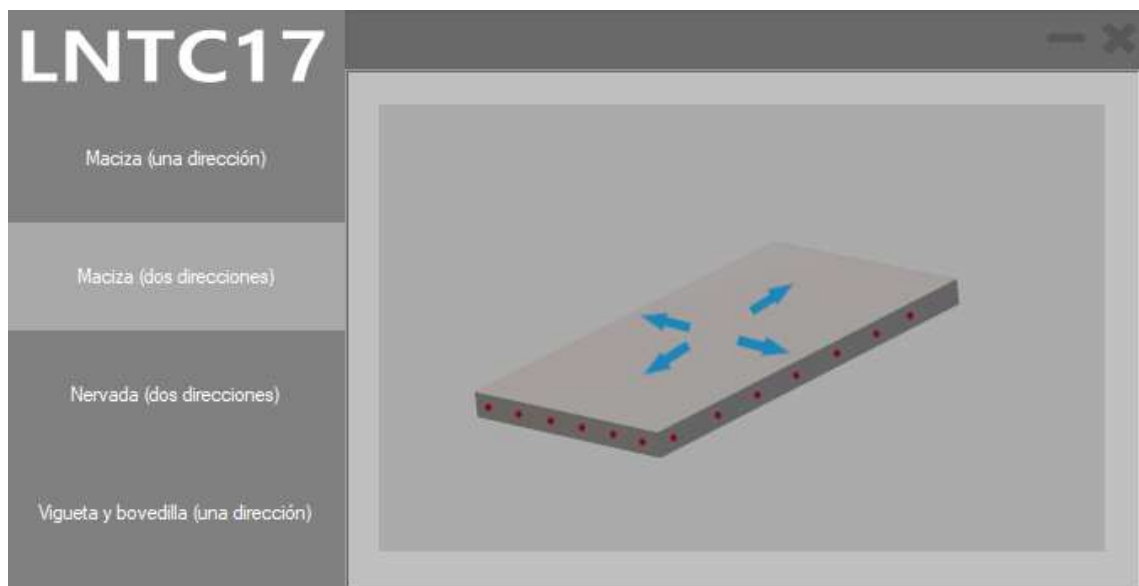
Tablero	Distancia Infl. M. Neg cm	Dv MNLd cm	Ldb cm	Doble 180 cm	Total cm
I	-	-	-	-	-
II	-	-	-	-	-
III	-	-	-	-	-
IV	110.00	0.95	17.51	3.8	131.31
V	110.00	0.95	17.51	3.8	131.31
VI	110.00	0.95	17.51	3.8	131.31

Tabla 54.0. Longitudes de desarrollo en refuerzo de volado (momentos negativos).

4.3.2 Prueba del módulo desarrollado y comparación de resultados

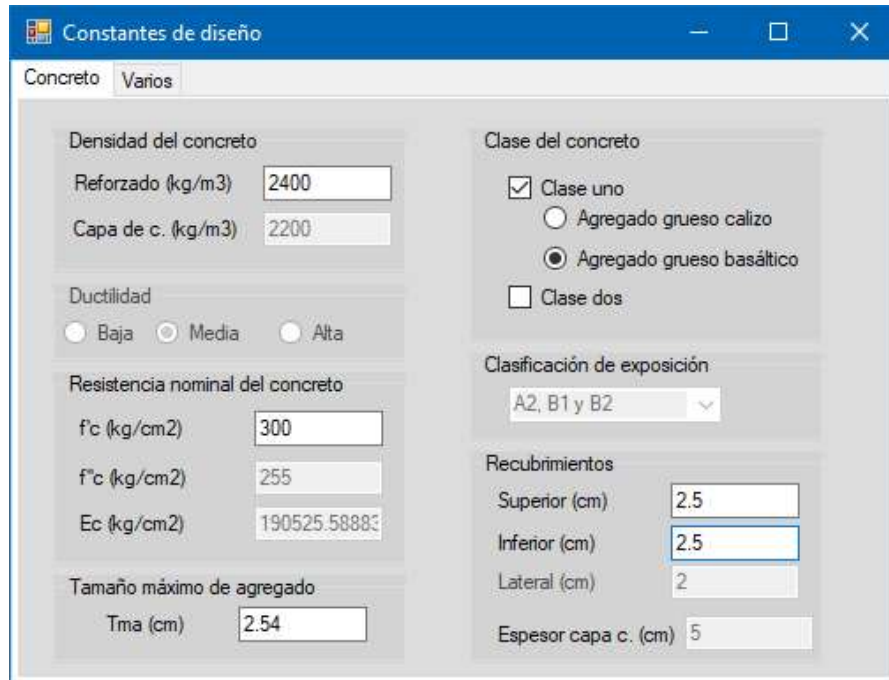
Ya que en este programa el proceso de análisis y diseño de la losa maciza en dos direcciones es similar con la del ejemplo 4.3.1, son aplicables las aclaraciones y comentarios de dicho ejemplo; a pesar de esto, con el objetivo de mostrar las evidencias de dichas etapas se colocaron las capturas de cada una de ellas; y, en los escasos puntos de divergencia se realizaron las consecuentes aclaraciones o comentarios.

De nueva cuenta se volvió a iniciar los procesos seleccionando el tipo de losa, accediendo al formulario principal, como puede en la captura 29.0.



Captura 29.0. Ventana Principal del programa que muestra los tipos de losa que diseña, en esta captura se muestra una representación en 3D de la losa nervada en dos direcciones.

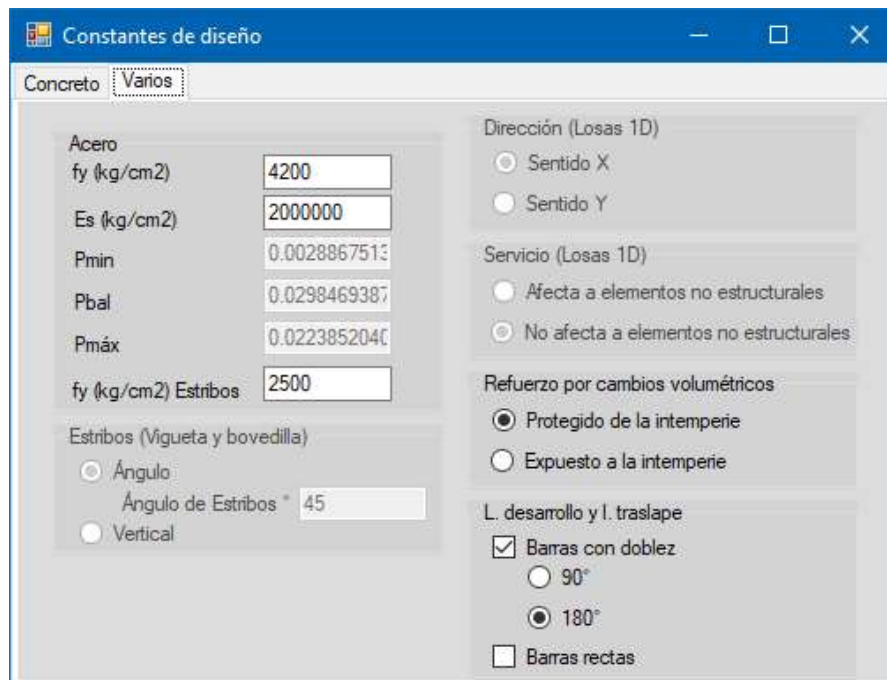
Introducción de constantes de diseño



The screenshot shows the 'Constantes de diseño' window with the 'Concreto' tab selected. The window is divided into several sections for concrete properties:

- Densidad del concreto:**
 - Reforzado (kg/m³): 2400
 - Capa de c. (kg/m³): 2200
- Ductilidad:**
 - Baja (selected)
 - Media
 - Alta
- Resistencia nominal del concreto:**
 - f'c (kg/cm²): 300
 - f"c (kg/cm²): 255
 - Ec (kg/cm²): 190525.58883
- Tamaño máximo de agregado:**
 - Tma (cm): 2.54
- Clase del concreto:**
 - Clase uno
 - Agregado grueso calizo
 - Agregado grueso basáltico
 - Clase dos
- Clasificación de exposición:**
 - A2, B1 y B2
- Recubrimientos:**
 - Superior (cm): 2.5
 - Inferior (cm): 2.5
 - Lateral (cm): 2
 - Espesor capa c. (cm): 5

Captura 30.1. Ventana "Constantes de diseño" con la pestaña "Concreto" seleccionada.

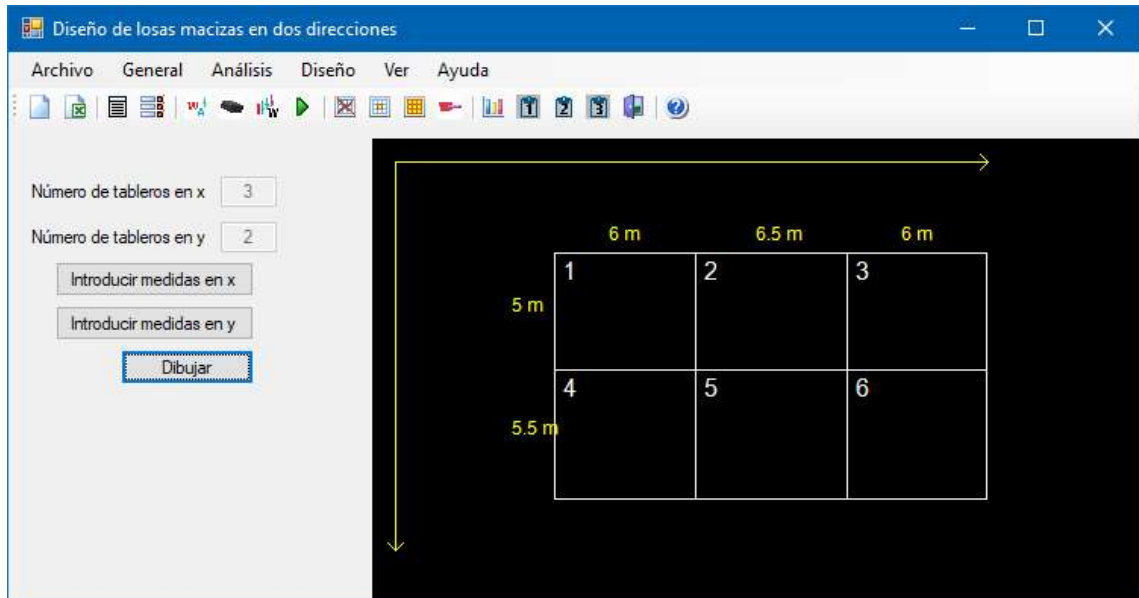


The screenshot shows the 'Constantes de diseño' window with the 'Varios' tab selected. The window is divided into several sections for steel and reinforcement properties:

- Acero:**
 - fy (kg/cm²): 4200
 - Es (kg/cm²): 2000000
 - Pmin: 0.0028867513
 - Pbal: 0.0298469387
 - Pmáx: 0.0223852040
 - fy (kg/cm²) Estribos: 2500
- Estribos (Vigueta y bovedilla):**
 - Ángulo
 - Ángulo de Estribos °: 45
 - Vertical
- Dirección (Losas 1D):**
 - Sentido X
 - Sentido Y
- Servicio (Losas 1D):**
 - Afecta a elementos no estructurales
 - No afecta a elementos no estructurales
- Refuerzo por cambios volumétricos:**
 - Protegido de la intemperie
 - Expuesto a la intemperie
- L. desarrollo y l. traslape:**
 - Barras con doblez
 - 90°
 - 180°
 - Barras rectas

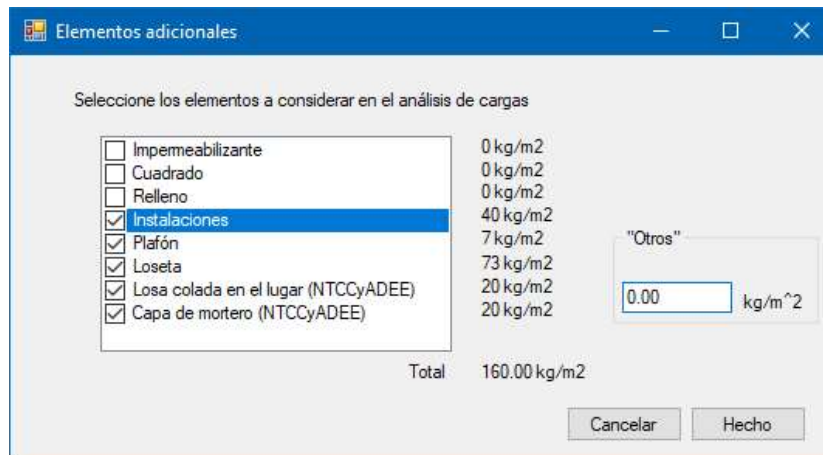
Captura 30.2. Ventana "Constantes de diseño" con la pestaña "Varios" seleccionada.

Dibujo de losa

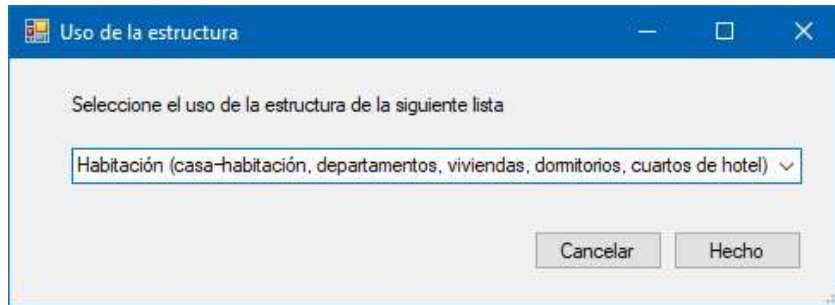


Captura 31.0. Ventana general de diseño una vez dibujada la losa.

Introducción de los elementos presentes para el análisis de cargas

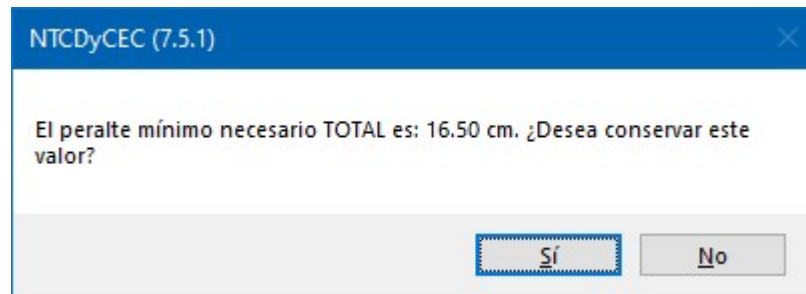


Captura 32.0. Formulario de ingreso de cargas por elementos no estructurales.

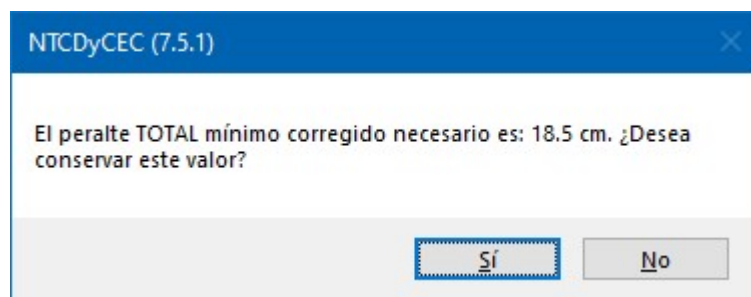


Captura 33.0. Cuadro de diálogo para seleccionar el uso de la estructura.

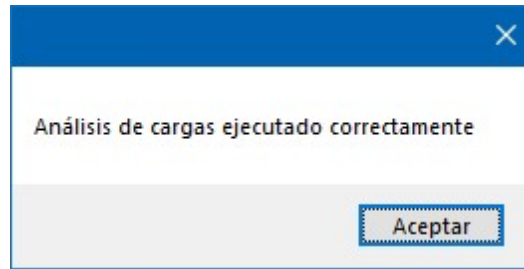
El cálculo del peralte mencionado en el mensaje de la captura 34.0, fue función de la relación geométrica de lados, ponderándose aquel de mayor valor, mientras que los de la captura 35.0 y 41.0 se debe a la corrección por esfuerzo de fluencia del acero f_s y carga w .



Captura 34.0. Mensaje del programa pidiendo confirmación del primer cálculo del peralte.

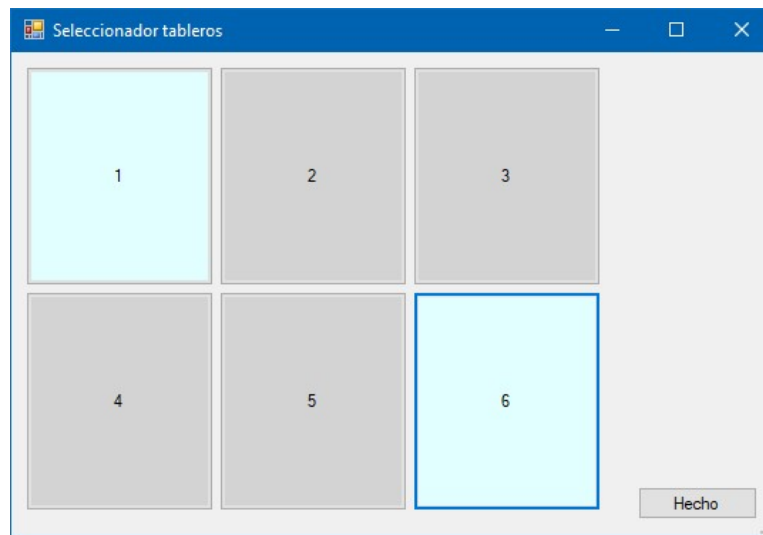


Captura 35.0. Mensaje generado por el programa pidiendo confirmación del cálculo del peralte corregido.

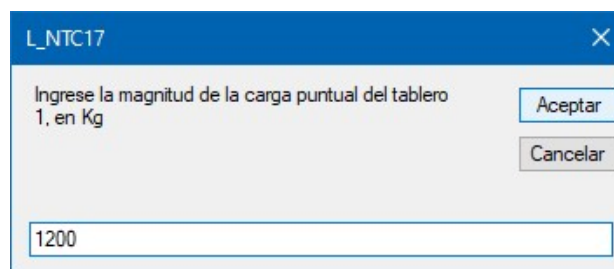


Captura 36.0. Mensaje del programa para confirmar que se ejecutó el análisis de cargas

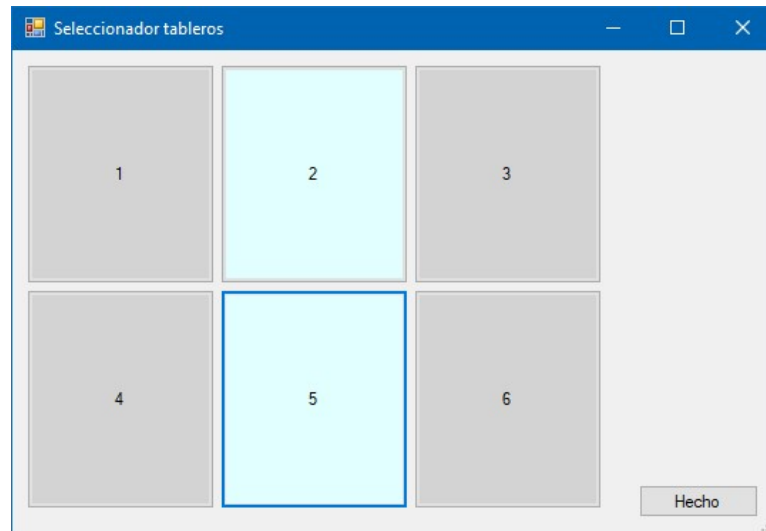
Ingreso de carga puntual y por muros



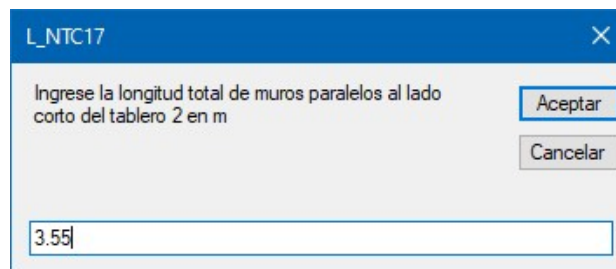
Captura 37.0. Formulario universal para la selección de tableros, en la captura los tableros en los que se colocó una carga puntual.



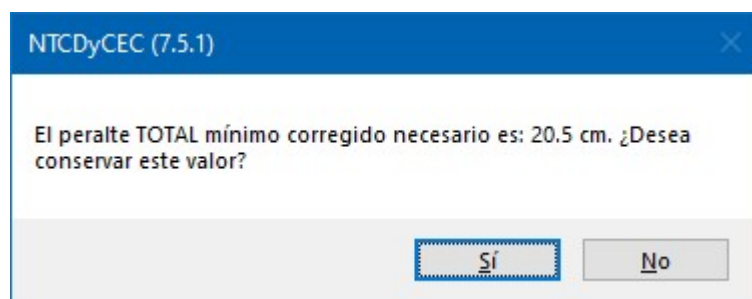
Captura 38.0. Cuadro de diálogo de ingreso de información para el método de carga puntual.



Captura 39.0. Formulario universal para la selección de tableros, en la captura los tableros seleccionados en los que se aplicó cargas lineales.



Captura 40.0. Cuadro de diálogo de ingreso de información para el método de carga lineal.



Captura 41.0. Mensaje del programa pidiendo confirmar el peralte mínimo total necesario.

A dialog box titled "L_NTC17" with a close button (X) in the top right corner. The text inside reads: "Ingrese el valor del peralte TOTAL a emplear en centímetros". Below the text is a text input field containing the number "21". To the right of the input field are two buttons: "Aceptar" (highlighted) and "Cancelar".

Captura 42.0. Cuadro de diálogo de ingreso de peralte total.

A message box with a close button (X) in the top right corner. The text inside reads: "Análisis de cargas ejecutado correctamente". At the bottom right is a button labeled "Aceptar" with a dotted border.

Captura 43.0. Mensaje del programa para confirmar que se ejecutó el análisis de cargas.

Creación de volados

A window titled "Seleccionador tableros" with standard window controls (minimize, maximize, close). The main area contains a 2x3 grid of rectangular boxes numbered 1 through 6. Boxes 1, 2, and 3 are grey. Boxes 4, 5, and 6 are light blue and have a blue border, indicating they are selected. A "Hecho" button is located at the bottom right of the window.

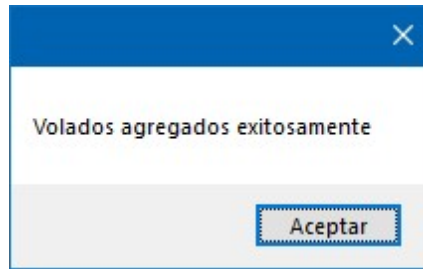
Captura 44.0. Formulario universal para la selección de tableros, en la captura los tableros seleccionados a los que se les asignó un volado.

Captura 45.0. Formulario para la selección de la posición de los volados por cada tablero seleccionado.

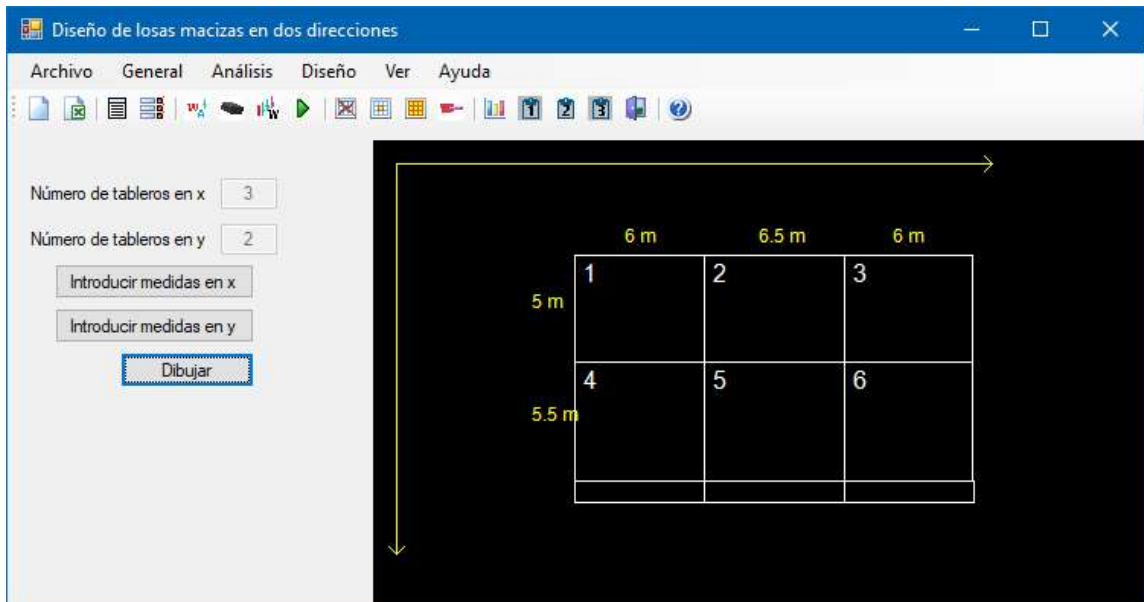
Captura 46.0. Formulario para el ingreso de cargas por elementos no estructurales (volados).

Elemento	Peso (kg/m ²)
Impedimentante	0 kg/m ²
Cuadrado	0 kg/m ²
Relleno	0 kg/m ²
Instalaciones	40 kg/m ²
Plafón	7 kg/m ²
Loseta	73 kg/m ²
Losa colada en el lugar (NTCCyADEE)	20 kg/m ²
Capa de mortero (NTCCyADEE)	20 kg/m ²
Total	160.00 kg/m²

Captura 47.0. Formulario para la selección del uso de la estructura (volados).

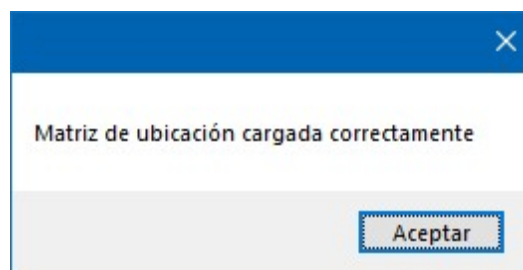


Captura 48.0. Mensaje generado por el programa para notificar que ha concluido de forma correcta la asignación de volados

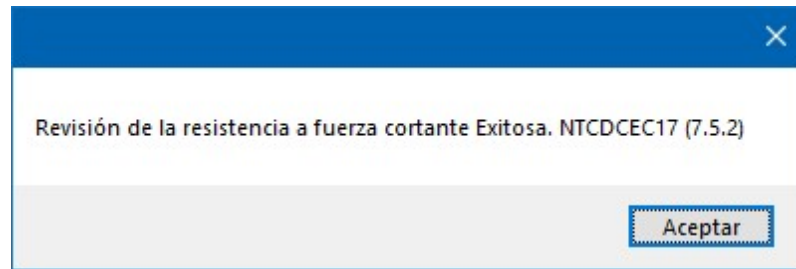


Captura 49.0. Formulario universal

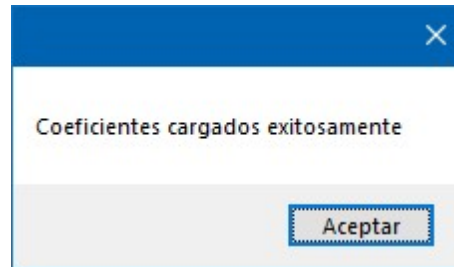
Ejecución de las etapas de análisis y diseño de losas nervadas



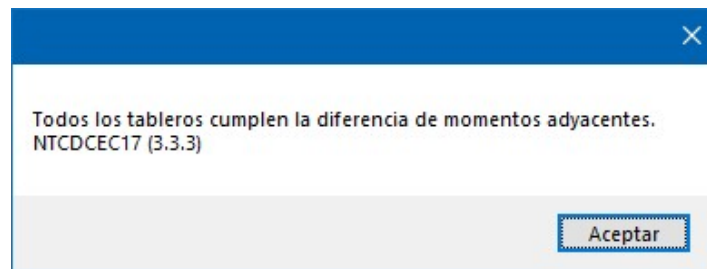
Captura 50.1. Mensaje del programa informando de la correcta creación de la matriz de ubicación.



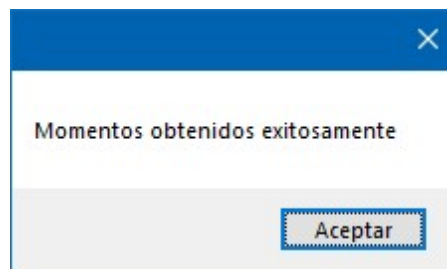
Captura 50.2. Mensaje del programa que se ha revisado la resistencia a fuerza cortante.



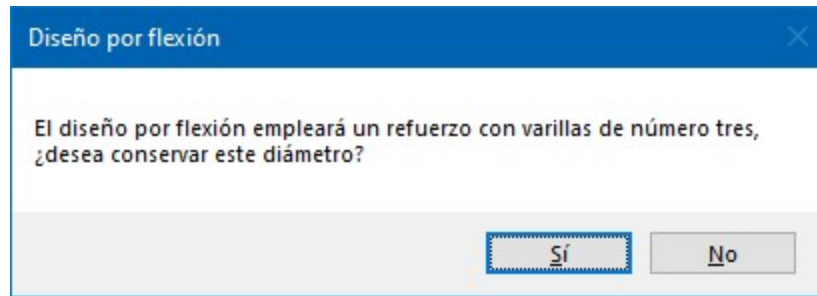
Captura 50.3. Mensaje generado por el programa notificando la obtención exitosa de coeficientes



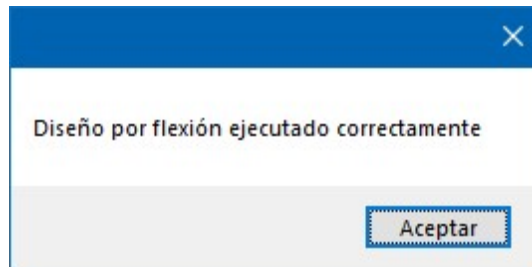
Captura 50.3. Mensaje generado por el programa notificando la obtención exitosa de coeficientes



Captura 50.4. Mensaje que notifica la obtención final de momentos.



Captura 50.5. Mensaje de aviso de culminación satisfactoria del diseño por flexión.



Captura 50.6. Mensaje de aviso de culminación satisfactoria del diseño por flexión.

Resultados

Tablero	Tipo	ax (m)	ay (m)	Cvmax (kg/m2)	CM (kg/m2)
1	Esquina_si	6	5	190	664.000
2	Borde un lado La...	6.5	5	190	664.000
3	Esquina_sd	6	5	190	664.000
4	Esquina_ii	6	5.5	190	664.000
5	Borde un lado La...	6.5	5.5	190	664.000
6	Esquina_id	6	5.5	190	664.000

Captura 51.1. Tabla Datos de inicio generada por el tablero, continua en 24.2 y 24.3.

CM (kg/m2)	C. puntual U. (kg)	Área carga P. (m2)	Coor. x C.P. (m)	Coor. x C.P. (m)	Incremento M.(kg-m)
664.000	1200	1	2	2	201.5890594708...
664.000	0	0	0	0	0
664.000	0	0	0	0	0
664.000	0	0	0	0	0
664.000	0	0	0	0	0
664.000	1200	1	2	2	201.5890594708...

Captura 51.2. Tabla Datos de inicio generada por el tablero, continuación.

L. PLC (m)	h. muros L.C. (m)	L. PLL (m)	h. muros L.L. (m)	Densidad muros (kg/m ²)	Peso f. muros (kg/m ²)
0	0	0	0	0	0
3.55	3	4.8	3	250	310.6479289940...
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
3.35	3	4.3	3	250	258.3162990855...
0	0	0	0	0	0

Captura 51.3. Tabla Datos de inicio generada por el tablero, continuación.

ID	Momento U.kg-m	Vu (kg)	Vcr (kg)	Área acero Nec (cm ²)	Diámetro Var. (n/8)	Área real (cm ²)	Separación (cm)	L. barra (cm)	L. traslape (cm)
M1	0	2336.1266197966	12016.10247750...	0	0	0	0	0	0
M2	1562.358021904...	2336.1266197966	12016.10247750...	3.700000	3	4.26	19	121.3075695629...	39.9
M3	1731.602320531...	2336.1266197966	12016.10247750...	3.700000	3	4.26	19	121.3075695629...	39.9
M4	1487.743451923...	2336.1266197966	12016.10247750...	3.700000	3	4.26	19	121.3075695629...	39.9
M5	898.2444855769...	2336.1266197966	12016.10247750...	3.700000	3	4.26	19	0	39.9
M6	569.9875375	2336.1266197966	12016.10247750...	3.700000	3	4.26	19	0	39.9
M1	0	1630.290906666...	12016.10247750...	0	0	0	0	0	0
M2	1487.743451923...	1630.290906666...	12016.10247750...	3.700000	3	4.26	19	121.3075695629...	39.9
M3	1416.777954831...	1630.290906666...	12016.10247750...	3.700000	3	4.26	19	121.3075695629...	39.9
M4	0	1630.290906666...	12016.10247750...	0	0	0	0	0	0
M5	667.6783	1630.290906666...	12016.10247750...	3.700000	3	4.26	19	0	39.9
M6	446.0757	1630.290906666...	12016.10247750...	3.700000	3	4.26	19	0	39.9
M1	1408.233773392...	1665.22728375	12016.10247750...	3.700000	3	4.26	19	131.3075695629...	39.9
M2	0	1665.22728375	12016.10247750...	0	0	0	0	0	0
M3	716.4	1665.22728375	12016.10247750...	3.700000	3	4.26	19	131.3075695629...	39.9
M4	1605.099925846...	1665.22728375	12016.10247750...	3.700000	3	4.26	19	131.3075695629...	39.9
M5	659.233289	1665.22728375	12016.10247750...	3.700000	3	4.26	19	0	39.9
M6	534.194309	1665.22728375	12016.10247750...	3.700000	3	4.26	19	0	39.9
M1	1731.602320531...	2306.585748364...	12016.10247750...	3.700000	3	4.26	19	131.3075695629...	39.9
M2	1605.099925846...	2306.585748364...	12016.10247750...	3.700000	3	4.26	19	131.3075695629...	39.9
M3	716.4	2306.585748364...	12016.10247750...	3.700000	3	4.26	19	131.3075695629...	39.9
M4	1677.942420469...	2306.585748364...	12016.10247750...	3.700000	3	4.26	19	131.3075695629...	39.9
M5	882.1148007692...	2306.585748364...	12016.10247750...	3.700000	3	4.26	19	0	39.9
M6	653.1689746153...	2306.585748364...	12016.10247750...	3.700000	3	4.26	19	0	39.9
M1	1416.777954831...	1665.22728375	12016.10247750...	3.700000	3	4.26	19	131.3075695629...	39.9
M2	1677.942420469...	1665.22728375	12016.10247750...	3.700000	3	4.26	19	131.3075695629...	39.9
M3	716.4	1665.22728375	12016.10247750...	3.700000	3	4.26	19	131.3075695629...	39.9

Captura 52.0. Vista de la Tabla uno.

Comparación de resultados

Al comparar las capturas obtenidas de las tablas generadas por el programa (la tabla de la que se obtuvieron los resultados de análisis y diseño de losas macizas en dos direcciones se ve en la captura 52.0) es posible verificar que los resultados son los mismos, salvo la cantidad de decimales en algunos casos, al de los obtenidos a mano que se compilaron y colocaron debajo de dichas capturas.

Tablero I. Análisis y diseño

Momento U. (kg-m)	Vu (kg)	Vcr (kg)	Área acero Nec. (cm ²)	Diámetro Var. (in/8)
0	1630.290906666...	12016.10247750...	0	0
0	1630.290906666...	12016.10247750...	0	0
1408.233773392...	1630.290906666...	12016.10247750...	3.700000	3
1562.358021904...	1630.290906666...	12016.10247750...	3.700000	3
736.5323605475...	1630.290906666...	12016.10247750...	3.700000	3
498.4356195082...	1630.290906666...	12016.10247750...	3.700000	3

Captura 53.1.1. Captura de la Tabla de resultado uno, con los valores para el tablero uno.

Área real (cm ²)	Separación (cm)	L. barra (cm)	L. traslape (cm)
0	0	0	0
0	0	0	0
4.26	19	121.3075695629...	39.9
4.26	19	121.3075695629...	39.9
4.26	19	0	39.9
4.26	19	0	39.9

Captura 53.1.2. Captura de la Tabla de resultado uno, con los valores para el tablero uno.

Momentos (kg-m/nerv)	Vu Kg/nervio	Vcr Kg/nervio	A. Nec. (cm ²)	Arreglo	A. Real (cm ²)	Sep (cm)	L. desa. (cm ²)	L. trasla (cm ²)
0.00	1630.29	12016.10	0.000	0	0	0	0	0
0.00	1630.29	12016.10	0.000	0	0	0	0	0
1408.23	1630.29	12016.10	3.700	#3@19cm	4.26	19	121	40
1562.36	1630.29	12016.10	3.700	#3@19cm	4.26	19	121	40
736.53	1630.29	12016.10	3.700	#3@19cm	4.26	19	0	40
498.44	1630.29	12016.10	3.700	#3@19cm	4.26	19	0	40

Captura 55.1. Compilación de resultados obtenidos a mano para el tablero uno.

Tablero II. Análisis y diseño

Momento U.(kg-m)	Vu (kg)	Vcr (kg)	Área acero Nec.(cm2)	Diámetro Var. (in/8)
0	2336.1266197966	12016.10247750...	0	0
1562.358021904...	2336.1266197966	12016.10247750...	3.700000	3
1731.602320531...	2336.1266197966	12016.10247750...	3.700000	3
1487.743451923...	2336.1266197966	12016.10247750...	3.700000	3
898.2444855769...	2336.1266197966	12016.10247750...	3.700000	3
569.9875375	2336.1266197966	12016.10247750...	3.700000	3

Captura 53.2.1. Captura de la Tabla de resultado uno, con los valores para el tablero dos.

Área real (cm2)	Separación (cm)	L. barra (cm)	L. traslape (cm)
0	0	0	0
4.26	19	121.3075695629...	39.9
4.26	19	121.3075695629...	39.9
4.26	19	121.3075695629...	39.9
4.26	19	0	39.9
4.26	19	0	39.9

Captura 53.2.2. Captura de la Tabla de resultado uno, con los valores para el tablero dos.

Momentos (kg-m/nerv)	Vu Kg/nervio	Vcr Kg/nervio	A. Nec. (cm ²)	Arreglo	A. Real (cm ²)	Separación (cm)	L. desa (cm ²)	L. trasla (cm ²)
0.00	2336.13	12016.10	0.000	0		0	0	0
1562.36	2336.13	12016.10	3.700	#3@19cm	4.26	19	121	40
1731.60	2336.13	12016.10	3.700	#3@19cm	4.26	19	121	40
1487.74	2336.13	12016.10	3.700	#3@19cm	4.26	19	121	40
898.24	2336.13	12016.10	3.700	#3@19cm	4.26	19	0	40
569.99	2336.13	12016.10	3.700	#3@19cm	4.26	19	0	40

Captura 55.2. Compilación de resultados obtenidos a mano para el tablero dos.

Tablero III. Análisis y diseño

Momento U.(kg-m)	Vu (kg)	Vcr (kg)	Área acero Nec.(cm2)	Diámetro Var. (in/8)
0	1630.290906666...	12016.10247750...	0	0
1487.743451923...	1630.290906666...	12016.10247750...	3.700000	3
1416.777954831...	1630.290906666...	12016.10247750...	3.700000	3
0	1630.290906666...	12016.10247750...	0	0
667.6783	1630.290906666...	12016.10247750...	3.700000	3
446.0757	1630.290906666...	12016.10247750...	3.700000	3

Captura 53.3.1. Captura de la Tabla de resultado uno, con los valores para el tablero tres.

Área real (cm2)	Separación (cm)	L. barra (cm)	L. traslape (cm)
0	0	0	0
4.26	19	121.3075695629...	39.9
4.26	19	121.3075695629...	39.9
0	0	0	0
4.26	19	0	39.9
4.26	19	0	39.9

Captura 53.3.2. Captura de la Tabla de resultado uno, con los valores para el tablero tres.

Momentos (kg-m/nerv)	Vu Kg/nervio	Vcr Kg/nervio	A. Nec. (cm ²)	Arreglo	A. Real (cm ²)	Separación (cm)	L. desa (cm ²)	L. trasla (cm ²)
0.00	1630.29	12016.10	0.000	-		0	0	0
1487.74	1630.29	12016.10	3.700	#3@19cm	4.26	19	121	40
1416.78	1630.29	12016.10	3.700	#3@19cm	4.26	19	121	40
0.00	1630.29	12016.10	0.000	-	0		0	0
667.68	1630.29	12016.10	3.700	#3@19cm	4.26	19	0	40
446.08	1630.29	12016.10	3.700	#3@19cm	4.26	19	0	40

Captura 55.3. Compilación de resultados obtenidos a mano para el tablero tres.

Tablero IV. Análisis y diseño

Momento U. (kg-m)	Vu (kg)	Vcr (kg)	Área acero Nec. (cm ²)	Diámetro Var. (in/8)
1408.233773392...	1665.22728375	12016.10247750...	3.700000	3
0	1665.22728375	12016.10247750...	0	0
786.6	1665.22728375	12016.10247750...	3.700000	3
1605.099925846...	1665.22728375	12016.10247750...	3.700000	3
659.233289	1665.22728375	12016.10247750...	3.700000	3
534.194309	1665.22728375	12016.10247750...	3.700000	3

Captura 53.4.1. Captura de la Tabla de resultado uno, con los valores para el tablero cuatro.

Área real (cm ²)	Separación (cm)	L. barra (cm)	L. trasape (cm)
4.26	19	131.3075695629...	39.9
0	0	0	0
4.26	19	131.3075695629...	39.9
4.26	19	131.3075695629...	39.9
4.26	19	0	39.9
4.26	19	0	39.9

Captura 53.4.2. Captura de la Tabla de resultado uno, con los valores para el tablero cuatro.

Momentos (kg-m/nerv)	Vu Kg/nervio	Vcr Kg/nervio	A. Nec. (cm ²)	Arreglo	A. Real (cm ²)	Separación (cm)	L. desa (cm ²)	L. trasla (cm ²)
1408.23	1665.23	12016.10	3.700	#3@19cm	4.26	19	131	40
0.00	1665.23	12016.10	0.000	-	0	0	0	0
786.60	1665.23	12016.10	3.700	#3@19cm	4.26	19	131	40
1605.10	1665.23	12016.10	3.700	#3@19cm	4.26	19	131	40
659.23	1665.23	12016.10	3.700	#3@19cm	4.26	19	0	40
534.19	1665.23	12016.10	3.700	#3@19cm	4.26	19	0	40

Captura 55.4. Compilación de resultados obtenidos a mano para el tablero cuatro.

Tablero V. Análisis y diseño

Momento U.(kg-m)	Vu (kg)	Vcr (kg)	Área acero Nec.(cm2)	Diámetro Var. (in/8)
1731.602320531...	2306.585748364...	12016.10247750...	3.700000	3
1605.099925846...	2306.585748364...	12016.10247750...	3.700000	3
786.6	2306.585748364...	12016.10247750...	3.700000	3
1677.942420469...	2306.585748364...	12016.10247750...	3.700000	3
882.1148007692...	2306.585748364...	12016.10247750...	3.700000	3
653.1689746153...	2306.585748364...	12016.10247750...	3.700000	3

Captura 53.5.1. Captura de la Tabla de resultado uno, con los valores para el tablero cinco.

Área real (cm2)	Separación (cm)	L. barra (cm)	L. traslape (cm)
4.26	19	131.3075695629...	39.9
4.26	19	131.3075695629...	39.9
4.26	19	131.3075695629...	39.9
4.26	19	131.3075695629...	39.9
4.26	19	0	39.9
4.26	19	0	39.9

Captura 53.5.2. Captura de la Tabla de resultado uno, con los valores para el tablero cinco.

Momentos (kg-m/nerv)	Vu Kg/nervio	Vcr Kg/nervio	A. Nec. (cm ²)	Arreglo	A. Real (cm ²)	Separación (cm)	L. desa (cm ²)	L. trasla (cm ²)
1731.60	2306.59	12016.10	3.700	#3@19cm	4.26	19	131	40
1605.10	2306.59	12016.10	3.700	#3@19cm	4.26	19	131	40
786.60	2306.59	12016.10	3.700	#3@19cm	4.26	19	131	40
1677.94	2306.59	12016.10	3.700	#3@19cm	4.26	19	131	40
882.11	2306.59	12016.10	3.700	#3@19cm	4.26	19	0	40
653.17	2306.59	12016.10	3.700	#3@19cm	4.26	19	0	40

Captura 55.5. Compilación de resultados obtenidos a mano para el tablero cinco.

Tablero VI. Análisis y diseño

Momento U. (kg-m)	Vu (kg)	Vcr (kg)	Área acero Nec. (cm ²)	Diámetro Var. (in/8)
1416.777954831...	1665.22728375	12016.10247750...	3.700000	3
1677.942420469...	1665.22728375	12016.10247750...	3.700000	3
786.6	1665.22728375	12016.10247750...	3.700000	3
0	1665.22728375	12016.10247750...	0	0
723.8425485196...	1665.22728375	12016.10247750...	3.700000	3
590.0983792246...	1665.22728375	12016.10247750...	3.700000	3

Captura 53.6.1. Captura de la Tabla de resultado uno, con los valores para el tablero seis.

Área real (cm ²)	Separación (cm)	L. barra (cm)	L. traslape (cm)
4.26	19	131.3075695629...	39.9
4.26	19	131.3075695629...	39.9
4.26	19	131.3075695629...	39.9
0	0	0	0
4.26	19	0	39.9
4.26	19	0	39.9

Captura 53.6.2. Captura de la Tabla de resultado uno, con los valores para el tablero seis.

Momentos (kg-m/nerv)	Vu Kg/nervio	Vcr Kg/nervio	A. Nec. (cm ²)	Arreglo	A. Real (cm ²)	Separación (cm)	L. desa (cm ²)	L. trasla (cm ²)
1416.78	1665.23	12016.10	3.700	#3@19cm	4.26	19	131	40
1677.94	1665.23	12016.10	3.700	#3@19cm	4.26	19	131	40
786.60	1665.23	12016.10	3.700	#3@19cm	4.26	19	131	40
0.00	1665.23	12016.10	0.000	-	0	0	0	0
723.84	1665.23	12016.10	3.700	#3@19cm	4.26	19	0	40
590.10	1665.23	12016.10	3.700	#3@19cm	4.26	19	0	40

Table 55.6. Compilación de resultados obtenidos a mano para el tablero seis.

Análisis y diseño de volados

L. Volados (cm)	P. pretil (kg/m)	CVmax. vol (kg/m ²)	CM + CV volados (kg/m ²)	Momento f. U. (kg-m)	Área acero nec. (cm ²)	Diámetro var. vol (in/8)
100	100	300	1313.2000	786.6	3.700000	3
100	100	300	1313.2000	786.6	3.700000	3
100	100	300	1313.2000	786.6	3.700000	3

Captura 54.1. Vista de la Tabla uno.

Separación (cm)	Área real vol. (cm ²)	Vcr volados (kg)	Vu vol. (kg)	L. barra Vol(cm)
19	4.26	12016.10247750...	1443.2000	100
19	4.26	12016.10247750...	1443.2000	100
19	4.26	12016.10247750...	1443.2000	100

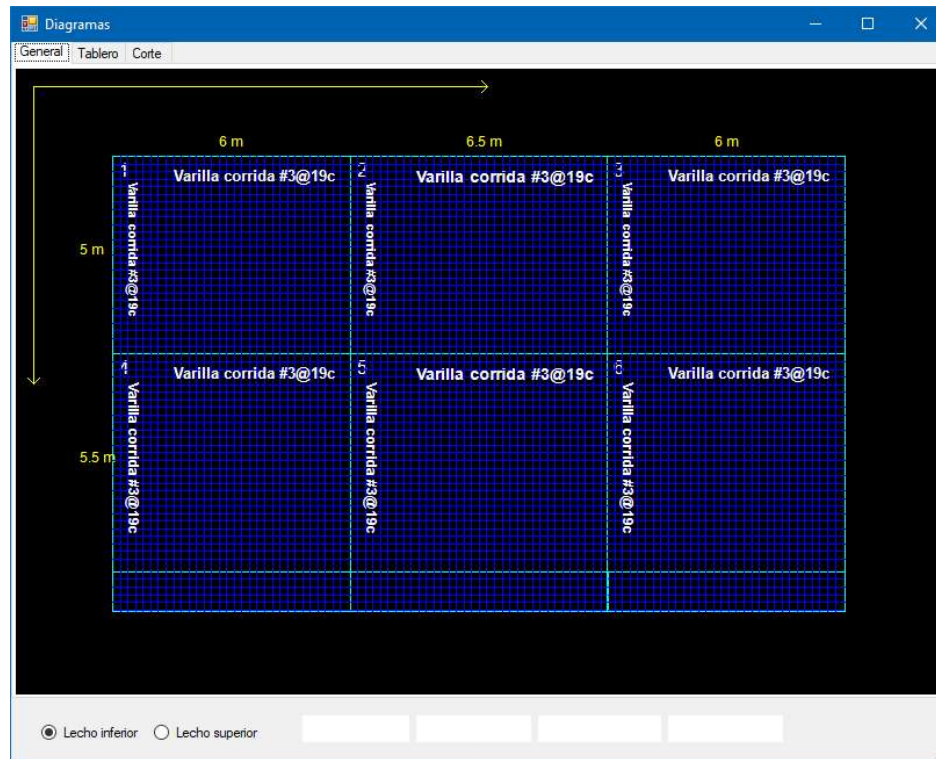
Captura 54.2. Vista de la Tabla uno.

L. volados (cm)	P. pretil (kg/m)	Cvmax (kg/m ²)	CM+CV (kg/m ²)	Momento (kg-m)	Acero n (cm ²)	Diam (in/8)	Acero r (cm ²)	Vcr (kg)	Vu (kg)	L. barra (cm)
100	100	300	1313	787	3.70	#3@19	4.26	12016	1443	100
100	100	300	1313	787	3.70	#3@19	4.26	12016	1443	100
100	100	300	1313	787	3.70	#3@19	4.26	12016	1443	100

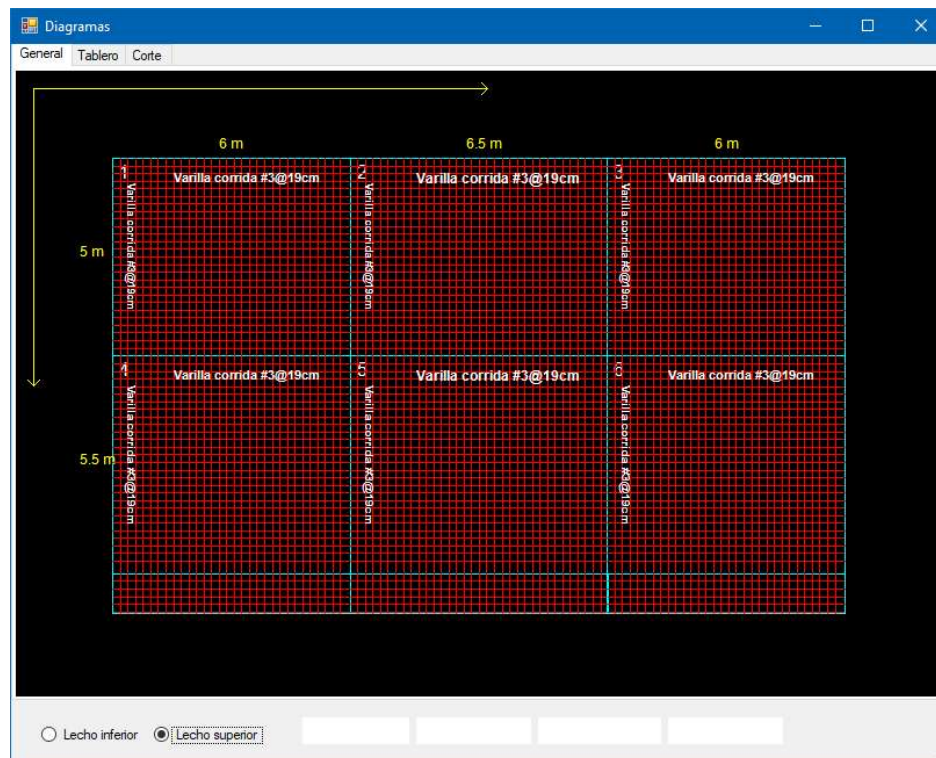
Table 56.0. Compilación de resultados obtenidos a mano para volados.

Implementaciones secundarias

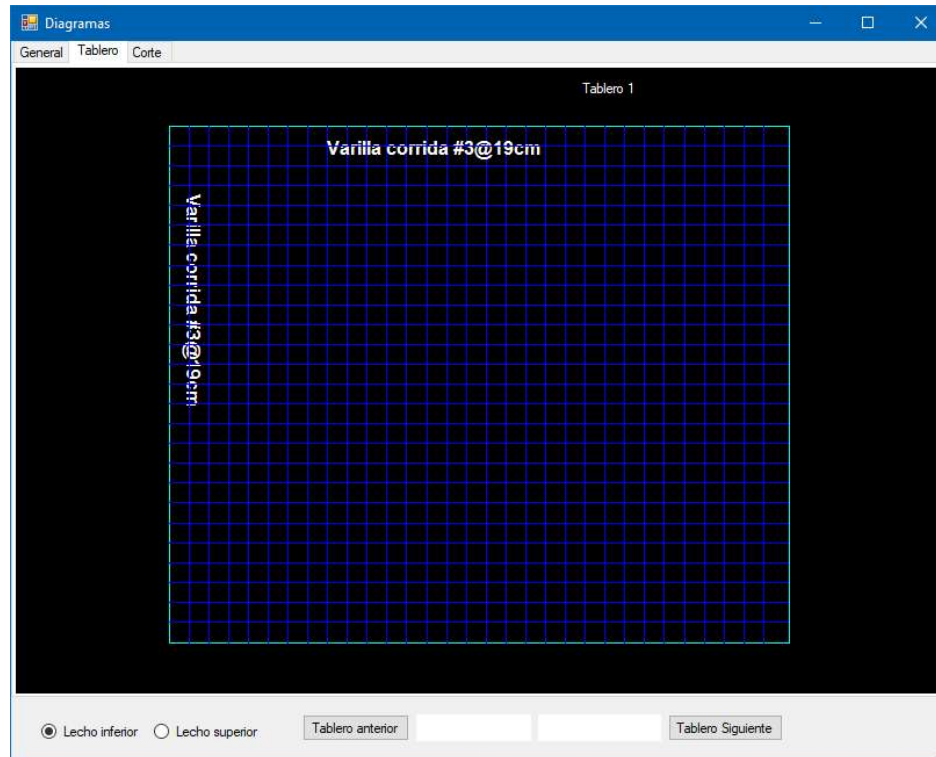
Para este caso en específico debe notarse en la implementación de los gráficos mostrados en las capturas 55.1 a 55.4 que, a pesar que en los arreglos para momentos negativos se pudo haber optado por el empleo de bastones, por la magnitud del peralte total se tuvo que cumplir con las disposiciones normativas del refuerzo por cambios volumétricos, por ello el refuerzo debió ser continuo y en dos lechos.



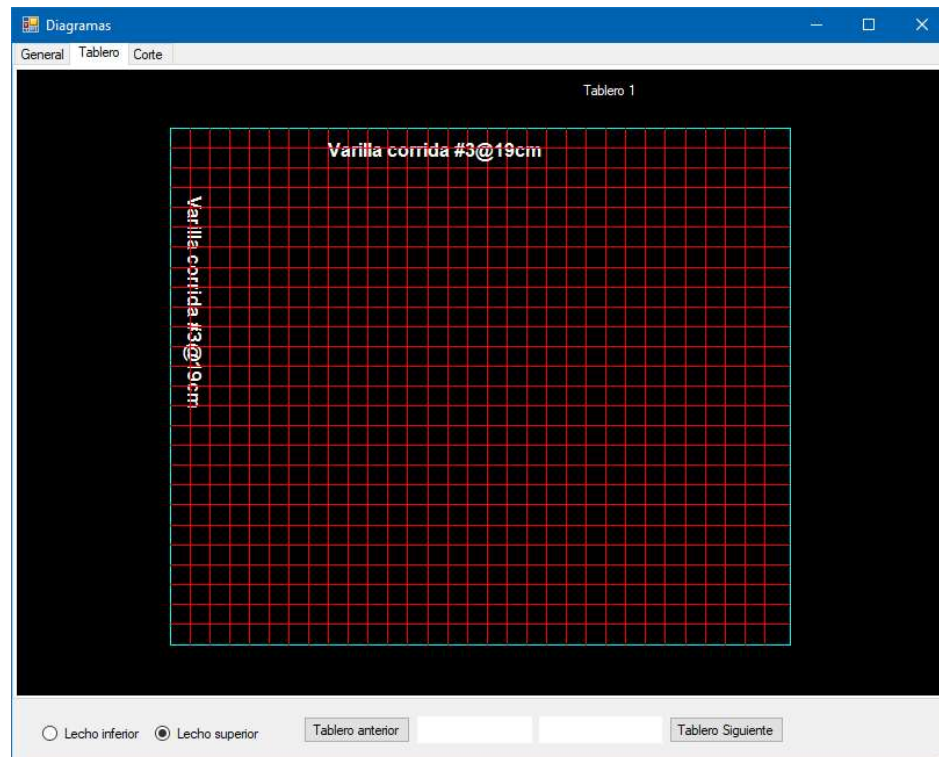
Captura 55.1. Vista de la Tabla uno.



Captura 55.2. Vista de la Tabla uno.



Captura 55.3. Vista de la Tabla uno.



Captura 55.4. Vista de la Tabla uno.

4.4 Losa de vigueta y bovedilla

4.4.1 Ejemplo de análisis y diseño de vigueta y bovedilla

Se trata de una losa de vigueta y bovedilla con dos claros en sentido horizontal y tres en vertical, que tiene un uso de departamento, además de un volado con peso de pretil en su extremo libre de 100 kg/m; la dirección de análisis se orienta sobre las dimensiones cortas. El modelo estructural que se empleó fue el de una viga de tres claros con un volado en su extremo derecho.

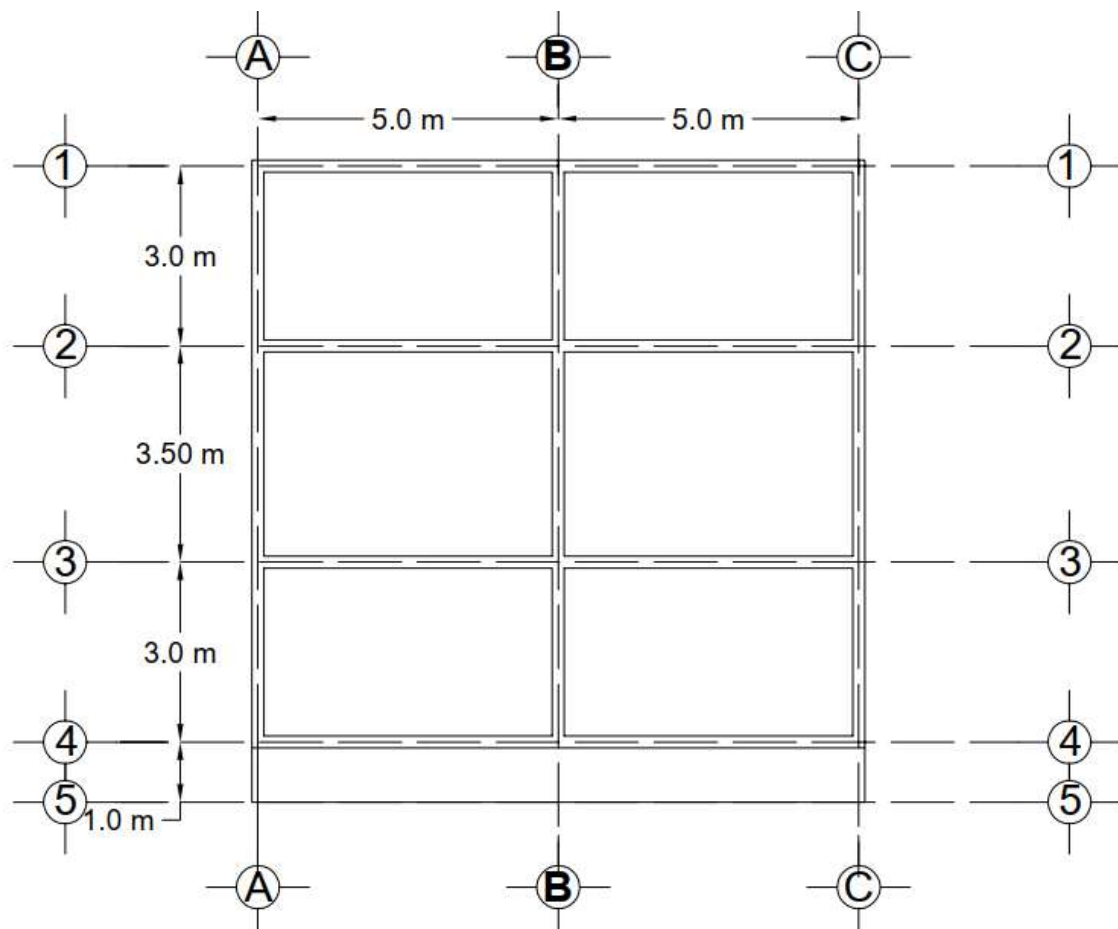


Figura 16.0. Distribución de los tableros de la losa, vigueta y bovedilla.

Se contempló un concreto clase uno en condiciones normales de exposición (A1). Para la evaluación de los desplazamientos permisibles se consideró que estos

no afectan a elementos no estructurales. El resto de la información se encuentra en la tabla 57.1 y 57.2.

Uso	Clasificación	f'_c (kg/cm ²)	f'_c (kg/cm ²)	F.C (muerta)	F.C (viva)	Recubrim
Departamentos	B	300	255	1.3	1.5	2.5

Tabla 57.1. Constantes de diseño en losa de vigueta y bovedilla.

Es	E_c	f_y (kg/cm ²)
2000000	190525.6	4200

Tabla 57.2.0. Constantes de diseño para el acero

Peralte Mínimo

Dada la falta de una referencia en las NTC 2017, con respecto a un valor mínimo del peralte, se optó por hacer uso de los que el reglamento ACI 318S-14 establece para los casos en que no se evalúe el valor del desplazamiento; debe aclararse que, aún cuando dichos valores satisfacen este requisito, a fin de cumplir con la norma mexicana, sí se evaluaron los desplazamientos de las losas.

Condición de apoyo	Peralte mínimo
Apoyos simples	L/20
Un extremo continuo	L/24
Ambos extremos continuos	L/28
En voladizo	L/10

Tabla 58.1. Tabla con los valores de peralte mínimo según ACI 318S-14.

Los valores de la tabla 58.1 del reglamento ACI 318S-14 están sujetos a dos factores, el peso del concreto y el esfuerzo de fluencia del acero; sin embargo, dado que en este trabajo solo se usan como referencia mas no como norma, y, considerando además que los desplazamientos si se evaluaron, dichas

condiciones no se tomaron en cuenta en este ejemplo ni en el algoritmo del programa.

Tablero	Peralte mínimo
I	12.5
II	12.5
V	12.5

Tabla 58.2. Cálculo del peralte tentativo mínimo.

Puede notarse en la tabla 58.2 que no se incluyó un valor de peralte para los volados; esto se debe a que, como ya se mencionó, solo es una referencia; si se toman en cuenta es común obtener diseños mayores al necesario. Si los desplazamientos en cualquier sección de la losa excedieran los permisibles al evaluarse en el programa, es posible variar el peralte cambiando el tipo de casetón o el espesor de la capa de compresión.

Análisis de cargas

PESO DE LOSA POR MÓDULO					
Elemento	t(m)	L(m)	B(m)	$\gamma(\text{kgf/m}^3)$	W(kgf/mod)
Capa	0.05	2.75	0.8	2200	242
Nervio	0.13	2.75	0.1	2400	85.8
Casetón	0.13	0.7	2.75	13	3.25
Sumatoria (kg/mod) =					331.0533
Sumatoria (kg/m ²) =					150.4788

Tabla 59.1. Cálculo del peso de la losa por módulo.

Elem	t(m)	L(m)	B(m)	γ (kgf/m ³)	W(kgf/m ²)
Imper.	-	-	-	-	0.0
Cuadrado	-	-	-	-	0.0
Relleno	-	-	-	-	0.0
Loseta	-	-	-	-	0.0
Losa	0.18	-	-	-	150.5
Instala	-	-	-	-	0.0
Plafón	-	-	-	-	0.0
Norma	-	-	-	-	40.0
Sumatoria (kg/m ²) =					190.48

Tabla 59.2. Peso propio total por metro cuadrado.

Carga	(kgf/m ²)
V. max	190
V. inst	100
V. med	80

Tabla 60.0. Cargas vivas correspondientes para una estructura específica según las NTC 2017.

Combinación	(kgf/m ²)	Factorizado (kgf/m)
CM+Cvmax=	380	426.098
CM+Cvinst=	290	-
CM+Cvmed=	270	216.383

Tabla 61.0. Combinaciones estáticas para el análisis y diseño de losas.

Cálculo de reacciones, puntos y momentos de interés

Se mencionó ya que el método elegido para la resolución del modelo estructural en los extremos de los tableros, fue el de Hardy Cross; a grandes rasgos consiste en igualar en cada nodo (dónde se une una viga con otra) los momentos iniciales (de empotramiento) a través de unos factores de distribución, los cuales no son otra cosa sino el porcentaje de rigidez que cada elemento aporta. Las reacciones flectoras finales (tabla 62.0) se obtuvieron sumando los valores de los momentos

de empotramiento con los transportados (la influencia de los extremos opuestos) más las distribuciones (las cantidades Equilibrantes).

Viga 1		Viga 2		Viga 3		Volado	
0.00	0.54	0.46	0.46	0.54	1.00	0.00	Factores de distribución
-319.57	319.57	-434.97	434.97	-319.57	319.57	-317.05	Momentos de empotramiento
319.57	62.1	53.3	-53.3	-62.1	-2.5	0.0	Distribución 1
31.1	159.8	-26.6	26.6	-1.3	-31.1	0.0	Momentos transportados 1
-31.1	-71.7	-61.5	-11.7	-13.7	31.1	0.0	Distribución 2
-35.8	-15.5	-5.9	-30.7	15.5	-6.8	0.0	Momentos transportados 2
35.8	11.5	9.9	7.0	8.2	6.8	0.0	Distribución 3
5.8	17.9	3.5	4.9	3.4	4.1	0.0	Momentos transportados 3
-5.8	-11.5	-9.9	-3.9	-4.5	-4.1	0.0	Distribución 4
-5.8	-2.9	-1.9	-4.9	-2.0	-2.2	0.0	Momentos transportados 4
5.8	2.6	2.2	3.2	3.8	2.2	0.0	Distribución 5
1.3	2.9	1.6	1.1	1.1	1.9	0.0	Momentos transportados 5
-1.3	-2.4	-2.1	-1.0	-1.2	-1.9	0.0	Distribución 6
-1.2	-0.6	-0.5	-1.0	-0.9	-0.6	0.0	Momentos transportados 6
1.2	0.6	0.5	0.9	1.1	0.6	0.0	Distribución 7
0.3	0.6	0.5	0.3	0.3	0.5	0.0	Momentos transportados 7
-0.3	-0.6	-0.5	-0.3	-0.3	-0.5	0.0	Distribución 8
-0.3	-0.2	-0.1	-0.2	-0.3	-0.2	0.0	Momentos transportados 8
0.3	0.2	0.1	0.2	0.3	0.2	0.0	Distribución 9
0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	Momentos transportados 9
-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	0.0	Distribución 10
-0.1	0.0	0.0	-0.1	-0.1	0.0	0.0	Momentos transportados 10
0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	Distribución 11
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Momentos transportados 11
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Distribución 12
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Momentos transportados 12
0.0	472.3	-472.4	372.2	-372.2	317.0	-317.0	Momentos finales (kg-m/nervio)

Tabla 62.0. Cálculo de momentos en extremos por el método de distribución de momentos.

Los resultados del cálculo de las reacciones en los apoyos se muestran en la tabla 63.0; estos corresponden a la suma de las fuerzas verticales directas más el efecto de los momentos.

Viga 1		Viga 2		Viga 3		Volado	
639.1455	639.14	745.7	745.66	639.14	639.14	556.097	Reacciones por carga distribuida(kg)
-158.0	158.0	30.95	-30.95	7.6	-7.6		Reacciones por momentos(kg)
481.1	797.2	776.6	714.7	646.7	631.6	556.1	Reacciones finales(kg)

Tabla 63.0. Obtención de reacciones en los apoyos.

Los valores de las tablas 62.0 y 63.0 se calcularon bajo las condiciones estáticas de carga viva máxima, estos se emplearon para todo el proceso de diseño por flexión y cortante; para el de servicio se realizó otro análisis estructural ahora bajo las solicitaciones correspondientes a este como lo establece la normativa empleada.

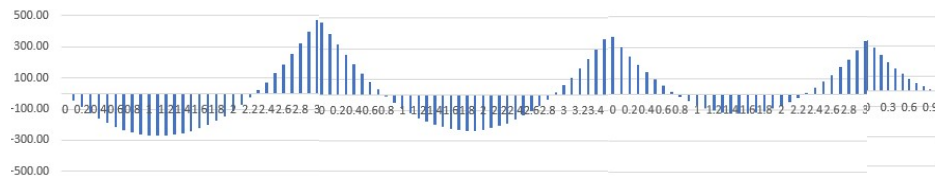


Figura 17.0. Diagrama de momentos flexionantes del modelo estructural.

Viga 1		Viga 2		Viga 3	
$Z_{\text{máx}} \text{ (m)}=$	1.130	$Z_{\text{máx}} \text{ (m)}=$	1.817	$Z_{\text{máx}} \text{ (m)}=$	1.543
$M_{\text{máx}} \text{ (kg-m)}=$	272.28	$M_{\text{máx}} \text{ (kg-m)}=$	231.13	$M_{\text{máx}} \text{ (kg-m)}=$	135.11

Tabla 64.0. Puntos relativos de momentos máximos y momentos mínimos.

Viga 1		Viga 2		Viga 3	
$z1 =$	0.00	$z1 =$	0.776	$z1 =$	0.747
$z2 =$	2.26	$z2 =$	2.859	$z2 =$	2.340

Tabla 65.0. Puntos relativos de los cambios de signo en los diagramas de momento.

Los valores de los puntos en los que el diagrama de momentos cambia de signo (ver figura 17.0) se emplearon para la determinación de las extensiones totales

de los bastones, es decir, la longitud de desarrollo y la zona de influencia directa del momento.

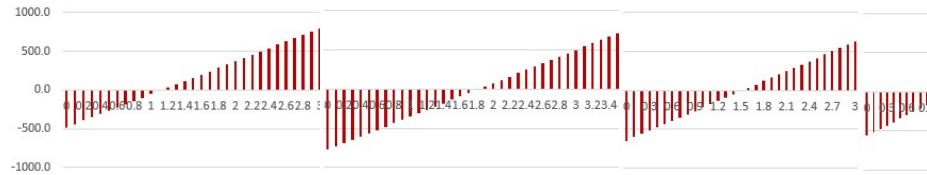


Figura 18.0. Diagrama de esfuerzos cortantes del modelo estructural.

Al igual que en el caso de las losas encasetonadas, con el fin de obtener un diseño eficiente se procuró, para las zonas con momento positivo que la viga trabajase como ancha; para esto la normativa pide determinar el menor valor del ancho de patín de los tres casos presentados, los resultados aparecen resaltados en amarillo en la tabla 66.0

Tablero	b1	b2	b3
I	75.00	80.00	90.00
II	75.00	80.00	90.00
III	87.50	80.00	90.00
IV	87.50	80.00	90.00
V	75.00	80.00	90.00
VI	75.00	80.00	90.00

Tabla 66.0. Evaluación del ancho efectivo b para losa de vigueta y bovedilla.

β_1	$f'_c(\text{kg/cm}^2)$	$f'_c(\text{kg/cm}^2)$	$P_{\text{mín}}$	P_{bal}	$P_{\text{máx}}$
0.85	150	127.5	0.0020	0.0152	0.0114
0.85	200	170	0.0024	0.0202	0.0152
0.85	250	212.5	0.0026	0.0253	0.0190
0.836	300	255	0.0028	0.029	0.0224
0.80	350	297.5	0.0031	0.0333	0.0250
0.76	400	340	0.0033	0.0364	0.0273

Tabla 67.0. Intervalos de porcentajes permisibles para concretos comunes.

Tablero	%A _{nec} (-) Izq	A _{nec} (-) Izq (cm ²)	Arreg (-) Izq	A _{Real} (-) Izq (cm ²)	%A _{nec} (-) Der	A _{nec} (-) Der (cm ²)	Arreg (-) Der	A _{Real} (-) Der (cm ²)
I	-	-	-	-	0.0054	0.84	1#4	1.27
II	-	-	-	-	0.0054	0.84	1#4	1.27
III	0.0054	0.84	1#4	1.27	0.0042	0.66	1#3	0.71
IV	0.0054	0.84	1#4	1.27	0.0042	0.66	1#3	0.71
V	0.0042	0.66	1#3	0.71	0.0036	0.56	1#3	0.71
VI	0.0042	0.66	1#3	0.71	0.0036	0.56	1#3	0.71

Tabla 68.1. Diseño por flexión para momentos negativos.

Tablero	%A _{nec} (+)	A _{nec} (+) (cm ²)	Arreg (+)	A _{Real} (+) (cm ²)
I	0.0029	0.45	2#3	1.42
II	0.0029	0.45	2#3	1.42
III	0.0029	0.45	2#3	1.42
IV	0.0029	0.45	2#3	1.42
V	0.0029	0.45	2#3	1.42
VI	0.0029	0.45	2#3	1.42

Tabla 68.2. Diseño por flexión para momentos positivos.

Dado que la fórmula para el cálculo de la profundidad del bloque de compresión (a) requiere la cantidad de acero suministrado, se supuso que la viga trabajaría como ancha, es decir, que el valor de a no sería mayor que el espesor del patín; una vez determinado este acero se procedió a corroborar la hipótesis inicial, el resultado de esta evaluación se muestra en la tabla 69.0

Tablero	a (cm)	t (cm)	
I	0.312	5	Viga ancha
II	0.312	5	Viga ancha
III	0.292	5	Viga ancha
IV	0.292	5	Viga ancha
V	0.312	5	Viga ancha
VI	0.312	5	Viga ancha

Tabla 69.0. Evaluación del modo de trabajo de la viga en zonas de momento positivo.

Diseño por cortante

Siguiendo las directrices mencionadas en el capítulo tres, con respecto al diseño por cortante, se observa que el extremo izquierdo del tablero uno y dos no requirieron de refuerzo adicional por lo que se propuso suministrar la cantidad mínima de acero por tensión diagonal que, sin embargo, arrojó una separación mayor al doble de la expresión 11.0, debido a ello la separación final fue esta última.

Tablero	Vu Izq Kg	Vcr Izq Kg	Comparación	Vu Der Kg	Vcr Der Kg	Comparación
I	481.70	771.63	Ok	796.59	732.66	No Ok
II	481.70	771.63	Ok	796.59	732.66	No Ok
III	774.28	732.66	No Ok	717.06	587.17	No Ok
IV	774.28	732.66	No Ok	717.06	587.17	No Ok
V	657.55	587.17	No Ok	620.74	587.17	No Ok
VI	657.55	587.17	No Ok	620.74	587.17	No Ok

Tabla 70.0. Revisión de la resistencia a cortante del concreto.

Similar fue el caso del resto de los extremos que, si bien requirieron de refuerzo adicional, la separación calculada fue mayor a la que forma un ángulo mínimo de 45 grados.

Tablero	Snec Izq (cm)	sf Izq(cm)	Snec Der (cm)	sf Der(cm)
I	-	26	630.0	26
II	-	26	630.0	26
III	967.6	26	310.1	26
IV	967.6	26	310.1	26
V	572.3	26	1199.5	26
VI	572.3	26	1199.5	26

$$f_c(\text{kg/cm}^2) = 2500$$

Tabla 71.0. Separación del refuerzo por tensión diagonal.

Longitudes de desarrollo y traslape

Tablero	Distancia Infl.	Db	Ldb MNLi	Doblez 180	Total
	MNeglz(cm)				
I	-	-	-	-	-
II	-	-	-	-	-
III	77.56	1.27	23.40	5.08	106
IV	77.56	1.27	23.40	5.08	106
V	74.68	0.95	17.51	3.8	96
VI	74.68	0.95	17.51	3.8	96

Tabla 72.1. Longitudes totales de los bastones izquierdos para los momentos negativos.

Tablero	Distancia Infl.	Db	Ldb MNLd	Doblez 180	Total
	MNegDe(cm)				
I	73.90	1.27	23.40	5.08	102
II	73.90	1.27	23.40	5.08	102
III	64.13	0.95	17.51	3.8	85
IV	64.13	0.95	17.51	3.8	85
V	66.05	0.95	17.51	3.8	87
VI	66.05	0.95	17.51	3.8	87

Tabla 72.2. Longitudes totales de los bastones derechos para los momentos negativos.

En las tablas 72.1 y 72.2 se presentan las extensiones totales en las que en teoría se requiere la presencia de acero por flexión, esta se compone de la zona “crítica” (presencia del momento), la longitud de desarrollo y, en este caso, la requerida para formar el dobléz a ciento ochenta grados.

Debido a que, por integridad estructural y facilidad para fabricarse, se colocan dos varillas continuas sobre todo el claro, el algoritmo no calcula la longitud de desarrollo de los momentos positivos. En la tabla 73.0 se presenta la extensión requerida para traslapar dicho refuerzo.

Db MP cm	Ldb MP cm	Lt MPL cm
0.95	30.00	39.9
0.95	30.00	39.9
0.95	30.00	39.9
0.95	30.00	39.9
0.95	30.00	39.9
0.95	30.00	39.9

Tabla 73.0. Longitudes de desarrollo en momentos positivos.

Diseño por flexión y cortante en volados

Ya que en este ejemplo los volados tienen longitudes cortas y, por integridad estructural, el acero de ambos lechos se recomienda colocarse en toda la longitud del elemento, no se determinaron dichas dimensiones. A pesar de esto, en los resultados del programa sí se puede obtener esta información.

Tablero	%A _{nec} (-)	A _{nec} (-)	Arreg (-)	%A _{Real} (-)
V	0.0036	0.56	1#3	0.0046
VI	0.0036	0.56	1#3	0.0046

Tabla 74.0. Diseño por flexiones en volados.

Tablero	V _{uf} (kg)	V _{cr} (kg)	Comparación	S _{nec} (cm)	sf(cm)
V	556.1	587.2	OK	-	26
VI	556.1	587.2	OK	-	26

Tabla 75.0. Diseño por cortante en volados.

Diseño por servicio

El diseño por servicio según lo indica la normativa se debe realizar bajo efectos de cargas vivas medias no factorizadas, para este ejemplo dicho valor fue de doscientos dieciséis kilogramos sobre metro lineal, en la tabla 77.0 se muestran los valores de momentos en los extremos y máximos positivos, el resto de los

resultados de este análisis se omite dado que en este proceso no se requiere mayor información.

Tablero	I_{promedio} (cm)	$Z_{\text{Def,máx}}$ (cm)	$\text{Def}_{\text{máx, inst}}$ (mm)	$\text{Def}_{\text{máx, dif}}$ (mm)	$Z_{\text{Def,Ccl}}$ (cm)	$\text{Def}_{\text{Ccl, inst}}$ (mm)	$\text{Def}_{\text{Ccl, dif}}$ (mm)	$\text{Def}_{\text{Total}}$ (mm)	Def_{Perm} (mm)
I	2561.9	126.8	1.96	3.9	150.0	1.89	3.8	5.9	12.5
II	2561.9	126.8	1.96	3.9	150.0	1.89	3.8	5.9	12.5
III	2230.61	182.2	2.32	4.6	175.0	2.31	4.6	7.0	14.6
IV	2230.6	182.2	2.32	4.6	175.0	2.31	4.6	7.0	14.6
V	2049.9	148.7	0.05	0.1	150.0	0.51	1.0	0.2	12.5
VI	2049.9	148.7	0.05	0.1	150.0	0.51	1.0	0.2	12.5
*Volados	1198.3	100.0	2.35	4.7	50.0	0.785	1.57	7.1	4.2

Tabla 76.0. Deflexiones máximas y en los centros de los claros.

La primera columna de la tabla 76.0 muestra el promedio de las inercias transformadas agrietadas correspondientes a las secciones de los extremos y centros de claros; la normativa no establece que la evaluación del desplazamiento se haga con el mayor valor encontrado, sino con los ubicados en los centros de los claros, en este ejemplo y en el algoritmo del programa se muestran ambos desplazamientos.

Tablero	M _{CVmed(-)} (kg-m)	M _{CVmed(+)} (kg-m)	M _{CVmed(-)} (kg-m)	c ₁ (cm)	c ₂ (cm)	c ₃ (cm)	I ₁ (cm ⁴)	I ₂ (cm ⁴)	I ₃ (cm ⁴)
I	0.0	137.6	241.7	-	2.3	5.2		2901.4	1883.0
II	0.0	137.6	241.7	-	2.3	5.2		2901.4	1883.0
III	-241.7	120.0	182.3	5.2	2.2	4.1	1883.0	2920.6	1198.3
IV	-241.7	120.0	182.3	5.2	2.2	4.1	1883.0	2920.6	1198.3
V	-182.3	58.2	188.2	4.1	2.3	4.1	1198.3	2901.4	1198.3
VI	-182.3	58.2	188.2	4.1	2.3	4.1	1198.3	2901.4	1198.3
Volados	-188.2	0.0	0.0	4.1	-	-	1198.3		

$$n = 10.497 \quad d_c (cm) = 2.5$$

Tabla 77.0. Momentos positivos máximos, profundidades de los ejes neutros e inercias transformadas agrietadas.

En la tabla 78.0 se muestran los resultados de cada uno de los tres puntos de análisis de las vigas correspondientes a la expresión 49.0, para cada extremo y centro de los elementos; dichos valores se compararon con los de la tabla 14.3.1 contenida en las NTCDyCEC 2017; dadas las condiciones iniciales planteadas el valor límite es 30,000, por consiguiente, los niveles de agrietamiento que presentan son admisibles.

$$f_s(d_c A)^{\frac{1}{3}} \frac{h_2}{h_1}$$

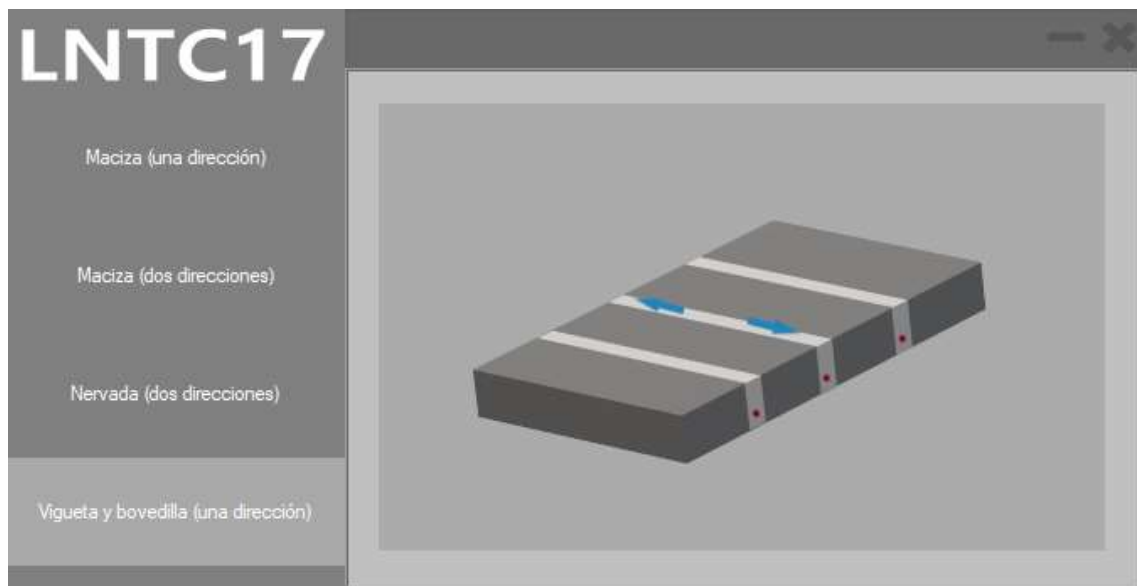
Ecuación 40.0. Expresión empleada en la evaluación del agrietamiento.

Tablero	f _{s1} (kg/cm ²)	f _{s2} (kg/cm ²)	f _{s3} (kg/cm ²)	R1=h ₂ /h ₁	R2=h ₂ /h ₁	R3=h ₂ /h ₁	f _s (d _c A) ^(1/3) R1	f _s (d _c A) ^(1/3) R2	f _s (d _c A) ^(1/3) R3
I		657	1383	-	1.2	1.2	-	3103	16836
II		657	1383	-	1.2	1.2	-	3103	16836
III	1383	572	1817	1.2	1.2	1.2	17202	2700	22162
IV	1383	572	1817	1.2	1.2	1.2	17202	2700	22162
V	1817	278	1876	1.2	1.2	1.2	21690	1312	22395
VI	1817	278	1876	1.2	1.2	1.2	21690	1312	22395
Volados	1876			1.2	-	-	15528	-	-

Tabla 78.0. Las tres primeras columnas muestran el esfuerzo en el acero bajo condiciones de servicio, las últimas tres presentan las cantidades con las que se evaluó el agrietamiento.

4.4.2 Prueba del módulo desarrollado y comparación de resultados

Cómo en las pruebas anteriores luego de ejecutar el programa la ventana que se presenta es la mostrada en la captura 56.0, para este caso se eligió la última opción. Hasta ahora se ha presentado losas en dos direcciones; en este capítulo y el siguiente se presentan dos casos en una dirección; a pesar de esto, debe tenerse en cuenta que los procesos de análisis y diseño son iguales, es decir, se comenzó ingresando la información de las características (uso, cargas, volados, dimensiones, etc.), posterior a esto se ejecutó: un análisis de cargas, análisis estructural, diseño por flexión y como única variedad se agrega para las de una dirección el diseño por servicio. Algunas de las etapas que a continuación se presentan no se comentaron ni explicaron dado que ya se hizo en los capítulos anteriores.



Captura 56.0. Ventana Principal del programa que muestra los tipos de losa que diseña, en esta captura se muestra una representación en 3D de la losa de vigueta y bovedilla.

Introducción de constantes de diseño

Una vez más se comenzó ingresando las constantes y valores que se requieren para la ejecución de los posteriores procesos. Puede constatarse que la información mostrada en las capturas 57.1 y 57.2 se corresponde con la indicada al principio del ejemplo de diseño de losas de vigueta y bovedilla.

Algunos campos que se habilitan para este tipo en específico son, la ductilidad de la estructura, lo cual sirve para determinar el límite por flexión superior que puede ser suministrado a las viguetas, el tamaño máximo de agregado y recubrimiento lateral que verifica la viabilidad del arreglo propuesto en cuanto a espacio se refiere, clasificación de la exposición, que establece los parámetros de comparación para el agrietamiento, ángulo de inclinación de los estribos de las viguetas y la influencia de las deflexiones sobre otros elementos.

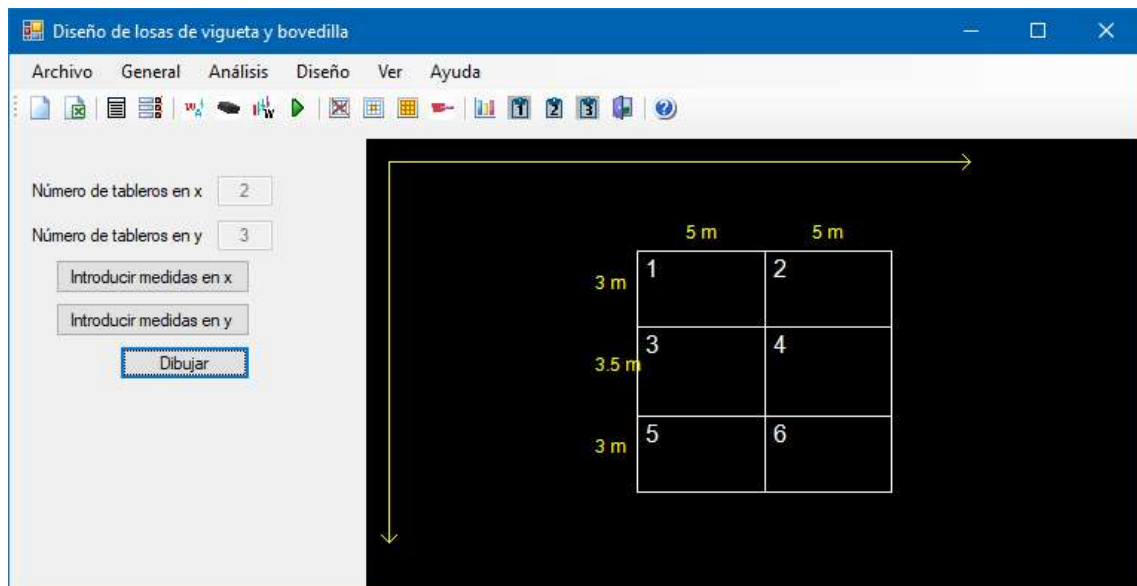
Concreto		
Varios		
Densidad del concreto		
Reforzado (kg/m ³)	2400	
Capa de c. (kg/m ³)	2200	
Ductilidad		
<input type="radio"/> Baja	<input checked="" type="radio"/> Media	<input type="radio"/> Alta
Resistencia nominal del concreto		
f'c (kg/cm ²)	300	
f" c (kg/cm ²)	255	
Ec (kg/cm ²)	190525.58883	
Tamaño máximo de agregado		
Tma (cm)	2.54	
Clase del concreto		
<input checked="" type="checkbox"/> Clase uno	<input type="radio"/> Agregado grueso calizo	
	<input checked="" type="radio"/> Agregado grueso basáltico	
<input type="checkbox"/> Clase dos		
Clasificación de exposición		
	A1	
Recubrimientos		
Superior (cm)	2.5	
Inferior (cm)	2.5	
Lateral (cm)	2	
Espesor capa c. (cm)	5	

Captura 57.1. Ventana "Constantes de diseño" con la pestaña "Concreto" seleccionada.



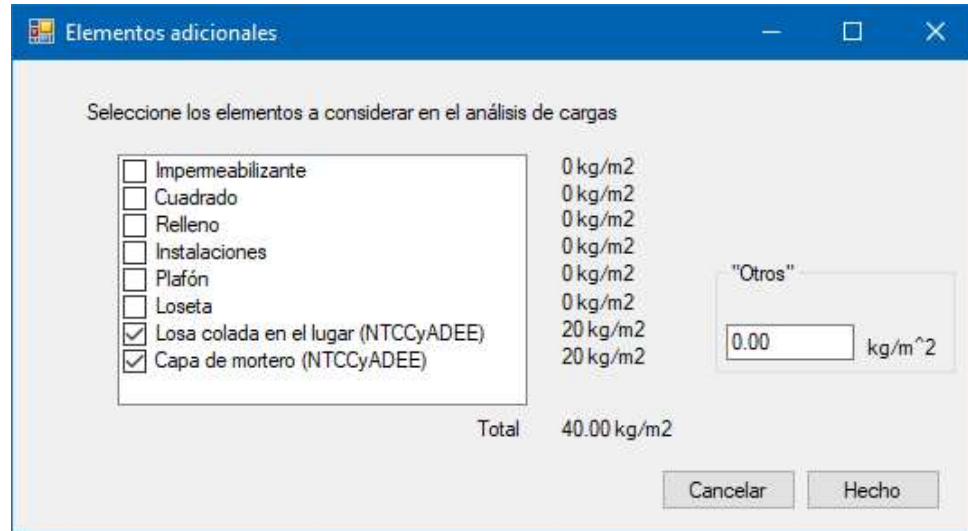
Captura 57.2. Ventana "Constantes de diseño" con la pestaña "Varios" seleccionada.

Dibujo de losa



Captura 58.0. Ventana general de diseño una vez dibujada la losa.

Introducción de los elementos presenten para el análisis de cargas



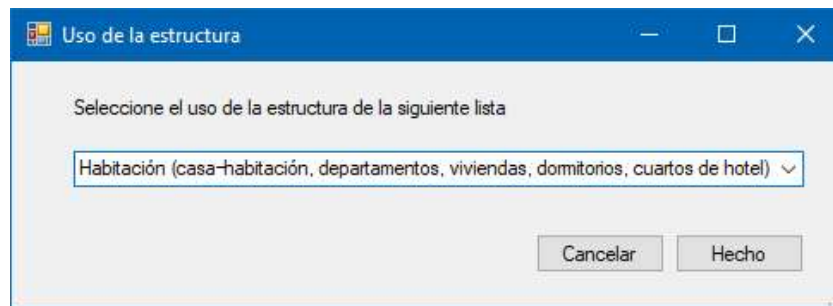
Seleccione los elementos a considerar en el análisis de cargas

<input type="checkbox"/> Impedible	0 kg/m ²
<input type="checkbox"/> Cuadrado	0 kg/m ²
<input type="checkbox"/> Relleno	0 kg/m ²
<input type="checkbox"/> Instalaciones	0 kg/m ²
<input type="checkbox"/> Plafón	0 kg/m ²
<input type="checkbox"/> Loseta	0 kg/m ²
<input checked="" type="checkbox"/> Losa colada en el lugar (NTCCyADEE)	20 kg/m ²
<input checked="" type="checkbox"/> Capa de mortero (NTCCyADEE)	20 kg/m ²

"Otros" kg/m²

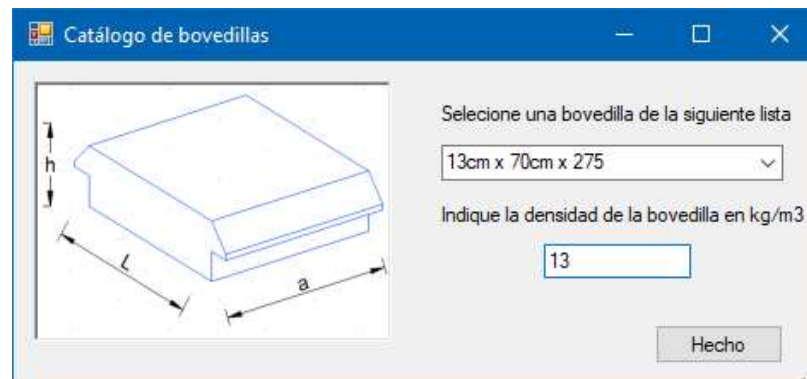
Total 40.00 kg/m²

Captura 59.0. Formulario de ingreso de cargas por elementos no estructurales.



Seleccione el uso de la estructura de la siguiente lista

Captura 60.0. Cuadro de diálogo para seleccionar el uso de la estructura.

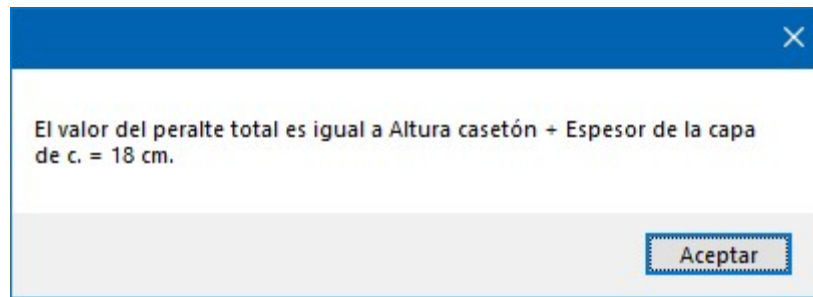


Seleccione una bovedilla de la siguiente lista

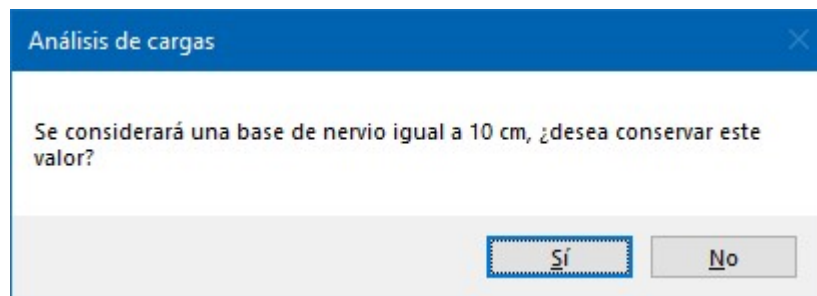
Indique la densidad de la bovedilla en kg/m³

Captura 61.0. Formulario para la selección del aligerante.

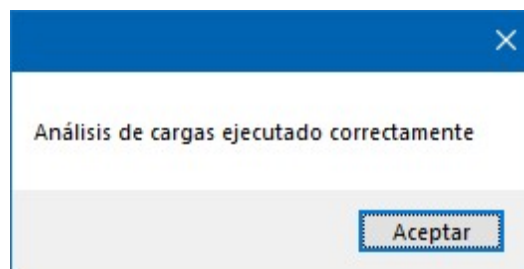
Al igual que sucede en el caso de las losas nervadas en dos direcciones, debe tenerse en cuenta que el valor total del peralte es igual a la altura del aligerante (captura 61.0.) más el espesor de la capa de compresión (se mostró en la pestaña Concreto, del formulario de constantes de diseño, captura 57.1).



Captura 62.0. Mensaje del programa informando el peralte resultante.



Captura 63.0. Mensaje generado por el programa pidiendo confirmación del valor de ancho de nervadura.

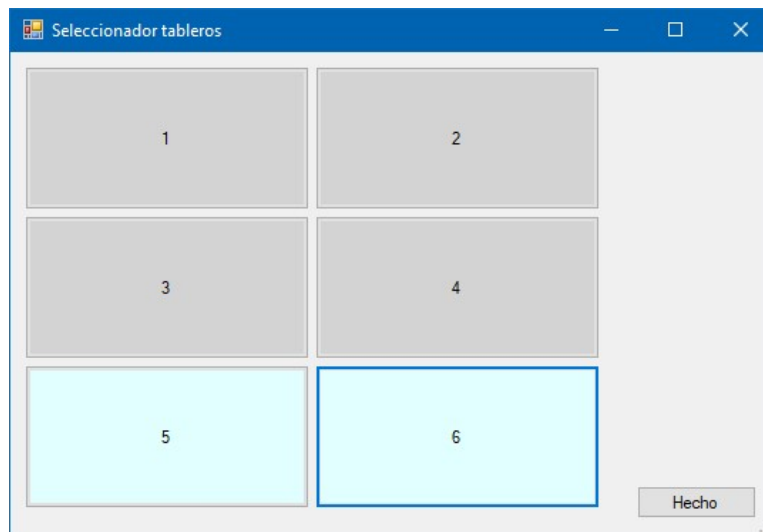


Captura 64.0. Mensaje del programa para confirmar que se ejecutó el análisis de cargas

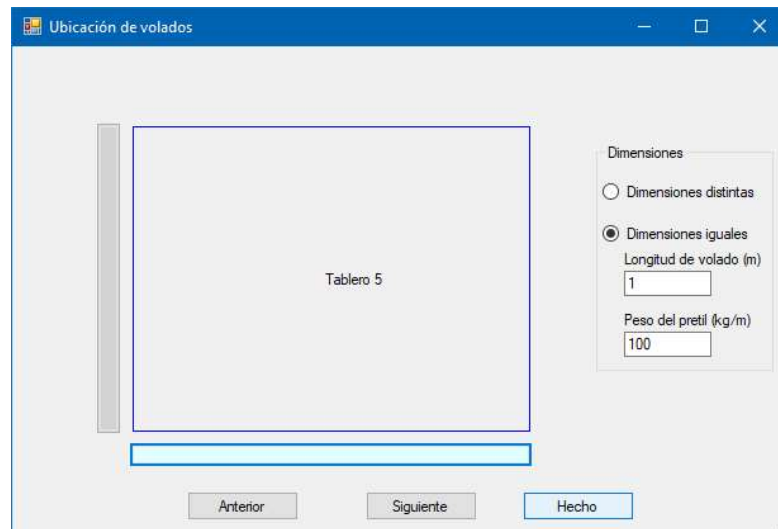
Si no se ingresa un valor para el ancho de la nervadura el programa propone uno en función del peralte total; una vez ejecutado el análisis de cargas el programa verifica que este sea igual o mayor al mínimo recomendado para evitar el cálculo

de las deflexiones según el código ACI; esto no es notificado, sin embargo, al presentarse el mensaje de la captura 64.0 se da por entendido que ha sido cumplido.

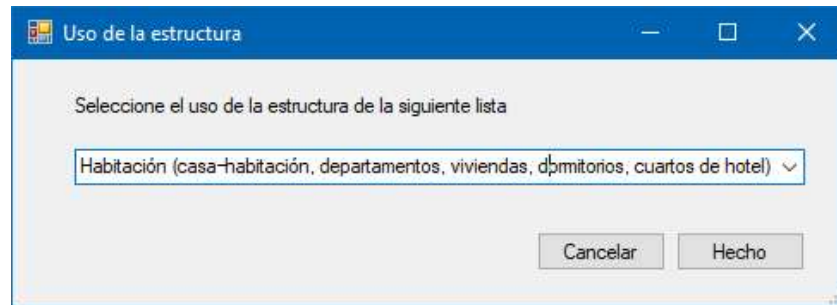
Creación de volados



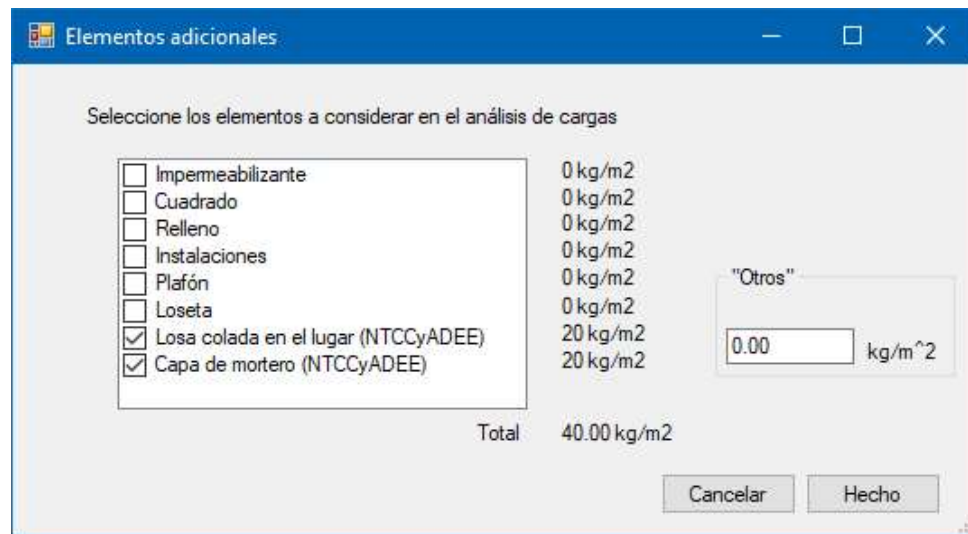
Captura 65.0. Formulario universal para la selección de tableros, en la captura los tableros seleccionados a los que se les asignó un volado.



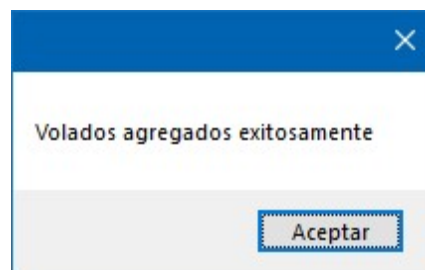
Captura 66.0. Formulario para la selección de la posición de los volados por cada tablero seleccionado.



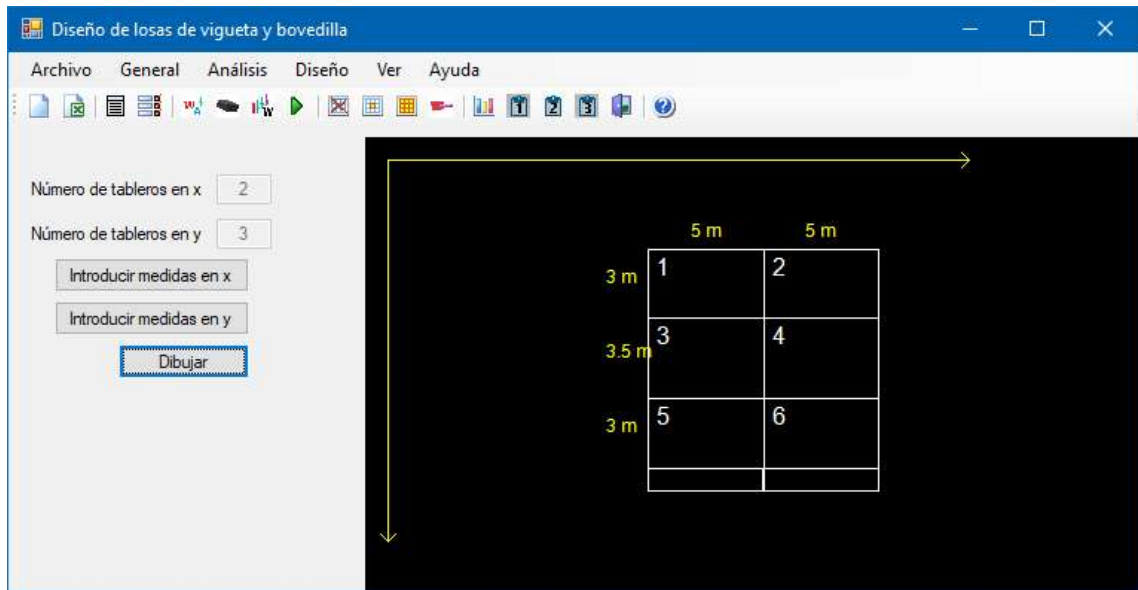
Captura 67.0. Formulario para el ingreso de cargas por elementos no estructurales (volados).



Captura 68.0. Formulario para la selección del uso de la estructura (volados).

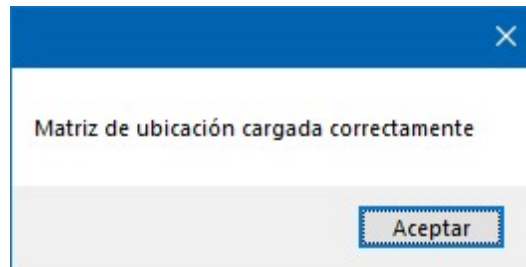


Captura 69.0. Mensaje generado por el programa para notificar que ha concluido la asignación de volados

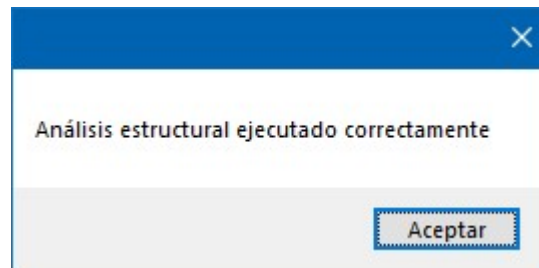


Captura 70.0. Formulario general de diseño con volados dibujados.

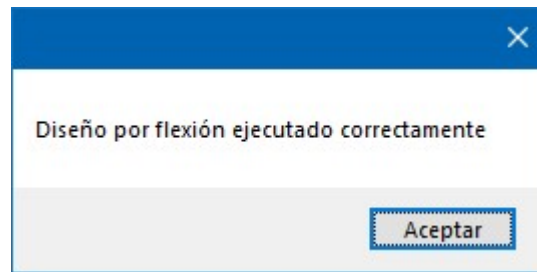
Ejecución de las etapas de análisis y diseño de losas nervadas



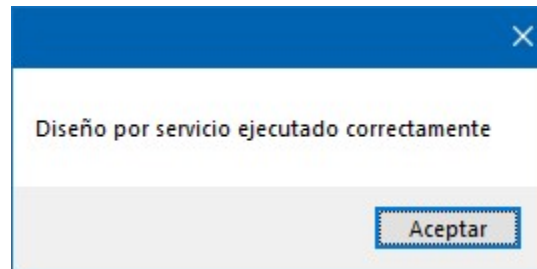
Captura 71.1. Mensaje del programa informando de la correcta creación de la matriz de ubicación.



Captura 71.2. Mensaje del programa indicando la finalización del análisis estructural.



Captura 71.3. Mensaje del programa indicando la finalización del diseño por flexión.



Captura 71.4. Mensaje del programa indicando la finalización del diseño por servicio.

El último mensaje que se muestra al finalizar el proceso de análisis y diseño de los datos es el de la captura 71.4; a diferencia de los módulos anteriores, los resultados no se presentan por sí solos, para ello se emplea el botón llamado Gráficos y los botones que muestran las tablas de análisis y diseños, todos contenidos en la barra de herramientas rápida.

Resultados

Tablero	Tipo	ax (m)	ay (m)	CM+Cvmax factor. (kg/m)	CM+Cvmed factor. (kg/m)
1	Vigueta y bovedilla	5	3	426.0979000	216.383000
2	Vigueta y bovedilla	5	3	426.0979000	216.383000
3	Vigueta y bovedilla	5	3.5	426.0979000	216.383000
4	Vigueta y bovedilla	5	3.5	426.0979000	216.383000
5	Vigueta y bovedilla	5	3	426.0979000	216.383000
6	Vigueta y bovedilla	5	3	426.0979000	216.383000

Captura 72.0. Tabla Datos de inicio generada por el tablero.

Tablero	ID	Coordenada m. max. (cm)	Momento U.(kg-m)	A. nec. (cm2)	Arreglo (-)	A. real (cm2)	Punto inflexión (cm)	L. barra (cm)	L. traslape (cm)	Vu (kg)
1	Izquierda	0	0	0	--	0	0	0	0	481.69
1	Centro	113.0481633446...	272.2741556661...	0.447446458621...	2 varillas corridas #3	1.42	--	--	39.9	--
1	Derecha	3	472.353	0.843390671006...	1 varilla #4	1.27	226.00	102.4848561525...	45.72	796.59

Captura 73.0. Vista de la Tabla uno.

Comparación de resultados

Cómo en los módulos anteriores, a fin de facilitar la comparación, los resultados se han organizado en capturas de las tablas generadas por el programa y compilaciones de los obtenidos a mano. Puede concluirse de la revisión de ambos elementos que se trata de los mismos valores.

Tablero I. Análisis y diseño por flexión

Coordenada m. max. (cm)	Momento U.(kg-m)	A. nec. (cm2)	Arreglo (-)	A. real (cm2)	Punto inflexión (cm)
0	0	0	--	0	0
113.0481633446...	272.2741556661...	0.447446458621...	2 varillas corridas #3	1.42	--
300	472.353	0.843390671006...	1 varilla #4	1.27	226.00

Captura 74.1.1. Captura de la Tabla de resultado uno, con los valores para el tablero uno.

L. barra (cm)	L. traslape (cm)	Vu (kg)	Vcr (kg)	Refuerzo trans.	Separación refuerzo t.(cm)
0	0	481.6958500	771.628275	E#2.5	26
--	39.9	--	--	--	--
102.4848561525...	45.72	796.5978500	732.65715	E#2.5	26

Captura 74.1.2. Captura de la Tabla de resultado uno, con los valores para el tablero uno.

Coordenada m. (cm)	Momento (kg-m)	A. Nec. (cm ²)	Arreglo	A. real (cm ²)	Punto de inflexión (cm)
0	0	0	-	-	0
113.048939	272.28	0.45	2#3	1.42	-
300	472.3	0.84	1#4	1.27	226.10

Captura 79.1.1. Compilación de resultados obtenidos a mano para el tablero uno.

L. Barra (cm)	L. Traslape (cm)	Vu (kg)	Vcr (kg)	Refuerzo trans.	Separación R. Trans. (cm)
-	-	482	772	E#2.5	26
-	40	-	-	-	-
102	46	797	733	E#2.5	26

Captura 79.1.2. Compilación de resultados obtenidos a mano para el tablero uno.

Tablero II. Análisis y diseño por flexión

Coordenada m. max. (cm)	Momento U.(kg-m)	A. nec. (cm ²)	Arreglo (-)	A. real (cm ²)	Punto inflexión (cm)
0	0	0	--	0	0
113.0481633446...	272.2741556661...	0.447446458621...	2 varillas corridas #3	1.42	--
300	472.353	0.843390671006...	1 varilla #4	1.27	226.00

Captura 74.2.1. Captura de la Tabla de resultado uno, con los valores para el tablero dos.

L. barra (cm)	L. traslape (cm)	Vu (kg)	Vcr (kg)	Refuerzo trans.	Separación refuerzo t.(cm)
0	0	481.6958500	771.628275	E#2.5	26
--	39.9	--	--	--	--
102.4848561525...	45.72	796.5978500	732.65715	E#2.5	26

Captura 74.2.2. Captura de la Tabla de resultado uno, con los valores para el tablero dos.

Coordenada m. (cm)	Momento (kg-m)	A. Nec. (cm ²)	Arreglo	A. real (cm ²)	Punto de inflexión (cm)
0	0	0	-	-	0
113.048939	272.28	0.45	2#3	1.42	-
300	472.3	0.84	1#4	1.27	226.10

Captura 79.2.1. Compilación de resultados obtenidos a mano para el tablero uno.

L. Barra (cm)	L. Traslape (cm)	Vu (kg)	Vcr (kg)	Refuerzo trans.	Separación R. Trans. (cm)
-	-	482	772	E#2.5	26
-	40	-	-	-	-
102	46	797	733	E#2.5	26

Captura 79.2.2. Compilación de resultados obtenidos a mano para el tablero uno.

Tablero III. Análisis y diseño por flexión

Coordenada m. max. (cm)	Momento U.(kg-m)	A. nec. (cm ²)	Arreglo (-)	A. real (cm ²)	Punto inflexión (cm)
0	-472.352	0.843390671006...	1 varilla corrida #4	1.27	77.500
181.7134135807...	231.1306193288...	0.447446458621...	2 varillas corridas #3	1.42	--
350.0	372.232	0.657918732940...	1 varilla #3	0.71	285.800

Captura 74.3.1. Captura de la Tabla de resultado uno, con los valores para el tablero tres.

L. barra (cm)	L. traslape (cm)	Vu (kg)	Vcr (kg)	Refuerzo trans.	Separación refuerzo t.(cm)
105.9848561525...	45.72	774.2770392857...	732.65715	E#2.5	26
--	39.9	--	--	--	--
85.50756956290...	39.9	717.0656107142...	587.16495	E#2.5	26

Captura 74.3.2. Captura de la Tabla de resultado uno, con los valores para el tablero tres.

Coordenada m. (cm)	Momento (kg-m)	A. Nec. (cm ²)	Arreglo	A. real (cm ²)	Punto de inflexión (cm)
0	-472	0.84	1#4	1.27	77.56
181.72	231	0.45	2#3	1.42	-
350.00	372	0.66	1#3	0.71	285.87

Captura 79.3.1. Compilación de resultados obtenidos a mano para el tablero tres.

L. Barra (cm)	L. Traslape (cm)	Vu (kg)	Vcr (kg)	Refuerzo trans.	Separación R. Trans. (cm)
106	46	774	733	E#2.5	26
-	40	-	-	-	-
85	41	717	587	E#2.5	26

Captura 79.3.2. Compilación de resultados obtenidos a mano para el tablero tres.

Tablero IV. Análisis y diseño por flexión

Coordenada m. max. (cm)	Momento U.(kg-m)	A. nec. (cm ²)	Arreglo (-)	A. real (cm ²)	Punto inflexión (cm)
0	-472.352	0.843390671006...	1 varilla comida #4	1.27	77.500
181.7134135807...	231.1306193288...	0.447446458621...	2 varillas comidas #3	1.42	--
350.0	372.232	0.657918732940...	1 varilla #3	0.71	285.800

Captura 74.4.1. Captura de la Tabla de resultado uno, con los valores para el tablero cuatro.

L. barra (cm)	L. traslape (cm)	Vu (kg)	Vcr (kg)	Refuerzo trans.	Separación refuerzo t.(cm)
105.9848561525...	45.72	774.2770392857...	732.65715	E#2.5	26
--	39.9	--	--	--	--
85.50756956290...	39.9	717.0656107142...	587.16495	E#2.5	26

Captura 74.4.2. Captura de la Tabla de resultado uno, con los valores para el tablero cuatro.

Coordenada m. (cm)	Momento (kg-m)	A. Nec. (cm ²)	Arreglo	A. real (cm ²)	Punto de inflexión (cm)
0	-472	0.84	1#4	1.27	77.56
181.72	231	0.45	2#3	1.42	-
350.00	372	0.66	1#3	0.71	285.87

Captura 79.4.1. Compilación de resultados obtenidos a mano para el tablero tres.

L. Barra (cm)	L. Traslape (cm)	Vu (kg)	Vcr (kg)	Refuerzo trans.	Separación R. Trans. (cm)
106	46	774	733	E#2.5	26
-	40	-	-	-	-
85	41	717	587	E#2.5	26

Captura 79.4.2. Compilación de resultados obtenidos a mano para el tablero tres.

Tablero V. Análisis y diseño por flexión

Coordenada m. max. (cm)	Momento U.(kg-m)	A. nec. (cm ²)	Arreglo (-)	A. real (cm ²)	Punto inflexión (cm)
0	-372.231	0.657918732940...	1 varilla comida #3	0.71	74.600
154.3168483111...	135.1171580391...	0.447446458621...	2 varillas comidas #3	1.42	--
300	317.049	0.557565251223...	1 varilla #3	0.71	233.900

Captura 74.5.1. Captura de la Tabla de resultado uno, con los valores para el tablero cinco.

L. barra (cm)	L. traslape (cm)	Vu (kg)	Vcr (kg)	Refuerzo trans.	Separación refuerzo t.(cm)
95.90756956290...	39.9	657.5408500	587.16495	E#2.5	26
--	39.9	--	--	--	--
87.40756956290...	39.9	620.7528500	587.16495	E#2.5	26

Captura 74.5.2. Captura de la Tabla de resultado uno, con los valores para el tablero cinco.

Coordenada m. (cm)	Momento (kg-m)	A. Nec. (cm ²)	Arreglo	A. real (cm ²)	Punto de inflexión (cm)
0	-372	0.66	1#3	0.71	74.68
154.32	135	0.45	2#3	1.42	-
300.00	317	0.56	1#3	0.71	233.95

Captura 79.5.1. Compilación de resultados obtenidos a mano para el tablero cinco.

L. Barra (cm)	L. Traslape (cm)	Vu (kg)	Vcr (kg)	Refuerzo trans.	Separación R. Trans. (cm)
96	40	658	587	E#2.5	26
-	40	-	-	-	-
87	40	621	587	E#2.5	26

Captura 79.5.2. Compilación de resultados obtenidos a mano para el tablero cinco.

Tablero VI. Análisis y diseño por flexión

Coordenada m. max. (cm)	Momento U.(kg-m)	A. nec. (cm ²)	Arreglo (-)	A. real (cm ²)	Punto inflexión (cm)
0	-372.231	0.657918732940...	1 varilla corrida #3	0.71	74.600
154.3168483111...	135.1171580391...	0.447446458621...	2 varillas corridas #3	1.42	--
300	317.049	0.557565251223...	1 varilla #3	0.71	233.900

Captura 74.6.1. Captura de la Tabla de resultado uno, con los valores para el tablero seis.

L. barra (cm)	L. traslape (cm)	Vu (kg)	Vcr (kg)	Refuerzo trans.	Separación refuerzo t.(cm)
95.90756956290...	39.9	657.5408500	587.16495	E#2.5	26
--	39.9	--	--	--	--
87.40756956290...	39.9	620.7528500	587.16495	E#2.5	26

Captura 74.6.2. Captura de la Tabla de resultado uno, con los valores para el tablero seis.

Coordenada m. (cm)	Momento (kg-m)	A. Nec. (cm ²)	Arreglo	A. real (cm ²)	Punto de inflexión (cm)
0	-372	0.66	1#3	0.71	74.68
154.32	135	0.45	2#3	1.42	-
300.00	317	0.56	1#3	0.71	233.95

Captura 79.6.1. Compilación de resultados obtenidos a mano para el tablero cinco

L. Barra (cm)	L. Traslape (cm)	Vu (kg)	Vcr (kg)	Refuerzo trans. E#2.5	Separación R. Trans. (cm)
96	40	658	587	E#2.5	26
-	40	-	-	-	-
87	40	621	587	E#2.5	26

Captura 79.6.2. Compilación de resultados obtenidos a mano para el tablero cinco.

Tablero I. Diseño por servicio

ID	Coor. mom. CVmed (m)	Momento CVmed (kg-m)	Profundidad c (cm)
Izquierda	0	0	0
Centro	1.127677158864...	137.5823457404...	2.291372644019...
Derecha	3	241.693	5.2322918252859

Captura 75.1.1. Captura de la Tabla de resultado dos, con los valores para el tablero uno.

Inercia T.A. (cm ⁴)	Esfuerzo fs (kg/cm ²)	fs(dcA) ^{(1/3)h²/h¹} (kg/cm)	Límite para fs(dcA) ^{(1/3)h²/h¹} (kg/cm)
0	0	0	40000
2901.405910196...	657.4891486226...	3103.100286219...	40000
1882.968335855...	1383.474808049...	16837.11888419...	40000

Captura 75.1.2. Captura de la Tabla de resultado dos, con los valores para el tablero uno.

Inercia prom. (cm ⁴)	Coordenada deflex. (cm)	Deflexión instantánea (mm)	Deflexión diferida (mm)	Deflexión total (mm)	Deflexión permisible (mm)
2561.926718749...	126.7599597091...	1.963331821577...	3.926663643154...	5.889995464731...	12.5
2561.926718749...	150	1.890222326742...	3.780444653485...	5.670666980227...	12.5

Captura 75.1.3. Captura de la Tabla de resultado dos, con los valores para el tablero seis.

Momento C.V.M. (kg-m)	Profundidad c (cm)	Inercia T.A. (cm ⁴)	Esfuerzo fs (kg/cm ²)	$f_s(d.c.A)^{(1/3)R3}$	Límite de agrietamiento
0.0	-	0.0	0	-	40000
137.6	2.3	2901.4	657.501353	3103.16	40000
241.7	5.2	1883.0	1383.43592	16836.6456	40000

Captura 80.1.1. Compilación de resultados obtenidos a mano para el tablero uno.

	Iner. P. (cm ⁴)	Coor. Def. (cm)	Deflex. Inst. (mm)	Deflex. Dif. (mm)	Deflex. T. (mm)	Deflex. P. (mm)
Deflex. M.	2561.9	126.8	1.96	3.92	5.89	12.5
C. Claro	2561.9	150	1.89	3.78	5.67	12.5

Captura 80.1.2. Compilación de resultados obtenidos a mano para el tablero uno.

Tablero II. Diseño por servicio

ID	Coor. mom. CVmed (m)	Momento CVmed (kg-m)	Profundidad c (cm)
Izquierda	0	0	0
Centro	1.127677158864...	137.5823457404...	2.291372644019...
Derecha	3	241.693	5.2322918252859

Captura 75.2.1. Captura de la Tabla de resultado dos, con los valores para el tablero dos.

Inercia T.A. (cm ⁴)	Esfuerzo fs (kg/cm ²)	$f_s(d.c.A)^{(1/3)h2/h1}$ (kg/cm)	Límite para $f_s(d.c.A)^{(1/3)h2/h1}$ (kg/cm)
0	0	0	40000
2901.405910196...	657.4891486226...	3103.100286219...	40000
1882.968335855...	1383.474808049...	16837.11888419...	40000

Captura 75.2.2. Captura de la Tabla de resultado dos, con los valores para el tablero dos.

Inercia prom. (cm ⁴)	Coordenada deflex. (cm)	Deflexión instantánea (mm)	Deflexión diferida (mm)	Deflexión total (mm)	Deflexión permisible (mm)
2561.926718749...	126.7599597091...	1.963331821577...	3.926663643154...	5.889995464731...	12.5
2561.926718749...	150	1.890222326742...	3.780444653485...	5.670666980227...	12.5

Captura 75.2.3. Captura de la Tabla de resultado dos, con los valores para el tablero seis.

Momento C.V.M. (kg-m)	Profundidad c (cm)	Inercia T.A. (cm ⁴)	Esfuerzo fs (kg/cm ²)	$f_s(d_c A)^{1/3} R_3$	Límite de agrietamiento
0.0	-	0.0	0	-	40000
137.6	2.3	2901.4	657.501353	3103.16	40000
241.7	5.2	1883.0	1383.43592	16836.6456	40000

Captura 80.2.1. Compilación de resultados obtenidos a mano para el tablero dos.

	Iner. P. (cm ⁴)	Coor. Def. (cm)	Deflex. Inst. (mm)	Deflex. Dif. (mm)	Deflex. T. (mm)	Deflex. P. (mm)
Deflex. M.	2561.9	126.8	1.96	3.92	5.89	12.5
C. Claro	2561.9	150	1.89	3.78	5.67	12.5

Captura 80.2.2. Compilación de resultados obtenidos a mano para el tablero dos.

Tablero III. Diseño por servicio

ID	Coor. mom. CVmed (m)	Momento CVmed (kg-m)	Profundidad c (cm)
Izquierda	0	-241.693	5.2322918252859
Centro	1.828470648275...	120.0241733437...	2.224242682793...
Derecha	3.5	182.264	4.118846878017...

Captura 75.3.1. Captura de la Tabla de resultado dos, con los valores para el tablero tres.

Inercia T.A. (cm ⁴)	Esfuerzo fs (kg/cm ²)	$f_s(d_c A)^{1/3} h_2/h_1$ (kg/cm)	Límite para $f_s(d_c A)^{1/3} h_2/h_1$ (kg/cm)
1882.968335855...	1383.474808049...	17203.25735371...	40000
2920.579792450...	572.7111461661...	2700.804943467...	40000
1198.320013066...	1817.151070071...	22163.09013602...	40000

Captura 75.3.2. Captura de la Tabla de resultado dos, con los valores para el tablero tres.

Inercia prom. (cm ⁴)	Coordenada deflex. (cm)	Deflexión instantánea (mm)	Deflexión diferida (mm)	Deflexión total (mm)	Deflexión permisible (mm)
2230.611983455...	182.2353314373...	2.318200289620...	4.636400579241...	6.954600868861...	14.583333333333...
2230.611983455...	175.0	2.310816041899...	4.621632083798...	6.932448125697...	14.583333333333...

Captura 75.3.3. Captura de la Tabla de resultado dos, con los valores para el tablero seis.

Momento C.V.M. (kg-m)	Profundidad c (cm)	Inercia T.A. (cm ⁴)	Esfuerzo fs (kg/cm ²)	$f_s(d_c A)^{1/3} R_3$	Límite de agrietamiento
-241.7	5.2	1883.0	1383.43592	17202.7738	40000
120.0	2.2	2920.6	572.713628	2700.82	40000
182.3	4.1	1198.3	1817.08084	22162.2335	40000

Captura 80.3.1. Compilación de resultados obtenidos a mano para el tablero tres.

	Iner. P. (cm ⁴)	Coord. Def. (cm)	Deflex. Inst. (mm)	Deflex. Dif. (mm)	Deflex. T. (mm)	Deflex. P. (mm)
Deflex. M.	2230.6	182.2	2.32	4.63642273	6.95	14.6
C. Claro	2230.6	175.0	2.31	4.62164749	6.93	14.6

Captura 80.3.2. Compilación de resultados obtenidos a mano para el tablero tres.

Tablero IV. Diseño por servicio

ID	Coord. mom. CVmed (m)	Momento CVmed (kg-m)	Profundidad c (cm)
Izquierda	0	-241.693	5.2322918252859
Centro	1.828470648275...	120.0241733437...	2.224242682793...
Derecha	3.5	182.264	4.118846878017...

Captura 75.4.1. Captura de la Tabla de resultado dos, con los valores para el tablero cuatro.

Inercia T.A. (cm ⁴)	Esfuerzo fs (kg/cm ²)	$f_s(d_c A)^{1/3} h_2/h_1$ (kg/cm)	Límite para $f_s(d_c A)^{1/3} h_2/h_1$ (kg/cm)
1882.968335855...	1383.474808049...	17203.25735371...	40000
2920.579792450...	572.7111461661...	2700.804943467...	40000
1198.320013066...	1817.151070071...	22163.09013602...	40000

Captura 75.4.2. Captura de la Tabla de resultado dos, con los valores para el tablero cuatro.

Inercia prom. (cm ⁴)	Coordenada deflex. (cm)	Deflexión instantánea (mm)	Deflexión diferida (mm)	Deflexión total (mm)	Deflexión permisible (mm)
2230.611983455...	182.2353314373...	2.318200289620...	4.636400579241...	6.954600868861...	14.58333333333...
2230.611983455...	175.0	2.310816041899...	4.621632083798...	6.932448125697...	14.58333333333...

Captura 75.4.3. Captura de la Tabla de resultado dos, con los valores para el tablero seis.

Momento C.V.M. (kg-m)	Profundidad c (cm)	Inercia T.A. (cm ⁴)	Esfuerzo fs (kg/cm ²)	$f_s(d_c A)^{1/3} R_3$	Límite de agrietamiento
-241.7	5.2	1883.0	1383.43592	17202.7738	40000
120.0	2.2	2920.6	572.713628	2700.82	40000
182.3	4.1	1198.3	1817.08084	22162.2335	40000

Captura 80.4.1. Compilación de resultados obtenidos a mano para el tablero cuatro.

	Iner. P. (cm ⁴)	Coor. Def. (cm)	Deflex. Inst. (mm)	Deflex. Dif. (mm)	Deflex. T. (mm)	Deflex. P. (mm)
Deflex. M.	2230.6	182.2	2.32	4.63642273	6.95	14.6
C. Claro	2230.6	175.0	2.31	4.62164749	6.93	14.6

Captura 80.4.2. Compilación de resultados obtenidos a mano para el tablero tres.

Tablero V. Diseño por servicio

ID	Coor. mom. CVmed (m)	Momento CVmed (kg-m)	Profundidad c (cm)
Izquierda	0	-182.264	4.118846878017...
Centro	1.490869584640...	58.21239432863...	2.291372644019...
Derecha	3	188.191	4.118846878017...

Captura 75.5.1. Captura de la Tabla de resultado dos, con los valores para el tablero cinco.

Inercia T.A. (cm ⁴)	Esfuerzo fs (kg/cm ²)	$f_s(d_c A)^{1/3} h^2/h_1$ (kg/cm)	Límite para $f_s(d_c A)^{1/3} h^2/h_1$ (kg/cm)
1198.320013066...	1817.151070071...	21691.39110045...	40000
2901.405910196...	278.1898897016...	1312.951138684...	40000
1198.320013066...	1876.242576854...	22396.76832828...	40000

Captura 75.5.2. Captura de la Tabla de resultado dos, con los valores para el tablero cinco.

Inercia prom. (cm ⁴)	Coordenada deflex. (cm)	Deflexión instantánea (mm)	Deflexión diferida (mm)	Deflexión total (mm)	Deflexión permisible (mm)
2049.862961631...	148.7272398992...	0.508005485278...	1.016010970556...	1.524016455834...	12.5
2049.862961631...	150	0.507884761496...	1.015769522993...	1.523654284490...	12.5

Captura 75.5.3. Captura de la Tabla de resultado dos, con los valores para el tablero seis.

Momento C.V.M. (kg-m)	Profundidad c (cm)	Inercia T.A. (cm ⁴)	Esfuerzo fs (kg/cm ²)	$f_s(d_c A)^{1/3} R_3$	Límite de agrietamiento
-182.3	4.1	1198.3	1817.08084	21690.5527	40000
58.2	2.3	2901.4	278.183275	1312.92	40000
188.2	4.1	1198.3	1876.17557	22395.9685	40000

Captura 80.5.1. Compilación de resultados obtenidos a mano para el tablero cinco.

	Iner. P. (cm ⁴)	Coord. Def. (cm)	Deflex. Inst. (mm)	Deflex. Dif. (mm)	Deflex. T. (mm)	Deflex. P. (mm)
Deflex. M.	2049.9	148.7	0.51	1.0159327	1.52	12.5
C. Claro	2049.9	150.0	0.51	1.0156926	1.52	12.5

Captura 80.5.2. Compilación de resultados obtenidos a mano para el tablero cinco.

Tablero VI. Diseño por servicio

Coord. mom. CVmed (m)	Momento CVmed (kg-m)	Profundidad c (cm)	Inercia T.A. (cm ⁴)
0	-182.264	4.118846878017...	1198.320013066...
1.490869584640...	58.21239432863...	2.291372644019...	2901.405910196...
3	188.191	4.118846878017...	1198.320013066...

Captura 75.6.1. Captura de la Tabla de resultado dos, con los valores para el tablero seis.

Inercia T.A. (cm ⁴)	Esfuerzo fs (kg/cm ²)	$f_s(d_c A)^{1/3} h_2/h_1$ (kg/cm)	Límite para $f_s(d_c A)^{1/3} h_2/h_1$ (kg/cm)
1198.320013066...	1817.151070071...	21691.39110045...	40000
2901.405910196...	278.1898897016...	1312.951138684...	40000
1198.320013066...	1876.242576854...	22396.76832828...	40000

Captura 75.6.2. Captura de la Tabla de resultado dos, con los valores para el tablero seis.

Inercia prom. (cm ⁴)	Coordenada deflex. (cm)	Deflexión instantánea (mm)	Deflexión diferida (mm)	Deflexión total (mm)	Deflexión permisible (mm)
2049.862961631...	148.7272398992...	0.508005485278...	1.016010970556...	1.524016455834...	12.5
2049.862961631...	150	0.507884761496...	1.015769522993...	1.523654284490...	12.5

Captura 75.6.3. Captura de la Tabla de resultado dos, con los valores para el tablero seis.

Momento C.V.M. (kg-m)	Profundidad c (cm)	Inercia T.A. (cm ⁴)	Esfuerzo fs (kg/cm ²)	$f_s(d_c A)^{1/3} R_3$	Límite de agrietamiento
-182.3	4.1	1198.3	1817.08084	21690.5527	40000
58.2	2.3	2901.4	278.183275	1312.92	40000
188.2	4.1	1198.3	1876.17557	22395.9685	40000

Table 80.6.1. Compilación de resultados obtenidos a mano para el tablero seis.

	Iner. P. (cm ⁴)	Coor. Def. (cm)	Deflex. Inst. (mm)	Deflex. Dif. (mm)	Deflex. T. (mm)	Deflex. P. (mm)
Deflex. M.	2049.9	148.7	0.51	1.0159327	1.52	12.5
C. Claro	2049.9	150.0	0.51	1.0156926	1.52	12.5

Captura 80.6.2 Compilación de resultados obtenidos a mano para el tablero cinco.

Análisis y diseño de volados

L. Volados (cm)	P. pretil (kg)	CVmax. vol (kg/m ²)	CVmed. vol (kg/m ²)	CM + CVmax (kg/m)	Momento U. (kg-m)
100	80.0	190	80	426.0979000	317.04895
100	80.0	190	80	426.0979000	317.04895

Captura 76.1. Vista de la Tabla tres.

Área acero nec. (cm ²)	Arreglo	Área real vol. (cm ²)	Vu vol. (kg)	Vcr volados (kg)	Diametro estribos
0.557654060061...	1 vanilla comida #3	0.71	530.0979000	587.16495	2.5
0.557654060061...	1 vanilla comida #3	0.71	530.0979000	587.16495	2.5

Captura 76.2. Vista de la Tabla tres.

L. barra Vol(cm)	CVmed+CM (kg/m ²)	Momento max. Serv. (kg-m)	Profundidad c (cm)	Inercia (cm ⁴)	Desplazamiento max. (mm)
100	216.383000	188.1915	4.118846878017...	1198.320013066...	2.352695645073...
100	216.383000	188.1915	4.118846878017...	1198.320013066...	2.352695645073...

Captura 76.3. Vista de la Tabla tres.

Des. diferido (mm)	Des. total (mm)	Des. permisible (mm)	Esfuerzo fs (kg/cm ²)	fs(dcA) ^(1/3) R1
4.705391290146...	7.058086935219...	8.333333333333...	1876.242576854...	15529.05182943...
4.705391290146...	7.058086935219...	8.333333333333...	1876.242576854...	15529.05182943...

Captura 76.4. Vista de la Tabla tres.

L. Volados (cm)	P. Pretil (kg)	CVmax (kg/m ²)	Cvmed (kg/m ²)	CM+CVmax (kg/m)	Momento CVmax(kg-m)	Acero nec. (cm ²)	Arreglo
100	80	190	80	426	-317	0.56	1#3
100	80	190	80	426	-317	0.56	1#3

Table 81.1. Compilación de resultados obtenidos a mano para volados.

Acero real (cm ²)	Vu (kg)	Vcr (kg)	Diámetro estribo	L. Barra (cm)	Cm+CVmed (kg/m ²)	Momento m. Serv. (kg-m)	Profundidad c (cm)
0.71	530	587	2.5	100	216	-188	4.12
0.71	530	587	2.5	100	216	-188	4.12

Table 81.2. Compilación de resultados obtenidos a mano para volados.

Inercia T. A. (cm ⁴)	Deflex max (mm)	Deflex. Dif. (mm)	Deflex. T. (mm)	Deflex. P. (mm)	Esfuerzo fs (kg/cm ²)	f _s (d _c A) ^(1/3) R3
1198	2.35	4.7	7.06	8.3	1876	15528
1198	2.35	4.7	7.06	8.3	1876	15528

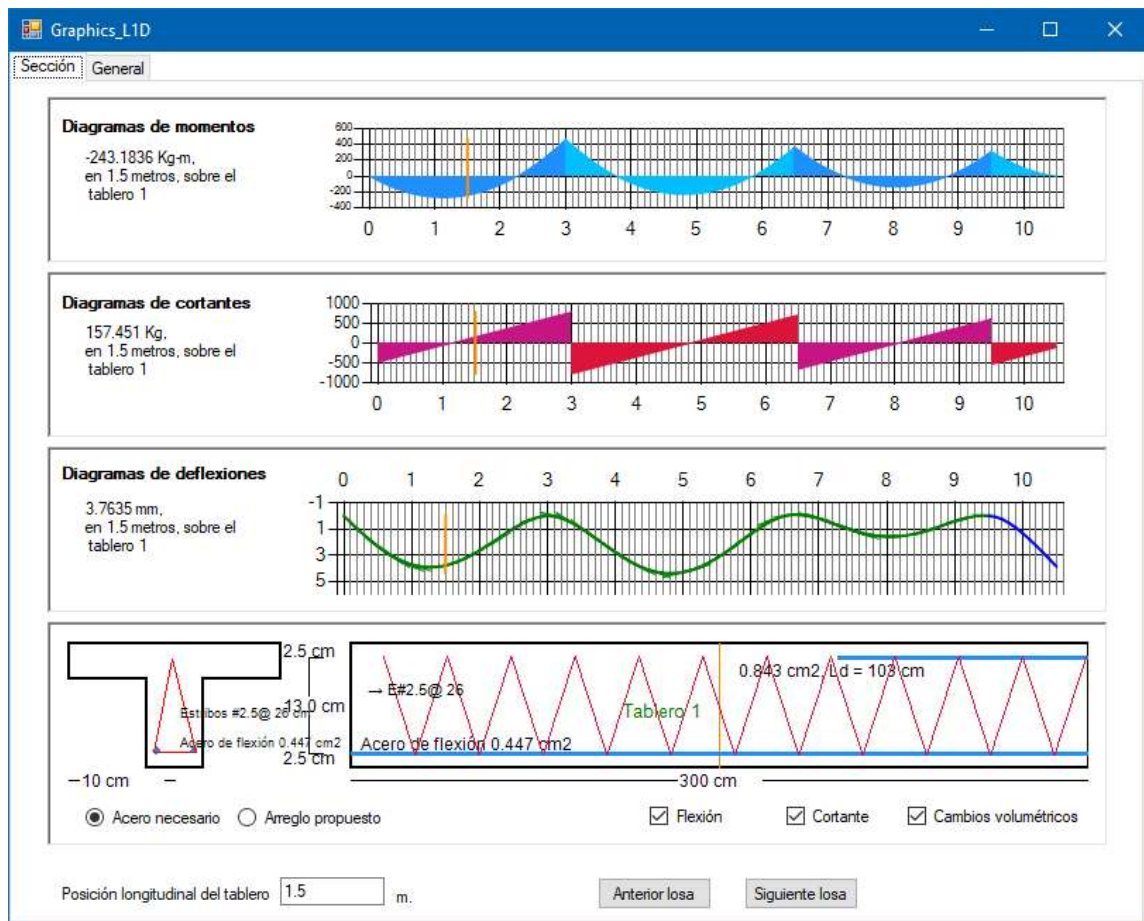
Table 81.3 Compilación de resultados obtenidos a mano para volados.

Implementaciones secundarias

Puede notarse de las siguientes capturas que el formulario que presenta los gráficos para las losas en una dirección es distinto al de las anteriores; contiene solo dos pestañas de vistas y los controles inferiores de visualización son distintos.

El contenido de la pestaña llamada Sección se muestra en la captura 77.1, esta se divide en cuatro contenedores, el primero de ellos es la gráfica de la ecuación de momentos de la losa en el sentido de análisis seleccionado, el segundo, el de los cortantes obtenidos del modelo estructural, el tercero de ellos permite apreciar

las curvas de deflexiones (se ha graficado con una exageración visual de los desplazamientos), el último de estos plasma la configuración que deben y pueden llevar los arreglos de acero de la losa (los dos controles contenidos aquí mismo permiten cambiar de vista entre la configuración necesaria y una propuesta para este mismo); a la izquierda de este se proyecta el corte transversal del elemento que cambia según la posición del marcador.

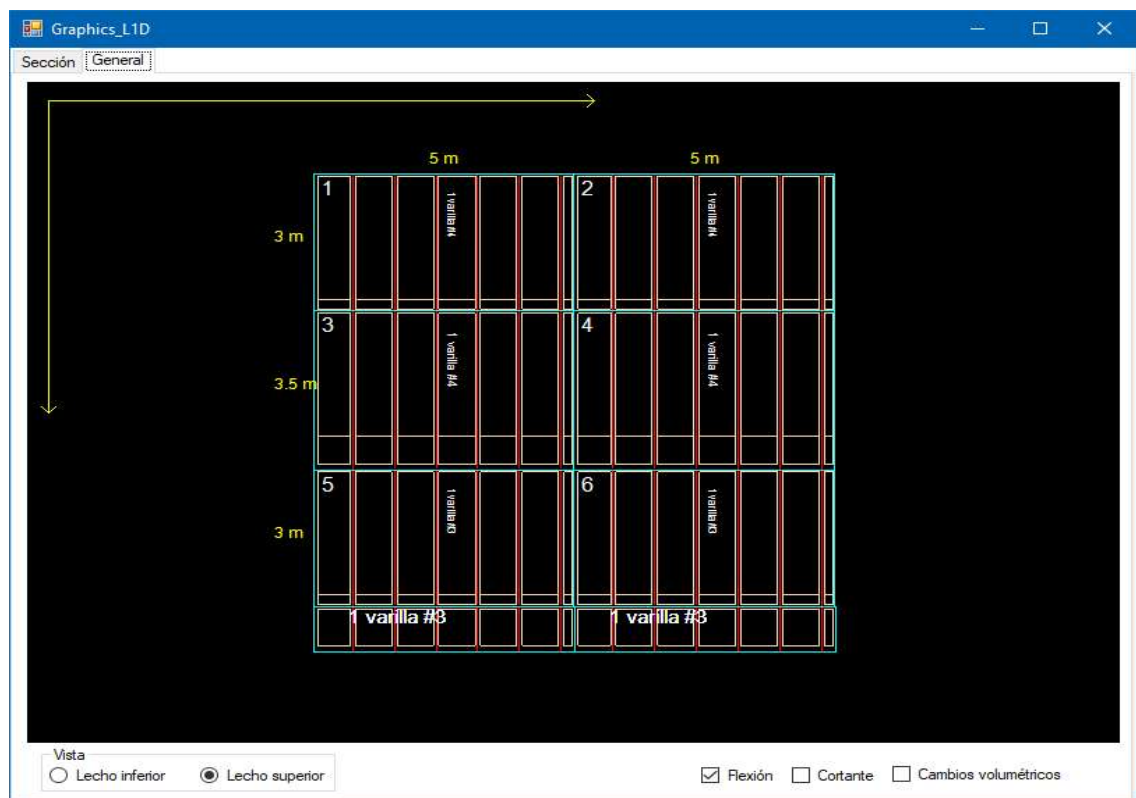


Captura 77.1. Vista de la pestaña Sección.

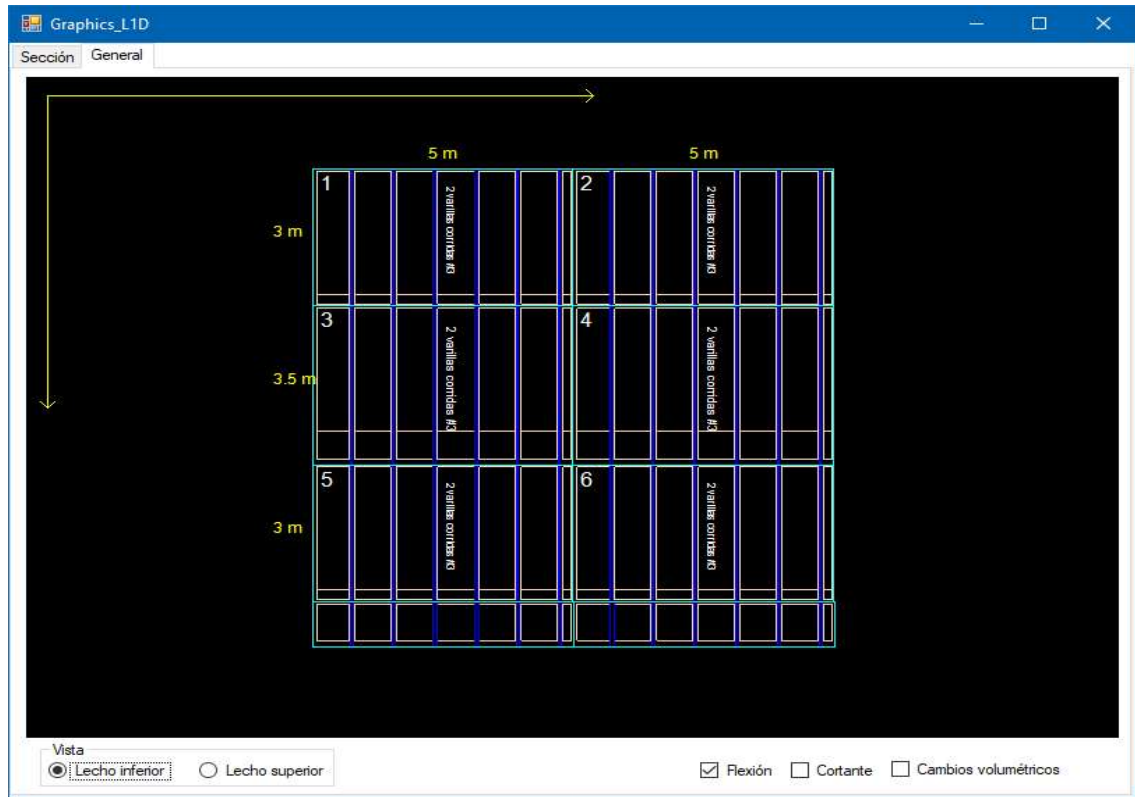
El campo situado en la esquina inferior izquierda del formulario permite obtener información de la losa a lo largo de su dimensión longitudinal seleccionada para el análisis; a diferencia de los tres primeros contenedores, el cuarto, no muestra

la longitud total sino en exclusiva el tablero en el que se encuentre el marcador indicado con este control.

El contenido de la pestaña General puede verse en las capturas 77.2 y 77.3, en ella se presenta el conjunto de la losa con una representación de los aligerantes y el refuerzo por flexión, con los controles situados en la esquina inferior izquierda puede cambiarse de vista entre el lecho superior e inferior.



Captura 77.2. Vista de la pestaña General, lecho superior.



Captura 77.3. Vista de la pestaña General, lecho inferior

4.5 Losa maciza en una dirección

4.5.1 Ejemplo de análisis y diseño de losa maciza en una dirección.

Se trata de una losa maciza en una dirección, al igual que el ejemplo de vigueta y bovedilla, con dos claros en sentido horizontal y tres en vertical con uso de departamento, además de un volado con peso de pretil de 100 kg/m; la dirección de análisis se orienta sobre los claros cortos. El modelo estructural que se empleó fue el de una viga de tres claros y un saliente en su extremo derecho.

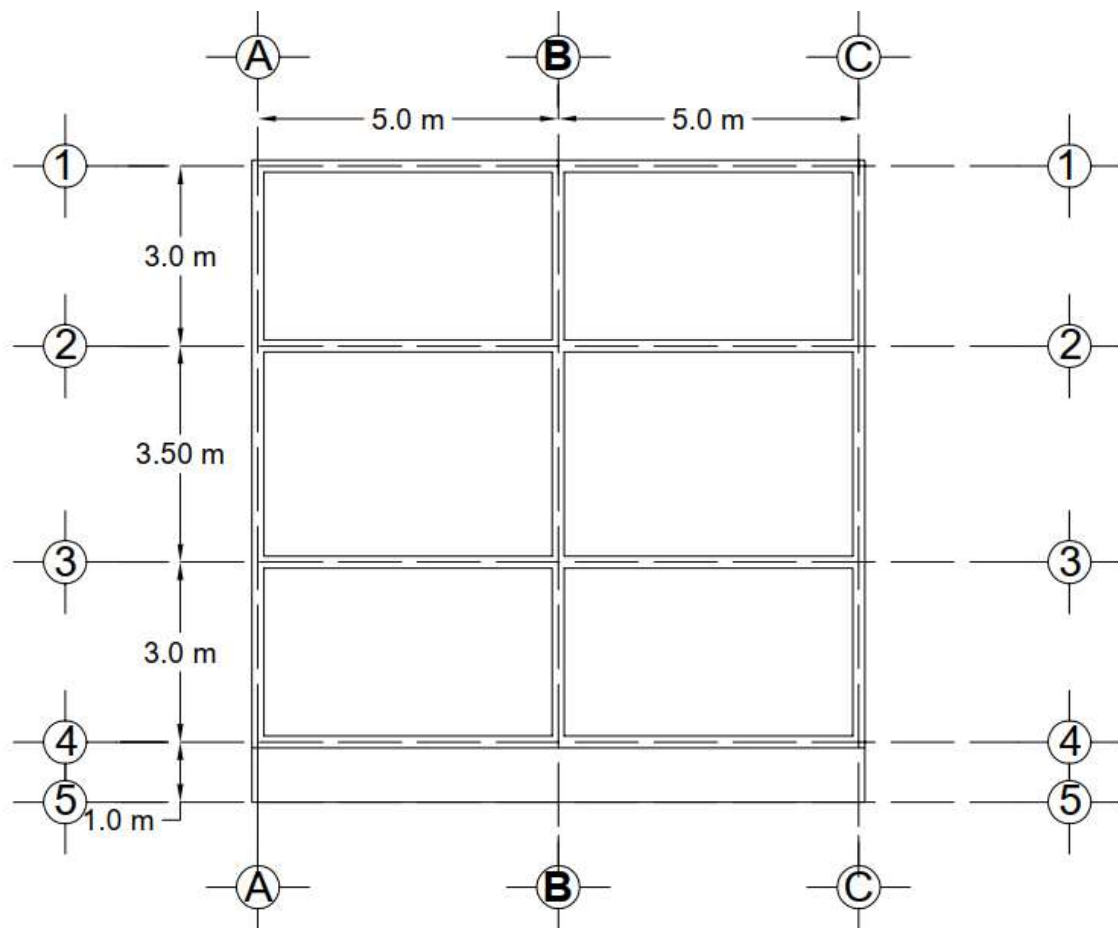


Figura 19.0. Distribución de los tableros de la losa, dado que no existe diferencia con el esquema de la losa de vigueta y bovedilla es en realidad la repetición de la figura 16.

Las mismas constantes empleadas en el diseño de viguetas fueron usadas para este ejemplo; concreto clase uno en condiciones normales de exposición. Para la evaluación de los desplazamientos permisibles se consideró que estos no afectan a elementos no estructurales. El resto de la información se encuentra en las tablas 82.1 y 82.2. Los procesos de este capítulo son similares a los de la vigueta y bovedilla por lo que se vuelve innecesario volver a repetirlos, solo se presentan aquí los resultados.

Uso	Clasificación	f'_c (kg/cm ²)	f'_c (kg/cm ²)	F.C (muerta)	F.C (viva)	Recubrim
Departamentos	B	300	255	1.3	1.5	2.5

Tabla 82.1. Constantes de diseño en losa de vigueta y bovedilla.

Es	E_c	f_y (kg/cm ²)
2000000	190525.6	4200

Tabla 82.2. Constantes de diseño para el acero.

Peralte Mínimo

Tablero	Peralte mínimo
I	12.5
II	12.5
V	12.5

Tabla 83.0. Cálculo del peralte efectivo tentativo mínimo.

Análisis de cargas

Carga	(kgf/m ²)
V. max	190
V. inst	100
V. med	80

Tabla 84.1. Cargas vivas correspondientes para una estructura específica según las NTC 2017.

Elem	t(m)	L(m)	B(m)	γ(kgf/m ³)	W(kgf/m ²)
Imper.	-	-	-	-	0.0
Cuadrado	-	-	-	-	0.0
Relleno	-	-	-	-	0.0
Loseta	-	-	-	-	73.0
Losa	0.15	1	1	2400	360.0
Instala	-	-	-	-	40.0
Plafón	-	-	-	-	7.0
Norma	-	-	-	-	40.0
SUMATORIA =					520.0

Tabla 84.2. Peso propio total por metro cuadrado.

Combinación	(kgf/m ²)	Factorizado (kgf/m ²)
CM+Cvmax=	710	961.00
CM+Cvinst=	620	-
CM+Cvmed=	600	600.00

Tabla 84.3. Combinaciones estáticas para el análisis y diseño de losas.

Cálculo de reacciones, puntos y momentos de interés



Figura 19.0. Diagrama de momentos del modelo estructural.

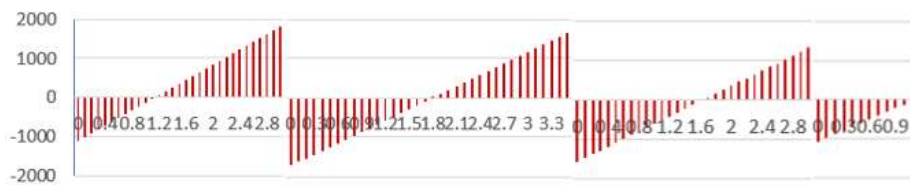


Figura 19.0. Diagrama de momentos del modelo estructural.

$Z_{m\acute{a}x} =$	1.133	$Z_{m\acute{a}x} =$	1.807	$Z_{m\acute{a}x} =$	1.588
$M_{m\acute{a}x} =$	616.72	$M_{m\acute{a}x} =$	511.20	$M_{m\acute{a}x} =$	346.86

Tabla 85.1. Puntos relativos de momentos máximos y momentos máximos.

Viga 1		Viga 2		Viga 3		Volado	
0.00	0.54	0.46	0.46	0.54	1.00	0.00	Factores de distribuci3n
-720.75	720.75	-981.02	981.02	-720.75	720.75	-610.50	Momentos de empotramiento
720.75	140.1	120.1	-120.1	-140.1	-110.3	0.0	Distribuci3n 1
70.1	360.4	-60.1	60.1	-55.1	-70.1	0.0	Momentos transportados 1
-70.1	-161.7	-138.6	-2.3	-2.7	70.1	0.0	Distribuci3n 2
-80.9	-35.0	-1.1	-69.3	35.0	-1.3	0.0	Momentos transportados 2
80.9	19.5	16.7	15.8	18.5	1.3	0.0	Distribuci3n 3
9.7	40.4	7.9	8.3	0.7	9.2	0.0	Momentos transportados 3
-9.7	-26.0	-22.3	-4.2	-4.9	-9.2	0.0	Distribuci3n 4
-13.0	-4.9	-2.1	-11.2	-4.6	-2.4	0.0	Momentos transportados 4
13.0	3.7	3.2	7.3	8.5	2.4	0.0	Distribuci3n 5
1.9	6.5	3.6	1.6	1.2	4.2	0.0	Momentos transportados 5
-1.9	-5.5	-4.7	-1.3	-1.5	-4.2	0.0	Distribuci3n 6
-2.7	-0.9	-0.7	-2.3	-2.1	-0.8	0.0	Momentos transportados 6
2.7	0.9	0.7	2.1	2.4	0.8	0.0	Distribuci3n 7
0.4	1.4	1.0	0.4	0.4	1.2	0.0	Momentos transportados 7
-0.4	-1.3	-1.1	-0.3	-0.4	-1.2	0.0	Distribuci3n 8
-0.6	-0.2	-0.2	-0.6	-0.6	-0.2	0.0	Momentos transportados 8
0.6	0.2	0.2	0.5	0.6	0.2	0.0	Distribuci3n 9
0.1	0.3	0.3	0.1	0.1	0.3	0.0	Momentos transportados 9
-0.1	-0.3	-0.3	-0.1	-0.1	-0.3	0.0	Distribuci3n 10
-0.2	-0.1	0.0	-0.1	-0.2	-0.1	0.0	Momentos transportados 10
0.2	0.1	0.0	0.1	0.2	0.1	0.0	Distribuci3n 11
0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	Momentos transportados 11
0.0	-0.1	-0.1	0.0	0.0	-0.1	0.0	Distribuci3n 12
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Momentos transportados 12
0.0	1058.3	-1058.3	865.5	-865.6	610.5	-610.5	Momentos finales (kg-m/m)

Tabla 85.2. Cálculo de momentos en extremos por el método de distribuci3n de momentos.

Viga 1		Viga 2		Viga 3		Volado	
1441.5	1441.5	1681.8	1681.7	1441.5	1441.5	1091	Reacciones por carga distribuida
-352.8	352.8	55.09	-55.09	85.0	-85.0		Reacciones por momentos
1088.7	1794.3	1736.8	1626.7	1526.5	1356.5	1091.0	Reacciones finales

Tabla 85.3. Obtenci3n de reacciones en los apoyos.

Viga 1		Viga 2		Viga 3	
z1 =	0.00	z1 =	0.776	z1 =	0.739
z2 =	2.27	z2 =	2.839	z2 =	2.438

Tabla 85.4. Puntos (relativos) de cambios de signo en los diagramas de momento.

Diseño por flexión y revisión por cortante

Tablero	%A _{nec} (-) Sup	A _{nec} (-) Sup	%A _{nec} (+)	A _{nec} (+)	%A _{nec} (-) Inf	A _{nec} (-) Inf	(-) Sep _{#3} (cm) Sup	(+) Sep _{#3} (cm)	(-) Sep _{#3} (cm) Inf
I	-	-	0.0029	3.61	0.0029	3.61	-	19	19
II	-	-	0.0029	3.61	0.0029	3.61	-	19	19
III	0.0029	3.61	0.0029	3.61	0.0029	3.61	19	19	19
IV	0.0029	3.61	0.0029	3.61	0.0029	3.61	19	19	19
V	0.0029	3.61	0.0029	3.61	-	-	19	19	-
VI	0.0029	3.61	0.0029	3.61	-	-	19	19	-

Tabla 86.1. Porcentajes de acero necesario y separación del refuerzo por flexión.

Tablero	%A _{Real} (-) Sup	%A _{Real} (+)	%A _{Real} (-) Inf	(-) Arreglo Sup	(+) Arreglo	(-) Arreglo Inf
I	-	0.0030	0.0030	-	Barra #3@19cm	Barra #3@19cm
II	-	0.0030	0.0030	-	Barra #3@19cm	Barra #3@19cm
III	0.0030	0.0030	0.0030	Barra #3@19cm	Barra #3@19cm	Barra #3@19cm
IV	0.0030	0.0030	0.0030	Barra #3@19cm	Barra #3@19cm	Barra #3@19cm
V	0.0030	0.0030	-	Barra #3@19cm	Barra #3@19cm	-
VI	0.0030	0.0030	-	Barra #3@19cm	Barra #3@19cm	-

Tabla 86.2. Porcentajes de acero reales y arreglos del refuerzo por flexión.

Tablero	Vu Sup Kg	Vcr Sup Kg	Comparación	Vu Inf Kg	Vcr Inf Kg	Comparación
I	1,088.73	4,218.46	Ok	1,794.27	4,218.46	Ok
II	1,088.73	4,218.46	Ok	1,794.27	4,218.46	Ok
III	1,736.85	4,218.46	Ok	1,626.65	4,218.46	Ok
IV	1,736.85	4,218.46	Ok	1,626.65	4,218.46	Ok
V	1,526.53	4,218.46	Ok	1,356.47	4,218.46	Ok
VI	1,526.53	4,218.46	Ok	1,356.47	4,218.46	Ok

Tabla 87.0. Revisión de la resistencia a fuerza cortante.

Tablero	Distancia Infl.		Db	Ldb MNLd	Doble 180	Total
	MNeglz(cm)	MNLd cm				
I	-	-	-	-	-	-
II	-	-	-	-	-	-
III	77.59	0.95	17.51	3.8	99	
IV	77.59	0.95	17.51	3.8	99	
V	73.88	0.95	17.51	3.8	95	
VI	73.88	0.95	17.51	3.8	95	

Tabla 88.1. Longitudes necesarias para momentos negativos en extremos derechos (por lado).

Tablero	Distancia Infl.		Db	Ldb MNLd	Doble 180	Total
	MNeglz(cm)	MNLd cm				
I	73.38	0.95	17.51	3.8	95	
II	73.38	0.95	17.51	3.8	95	
III	66.12	0.95	17.51	3.8	87	
IV	66.12	0.95	17.51	3.8	87	
V	56.19	0.95	17.51	3.8	77	
VI	56.19	0.95	17.51	3.8	77	

Tabla 88.2. Longitudes necesarias para momentos negativos en extremos izquierdos (por lado).

Db	Ldb MP	Lt MP	Db	Ldb MNlz	Lt MNlz	Db	Ldb MNDe	Lt MNDe
0.95	30.00	39.9				0.95	30.00	39.9
0.95	30.00	39.9				0.95	30.00	39.9
0.95	30.00	39.9	0.95	30.00	39.9	0.95	30.00	39.9
0.95	30.00	39.9	0.95	30.00	39.9	0.95	30.00	39.9
0.95	30.00	39.9	0.95	30.00	39.9	0.95	30.00	39.9
0.95	30.00	39.9	0.95	30.00	39.9	0.95	30.00	39.9

Tabla 89.0. Longitudes de traslape.

$x_1 =$	12.5	$a_{s1} =$	0.002	$Sep_{\#3} =$	28	$Sep_{M\acute{a}x} =$	43.8	$Sep_{fin} =$	28
---------	------	------------	-------	---------------	----	-----------------------	------	---------------	----

Tabla 90.0. Refuerzo por cambios volumétricos.

Diseño por flexión y cortante en volados

Tablero	%A _{nec}	A _{nec}	Sep _{máx} (cm)	Sep _{#3} (cm)	Arreglo	%A _{Real}	A _{Real}
V	0.0029	3.6	43.8	19	#3@19	0.0030	3.7
VI	0.0029	3.6	43.8	19	#3@19	0.0030	3.7

Tabla 91.0. Diseño por flexión en volados.

Tablero	V _{uf} (kg)	V _{cr} (kg)	Comparación
V	1091.0	4218.5	OK
VI	1091.0	4218.5	OK

Tabla 92.0. Revisión de la resistencia a fuerza cortante en volados.

Diseño por servicio

Tablero	I _{promedio} (cm)	Z _{Def,Ccl} (cm)	Def _{Ccl, inst} (mm)	Def _{Ccl, dif} (mm)	Def _{Total} (mm)	Def _{Perm} (mm)
I	4422	150	3.09	6.18	9.27	12.50
II	4422	150	3.09	6.18	9.27	12.50
III	4422	175	3.03	6.06	9.09	14.58
IV	4422	175	3.03	6.06	9.09	14.58
V	4422	350	1.26	2.53	3.79	12.50
VI	4422	350	1.26	2.53	3.79	12.50
Volados	4422.15	50.00	0.46	0.92	1.37	8.33

Tabla 93.1. Evaluación de los desplazamientos en los centros de los claros.

Tablero	I _{promedio} (cm)	Z _{Def,máx} (cm)	Def _{máx, inst} (mm)	Def _{máx, dif} (mm)	Def _{total} (mm)	Def _{Perm} (mm)
I	4235	127.36	3.20	6.41	9.61	12.50
II	4235	127.36	3.20	6.41	9.61	12.50
III	4235	180.44	3.04	6.07	9.11	14.58
IV	4235	180.44	3.04	6.07	9.11	14.58
V	4235	159.50	1.27	2.54	3.82	12.50
VI	4235	159.50	1.27	2.54	3.82	12.50
Volados	4235.06	100.00	1.34	2.69	4.03	8.33

Tabla 93.2. Evaluación de los desplazamientos máximos.

Tablero	M _{CVmed(-)} (kg-m)	M _{CVmed(+)} (kg-m)	M _{CVmed(-)} (kg-m)	c ₁ (cm)	c ₂ (cm)	c ₃ (cm)
I	-	384.57	662.01	-	2.76	2.76
II	-	384.57	662.01	-	2.76	2.76
III	662.01	320.98	535.68	2.76	2.76	2.76
IV	662.01	320.98	535.68	2.76	2.76	2.76
V	535.68	208.8457	399.9904	2.76	2.76	2.76
VI	535.68	208.8457	399.9904	2.76	2.76	2.76
Volados	399.99			2.76	-	-

Tabla 94.0. Momentos bajo solicitaciones de servicio y profundidades de los ejes neutros.

Tablero	I ₁ (cm ⁴)	I ₂ (cm ⁴)	I ₃ (cm ⁴)	f _{s1} (kg/cm ²)	f _{s2} (kg/cm ²)	f _{s3} (kg/cm ²)
I		4422.155	4422.155		888.819	1530.029
II		4422.155	4422.155		888.819	1530.029
III	4422.155	4422.155	4422.155	1530.029	741.8395	1238.064
IV	4422.155	4422.155	4422.155	1530.029	741.8395	1238.064
V	4422.155	4422.155	4422.155	1238.064	482.68	924.4498
VI	4422.155	4422.155	4422.155	1238.064	482.68	924.4498
Volados	4422.15			924.45		

$$n = 10.497 \quad d_c (cm) = 5$$

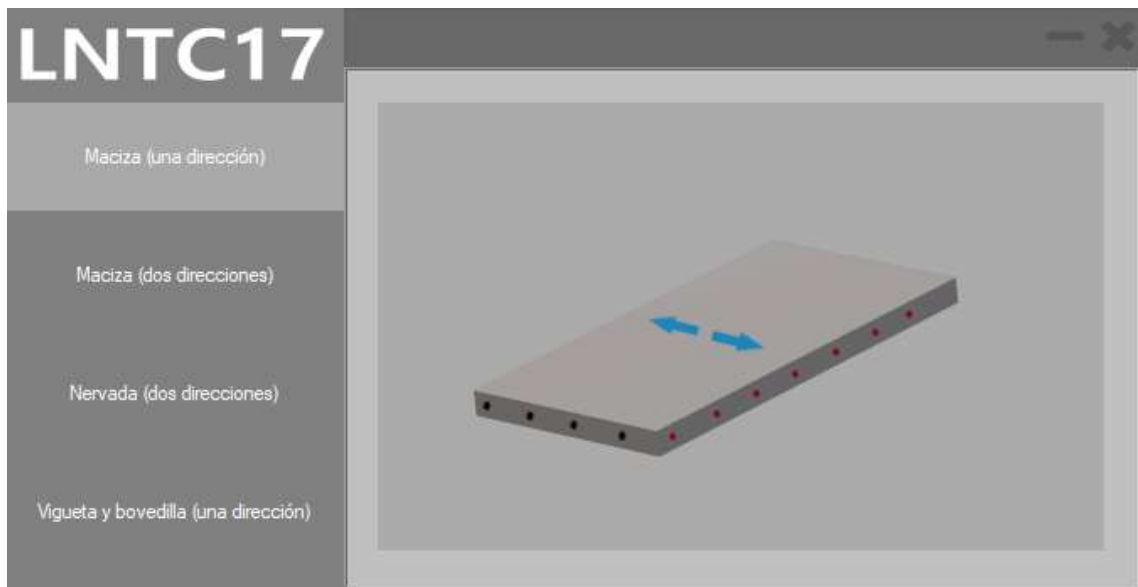
Tabla 95.0. Inercias y esfuerzos en el acero bajo cargas de servicio.

Tablero	R1=h ₂ /h ₁	R2=h ₂ /h ₁	R3=h ₂ /h ₁	f _s (d _c A) ^(1/3) R1	f _s (d _c A) ^(1/3) R2	f _s (d _c A) ^(1/3) R3
I	-	1.26	1.26	-	6917.64	11908.15
II	-	1.26	1.26	-	6917.64	11908.15
III	1.26	1.26	1.26	11908.15	5773.705	9635.797
IV	1.26	1.26	1.26	11908.15	5773.705	9635.797
V	1.26	1.26	1.26	9635.797	3756.678	7194.953
VI	1.26	1.26	1.26	9635.797	3756.678	7194.953
Volados	1.26	-	-	7319.03		-

Tabla 96.0. Evaluación del agrietamiento.

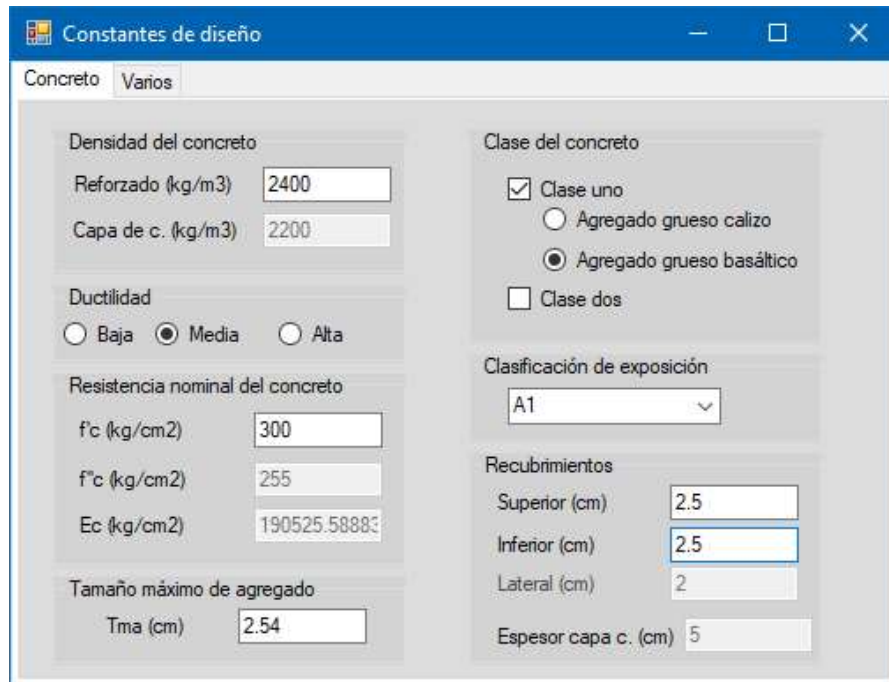
4.5.2 Prueba del módulo desarrollado y comparación de resultados

El último de los módulos que abarca el análisis y diseño de losas en este programa, es el de las macizas en una dirección, se procedió de la misma forma que en los ejemplos anteriores, a continuación, se presentan las capturas que evidencian el proceso de analizar y diseñar elementos de este tipo con el programa LNTC17.



Captura 78.0. Ventana Principal del programa que muestra los tipos de losa que diseña, en esta captura se muestra una representación en 3D de la losa de vigueta y bovedilla.

Introducción de constantes de diseño



Constantes de diseño

Concreto Varios

Densidad del concreto

Reforzado (kg/m³) 2400

Capa de c. (kg/m³) 2200

Ductilidad

Baja Media Alta

Resistencia nominal del concreto

f'c (kg/cm²) 300

f''c (kg/cm²) 255

Ec (kg/cm²) 190525.58883

Tamaño máximo de agregado

Tma (cm) 2.54

Clase del concreto

Clase uno

Agregado grueso calizo

Agregado grueso basáltico

Clase dos

Clasificación de exposición

A1

Recubrimientos

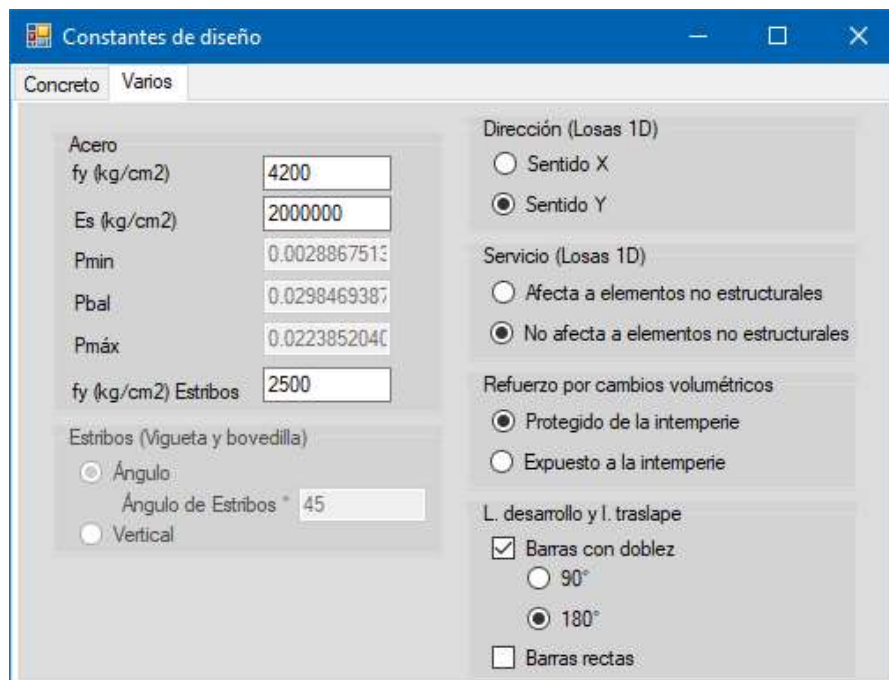
Superior (cm) 2.5

Inferior (cm) 2.5

Lateral (cm) 2

Espesor capa c. (cm) 5

Captura 79.1. Ventana "Constantes de diseño" con la pestaña "Concreto" seleccionada.



Constantes de diseño

Concreto Varios

Acero

fy (kg/cm²) 4200

Es (kg/cm²) 2000000

Pmin 0.0028867513

Pbal 0.0298469387

Pmáx 0.0223852040

fy (kg/cm²) Estribos 2500

Estribos (Vigueta y bovedilla)

Ángulo

Ángulo de Estribos * 45

Vertical

Dirección (Losas 1D)

Sentido X

Sentido Y

Servicio (Losas 1D)

Afecta a elementos no estructurales

No afecta a elementos no estructurales

Refuerzo por cambios volumétricos

Protegido de la intemperie

Expuesto a la intemperie

L. desarrollo y l. traslape

Barras con dobléz

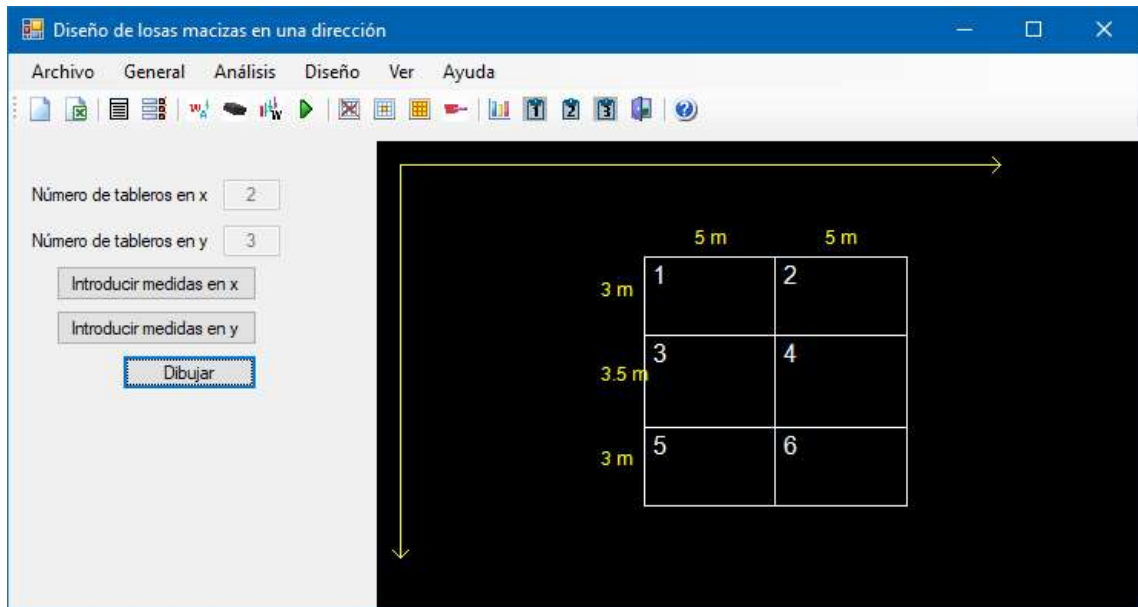
90°

180°

Barras rectas

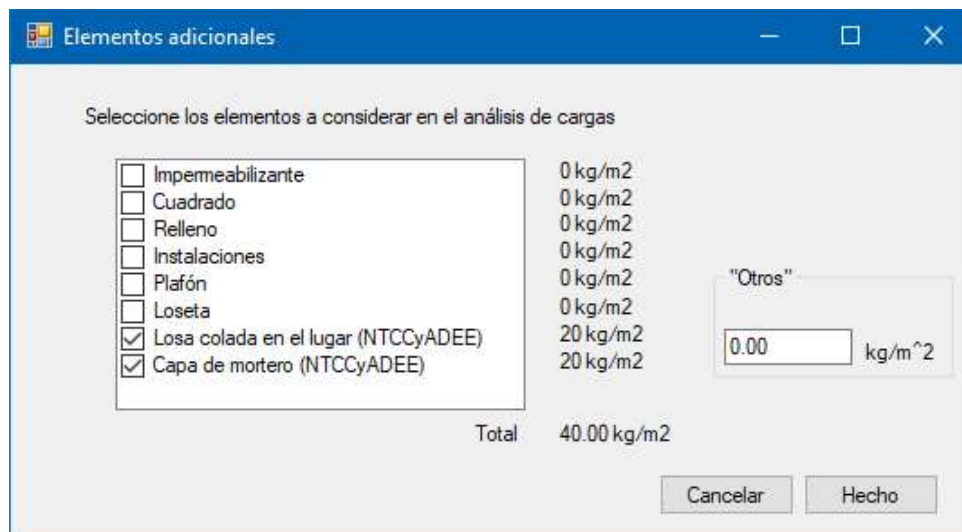
Captura 79.2. Ventana "Constantes de diseño" con la pestaña "Varios" seleccionada.

Dibujo de losa

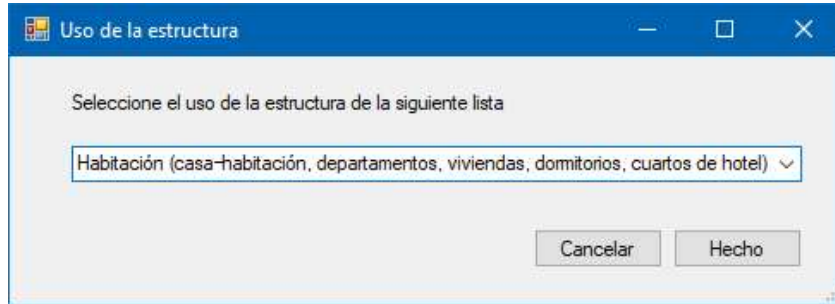


Captura 80.0. Ventana general de diseño una vez dibujada la losa.

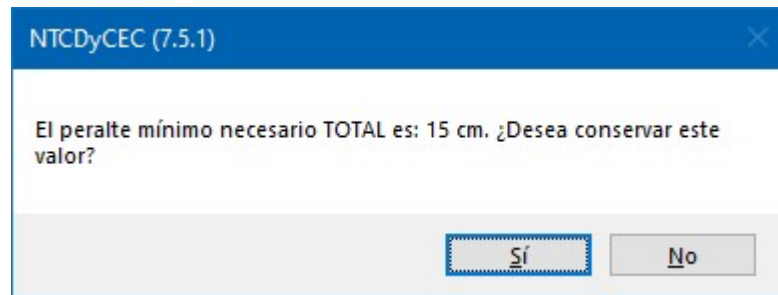
Introducción de los elementos presentes para el análisis de cargas



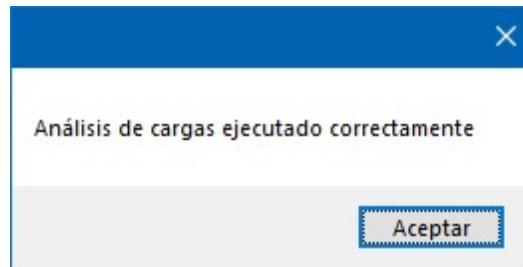
Captura 81.0. Formulario de ingreso de cargas por elementos no estructurales.



Captura 82.0. Cuadro de diálogo para seleccionar el uso de la estructura.

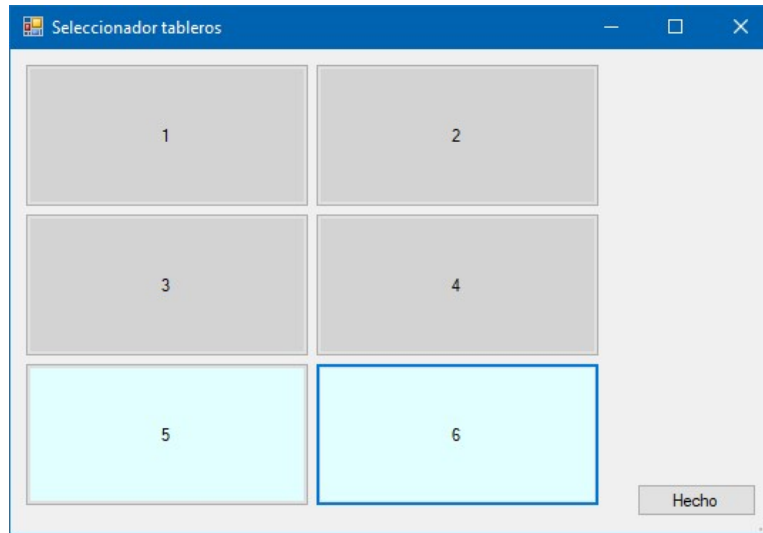


Captura 62.0. Mensaje del programa informando el peralte resultante.

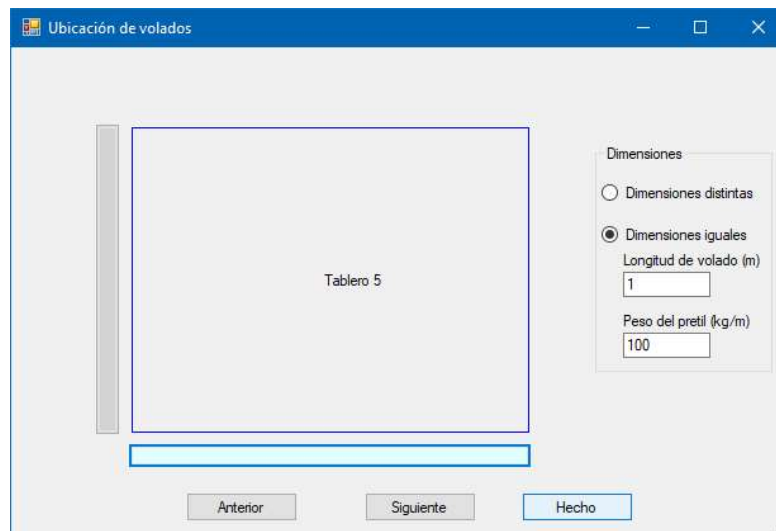


Captura 64.0. Mensaje del programa para confirmar que se ejecutó el análisis de cargas

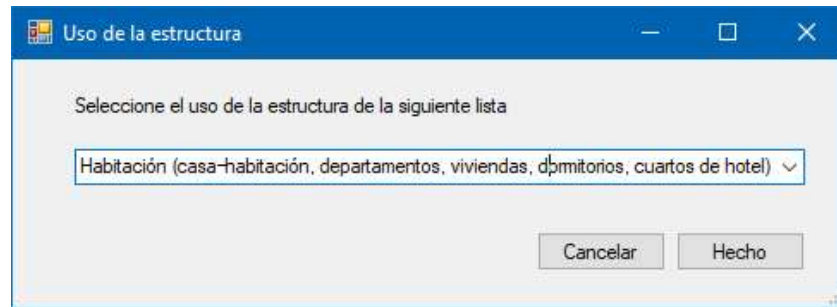
Creación de volados



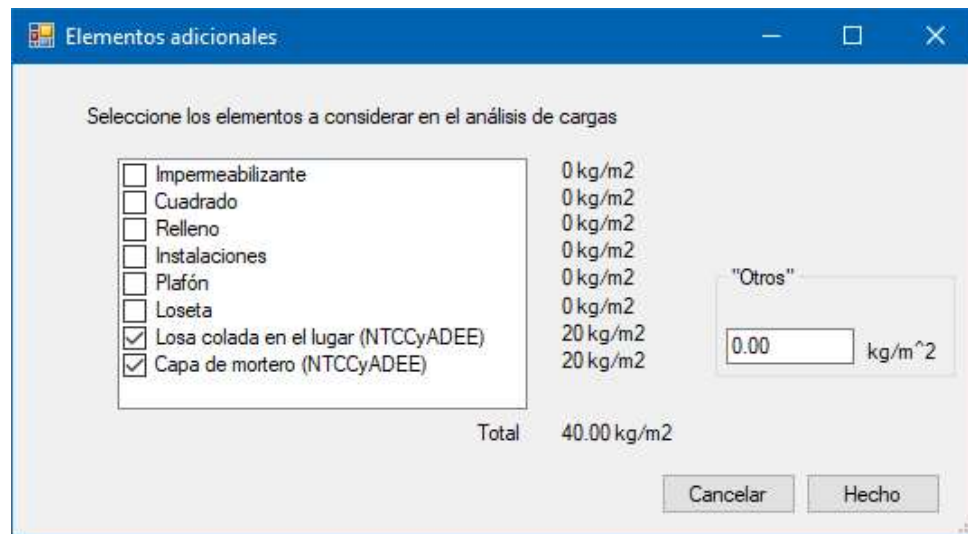
Captura 65.0. Formulario universal para la selección de tableros, en la captura los tableros seleccionados a los que se les asignó un volado.



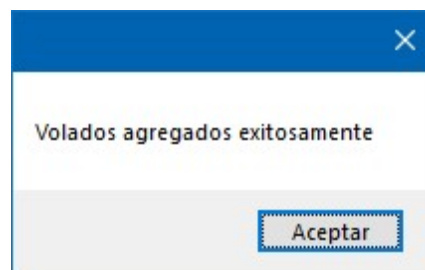
Captura 66.0. Formulario para la selección de la posición de los volados por cada tablero seleccionado.



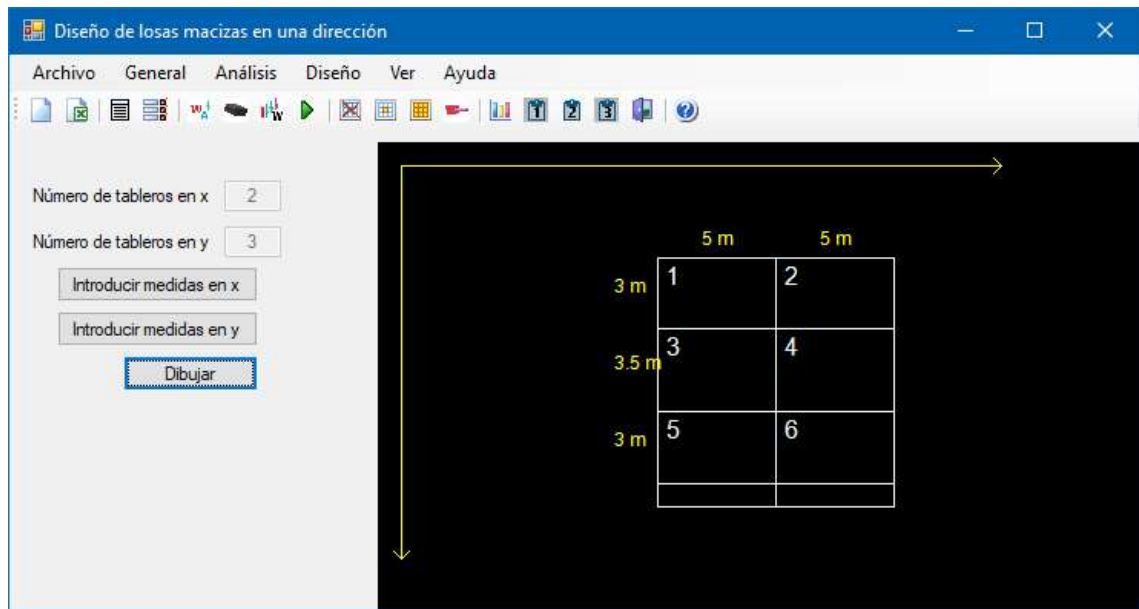
Captura 67.0. Formulario para el ingreso de cargas por elementos no estructurales (volados).



Captura 68.0. Formulario para la selección del uso de la estructura (volados).

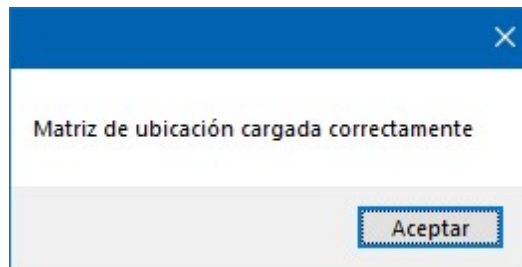


Captura 69.0. Mensaje generado por el programa para notificar que ha concluido la asignación de volados

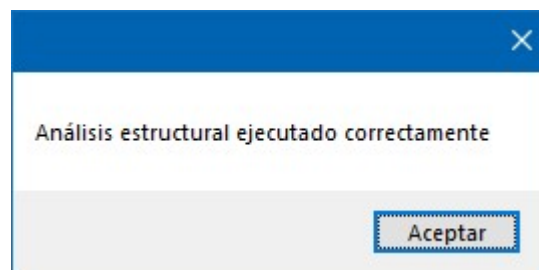


Captura 70.0. Formulario general de diseño con volados dibujados

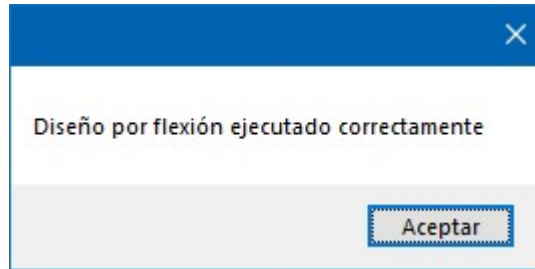
Ejecución de las etapas de análisis y diseño de losas nervadas



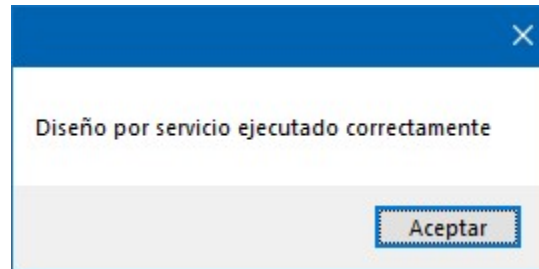
Captura 71.1. Mensaje del programa informando de la correcta creación de la matriz de ubicación.



Captura 71.2. Mensaje del programa indicando la finalización del análisis estructural.



Captura 71.3. Mensaje del programa indicando la finalización del diseño por flexión.



Captura 71.4. Mensaje del programa indicando la finalización del diseño por servicio.

Resultados

Los resultados de este módulo al igual que en los anteriores se presentan de dos formas distintas, empleando un conjunto de tablas (las tres principales tienen su acceso desde la barra rápida de herramientas) y, también, mediante un visualizador básico de elementos gráficos.

	Tablero	Tipo	ax (m)	ay (m)	CM+Cvmax factor. (kg/m)	CM+Cvmed factor. (kg/m)
▶	1	Maciza en una di...	5	3	883.0000	540.000
	2	Maciza en una di...	5	3	883.0000	540.000
	3	Maciza en una di...	5	3.5	883.0000	540.000
	4	Maciza en una di...	5	3.5	883.0000	540.000
	5	Maciza en una di...	5	3	883.0000	540.000
	6	Maciza en una di...	5	3	883.0000	540.000

Captura 72.0. Tabla Datos de inicio generada por el tablero.

Diseño de losas macizas en una dirección

Archivo General Análisis Diseño Ver Ayuda

Número de tableros en x: 2
 Número de tableros en y: 3
 Introducir medidas en x
 Introducir medidas en y
 Dibujar

Tablero	ID	Coordenada m. max. (cm)	Momento U (kg-m)	A. nec. (cm ²)	Arreglo (-)	A. real (cm ²)	Punto inflexión (cm)	L. barra (cm)	L. traslape (cm)	Vu (k/cm ²)
1	Izquierda	0	0	0	--	0	0	0	0	911.5
1	Centro	113.2326293995...	516.0705415199...	3.608439182435...	Barra comda #3 @ 19	3.736842105263...	--	--	--	39.9
1	Derecha	3	887.932	3.608439182435...	Basión #3 @ 19	3.736842105263...	226.400	94.90756956290...	39.9	1503.4
1	Cambios Volum.	N/A	N/A	2.5000	Barra #3 @28	2.13	N/A	N/A	N/A	N/A
2	Izquierda	0	0	0	--	0	0	0	0	911.5
2	Centro	113.2326293995...	516.0705415199...	3.608439182435...	Barra comda #3 @ 19	3.736842105263...	--	--	--	39.9
2	Derecha	3	887.932	3.608439182435...	Basión #3 @ 19	3.736842105263...	226.400	94.90756956290...	39.9	1503.4
2	Cambios Volum.	N/A	N/A	2.5000	Barra #3 @28	2.13	N/A	N/A	N/A	N/A
3	Izquierda	0	-887.933	3.608439182435...	Basión #3 @ 19	3.736842105263...	77.500	98.80756956290...	39.9	1456.0
3	Centro	180.9683762200...	430.2365159668...	3.608439182435...	Barra comda #3 @ 19	3.736842105263...	--	--	--	39.9
3	Derecha	3.5	719.774	3.608439182435...	Basión #3 @ 19	3.736842105263...	284.300	87.00756956290...	39.9	1360.0
3	Cambios Volum.	N/A	N/A	2.5000	Barra #3 @28	2.13	N/A	N/A	N/A	N/A
4	Izquierda	0	-887.933	3.608439182435...	Basión #3 @ 19	3.736842105263...	77.500	98.80756956290...	39.9	1456.0
4	Centro	180.9683762200...	430.2365159668...	3.608439182435...	Barra comda #3 @ 19	3.736842105263...	--	--	--	39.9
4	Derecha	3.5	719.774	3.608439182435...	Basión #3 @ 19	3.736842105263...	284.300	87.00756956290...	39.9	1360.0
4	Cambios Volum.	N/A	N/A	2.5000	Barra #3 @28	2.13	N/A	N/A	N/A	N/A
5	Izquierda	0	-719.775	3.608439182435...	Basión #3 @ 19	3.736842105263...	74.00	95.30756956290...	39.9	1269.0
5	Centro	157.7546997929...	281.9084485973...	3.608439182435...	Barra comda #3 @ 19	3.736842105263...	--	--	--	39.9
5	Derecha	3	532.499	3.608439182435...	Basión #3 @ 19	3.736842105263...	241.400	79.90756956290...	39.9	1145.0
5	Cambios Volum.	N/A	N/A	2.5000	Barra #3 @28	2.13	N/A	N/A	N/A	N/A
6	Izquierda	0	-719.775	3.608439182435...	Basión #3 @ 19	3.736842105263...	74.00	95.30756956290...	39.9	1269.0
6	Centro	157.7546997929...	281.9084485973...	3.608439182435...	Barra comda #3 @ 19	3.736842105263...	--	--	--	39.9

Captura 73.0. Vista de la Tabla uno.

Comparación de resultados

Como en anteriores módulos, se tomaron capturas de los resultados obtenidos mediante el programa, seguido de la compilación de tablas con los datos que se presentaron en la resolución del ejemplo para losas macizas en una dirección; la revisión se hizo tablero por tablero.

En primer lugar, aparece la comparación para el análisis y diseño por flexión, posterior a esto el diseño por servicio, en esta última se puede identificar dos grupos, las dos primeras tablas y capturas contienen lo concerniente al agrietamiento, mientras que, en el tercer elemento el de la estimación de los desplazamientos máximo y al centro del claro.

Tablero I. Análisis y diseño por flexión

ID	Coordenada m. max. (cm)	Momento U.(kg-m)	A. nec. (cm ²)	Arreglo	A. real (cm ²)
Izquierda	0	0	0	--	0
Centro	113.2911550468...	616.7162632591...	3.608439182435...	Barra comida #3 @ 19	3.736842105263...
Derecha	300	1058.316	3.608439182435...	Bastón #3 @ 19	3.736842105263...
Cambios Volum.	N/A	N/A	2.5000	Barra #3 @28	2.84

Captura 74.1.1. Captura de la Tabla de resultado uno, con los valores para el tablero uno.

Punto inflexión (cm)	L. barra (cm)	L. traslape (cm)	Vu (kg)	Vcr (kg)
0	0	0	1088.728	4218.453355263...
--	--	39.9	--	--
226.500	94.80756956290...	39.9	1794.272	4218.453355263...
N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Captura 74.1.2. Captura de la Tabla de resultado uno, con los valores para el tablero uno.

ID	Coordenada m. (cm)	Momento (kg-m)	A. Nec. (cm ²)	Arreglo	A. real (cm ²)
Izquierda	0	0	0	Bastón #3@19cm	3.74
Centro	113	616.72	3.61	Barra C. #3@19cm	3.74
Derecha	300	1058.3	3.61	Bastón #3@19cm	3.74
Cambios Volu	N/A	N/A	2.50	Barra C. #3@28cm	2.84

Captura 79.1.1. Compilación de resultados obtenidos a mano para el tablero uno.

Punto de inflexión (cm)	L. Barra (cm)	L. Traslape (cm)	Vu (kg)	Vcr (kg)
0.00	-	-	1,088.73	4,218
-	-	40	-	-
227	95	40	1,794.27	4,218
N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Captura 79.1.2. Compilación de resultados obtenidos a mano para el tablero uno.

Tablero II. Análisis y diseño por flexión

ID	Coordenada m. max. (cm)	Momento U.(kg-m)	A. nec. (cm ²)	Arreglo	A. real (cm ²)
Izquierda	0	0	0	--	0
Centro	113.2911550468...	616.7162632591...	3.608439182435...	Barra comida #3 @ 19	3.736842105263...
Derecha	300	1058.316	3.608439182435...	Bastón #3 @ 19	3.736842105263...
Cambios Volum.	N/A	N/A	2.5000	Barra #3 @28	2.84

Captura 74.2.1. Captura de la Tabla de resultado uno, con los valores para el tablero dos.

Punto inflexión (cm)	L. barra (cm)	L. traslape (cm)	Vu (kg)	Vcr (kg)
0	0	0	1088.728	4218.453355263...
--	--	39.9	--	--
226.500	94.80756956290...	39.9	1794.272	4218.453355263...
N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Captura 74.2.2. Captura de la Tabla de resultado uno, con los valores para el tablero dos.

ID	Coordenada m. (cm)	Momento (kg-m)	A. Nec. (cm ²)	Arreglo	A. real (cm ²)
Izquierda	0	0	0	Bastón #3@19cm	3.74
Centro	113	616.72	3.61	Barra C. #3@19cm	3.74
Derecha	300	1058.3	3.61	Bastón #3@19cm	3.74
Cambios Volu	N/A	N/A	2.50	Barra C. #3@28cm	2.84

Captura 79.2.1. Compilación de resultados obtenidos a mano para el tablero uno.

Punto de inflexión (cm)	L. Barra (cm)	L. Traslape (cm)	Vu (kg)	Vcr (kg)
0.00	-	-	1,088.73	4,218
-	-	40	-	-
227	95	40	1,794.27	4,218
N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Captura 79.2.2. Compilación de resultados obtenidos a mano para el tablero uno.

Tablero III. Análisis y diseño por flexión

ID	Coordenada m. max. (cm)	Momento U.(kg-m)	A. nec. (cm ²)	Arreglo	A. real (cm ²)
Izquierda	0	-1058.317	3.608439182435...	Bastón #3 @ 19	3.736842105263...
Centro	180.7318269659...	511.1878770296...	3.608439182435...	Barra comida #3 @ 19	3.736842105263...
Derecha	350.0	865.527	3.608439182435...	Bastón #3 @ 19	3.736842105263...
Cambios Volum.	N/A	N/A	2.5000	Barra #3 @28	2.84

Captura 74.3.1. Captura de la Tabla de resultado uno, con los valores para el tablero tres.

Punto inflexión (cm)	L. barra (cm)	L. traslape (cm)	Vu (kg)	Vcr (kg)
77.500	98.80756956290...	39.9	1736.832857142...	4218.453355263...
--	--	39.9	--	--
283.800	87.50756956290...	39.9	1626.667142857...	4218.453355263...
N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Captura 74.3.2. Captura de la Tabla de resultado uno, con los valores para el tablero tres.

ID	Coordenada m. (cm)	Momento (kg-m)	A. Nec. (cm ²)	Arreglo	A. real (cm ²)
Izquierda	0	-1058.3	3.61	Bastón #3@19cm	3.74
Centro	180.7	511.20	3.61	Barra C. #3@19cm	3.74
Derecha	350	865.5	3.61	Bastón #3@19cm	3.74
Cambios Volu	N/A	N/A	2.5	Barra C. #3@28cm	2.84

Captura 79.3.1. Compilación de resultados obtenidos a mano para el tablero tres.

Punto de inflexión (cm)	L. Barra (cm)	L. Traslape (cm)	Vu (kg)	Vcr (kg)
77.6	99	40	1,736.85	4218
-	-	40	-	-
283.9	87	40	1,626.65	4218
N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Captura 79.3.2. Compilación de resultados obtenidos a mano para el tablero tres.

Tablero IV. Análisis y diseño por flexión

ID	Coordenada m. max. (cm)	Momento U.(kg-m)	A. nec. (cm ²)	Arreglo	A. real (cm ²)
Izquierda	0	-1058.317	3.608439182435...	Bastón #3 @ 19	3.736842105263...
Centro	180.7318269659...	511.1878770296...	3.608439182435...	Barra corrida #3 @ 19	3.736842105263...
Derecha	350.0	865.527	3.608439182435...	Bastón #3 @ 19	3.736842105263...
Cambios Volum.	N/A	N/A	2.5000	Barra #3 @28	2.84

Captura 74.4.1. Captura de la Tabla de resultado uno, con los valores para el tablero cuatro.

Punto inflexión (cm)	L. barra (cm)	L. traslape (cm)	Vu (kg)	Vcr (kg)
77.500	98.80756956290...	39.9	1736.832857142...	4218.453355263...
--	--	39.9	--	--
283.800	87.50756956290...	39.9	1626.667142857...	4218.453355263...
N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Captura 74.4.2. Captura de la Tabla de resultado uno, con los valores para el tablero cuatro.

ID	Coordenada m. (cm)	Momento (kg-m)	A. Nec. (cm ²)	Arreglo	A. real (cm ²)
Izquierda	0	-1058.3	3.61	Bastón #3@19cm	3.74
Centro	180.7	511.20	3.61	Barra C. #3@19cm	3.74
Derecha	350	865.5	3.61	Bastón #3@19cm	3.74
Cambios Volu	N/A	N/A	2.5	Barra C. #3@28cm	2.84

Captura 79.4.1. Compilación de resultados obtenidos a mano para el tablero tres.

Punto de inflexión (cm)	L. Barra (cm)	L. Traslape (cm)	Vu (kg)	Vcr (kg)
77.6	99	40	1,736.85	4218
-	-	40	-	-
283.9	87	40	1,626.65	4218
N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Captura 79.4.2. Compilación de resultados obtenidos a mano para el tablero tres.

Tablero V. Análisis y diseño por flexión

ID	Coordenada m. max. (cm)	Momento U.(kg-m)	A. nec. (cm2)	Arreglo	A. real (cm2)
Izquierda	0	-865.528	3.608439182435...	Bastón #3 @ 19	3.736842105263...
Centro	158.8459590704...	346.8714601596...	3.608439182435...	Barra comida #3 @ 19	3.736842105263...
Derecha	300	610.499	3.608439182435...	Bastón #3 @ 19	3.736842105263...
Cambios Volum.	N/A	N/A	2.5000	Barra #3 @28	2.84

Captura 74.5.1. Captura de la Tabla de resultado uno, con los valores para el tablero cinco.

Punto inflexión (cm)	L. barra (cm)	L. traslape (cm)	Vu (kg)	Vcr (kg)
73.800	95.10756956290...	39.9	1526.509666666...	4218.453355263...
--	--	39.9	--	--
243.800	77.50756956290...	39.9	1356.490333333...	4218.453355263...
N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Captura 74.5.2. Captura de la Tabla de resultado uno, con los valores para el tablero cinco.

ID	Coordenada m. (cm)	Momento (kg-m)	A. Nec. (cm2)	Arreglo	A. real (cm2)
Izquierda	0	-865.6	3.61	Bastón #3@19cm	3.74
Centro	158.8	346.86	3.61	Barra C. #3@19cm	3.74
Derecha	300	610.5	3.61	Bastón #3@19cm	3.74
Cambios Volu	N/A	N/A	2.50	Barra C. #3@28cm	2.84

Captura 79.5.1. Compilación de resultados obtenidos a mano para el tablero cinco.

Punto de inflexión (cm)	L. Barra (cm)	L. Traslape (cm)	Vu (kg)	Vcr (kg)
73.9	95	40	1,526.53	4218
-	-	40	-	-
243.8	77	40	1,356.47	4218
N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Captura 79.5.2. Compilación de resultados obtenidos a mano para el tablero cinco.

Tablero VI. Análisis y diseño por flexión

ID	Coordenada m. max. (cm)	Momento U.(kg-m)	A. nec. (cm2)	Arreglo	A. real (cm2)
Izquierda	0	-865.528	3.608439182435...	Bastón #3 @ 19	3.736842105263...
Centro	158.8459590704...	346.8714601596...	3.608439182435...	Barra corrida #3 @ 19	3.736842105263...
Derecha	300	610.499	3.608439182435...	Bastón #3 @ 19	3.736842105263...
Cambios Volum.	N/A	N/A	2.5000	Barra #3 @28	2.84

Captura 74.6.1. Captura de la Tabla de resultado uno, con los valores para el tablero seis.

Punto inflexión (cm)	L. barra (cm)	L. traslape (cm)	Vu (kg)	Vcr (kg)
73.800	95.10756956290...	39.9	1526.509666666...	4218.453355263...
--	--	39.9	--	--
243.800	77.50756956290...	39.9	1356.490333333...	4218.453355263...
N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Captura 74.6.2. Captura de la Tabla de resultado uno, con los valores para el tablero seis.

ID	Coordenada m. (cm)	Momento (kg-m)	A. Nec. (cm2)	Arreglo	A. real (cm2)
Izquierda	0	-865.6	3.61	Bastón #3@19cm	3.74
Centro	158.8	346.86	3.61	Barra C. #3@19cm	3.74
Derecha	300	610.5	3.61	Bastón #3@19cm	3.74
Cambios Volu	N/A	N/A	2.50	Barra C. #3@28cm	2.84

Captura 79.6.1. Compilación de resultados obtenidos a mano para el tablero cinco.

Punto de inflexión (cm)	L. Barra (cm)	L. Traslape (cm)	Vu (kg)	Vcr (kg)
73.9	95	40	1,526.53	4218
-	-	40	-	-
243.8	77	40	1,356.47	4218
N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Captura 79.6.2. Compilación de resultados obtenidos a mano para el tablero cinco.

Tablero I. Diseño por servicio

ID	Coor. mom. CVmed (cm)	Momento CVmed (kg-m)	Profundidad c (cm)
Izquierda	0	0	0
Centro	113.2210555555...	384.5702226334...	2.763765693780...
Derecha	300	662.021	2.763765693780...

Captura 75.1.1. Captura de la Tabla de resultado dos, con los valores para el tablero uno.

Inercia T.A. (cm4)	Esfuerzo fs (kg/cm2)	fs(dcA)^(1/3)h2/h1 (kg/cm)	Límite para fs(dcA)^(1/3)h2/h1 (kg/cm)
0	0	0	40000
4422.154671086...	888.8110086626...	6917.577988789...	40000
4422.154671086...	1530.049697390...	11908.31122169...	40000

Captura 75.1.2. Captura de la Tabla de resultado dos, con los valores para el tablero uno.

Inercia prom. (cm4)	Coordenada deflex. (cm)	Deflexión instantánea (mm)	Deflexión diferida (mm)	Deflexión total (mm)	Deflexión permisible (mm)
4422.154671086...	127.2600755630...	3.204430225835...	6.408860451671...	9.613290677507...	12.5
4422.154671086...	150	3.090982727679...	6.181965455359...	9.272948183039...	12.5

Captura 75.1.3. Captura de la Tabla de resultado dos con los valores para el tablero seis.

Momento C.V.M. (kg-m)	Profundidad c (cm)	Inercia T.A. (cm4)	Esfuerzo fs (kg/cm2)	fs(d.A)^(1/3)R3	Límite de agrietamiento
0	-	0	0	-	-
384.57	2.76	4422	889	6918	40000
662.01	2.76	4422	1530	11908	40000

Captura 80.1.1. Compilación de resultados obtenidos a mano para el tablero uno.

	Iner. P. (cm4)	Coor. Def. (cm)	Deflex. Inst. (mm)	Deflex. Dif. (mm)	Deflex. T. (mm)	Deflex. P. (mm)
Deflex. M.	4422	127.36	3.20	6.41	9.61	12.5
C. Claro	4422	150	3.09	6.18	9.27	12.5

Captura 80.1.2. Compilación de resultados obtenidos a mano para el tablero uno.

Tablero II. Diseño por servicio

ID	Coor. mom. CVmed (cm)	Momento CVmed (kg-m)	Profundidad c (cm)
Izquierda	0	0	0
Centro	113.2210555555...	384.5702226334...	2.763765693780...
Derecha	300	662.021	2.763765693780...

Captura 75.2.1. Captura de la Tabla de resultado dos, con los valores para el tablero dos.

Inercia T.A. (cm4)	Esfuerzo fs (kg/cm2)	fs(dcA)^(1/3)h2/h1 (kg/cm)	Limite para fs(dcA)^(1/3)h2/h1 (kg/cm)
0	0	0	40000
4422.154671086...	888.8110086626...	6917.577988789...	40000
4422.154671086...	1530.049697390...	11908.31122169...	40000

Captura 75.2.2. Captura de la Tabla de resultado dos, con los valores para el tablero dos.

Inercia prom. (cm4)	Coordenada deflex. (cm)	Deflexión instantánea (mm)	Deflexión diferida (mm)	Deflexión total (mm)	Deflexión permisible (mm)
4422.154671086...	127.2600755630...	3.204430225835...	6.408860451671...	9.613290677507...	12.5
4422.154671086...	150	3.090982727679...	6.181965455359...	9.272948183039...	12.5

Captura 75.2.3. Captura de la Tabla de resultado dos, con los valores para el tablero seis.

Momento C.V.M. (kg-m)	Profundidad c (cm)	Inercia T.A. (cm4)	Esfuerzo fs (kg/cm2)	fs(d.A)^(1/3)R3	Límite de agrietamiento
0	-	0	0	-	-
384.57	2.76	4422	889	6918	40000
662.01	2.76	4422	1530	11908	40000

Captura 80.2.1. Compilación de resultados obtenidos a mano para el tablero dos.

	Iner. P. (cm4)	Coor. Def. (cm)	Deflex. Inst. (mm)	Deflex. Dif. (mm)	Deflex. T. (mm)	Deflex. P. (mm)
Deflex. M.	4422	127.36	3.20	6.41	9.61	12.5
C. Claro	4422	150	3.09	6.18	9.27	12.5

Captura 80.2.2. Compilación de resultados obtenidos a mano para el tablero dos.

Tablero III. Diseño por servicio

ID	Coor. mom. CVmed (cm)	Momento CVmed (kg-m)	Profundidad c (cm)
Izquierda	0	-662.021	2.763765693780...
Centro	181.0150476190...	320.9724239357...	2.763765693780...
Derecha	350.0	535.705	2.763765693780...

Captura 75.3.1. Captura de la Tabla de resultado dos, con los valores para el tablero tres.

Inercia T.A. (cm4)	Esfuerzo fs (kg/cm2)	fs(dcA)^(1/3)h2/h1 (kg/cm)	Límite para fs(dcA)^(1/3)h2/h1 (kg/cm)
4422.154671086...	1530.049697390...	11908.31122169...	40000
4422.154671086...	741.8250480177...	5773.592556444...	40000
4422.154671086...	1238.110684012...	9636.162392158...	40000

Captura 75.3.2. Captura de la Tabla de resultado dos, con los valores para el tablero tres.

Inercia prom. (cm4)	Coordenada deflex. (cm)	Deflexión instantánea (mm)	Deflexión diferida (mm)	Deflexión total (mm)	Deflexión permisible (mm)
4422.154671086...	180.7459279773...	3.037075729170...	6.074151458341...	9.111227187512...	14.583333333333...
4422.154671086...	175.0	3.030790767811...	6.061581535623...	9.092372303435...	14.583333333333...

Captura 75.3.3. Captura de la Tabla de resultado dos, con los valores para el tablero seis.

Momento C.V.M. (kg-m)	Profundidad c (cm)	Inercia T.A. (cm4)	Esfuerzo fs (kg/cm2)	fs(dcA)^(1/3)R3	Límite de agrietamiento
-662.01	2.76	4422	1530	11908	40000
320.98	2.76	4422	742	5774	40000
535.68	2.76	4422	1238	9636	40000

Captura 80.3.1. Compilación de resultados obtenidos a mano para el tablero tres.

	Iner. P. (cm4)	Coor. Def. (cm)	Deflex. Inst. (mm)	Deflex. Dif. (mm)	Deflex. T. (mm)	Deflex. P. (mm)
Deflex. M.	4422	180.44	3.04	6.07	9.11	14.58
C. Claro	4422	175.00	3.03	6.06	9.09	14.58

Captura 80.3.2. Compilación de resultados obtenidos a mano para el tablero tres.

Tablero IV. Diseño por servicio

ID	Coor. mom. CVmed (cm)	Momento CVmed (kg-m)	Profundidad c (cm)
Izquierda	0	-662.021	2.763765693780...
Centro	181.0150476190...	320.9724239357...	2.763765693780...
Derecha	350.0	535.705	2.763765693780...

Captura 75.4.1. Captura de la Tabla de resultado dos, con los valores para el tablero cuatro.

Inercia T.A. (cm4)	Esfuerzo fs (kg/cm2)	$f_s(dcA)^{(1/3)h2/h1}$ (kg/cm)	Límite para $f_s(dcA)^{(1/3)h2/h1}$ (kg/cm)
4422.154671086...	1530.049697390...	11908.31122169...	40000
4422.154671086...	741.8250480177...	5773.592556444...	40000
4422.154671086...	1238.110684012...	9636.162392158...	40000

Captura 75.4.2. Captura de la Tabla de resultado dos, con los valores para el tablero cuatro.

Inercia prom. (cm4)	Coordenada deflex. (cm)	Deflexión instantánea (mm)	Deflexión diferida (mm)	Deflexión total (mm)	Deflexión permisible (mm)
4422.154671086...	180.7459279773...	3.037075729170...	6.074151458341...	9.111227187512...	14.58333333333...
4422.154671086...	175.0	3.030790767811...	6.061581535623...	9.092372303435...	14.58333333333...

Captura 75.4.3. Captura de la Tabla de resultado dos, con los valores para el tablero seis.

Momento C.V.M. (kg-m)	Profundidad c (cm)	Inercia T.A. (cm4)	Esfuerzo fs (kg/cm2)	$f_s(d.A)^{(1/3)R3}$	Límite de agrietamiento
-662.01	2.76	4422	1530	11908	40000
320.98	2.76	4422	742	5774	40000
535.68	2.76	4422	1238	9636	40000

Captura 80.4.1. Compilación de resultados obtenidos a mano para el tablero cuatro.

	Iner. P. (cm4)	Coor. Def. (cm)	Deflex. Inst. (mm)	Deflex. Dif. (mm)	Deflex. T. (mm)	Deflex. P. (mm)
Deflex. M.	4422	180.44	3.04	6.07	9.11	14.58
C. Claro	4422	175.00	3.03	6.06	9.09	14.58

Captura 80.4.2. Compilación de resultados obtenidos a mano para el tablero tres.

Tablero V. Diseño por servicio

ID	Coor. mom. CVmed (cm)	Momento CVmed (kg-m)	Profundidad c (cm)
Izquierda	0	-535.706	2.763765693780...
Centro	157.5392777777...	208.8527212823...	2.763765693780...
Derecha	300	399.999	2.763765693780...

Captura 75.5.1. Captura de la Tabla de resultado dos, con los valores para el tablero cinco.

Inercia T.A. (cm4)	Esfuerzo fs (kg/cm2)	fs(dcA)^(1/3)h2/h1 (kg/cm)	Límite para fs(dcA)^(1/3)h2/h1 (kg/cm)
4422.154671086...	1238.112995192...	9636.180379973...	40000
4422.154671086...	482.6962331969...	3756.804096136...	40000
4422.154671086...	924.4696903975...	7195.107980513...	40000

Captura 75.5.2. Captura de la Tabla de resultado dos, con los valores para el tablero cinco.

Inercia prom. (cm4)	Coordenada deflex. (cm)	Deflexión instantánea (mm)	Deflexión diferida (mm)	Deflexión total (mm)	Deflexión permisible (mm)
4422.154671086...	158.1427001080...	1.271996857456...	2.543993714912...	3.815990572368...	12.5
4422.154671086...	150	1.263788585305...	2.527577170611...	3.791365755916...	12.5

Captura 75.5.3. Captura de la Tabla de resultado dos, con los valores para el tablero seis.

Momento C.V.M. (kg-m)	Profundidad c (cm)	Inercia T.A. (cm4)	Esfuerzo fs (kg/cm2)	fs(d.c.A)^(1/3)R3	Límite de agrietamiento
-535.68	2.76	4422	1238	9636	40000
208.85	2.76	4422	483	3757	40000
399.99	2.76	4422	924	7195	40000

Captura 80.5.1. Compilación de resultados obtenidos a mano para el tablero cinco.

	Iner. P. (cm4)	Coor. Def. (cm)	Deflex. Inst. (mm)	Deflex. Dif. (mm)	Deflex. T. (mm)	Deflex. P. (mm)
Deflex. M.	4422	159.50	1.27	2.54	3.82	12.5
C. Claro	4422	150	1.26	2.53	3.79	12.5

Captura 80.5.2. Compilación de resultados obtenidos a mano para el tablero cinco.

Tablero VI. Diseño por servicio

ID	Coor. mom. CVmed (cm)	Momento CVmed (kg-m)	Profundidad c (cm)
Izquierda	0	-535.706	2.763765693780...
Centro	157.5392777777...	208.8527212823...	2.763765693780...
Derecha	300	399.999	2.763765693780...

Captura 75.6.1. Captura de la Tabla de resultado dos, con los valores para el tablero seis.

Inercia T.A. (cm4)	Esfuerzo fs (kg/cm2)	$f_s(d_c A)^{1/3} h^2/h_1$ (kg/cm)	Límite para $f_s(d_c A)^{1/3} h^2/h_1$ (kg/cm)
4422.154671086...	1238.112995192...	9636.180379973...	40000
4422.154671086...	482.6962331969...	3756.804096136...	40000
4422.154671086...	924.4696903975...	7195.107980513...	40000

Captura 75.6.2. Captura de la Tabla de resultado dos, con los valores para el tablero seis.

Inercia prom. (cm4)	Coordenada deflex. (cm)	Deflexión instantánea (mm)	Deflexión diferida (mm)	Deflexión total (mm)	Deflexión permisible (mm)
4422.154671086...	158.1427001080...	1.271996857456...	2.543993714912...	3.815990572368...	12.5
4422.154671086...	150	1.263788585305...	2.527577170611...	3.791365755916...	12.5

Captura 75.6.3. Captura de la Tabla de resultado dos, con los valores para el tablero seis.

Momento C.V.M. (kg-m)	Profundidad c (cm)	Inercia T.A. (cm4)	Esfuerzo fs (kg/cm2)	$f_s(d_c A)^{1/3} R_3$	Límite de agrietamiento
-535.68	2.76	4422	1238	9636	40000
208.85	2.76	4422	483	3757	40000
399.99	2.76	4422	924	7195	40000

Table 80.6.1. Compilación de resultados obtenidos a mano para el tablero seis.

	Iner. P. (cm4)	Coor. Def. (cm)	Deflex. Inst. (mm)	Deflex. Dif. (mm)	Deflex. T. (mm)	Deflex. P. (mm)
Deflex. M.	4422	159.50	1.27	2.54	3.82	12.5
C. Claro	4422	150	1.26	2.53	3.79	12.5

Captura 80.6.2 Compilación de resultados obtenidos a mano para el tablero cinco.

Análisis y diseño de volados

L. Volados (cm)	P. pretil (kg)	CVmax. vol (kg/m ²)	CVmed. vol (kg/m ²)	CM + CVmax (kg/m)	Momento U.(kg-m)
100	100	190	80	961.000	610.5
100	100	190	80	961.000	610.5

Captura 76.1. Vista de la Tabla tres.

Área acero nec. (cm ²)	Arreglo	Área real vol. (cm ²)	Vu vol. (kg)	Vcr volados (kg)	L. barra Vol(cm)
3.608439182435...	Bastones #3@19...	3.736842105263...	1091.000	4218.453355263...	100
3.608439182435...	Bastones #3@19...	3.736842105263...	1091.000	4218.453355263...	100

Captura 76.2. Vista de la Tabla tres.

CVmed+CM (kg/m ²)	Momento max. Serv. (kg-m)	Profundidad c (cm)	Inercia (cm ⁴)	Desplazamiento max. (mm)	Des. diferido (mm)
600.00	400	2.763765693780...	4422.154671086...	1.285804274354...	2.571608548708...
600.00	400	2.763765693780...	4422.154671086...	1.285804274354...	2.571608548708...

Captura 76.3. Vista de la Tabla tres.

Des. total (mm)	Des. permisible (mm)	Esfuerzo fs (kg/cm ²)	fs(dcA)(1/3)R1
3.857412823062...	8.333333333333...	924.4696903975...	7319.185949747...
3.857412823062...	8.333333333333...	924.4696903975...	7319.185949747...

Captura 76.4. Vista de la Tabla tres.

L. Volados (cm)	P. Pretil (kg)	CVmax (kg/m ²)	Cvmed (kg/m ²)	CM+CVmax (kg/m)	Momento CVmax(kg-m)	Acero nec. (cm ²)	Arreglo
100	100	190	80	961	-611	3.6	#3@19
100	100	190	80	961	-611	3.6	#3@19

Table 81.1. Compilación de resultados obtenidos a mano para volados.

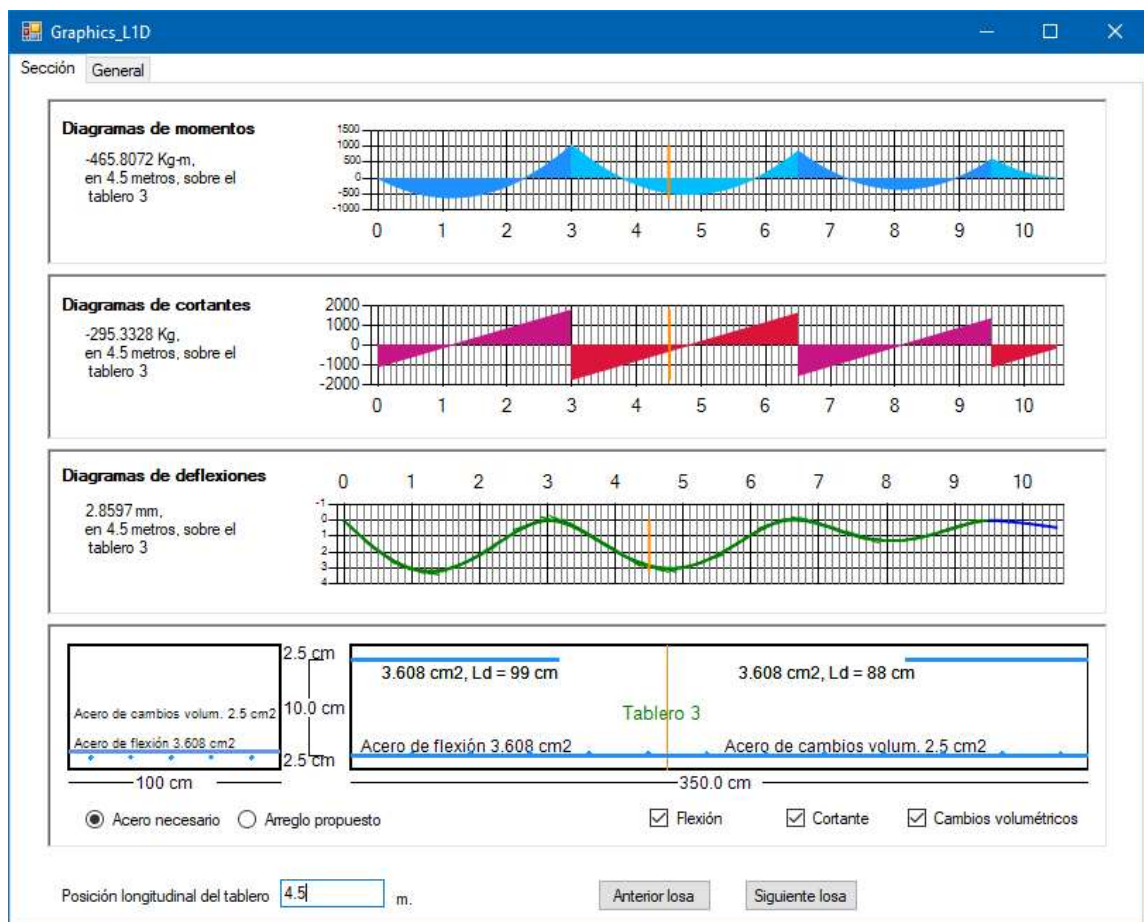
Acero real (cm ²)	Vu (kg)	Vcr (kg)	L. Barra (cm)	Cm+Cvmed (kg/m ²)	Momento m. Serv. (kg-m)	Profundidad c (cm)
3.74	1091	4218	100	600	400	2.76
3.74	1091	4218	100	600	400	2.76

Table 81.2. Compilación de resultados obtenidos a mano para volados.

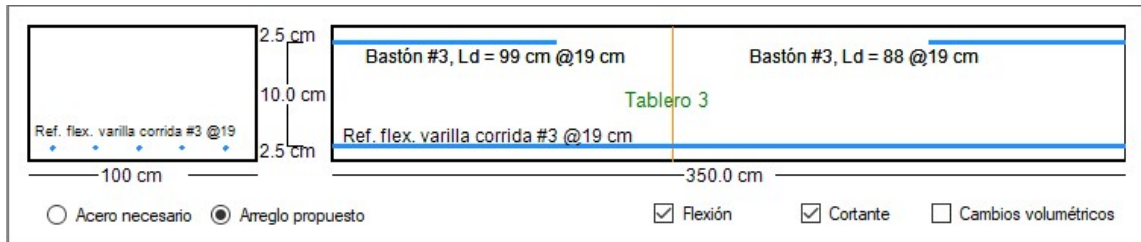
Inercia T. A. (cm ⁴)	Deflex max (mm)	Deflex. Dif. (mm)	Deflex. T. (mm)	Deflex. P. (mm)	Esfuerzo fs (kg/cm ²)	$f_s(d_c A)^{1/3} R_3$
4422	1.3	2.7	4.0	8.3	924	7319
4422	1.3	2.7	4.0	8.3	924	7319

Table 81.3 Compilación de resultados obtenidos a mano para volados.

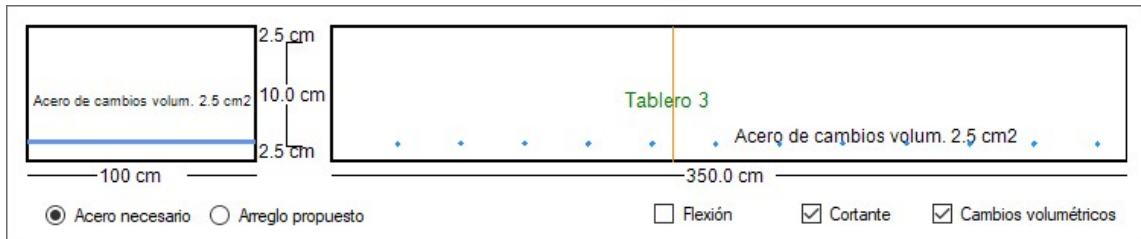
Implementaciones secundarias



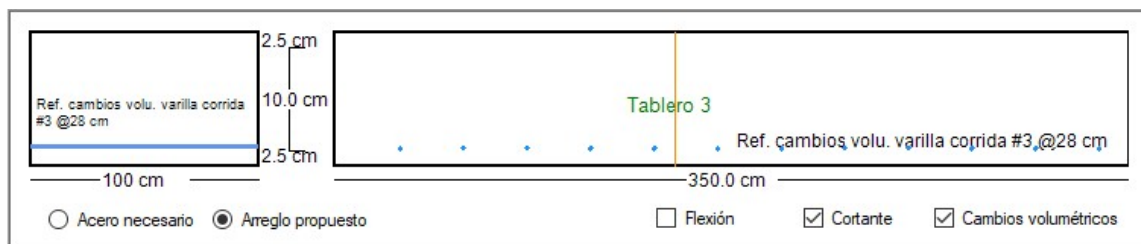
Captura 77.1. Vista de la pestaña Sección, el contenedor inferior muestra el acero por flexión necesario.



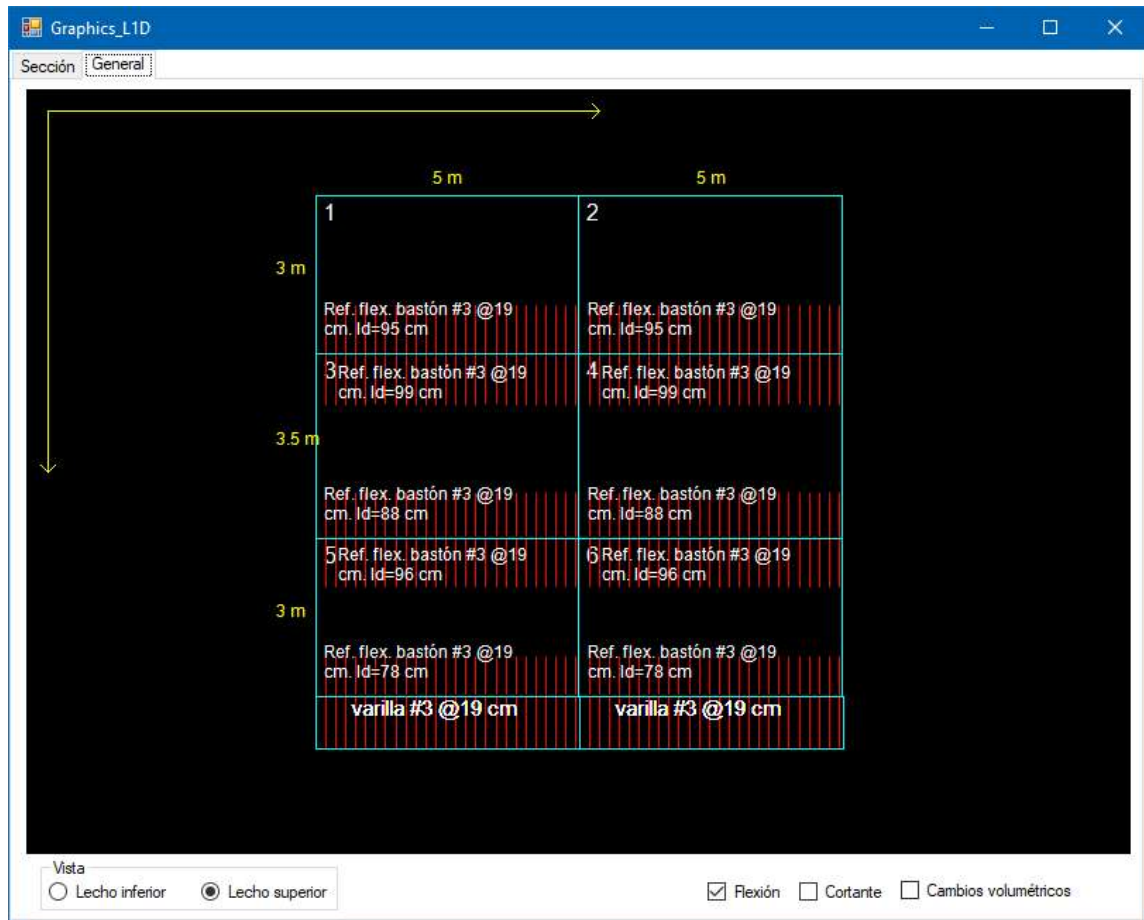
Captura 77.2. Recorte de la pestaña Sección, el contenedor muestra una propuesta del arreglo por flexión.



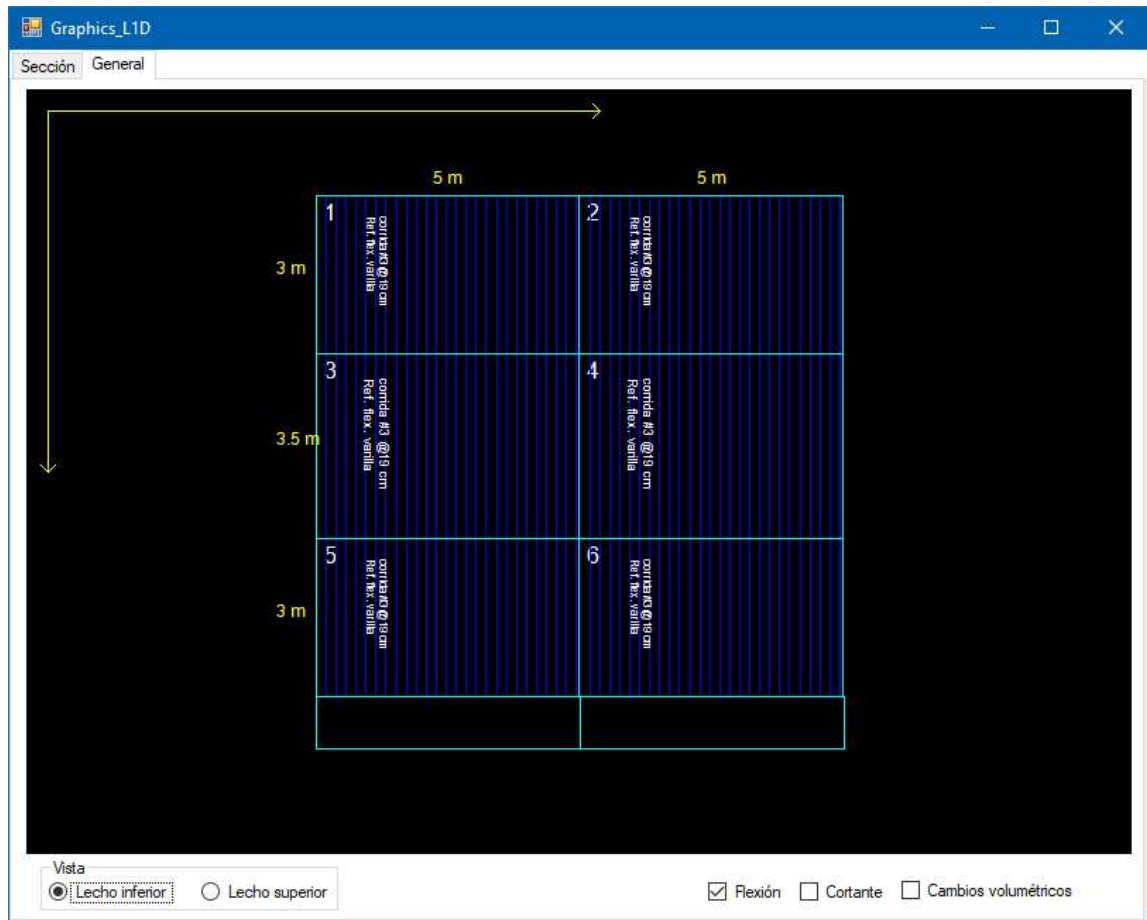
Captura 77.3. Recorte de la pestaña Sección, el contenedor muestra el acero necesario por cambios volumétricos.



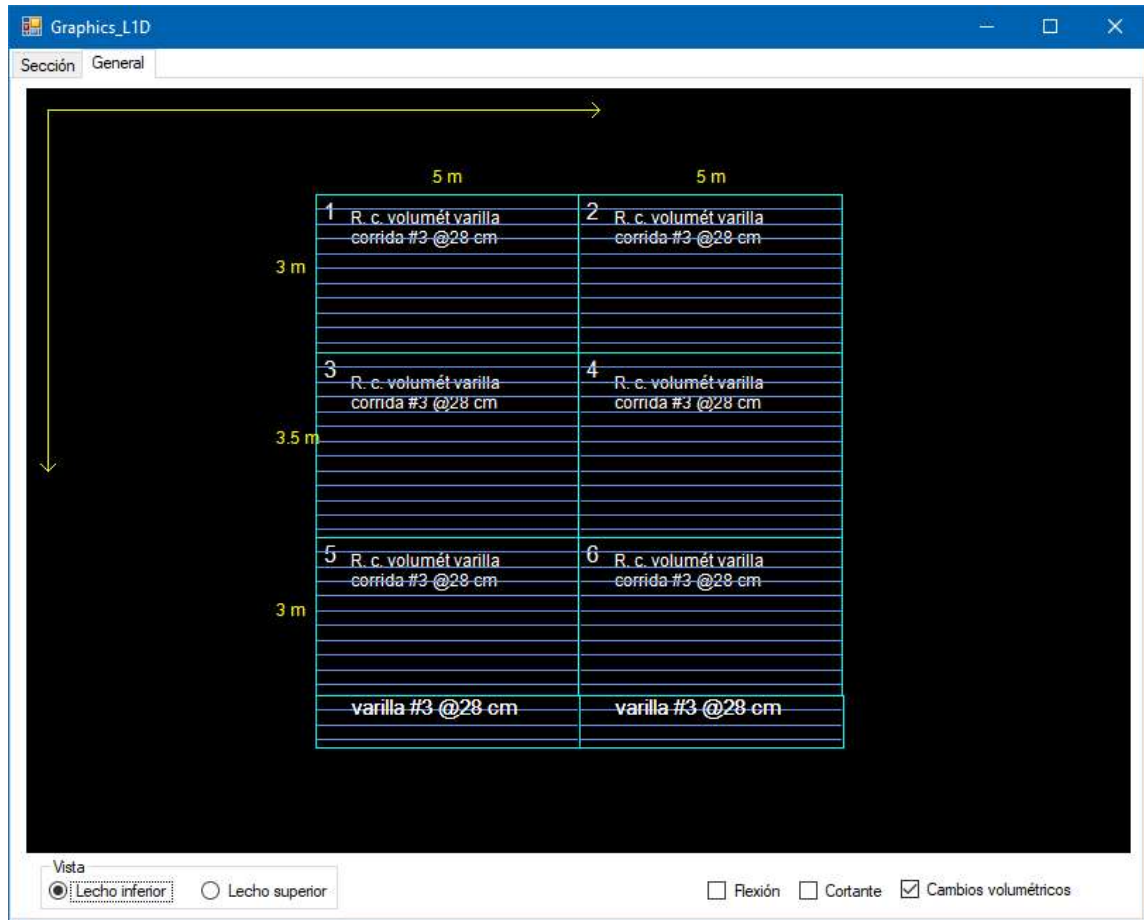
Captura 77.4. Recorte de la pestaña Sección, el contenedor muestra una propuesta del arreglo por cambios volumétricos.



Captura 77.5. Vista de la pestaña General, en esta captura se muestra el acero por flexión del lecho superior.



Captura 77.6. Vista de la pestaña General, en esta captura se muestra el acero por flexión del lecho inferior.



Captura 77.8. Vista de la pestaña General, en esta captura se muestra el refuerzo por cambios volumétricos, dado el valor del peralte solo se colocó en el lecho superior.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES

Es posible eficientar los procesos de análisis y diseño de losas en una y dos direcciones mediante el desarrollo de una aplicación para ordenador.

El tiempo requerido para solucionar una losa de las presentadas en este trabajo depende de distintos factores (experiencia, nivel de detalle, normativa, métodos de análisis, etc.), para los ejemplos resueltos a mano en este proyecto este varió de una a dos horas por cada uno de ellos, en contraste con el que se necesitó usando la aplicación desarrollada, solo el necesario para ingresar la información que el programa requiere para funcionar, que en estos casos fue de cinco a diez minutos por cada uno.

Otro aspecto importante a resaltar es la precisión de los resultados obtenidos; dado que medir de forma exacta y metodológica la diferencia entre realizar los análisis y diseños a mano y en el programa, escapa de los objetivos de este trabajo, en este punto se limita a comentar que, ya en la etapa de comprobación de resultados y prueba del software se encontraron algunos errores en los análisis y diseños a mano, de los cuales solo se pudo ver hasta que se compararon con los resultados del programa.

Con respecto al uso de la normativa NTC 17 puede verificarse, mediante la revisión de esta publicación, que los algoritmos con los que trabaja el programa se apegan a ellas, salvo contadas lagunas que esta deja en algunos aspectos y que se tuvieron que suplir con su versión anterior.

Teniendo en cuenta que la meta principal de este proyecto fue desarrollar un software que analice y diseñe losas no monolíticas (en una y dos direcciones) y posterior a ello muestre los resultados haciendo uso de un conjunto de tablas, es posible asegurar que dicho objetivo se ha cumplido; además, considerando que el ciclo de vida de un programa puede contemplar distintas actualizaciones, el nivel de gráficos puede valorarse como suficiente, y, a partir de este, presentar mejoras en actualizaciones posteriores.

Se estima que la probabilidad de algún error en el programa es baja, dado que este ha sido probado un innumerable número de veces en un lapso de tiempo superior a un año, y, de existir alguno, este no tendría un impacto relevante en los resultados; sin embargo, sí es posible encontrar algunas divergencias en cuanto a la interpretación de la normativa, dado que en algunos casos las especificaciones no se encuentran de forma detallada.

CAPÍTULO VI

REFERENCIAS

Alba, F. J. (2007). Las primeras patentes de hormigón armado. Algunas patentes españolas.

RECOPAR: Red temática de conservación, restauración y rehabilitación del patrimonio

arquitectónico(05), 23-47. Recuperado el 09 de Noviembre de 2018, de

http://recopar.aq.upm.es/v2/es2/documentacion/revistas/ReCoPaR_n%205_%20abril-diciembre%202007_ISSN%201886-2497.pdf

Conaculta. (2015). *Problemática y diagnóstico de sistemas constructivos con metales*. Ciudad de

México, México: Publicaciones digitales ENCRYM - INAH. Recuperado el 09 de

Noviembre de 2018, de

<http://www.revistas.inah.gob.mx/index.php/digitales/issue/view/409>

Cuevas, Ó. M. (2005). *Aspectos fundamentales del concreto reforzado*. Ciudad de México,

México: Limusa.

James Gere, B. J. (2016). *Mecánica de materiales*. Ciudad de México, Mexico: Cengage

Learning.

Miret, E. T. (2010). *Razón y ser de los tipos estructurales*. Madrid, España: Ediciones Doce

Calles.

Moyano, A. V. (2015). Las patentes de hormigón armado. Del gran negocio al gran desarrollo

tecnológico. Los antecedentes del Movimiento Moderno. *Rita: Revista Indexada de*

Textos Académicos, 134-135.

MSN. (s.f.). *MSN Noticias*. Recuperado el 14 de Marzo de 2019, de [https://www.msn.com/es-](https://www.msn.com/es-cl/noticias/microsoftstore/%C2%BFqu%C3%A9-es-y-para-qu%C3%A9-sirve-visual-studio-2017/ar-AAAnLZL9)

[cl/noticias/microsoftstore/%C2%BFqu%C3%A9-es-y-para-qu%C3%A9-sirve-visual-](https://www.msn.com/es-cl/noticias/microsoftstore/%C2%BFqu%C3%A9-es-y-para-qu%C3%A9-sirve-visual-studio-2017/ar-AAAnLZL9)

[studio-2017/ar-AAAnLZL9](https://www.msn.com/es-cl/noticias/microsoftstore/%C2%BFqu%C3%A9-es-y-para-qu%C3%A9-sirve-visual-studio-2017/ar-AAAnLZL9)

Pereira, J. R. (2005). *Introducción a la historia de la arquitectura. De los orígenes al siglo XXI*.

Barcelona, España: Editorial Reverté.

Piralla, R. M. (2011). *Diseño Estructural*. Ciudad de México, México: Limusa.

Ramírez, J. F. (2007). *Aprenda practicando Visual Basic 2005 usando Visual Studio 2005*.

México: Pearson Educación.

Reinoso, E. (2012). Evaluación de estructuras de concreto en la ciudad de México. *El concreto y su tecnología en el nuevo siglo*, (pág. 23). Ciudad de México. Recuperado el 26 de 11 de 2018, de http://www.smie.org.mx/SMIE_Articulos/cu/cu_15/te_01/ar_06.pdf

Sánchez, Ó. A. (2012). *HISTORIA DE LA ARQUITECTURA I*. Estado de México, México: Red Tercer Milenio.

Sierra, F. J. (2010). *Visual Basic .NET lenguaje y aplicaciones*. Madrid, España: RA-MA Editorial.