



UNIVERSIDAD  
CATÓLICA  
DE CUENCA

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA**

*Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo*

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA,  
INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**OPTIMIZACIÓN PARA EL PRE DIMENSIONAMIENTO  
DE ZAPATAS DE BORDE, MEDIANTE EL SOFTWARE  
SMATH STUDIO.**

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

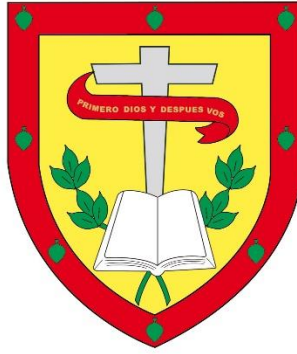
**AUTOR: EDDY ALEXANDER SAMANIEGO SAMANIEGO.**

**DIRECTOR: MSC. ING. EDUARDO DONEY PALMA  
ZAMBRANO.**

**CUENCA - ECUADOR**

**2024**

**DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA**

*Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo*

**UNIDAD ACADÉMICA INGENIERÍA, INDUSTRIA  
Y CONSTRUCCIÓN**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**OPTIMIZACIÓN PARA EL PRE DIMENSIONAMIENTO  
DE ZAPATAS DE BORDE, MEDIANTE EL SOFTWARE  
SMATH STUDIO.**

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

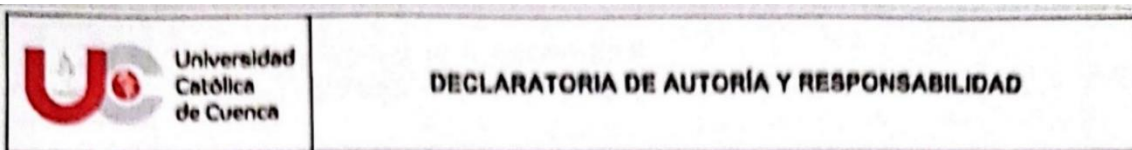
**AUTOR: EDDY ALEXANDER SAMANIEGO SAMANIEGO.**

**DIRECTOR: MSC. ING. EDUARDO DONEY PALMA  
ZAMBRANO.**

**CUENCA – ECUADOR**

**2024**

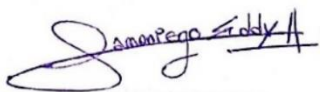
**DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO**



### Declaratoria de Autoría y Responsabilidad

**Eddy Alexander Samaniego Samaniego** portador(a) de la cédula de ciudadanía N° **0106479314**. Declaro ser el autor de la obra: **"OPTIMIZACIÓN PARA EL PRE DIMENSIONAMIENTO DE ZAPATAS DE BORDE, MEDIANTE EL SOFTWARE SMATH STUDIO"**, sobre la cual me hago responsable sobre las opiniones, versiones e ideas expresadas. Declaro que la misma ha sido elaborada respetando los derechos de propiedad intelectual de terceros y eximo a la Universidad Católica de Cuenca sobre cualquier reclamación que pudiera existir al respecto. Declaro finalmente que mi obra ha sido realizada cumpliendo con todos los requisitos legales, éticos y bioéticos de investigación, que la misma no incumple con la normativa nacional e internacional en el área específica de investigación, sobre la que también me responsabilizo y eximo a la Universidad Católica de Cuenca de toda reclamación al respecto.

Cuenca, 08/03/2024

F: 

**Eddy Alexander Samaniego Samaniego**

C.I. 0106479314

**Certificación.**

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Eddy Alexander Samaniego Samaniego,  
bajo mi supervisión.



.....

Ing. Eduardo Dionei Palma Zambrano.

Director

## DEDICATORIA

*Este trabajo va dedicado a mis padres, quienes, con su constante trabajo y amor, me han ayudado a cumplir cada uno de mis sueños, gracias por siempre creer en mí.*

*A mis hermanas, que han estado siempre presentes y las cuales me han sabido apoyar, aconsejar y animar a lo largo de mi formación personal y profesional.*

*A Jéssica, que con su amor y ejemplo a sabido apoyarme e inspirarme, para alcanzar juntos los objetivos que compartimos. Gracias por ser esa persona especial y extraordinaria, con la cual se que siempre cuento.*

## AGRADECIMIENTOS

*A mis abuelos, Miguel Ernesto y Adela Guillermina, que me han sabido entregar todo su apoyo y cariño, los cuales forman una parte muy importante de mi vida.*

*A mi familia, que nunca me han dejado de apoyar y aconsejar en la vida personal y académica.*

*A mi alma mater, Universidad Católica de Cuenca, por otorgarme una educación de calidad y docentes que han sabido guiarme académicamente y personalmente.*

*A mi tutor, Ing. Eduardo Palma, quien, con su conocimiento y profesionalismo a sabido guiarme de la mejor, con lo cual me ha permitido realizar de la mejor manera este proyecto.*

*A mis amigos, Sebas, Alex, Karla y Jennifer que con su amistad han sabido apoyarme y permitido vivir una experiencia universitaria, mejor de lo que pude haber llegado a imaginar.*

## RESUMEN

El presente trabajo se enfocó en el desarrollo de un programa especializado en el diseño y optimización de zapatas medianeras de hormigón armado, mediante la utilización del software Smath Studio. Este programa tiene como objetivo disminuir el tiempo y errores del proceso de diseño. Para el cumplimiento de este objetivo, se realizó una revisión bibliográfica, encontrando dos planteamientos en los que se basó esta programación, mismos que fueron realizados por José Calavera y Luis Garza.

El producto final de la programación fue la generación de un archivo ejecutable que permite el ingreso de datos de entrada como: las propiedades de los materiales, solicitudes de diseño, propiedades geotécnicas del terreno, propiedades geométricas y armado estructural. Por otra parte, el programa se divide en cinco ventanas principales, datos de entrada, tablas de verificaciones, tablas de resultados, planos de diseño y una guía de uso.

El producto final brinda a los usuarios información precisa acerca del pre dimensionamiento de las zapatas, incluyendo dimensiones óptimas, detalles del armado estructural necesario para el cumplimiento de las solicitudes de diseño. Además, estos resultados se presentan de manera gráfica, mediante un detalle estructural, con el propósito de facilitar la comprensión y aplicación del diseño.

La programación fue validada con un modelado en el software Robot Structural y dos ejemplos presentados en las bibliografías utilizadas, mismos que fueron planteados por Luis Garza, Andrés Miranda y Jhunion Fabriciano. La validación fue realizada bajo el cumplimiento de las regulaciones y consideraciones planteadas en la norma ACI 318-19 y NEC 2015.

**Palabras clave:** Smath Studio, zapata medianera, cimentación excéntrica, optimización.

## ABSTRACT

This paper focused on developing a specialized program for designing and optimizing reinforced concrete strip footings using Smath Studio software. This program aims to reduce the time and errors in the design process. A literature review was conducted to achieve this goal, finding two approaches on which this programming was based, which were proposed by José Calavera and Luis Garza.

The final product of the programming was the creation of an executable file that allows for the entry of data such as material properties, design requirements, soil geotechnical characteristics, geometric properties, and structural reinforcement. Furthermore, the program features five main interfaces: input data, verification charts, results charts, design drawings, and a user guide.

The final product offers users precise information on the preliminary sizing of footings, including optimal dimensions and details of the required structural reinforcement to comply with design demands. Additionally, these results are presented graphically through structural detailing to facilitate understanding and application of the design.

The programming was validated with the modeling in Robot Structural software, and two examples were presented in the bibliographies used, which were proposed by Luis Garza, Andrés Miranda, and Jhunion Fabriciano. The validation was conducted in accordance with the regulations and considerations specified in the American Concrete Institute (ACI) 318-19 and the Ecuadorian Construction Standard (NEC, by its Spanish acronym) 2015.

**Keywords:** Smath Studio, strip footing, eccentric foundation, optimization.

**TABLA DE CONTENIDOS**

<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>3</b>
<b>AGRADECIMIENTOS.....</b>	<b>4</b>
<b>TABLA DE CONTENIDOS .....</b>	<b>7</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>8</b>
<b>Índice de Anexos. ....</b>	<b>8</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>9</b>
<b>Capítulo 1 Introducción. ....</b>	<b>11</b>
Contexto y relevancia del tema de investigación.....	11
Formulación y delimitación del problema. ....	11
Objetivos.....	12
<b>Capítulo 2 Estado del arte y marco teórico. ....</b>	<b>13</b>
Estado del Arte.....	13
Marco Teórico.....	14
Bases Teóricas .....	19
Normativas Empleadas. ....	34
<b>Capítulo 3 Materiales y métodos. ....</b>	<b>36</b>
Diagrama de flujo .....	36
Guía para el usuario. ....	37
<b>Capítulo 4 Resultados y discusión. ....</b>	<b>80</b>
<b>Capítulo 5 Conclusiones y recomendaciones.....</b>	<b>103</b>
<b>Capítulo 6 Bibliografías.....</b>	<b>106</b>
<b>Capítulo 7 Anexos. ....</b>	<b>107</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Nomenclatura utilizada.....	19
Tabla 2: Validación 1.....	80
Tabla 3: Variación de los resultados obtenidos de la validación 1.....	85
Tabla 4: Validación 2.....	86
Tabla 5: Variación de los resultados obtenidos de la validación 1.....	91

## Índice de Anexos.

Anexo 1: Deducción de la fórmula utilizada para el cálculo del área de acero requerido.....	107
Anexo 2: Programación en Smath Studio.....	109
Anexo 3: Validación del ejemplo 1 con Robot Structural.....	195
Anexo 4: Validación del ejemplo 2 con Robot Structural.....	200

## ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 1: Excentricidad de la zapata. ....	16
Ilustración 2: Presiones del terreno sobre la parte inferior de la zapata. ....	17
Ilustración 3: Poblaciones ecuatorianas y valor del factor Z. ....	18
Ilustración 4: Interfaz del software Smath Studio. ....	19
Ilustración 5: Cimentación con carga excéntrica. ....	22
Ilustración 6: Asentamiento y giro presente en la zapata. ....	23
Ilustración 7: Ancho de la banda para el refuerzo en el sentido longitudinal. ....	25
Ilustración 8: Comportamiento de una sección a flexión. ....	26
Ilustración 9: Distribución de esfuerzo a compresión. ....	26
Ilustración 10: Ancho de la banda para el refuerzo en el sentido transversal. ....	27
Ilustración 11: Comportamiento de una sección a flexión. ....	28
Ilustración 12: Distribución de esfuerzo a compresión. ....	29
Ilustración 13: Sección crítica a “d/2” de la columna. ....	30
Ilustración 14: Sección crítica a “d” de la cara de la columna. ....	31
Ilustración 15: Sección crítica a “d” de la cara de la columna. ....	32
Ilustración 16: Diagrama de flujo del programa desarrollado. ....	37
Ilustración 17: Presentación del producto final. ....	37
Ilustración 18: Ejes de la cimentación. ....	38
Ilustración 19: Tabla para el cálculo del coeficiente de balasto, apartado 3.4. ....	40
Ilustración 20: Profundidad recomendada de cimentación, apartado 3.2. ....	40
Ilustración 21: Aumento del recubrimiento en la columna. ....	41
Ilustración 22: Configuración del armado para la columna. ....	42
Ilustración 23: Variables de la columna. ....	42
Ilustración 24: Configuración del armado para la columna. ....	43
Ilustración 25: Variables del pedestal. ....	44
Ilustración 26: Relación lado largo – lado corto, apartado 4.16. ....	45
Ilustración 27: Variables de la zapata. ....	45
Ilustración 28: Luz libre, apartado 4.18. ....	46
Ilustración 29: Coeficientes de aceleración, apartado 4.19. ....	46
Ilustración 30: Configuración del armado para la viga de amarre. ....	47
Ilustración 31: Variables de la viga de amarre. ....	47
Ilustración 32: Gráfico de las presiones para el apartado 1.1, 1.2, 1.3 y 1.4. ....	48
Ilustración 33: Momento último en el sentido longitudinal de la zapata. ....	49
Ilustración 34: Momento último en el sentido transversal de la zapata. ....	49
Ilustración 35: Esfuerzo cortante por punzonamiento a d/2 de la cara última. ....	50
Ilustración 36: Esfuerzo cortante último a “d” de la cara de la columna en el sentido transversal de la zapata. ....	50
Ilustración 37: Esfuerzo cortante último a “d” de la cara de la columna en el sentido transversal de la zapata. ....	50
Ilustración 38: Fuerza cortante en la cara de la columna y la cara de la zapata. ....	51
Ilustración 39: Fuerza axial de diseño actuante sobre la columna. ....	51
Ilustración 40: Fuerza cortante en la cara del pedestal y la cara de la zapata. ....	52
Ilustración 41: Fuerza axial de diseño actuante sobre el pedestal. ....	53
Ilustración 42: Tensión crítica de la viga aérea. ....	53
Ilustración 43: Tabla de parámetros utilizados para el diseño de la cimentación. ....	54
Ilustración 44: Verificaciones de los datos de entrada. ....	55
Ilustración 45: Verificaciones del pre dimensionamiento. ....	56

Ilustración 46: Ancho de la franja, apartado 2.2.2.....	58
Ilustración 47: Variables de la zapata.....	58
Ilustración 48: Verificaciones del refuerzo longitudinal de la zapata.....	59
Ilustración 49: Resistencia al cortante (2D), apartado 3.1.1.....	61
Ilustración 50: Resistencia al cortante (1D), 3.2.1. y 3.2.2.....	61
Ilustración 51: Verificaciones del cortante en la zapata.....	62
Ilustración 52: Verificaciones del cortante en la columna.....	65
Ilustración 53: Ancho de la columna en función de l.dh de la viga, apartado 4.1.9.....	66
Ilustración 54: Verificaciones del cortante en la columna.....	66
Ilustración 55: Relación geométrica entre la columna y pedestal, apartado 4.2.1.....	68
Ilustración 56: Altura de la zapata en función de l.dh del pedestal.....	69
Ilustración 57: Ancho del pedestal en función de l.dh de la viga, apartado 4.2.11.....	70
Ilustración 58: Tabla para el caso 1 del pedestal.....	70
Ilustración 59: Tabla para el caso 2 del pedestal.....	70
Ilustración 60: Ancho de la viga de amarre, apartado 5.1.3.....	72
Ilustración 61: Alto de la viga en función del l.ext de la viga de amarre, apartado 5.2.4.....	73
Ilustración 62: Verificaciones de la viga de amarre.....	73
Ilustración 63: Resultados geométricos, caso 1.....	74
Ilustración 64: Resultados del armado estructura, caso 1.....	74
Ilustración 65: Caso 1 de la cimentación realizada en Revit.....	75
Ilustración 66: Resultados geométricos, caso 2.....	76
Ilustración 67: Resultados del armado estructura, caso 2.....	76
Ilustración 68: Caso 2 de la cimentación realizada en Revit.....	77
Ilustración 69: Nomenclatura de la cimentación en L, Caso 1.....	78
Ilustración 70: Resultados de la cimentación en L, Caso 1.....	78
Ilustración 71: Nomenclatura de la cimentación en B, Caso 1.....	79
Ilustración 72: Resultados de la cimentación en B, Caso 1.....	79
Ilustración 73: Resultados en planta de la cimentación, Caso 1.....	80
Ilustración 74: Resultados del corte A-A, Caso 1.....	80
Ilustración 75: Resultados del corte B-B, Caso 1.....	81
Ilustración 76: Nomenclatura de la cimentación en L, Caso 2.....	82
Ilustración 77: Resultados de la cimentación en L, Caso 2.....	82
Ilustración 78: Nomenclatura de la cimentación en B, Caso 2.....	83
Ilustración 79: Resultados de la cimentación en B, Caso 2.....	83
Ilustración 80: Resultados en planta de la cimentación, Caso 2.....	84
Ilustración 81: Resultados del corte A-A, Caso 2.....	84
Ilustración 82: Resultados del corte B-B, Caso 2.....	85
Ilustración 83: Primera parte del ingreso de los datos de entrada.....	95
Ilustración 84: Segunda parte del ingreso de los datos de entrada.....	96
Ilustración 85: Primera parte de las verificaciones de diseño.....	97
Ilustración 86: Segunda parte de las verificaciones de diseño.....	98
Ilustración 87: Tercera parte de las verificaciones de diseño.....	99
Ilustración 88: Primera parte de los planos de diseño.....	100
Ilustración 89: Segunda parte de los planos de diseño.....	100
Ilustración 90: Tercera parte de los planos de diseño.....	101
Ilustración 91: Cuarta parte de los planos de diseño.....	101
Ilustración 92: Quinta parte de los planos de diseño.....	102
Ilustración 93: Sexta parte de los planos de diseño.....	102

## **Capítulo 1**

### **Introducción.**

#### **Contexto y relevancia del tema de investigación.**

Las zapatas de medianería son un tipo de cimentación superficial utilizada en terrenos donde se requiere soportar cargas de columnas ubicadas al borde del terreno colindando con estructuras adyacentes. Su objetivo es impedir cargas excéntricas últimas sobre la cimentación, lo cual sucede a menudo en columnas perimetrales. El proceso de pre dimensionamiento es fundamental, ya que garantiza la seguridad y estabilidad de las estructuras de ingeniería civil.

En este contexto, el proceso de optimización del pre dimensionamiento de zapatas medianeras mediante el uso de un software de uso libre, como SMath Studio, adquiere una gran relevancia. Este tipo de softwares ofrece una solución integral ya que permite realizar de manera precisa y efectiva dicho proceso, teniendo en cuenta las cargas aplicadas, características del suelo y propiedades de los materiales utilizados. Al emplear herramientas computacionales, se logra optimizar el proceso de diseño y mejorar la eficiencia en la estructura, reduciendo así los riesgos asociados a un diseño deficiente.

La importancia de esta investigación reside en el afán de proporcionar a los usuarios una herramienta eficaz que permita realizar el pre dimensionamiento de manera rápida, precisa y confiable. Al contar con un software como Smath Studio se puede optimizar los recursos utilizados, reducir los errores de cálculo y el tiempo requerido para obtener una configuración estructural óptima.

#### **Formulación y delimitación del problema.**

El diseño de zapatas medianeras es un proceso crítico en la ingeniería de cimentaciones, ya que debe garantizar la seguridad y estabilidad de la estructura. Es por ello que, la

determinación de la configuración estructural más óptima que cumpla con las solicitaciones y regulaciones normativas es de suma importancia.

Por lo tanto, el problema de investigación se centra en desarrollar una programación de pre dimensionamiento de zapatas medianeras utilizando el software SMath Studio, con el objetivo de optimizar este proceso y reducir los errores de cálculo. El enfoque se limita a cimentaciones de hormigón armado y zapatas de borde. La investigación estará orientada a la creación de un programa de cálculo amigable y de uso libre, permitiendo al usuario ingresar parámetros relevantes, como valores de carga, dimensiones y condiciones del terreno.

El alcance de la investigación incluye la consideración de criterios de diseño personalizables por parte del usuario. El programa desarrollado proporcionará dimensiones óptimas para las zapatas de borde, teniendo en cuenta los parámetros de entrada. Además, se espera que el programa genere tablas de verificaciones, tablas de resultados, planos detallados del armado de la zapata y una guía de uso para facilitar su utilización.

## **Objetivos**

### **General**

Optimizar el pre dimensionamiento de zapatas de borde utilizando el software libre SMath Studio.

### **Específicos**

- Desarrollar algoritmos y diagramas de flujo que permitan presentar el proceso lógico que seguirá el programa.
- Validar el proceso de optimización con resultados obtenidos del material bibliográfico y mediante la utilización de un software privado, con el fin de verificar la validez y la confiabilidad del programa.
- Crear una guía de uso del programa que permita a los usuarios comprender cómo funciona el programa y cómo utilizarlo de manera correcta.

## Capítulo 2

### Estado del arte y marco teórico.

#### Estado del Arte

El proceso de diseño de cimentaciones superficiales ha evolucionado constantemente, ya que el uso de softwares especializados para este proceso tiene un continuo crecimiento, optimizando de tal manera el tiempo y recursos empleados.

En la actualidad existen pocos softwares libres y confiables para el diseño de cimentaciones, por lo que se tiene que recurrir a softwares que son parcial o completamente de pago generando de tal manera restricciones al momento de querer adquirirlos.

Uno de estos es **SAFE**, un software innovador que permite analizar y detallar el proceso de dimensionamiento estructural. El diseño de la cimentación de hormigón armado puede llevarse a cabo mediante la implementación de elementos finitos o la aplicación del método de las bandas, donde el usuario puede definir su ancho o generarlo de forma automática. Este software fue realizado por CAI (Computers & Structures, INC) y basado en las normas ACI 318-19, ACI 318-14, Eurocode 2-2004, etc (CSI Spain, 2024).

**GEO 5** es otro programa empleado para diseñar zapatas aisladas. Este calcula la capacidad portante, rotaciones, asentamientos, esfuerzos transversales - longitudinales y cortante por punzonamiento. Realiza verificaciones basadas en la norma estadounidense ACI e implementando métodos de diseño como LRFD o estados límites. De igual forma, incluye la facilidad de poder considerar una forma de zapata céntrica, excéntrica, zapata continua, circular, etc. Este software fue realizado por la empresa FINE con un costo total de 320 USD durante el año 2023 (FINE, 2023).

**CYPECAD** es un software de diseño estructural que permite analizar, calcular y dimensionar componentes estructurales como zapatas medianeras. Este software nos brinda una gran facilidad al momento del diseño, ya que permite realizar las verificaciones según la

normativa seleccionada por el usuario. Finalmente nos entrega detalles constructivos del elemento seleccionado, detalles del armado y cantidades de materiales. Este software fue realizado por la empresa española CYPE Ingenieros (CYPE, 2023).

**ROBOT STRUCTURAL** analiza, calcula y dimensiona cimentaciones de hormigón armado. Este producto de la empresa AUTODESK está disponible en la colección Arquitectura, Ingeniería y Construcción, un paquete de herramientas integradas de modelado de información para la construcción (BIM), con un costo de 3465 USD. Esta empresa ofrece un paquete gratuito para estudiantes (AUTODESK, 2024).

## **Marco Teórico**

### **Conceptos Claves**

#### **Hormigón.**

El hormigón es uno de los materiales principales utilizados a lo largo de la historia en la construcción, conformado por una mezcla entre grava, arena, agua y cemento en cantidades específicas. En ciertos casos este puede incluir la adición de un aditivo para modificar características como su tiempo de fraguado, resistencia, durabilidad, etc.(Mc Cormac & Brown, 2017)

#### **Resistencia a la compresión del hormigón.**

Es la capacidad que presenta el hormigón para soportar cargas de compresión sin colapsar, por lo que esta capacidad es una de sus propiedades mecánicas fundamentales. Esta propiedad comúnmente se la mide en términos de esfuerzo como MPa o kg/cm y lo podemos ver regulado en normas de construcción como lo es la ACI 318-19 en el apartado 19.2.1.1.(Oviedo, 2016)

#### **Acero de refuerzo.**

Es un material el cual tiene una alta resistencia a la tracción, por lo cual su implementación en construcciones de hormigón armado es crucial. El hormigón tiene

una alta resistencia a la compresión, pero muy poca a tracción, por lo que al agregar el acero de refuerzo crea una relación que aprovecha las diferentes propiedades de los materiales.

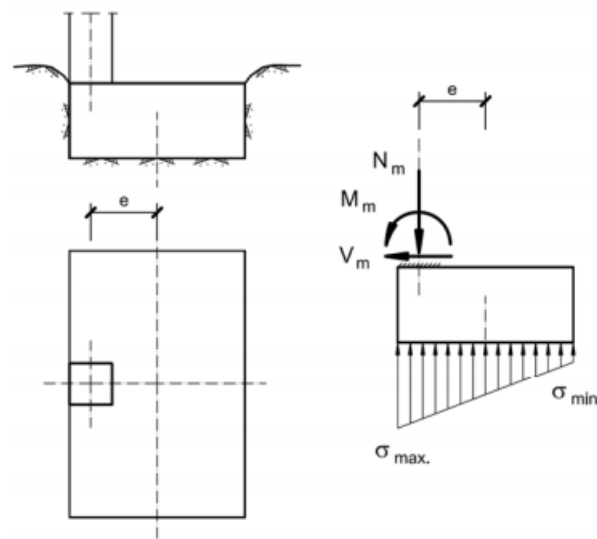
Comúnmente se suele usar diámetros cullo valor varía dependiendo del uso, para barras corrugadas varía entre 8mm a 36mm y para estribos entre 10mm a 16mm, como lo establece la Norma Ecuatoria de la construcción (NEC-SE-HM) en el capítulo 3.4.2 (a). (NEC-SE-HM, 2015)

#### **Resistencia a la fluencia del acero.**

Esta propiedad es la que determina el comportamiento del acero bajo cargas prolongadas y hace referencia a la capacidad que tiene el acero de deformarse de forma plástica y sin fallar. La resistencia especificada a la fluencia del refuerzo no pre esforzado debe cumplir con lo establecido en el capítulo 20, apartado 20.2.2.4 de la ACI 318-19.

#### **Excentricidad.**

La excentricidad que se genera en las zapatas medianeras hace referencia a la distancia que existe entre el centro de gravedad de la cimentación y el punto de aplicación de la carga, esto debido principalmente a una distribución no uniforme de cargas o a la ubicación de la columna o pedestal conectado a la zapata, lo cual genera una desestabilización en la cimentación (Calavera, 2000).



**Ilustración 1: Excentricidad de la zapata.**

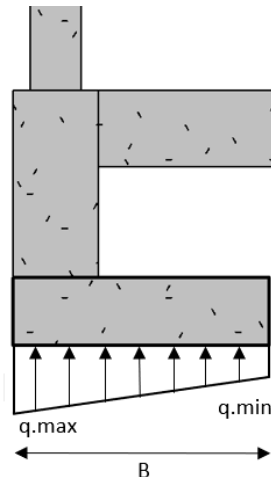
**Fuente:** (Galletero, 2016).

#### **Esfuerzo admisible del terreno.**

El esfuerzo admisible del suelo o capacidad máxima de carga, se refiere a la máxima carga aplicada por la estructura sobre un área determinada, la cual resiste a deformarse de manera significativa. Este esfuerzo es el que garantiza la estabilidad total de la estructura y se lo determina principalmente con pruebas en laboratorio y ensayos bajo condiciones controladas. (Braja M, 2012)

#### **Presiones ejercidas por el terreno.**

Hace referencia a las presiones ejercidas por el terreno sobre la parte inferior de la zapata, y las cuales se presentan de forma lineal no uniforme. La presión máxima en el caso de una zapata medianera, es cuando está se encuentra más cercana al punto de aplicación de la carga y es mínima cuando se encuentra más alejada de dicho punto (Garza, 2000).



***Ilustración 2: Presiones del terreno sobre la parte inferior de la zapata.***

#### **Coefficiente de balasto.**

El coeficiente de balasto se basa en la idea de que el terreno actúa como un conjunto de resortes que soportan las deformaciones producidas por las cargas transmitidas hacia la cimentación. Esencialmente es una medida de la capacidad del terreno para soportar deformaciones bajo una carga aplicada. (H. R. Romero, 2004)

#### **Módulo de compresibilidad volumétrica.**

Representa la capacidad del terreno para alterar su volumen y deformarse en todas direcciones en respuesta a una variación de presiones o confinamiento. (García, 2014)

#### **Coefficiente de aceleración pico efectiva para la zona de diseño.**

Estos coeficientes de aceleración pico efectiva se utilizan para representar la aceleración máxima esperada en el sismo de diseño. Para el caso de Ecuador, estos coeficientes se los obtienen de un estudio que considera fundamentalmente los resultados de peligro sísmico del Ecuador actualizados al año 2011 y se los puede encontrar en la NEC-SE-DS 2015.

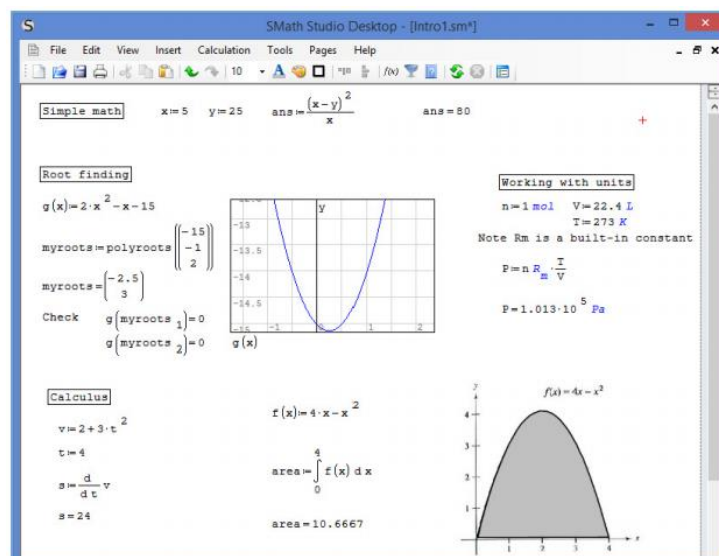
POBLACIÓN	PARROQUIA	CANTÓN	PROVINCIA	Z
CUENCA	CUENCA	CUENCA	AZUAY	0.25
CHORDELEG	CHORDELEG	CHORDELEG	AZUAY	0.25
GUALACEO	GUALACEO	GUALACEO	AZUAY	0.25
SEVILLA DE ORO	SEVILLA DE ORO	SEVILLA DE ORO	AZUAY	0.25
EL PAN	EL PAN	EL PAN	AZUAY	0.25
PAUTE	CHICAN (GUILLERMO ORTEGA)	PAUTE	AZUAY	0.25
GUARANDA	GUARANDA	GUARANDA	BOLIVAR	0.35
SAN LORENZO	SAN LORENZO	GUARANDA	BOLIVAR	0.35
SANTIAGO	SANTIAGO	SAN MIGUEL	BOLIVAR	0.35
SAN JOSE DEL TAMBO	SAN JOSE DEL TAMBO	CHILLANES	BOLIVAR	0.35
SAN SIMON	SAN SIMON (YACOTO)	GUARANDA	BOLIVAR	0.35
SAN MIGUEL DE BOLIVAR	SAN MIGUEL	SAN MIGUEL	BOLIVAR	0.35
SAN JOSE DE CHIMBO	SAN JOSE DE CHIMBO	CHIMBO	BOLIVAR	0.35

***Ilustración 3: Poblaciones ecuatorianas y valor del factor Z.***

**Fuente:** (NEC-SE-DS, 2015)

### **Smath Studio.**

El software Smath Studio es una de las herramientas matemáticas más potentes en la actualidad, ya que este permite que el usuario pueda crear, manejar y editar expresiones matemáticas simples y complejas. En él se puede encontrar un sinnúmero de funcionalidades matemáticas como gráficos dinámicos, ecuaciones, matrices y análisis de datos, así como la facilidad de poder crear un archivo ejecutable para usarlo de forma independiente (de Carvalho & Silva, 2023).



**Ilustración 4: Interfaz del software Smath Studio.**

**Fuente:** (Liengme, 2015)

## Bases Teóricas

**Tabla 1: Nomenclatura utilizada.**

Nomenclatura utilizada en las bases teóricas.	
$q_{max}$	Presión máxima que ejerce el terreno sobre la parte inferior de la zapata.
$q_{min}$	Presión mínima que ejerce el terreno sobre la parte inferior de la zapata.
$P_s$	Carga axial máxima en estado de servicio.
$A'$	Área efectiva de la zapata.
$B'$	Ancho efectivo de la zapata.
$L'$	Largo efectivo de la zapata.
$B$	Ancho de la zapata.
$e$	Excentricidad actuante en la zapata.
$q_a$	Esfuerzo admisible del terreno.
$\delta_o$	Desplazamiento de la zapata en el punto de origen.
$k$	Módulo de reacción del suelo o coeficiente de balasto.
$\delta_1$	Desplazamiento de la zapata en el borde opuesto de donde está la columna.
$\alpha_s$	Giro de la zapata que se genera entre la zapata y el eje horizontal.
$\alpha_c$	Giro de la zapata con un voladizo con carga concentrada.
$M$	Momento actuante en la zapata.
$\lambda$	Coefficiente que depende del grado de empotramiento de la columna y la viga aérea.
$C$	Distancia entre la parte superior de la zapata y el eje longitudinal de la viga aérea.
$E$	Módulo de elasticidad de la columna.

$I_c$	Inercia de la columna.
$T$	Tensión de la viga aérea.
$b_1$	Ancho de la columna en el sentido del eje longitudinal.
$b_2$	Ancho de la columna en el sentido del eje transversal.
$L_v$	Ancho de la franja de diseño.
$M_u$	Momento ultimo actuante en la zapata.
$A_{s,req}$	Área del refuerzo requerido para el diseño a flexión de la zapata.
$f'c$	Resistencia a la compresión del hormigón.
$d$	Altura efectiva de la sección.
$f_y$	Resistencia a la fluencia del acero de refuerzo.
$a$	Altura del bloque de compresiones.
$c$	Distancia entre el eje neutro de la sección y la fibra extrema a compresión.
$A_s$	Área del acero de refuerzo longitudinal.
$q_{uf}$	Ajuste de la presión máxima del terreno en la cara de la columna.
$q_{\frac{d}{2}u}$	Ajuste de la presión máxima del terreno a $d/2$ de la cara de la columna.
$V_{up}$	Fuerza total por punzonamiento que ejerce la columna sobre la zapata.
$P_u$	Carga axial máxima en estado ultimo.
$v_{up}$	Esfuerzo cortante por punzonamiento.
$b_o$	Perímetro crítico para el cortante bidireccional.
$\phi_v$	Factor de reducción de resistencia.
$v_c$	Esfuerzo correspondiente a la resistencia nominal a cortante de dos direcciones proporcionada por el hormigón.
$q_{ud}$	Ajuste de la presión máxima del terreno a $d$ de la cara de la columna.
$V_{ud}$	Fuerza cortante vertical en sentido longitudinal.
$C_1$	Ancho de la columna en el sentido longitudinal.
$C_2$	Ancho de la columna en el sentido transversal.
$T_z$	Altura de la zapata.
$B_w$	Ancho y alto de la viga de amarre.
$M_{sy}$	Momento máximo en estado de servicio en el sentido longitudinal.
$M_{uy}$	Momento máximo en estado último en el sentido longitudinal.
$P_E$	Carga axial máxima en estado sismo.
$M_{Ey}$	Momento máximo en estado sismo en el sentido longitudinal.
$m_v$	Módulo de compresibilidad volumétrica.
$D_f$	Profundidad recomendada de cimentación.
$L$	Largo de la zapata.
$q_{s,min}$	Presión mínima en estado de servicio que ejerce el suelo sobre la cara inferior de la zapata.
$q_{s,max}$	Presión máxima en estado de servicio que ejerce el suelo sobre la cara inferior de la zapata.
$M_{uB}$	Momento en estado último en el sentido transversal.
$M_{uL}$	Momento en estado último en el sentido longitudinal.
$A_{sB}$	Área del refuerzo longitudinal en el sentido transversal.
$A_{sL}$	Área del refuerzo longitudinal en el sentido longitudinal.

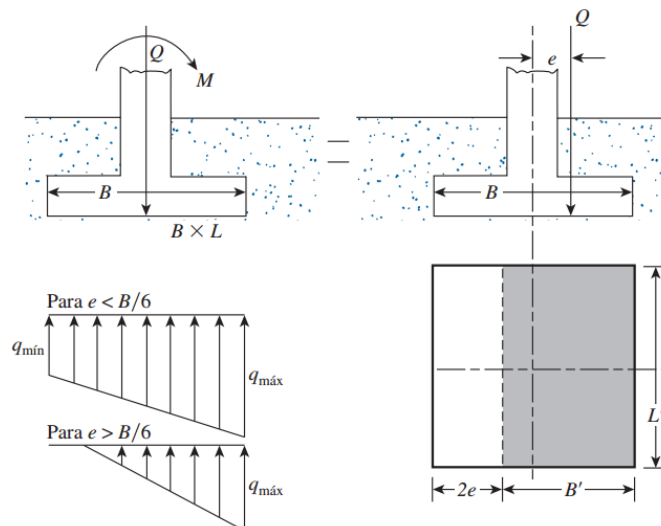
<b><i>Franja</i></b>	La franja representa un ancho en el sentido de L con valor de B donde se requiere colocar un cierto porcentaje del acero total en el sentido transversal.
<b><i>Fuera franja</i></b>	El ancho fuera de la franja es el restante de la longitud L menos el ancho de la franja B, donde se colocará el restante del porcentaje del acero total en el sentido transversal.
<b><math>v_{up}</math></b>	Cortante por punzonamiento que genera la columna o pedestal sobre la zapata.
<b><math>v_{upL}</math></b>	Cortante directo en el sentido longitudinal.
<b><math>v_{upB}</math></b>	Cortante directo en el sentido transversal.
<b><math>v_{cu}</math></b>	Resistencia al cortante aportado por el hormigón.
<b><math>A_{sh}</math></b>	Área del refuerzo transversal requerido por las consideraciones sísmicas para soportar el cortante actuante.
<b><math>A_s</math></b>	Área del refuerzo transversal.
<b><math>s</math></b>	Espaciamiento entre el refuerzo transversal.
<b><math>A_{s\ long}</math></b>	Área del refuerzo longitudinal de la viga de amarre.
<b><math>A_{s\ trans}</math></b>	Área del refuerzo transversal de la viga de amarre.
<b><math>PCM</math></b>	Máxima carga axil muerta.
<b><math>PCV</math></b>	Máxima carga axil viva.
<b><math>q_{u\ min}</math></b>	Presión mínima en estado ultimo que ejerce el suelo sobre la cara inferior de la zapata.
<b><math>q_{u\ max}</math></b>	Presión máxima en estado ultimo que ejerce el suelo sobre la cara inferior de la zapata.
<b><math>A_s</math></b>	Área del refuerzo longitudinal de la columna.
<b><math>A_{s\ trans}</math></b>	Área del refuerzo transversal de la viga de amarre.
<b><math>T</math></b>	Tracción.
<b><math>C</math></b>	Compresión.
<b><math>P_n</math></b>	Resistencia nominal.
<b><math>\phi</math></b>	Coefficiente de reducción.

El dimensionamiento adecuado de la cimentación, garantiza la estabilidad estructural de toda la edificación y asegura que se soporten cargas previstas e imprevistas en los diseños sin exceder el esfuerzo admisible del terreno, para lo cual en el diseño de la zapata se debe considerar los asentamientos, giros y excentricidades (Curtin, 2006).

### **Método del área afectiva de Meyerhof para el dimensionamiento de la zapata.**

Para el dimensionamiento de la zapata se recurre al planteamiento realizado por Meyerhof en 1953, donde plantea que una cimentación sujeta a cargas excéntricas y

momentos presenta una inclinación hacia el lado donde se aplica la carga, mismo lado en donde se da la presión máxima de la cimentación (F. Romero, 2022).



**Ilustración 5: Cimentación con carga excéntrica.**

**Fuente:** (Braja M, 2012).

Partiendo del gráfico propuesto por (Braja M, 2012) donde se indica el área efectiva de la cimentación, podemos obtener la ecuación para el cálculo de la presión.

$$q_{max} = \frac{P_s}{A'} = \frac{P_s}{B'L'}$$

$$q_{max} = \frac{P_s}{(B - 2e)L}$$

Para la presión máxima que genera el terreno sobre la parte inferior de la zapata debe ser menos o igual al esfuerzo admisible del terreno:

$$q_{max} \leq q_a$$

Una vez obtenida la ecuación de la presión máxima podemos encontrar el ancho de la zapata en función del esfuerzo admisible del terreno.

$$q_{max} = \frac{P_s}{(B - 2e)L} \leq q_a$$

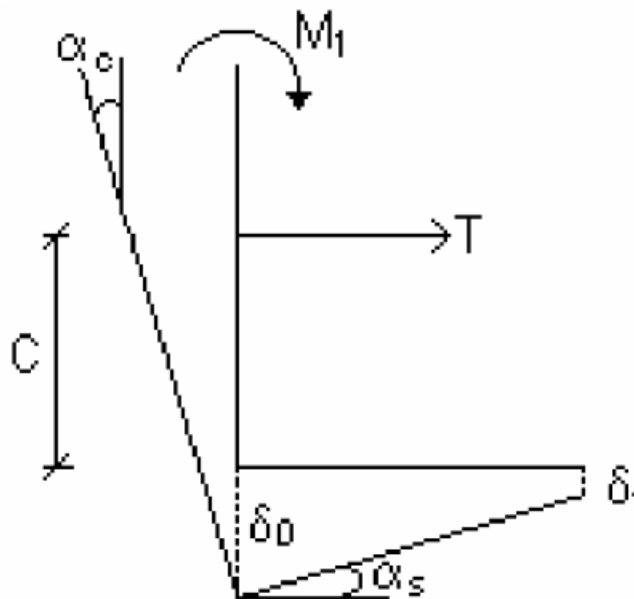
Para la solución de la ecuación se utiliza la relación recomendada por (Garza, 2004), donde el largo de la zapata debe ser el doble que el ancho.

$$\frac{L}{B} = 2$$

$$B \geq \frac{P_s}{2(B - 2e)q_a}$$

### Modelo estructural propuesto por José Calavera.

El modelo estructural propuesto por (Calavera, 2000), se ajusta a los resultados obtenidos de un análisis de interacción suelo – estructura, donde se considera que el momento trata de volcar la cimentación, dando como resultado una distribución de presiones lineales no uniformes.



*Ilustración 6: Asentamiento y giro presente en la zapata.*

**Fuente:** (Garza, 2004).

En el modelo presentado, el número de ecuaciones ( $\Sigma F_y = 0$  y  $\Sigma M_o = 0$ ) son insuficientes para despejar  $T$ ,  $q_{max}$  y  $q_{min}$ , por lo que se recurre a las ecuaciones de compatibilidad de deformaciones.

Desplazamiento en el origen O:  $\delta_o = \frac{q_{max}}{k}$

Desplazamiento en el borde de la zapata:  $\delta_1 = \frac{q_{min}}{k}$

Giro de la zapata:  $\alpha_s = \frac{\delta_o - \delta_1}{B} = \frac{q_{max} - q_{min}}{k B}$

Giro de la zapata con un voladizo con carga concentrada:  $\alpha_c = \frac{(T_c + M) \lambda^2 C^2}{3 E I_c}$

Una vez obtenidos los dos giros de la zapata, podemos resolver el problema.

$$\frac{(T_c + M) \lambda^2 C^2}{3 E I_c} = \frac{q_{max} - q_{min}}{k B}$$

Aplicando el equilibrio estático en la zapata, podemos encontrar las dos ecuaciones restantes.

$$\begin{aligned} \Sigma F_y (\uparrow) = 0 &\Rightarrow P + N = R = \frac{q_{max} + q_{min}}{2} BL \\ \Sigma M_o (\curvearrowright) = 0 &\Rightarrow T(C + h) + \frac{1}{2}(NB + P b_2) - \frac{(q_{max} + 2q_{min})}{6} B^2 L + M = 0 \end{aligned}$$

Finalmente resolviendo el sistema de tres ecuaciones, podemos obtener las siguientes expresiones.

$$T = \frac{P \left( \frac{B - b_2}{2} \right) - 2M}{\left( C + h + \frac{k \lambda^2 C^2}{36 E I_c} B^3 L \right)}$$

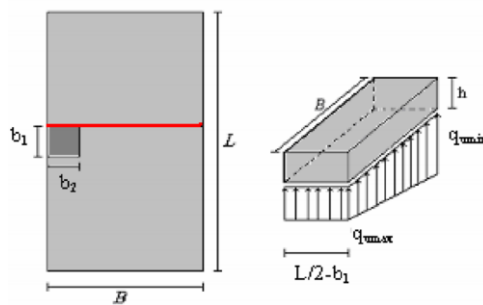
$$q_{max} = \frac{P}{BL} + \frac{k \lambda^2 C^2 B}{6 E I_c} T \leq q_a$$

$$q_{min} = \frac{P}{BL} + \frac{k \lambda^2 C^2 B}{6 E I_c} T > 0$$

### **Diseño a flexión en la zapata.**

El diseño del refuerzo longitudinal en la zapata se lo debe realizar en una dirección y en dos anchos de banda diferentes, logrando calcular únicamente los momentos que actúan en estas. La mayor flexión de la zapata se presenta en las bandas (ACI SP-17(14), 2015).

- **Refuerzo en el sentido longitudinal.**



**Ilustración 7: Ancho de la banda para el refuerzo en el sentido longitudinal.**

**Fuente:** (Garza, 2000)

El ancho de la banda para el diseño del refuerzo en el sentido longitudinal se calcula de la siguiente manera.

$$L_v = \frac{L}{2} - \frac{b_1}{2}$$

Con el ancho de la banda, podemos calcular el momento ultimo que actúa únicamente en la banda analizada y de esta forma optimizar la cantidad de refuerzo en la zapata.

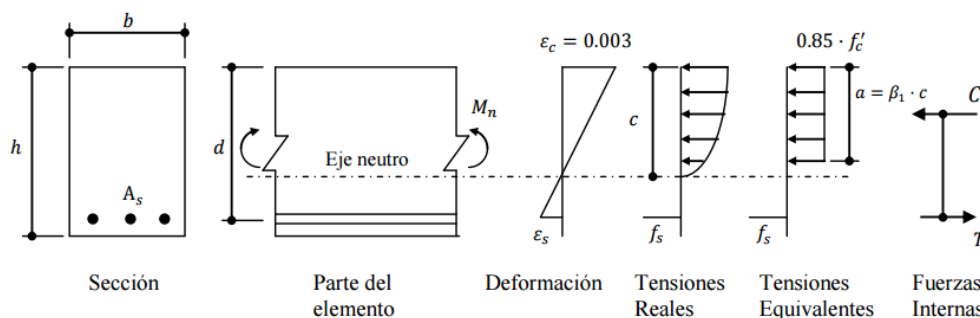
$$M_u = \frac{q_{u.min} + q_{u.max}}{2} * \frac{L_v^2}{2} * B$$

Una vez calculado el momento ultimo actuante en la banda, podremos determinar el área de refuerzo longitudinal requerida. Para el cálculo del área del refuerzo requerido se utilizará la siguiente formulación, la cual se puede usar con cualquier tipo de unidades. La obtención de la formula se la puede observar en el anexo

1.

$$A_{s.req} = \frac{0.85 f'c B \left( d - \sqrt{d^2 - 2 \left( \frac{M_u}{\phi 0.85 f'c B} \right)} \right)}{f_y}$$

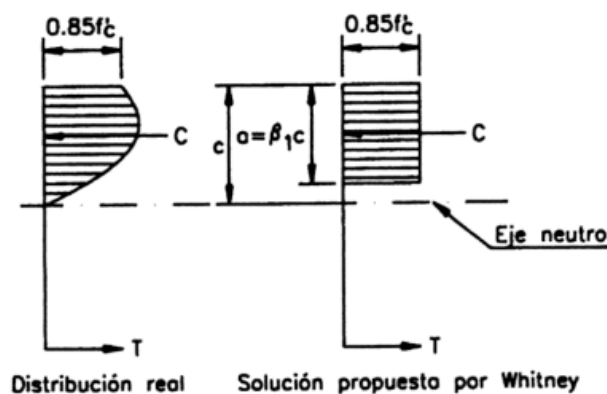
La obtención de la fórmula utilizada parte de la simplificación rectangular en la sección a compresión. Se plantea el equilibrio traslacional y rotacional. Donde las fuerzas internas generadas son las que nos establecen la resistencia frente al momento externo aplicado.



**Ilustración 8: Comportamiento de una sección a flexión.**

**Fuente:** (Córdero Alvéstegui, 2015)

Para calcular altura del bloque rectangular de compresiones equivalentes se recurre al planteamiento realizado por Whitney, donde propone que el bloque de compresiones se puede lo puede analizar de forma rectangular.

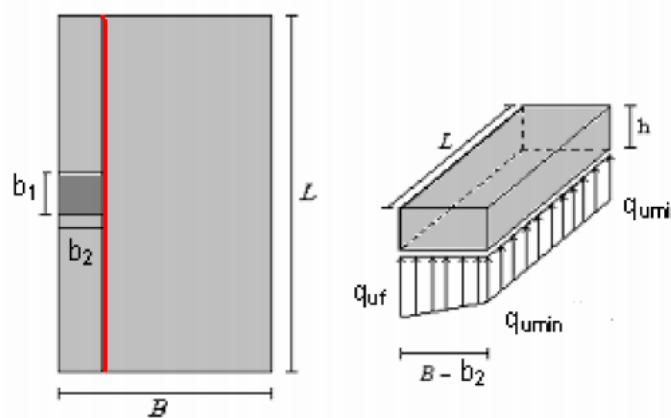


**Ilustración 9: Distribución de esfuerzo a compresión.**

**Fuente:** (Córdero Alvéstegui, 2015)

$$a = \beta_1 * C = \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c B}$$

- **Refuerzo en el sentido transversal.**



**Ilustración 10:** Ancho de la banda para el refuerzo en el sentido transversal.

**Fuente:** (Garza, 2000)

El ancho de la banda para el diseño del refuerzo en el sentido longitudinal se calcula de la siguiente manera.

$$L_v = L - b_2$$

Para el caso del refuerzo en el sentido transversal, se ajusta el momento mediante el cálculo de la presión del terreno en la cara de la columna.

$$q_{uf} = q_{u.min} + \frac{q_{u.max} - q_{u.min}}{B} * (B - b_2)$$

Con el ancho de la banda, podemos calcular el momento ultimo que actúa únicamente en la banda analizada y de esta forma optimizar la cantidad de refuerzo en la zapata.

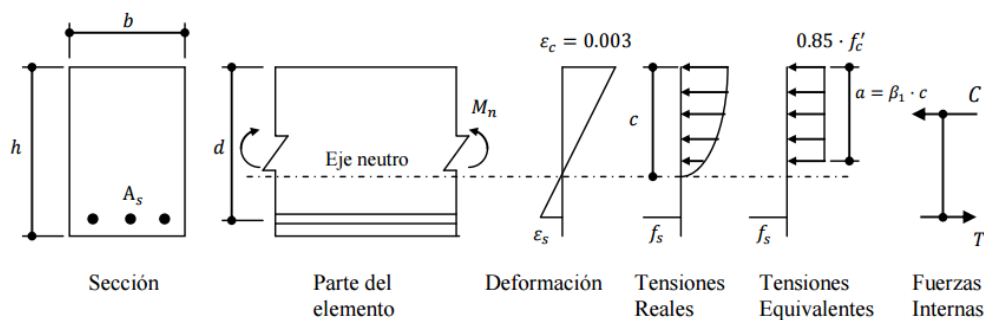
$$M_u = \left( q_{u.min} \left( \frac{L_v^2}{2} \right) + \left( \frac{q_{uf} - q_{u.min}}{2} \right) \left( \frac{L_v^2}{3} \right) \right) L$$

Una vez calculado el momento ultimo actuante en la banda, podremos determinar el área de refuerzo longitudinal requerida. Para el cálculo del área del

refuerzo requerido se utilizará la siguiente formulación, la cual se puede usar con cualquier tipo de unidades. La obtención de la fórmula se la puede observar en el anexo 1.

$$A_{s.req} = \frac{0.85 f' c B \left( d - \sqrt{d^2 - 2 \left( \frac{M_u}{\phi 0.85 f' c B} \right)} \right)}{f_y}$$

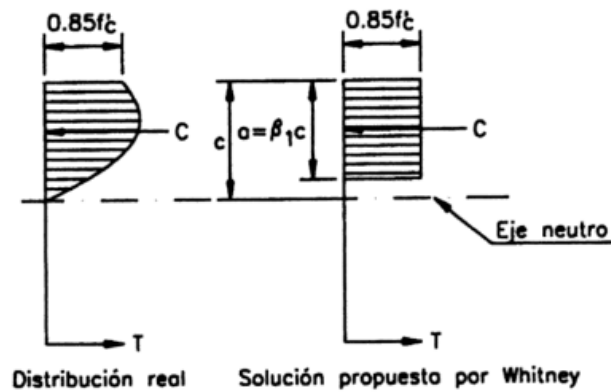
La obtención de la fórmula utilizada parte de la simplificación rectangular en la sección a compresión. Se plantea el equilibrio traslacional y rotacional. Donde las fuerzas internas generadas son las que nos establecen la resistencia frente al momento externo aplicado.



**Ilustración 11: Comportamiento de una sección a flexión.**

**Fuente:** (Córdero Alvéstegui, 2015)

Para calcular altura del bloque rectangular de compresiones equivalentes se recurre al planteamiento realizado por Whitney, donde propone que el bloque de compresiones se puede analizar de forma rectangular.



*Ilustración 12: Distribución de esfuerzo a compresión.*

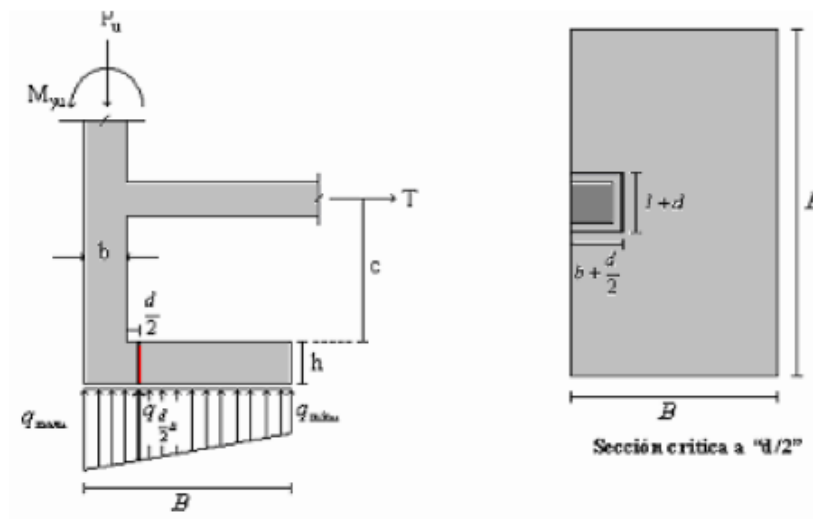
**Fuente:** (Córdero Alvéstegui, 2015)

$$a = \beta_1 * c = \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c L}$$

#### **Diseño a corte.**

- **Cortante bidireccional.**

Para el diseño del cortante por punzonamiento o bidireccional, la ACI 318-19 menciona que la sección crítica que se analiza en el cortante bidireccional debe estar localizada de tal modo que su perímetro **b<sub>o</sub>** sea mínimo, por lo que no hay necesidad de localizarla a una distancia menor a **d/2** de las secciones críticas (Chumacero & Fabriciano, 2022).



**Ilustración 13: Sección crítica a “d/2” de la columna.**

**Fuente:** (Garza, 2000).

Debido a que el cortante analizado está ubicado a  $\mathbf{d/2}$  de la cara de la columna, se tiene que ajustar la presión máxima que está ubicado al borde de la zapata a una presión ubicada a  $\mathbf{d/2}$  de la columna.

$$q_{\frac{d}{2}u} = q_{u,max} - \frac{q_{u,max} - q_{u,min}}{B} \left( b_2 + \frac{d}{2} \right)$$

Una vez ajustado la presión máxima, podemos calcular la fuerza total por punzonamiento que ejerce la columna sobre la zapata de la siguiente manera:

$$V_{up} = P_u - \frac{q_{u,max} + q_{\frac{d}{2}u}}{2} \left( \left( b_2 + \frac{d}{2} \right) (b_1 + d) \right)$$

Esfuerzo cortante por punzonamiento.

$$v_{up} = \frac{V_{up}}{b_o d}$$

Donde  $b_o$  se lo calcula como:

$$b_o = (b_1 + d) + 2 \left( b_2 + \frac{d}{2} \right)$$

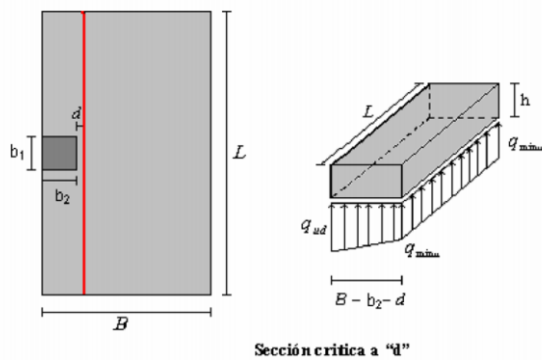
Finalmente se verifica que la sección de la zapata resista el cortante bidireccional como lo establece la ACI 318-19 en el capítulo 22.6.

$$v_{up} \leq \phi_v v_c$$

- **Cortante unidireccional.**

- **Sentido longitudinal (L).**

Para el diseño del cortante directo o unidireccional, la ACI 318-19 menciona que la sección crítica que se analiza en el cortante unidireccional debe estar localizada a una distancia **d** de la columna.



**Ilustración 14: Sección crítica a "d" de la cara de la columna.**

**Fuente:** (Garza, 2000).

Debido a que el cortante analizado está ubicado a **d** de la cara de la columna, se tiene que ajustar la presión máxima que está ubicado al borde de la zapata a una presión ubicada a **d** de la columna.

Cortante directa en la sección crítica.

$$q_{ud} = q_{u.min} + \frac{q_{u.max} - q_{u.min}}{2} * (B - b_2 - d)$$

Una vez ajustado la presión máxima, podemos calcular fuerza cortante vertical en sentido longitudinal:

$$V_{ud} = \frac{q_{u.min} - q_{ud}}{2} * (B - b_2 - d) * L$$

El esfuerzo cortante es:

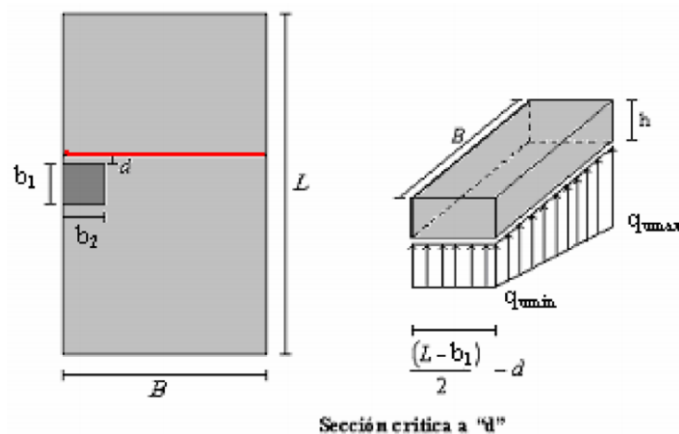
$$v_{up} = \frac{V_{up}}{L d}$$

Finalmente se verifica que la sección de la zapata resista el cortante bidireccional como lo establece la ACI 318-19 en el capítulo 22.5.

$$v_{up} \leq \phi_v v_c$$

- **Sentido transversal (B).**

Para el diseño del cortante directo o unidireccional, la ACI 318-19 menciona que la sección crítica que se analiza en el cortante unidireccional debe estar localizada a una distancia **d** de la columna.



*Ilustración 15: Sección crítica a “d” de la cara de la columna.*

**Fuente:** (Garza, 2000).

En este caso el cortante que se genera a **d** de la cara de la columna, no requiere que se ajuste la presión máxima, por lo que se calcula directamente la fuerza cortante vertical en sentido transversal.

$$V_{ud} = \frac{q_{u.min} + q_{u.max}}{2} * \left( \frac{L - b_1}{2} - d \right) * B$$

El esfuerzo cortante es:

$$v_{up} = \frac{V_{up}}{B d}$$

Finalmente se verifica que la sección de la zapata resista el cortante bidireccional como lo establece la ACI 318-19 en el capítulo 22.5.

$$v_{up} \leq \phi_v v_c$$

### **Cálculo del área de refuerzo longitudinal de la viga.**

Para este cálculo se adopta el máximo valor de tres áreas diferentes, las cuales se obtienen del diseño de la viga como amarre sísmico y como tensor de la cimentación.

El amarre sísmico se caracteriza principalmente por trabajar a tracción y compresión para aportar rigidez a la cimentación. Por lo que su diseño se basa en los planteamientos expuestos a continuación.

$$T = 0.25 * Z * P_u$$

$$C = 0.25 * Z * P_u$$

Para el área de refuerzo a tracción, se lo calcula a partir de la expresión de la resistencia actuante del refuerzo a tracción, la cual está definida a continuación:

$$\phi * P_n \geq T$$

Donde la resistencia del refuerzo está dada por:

$$P_n = F_y * A_{s1}$$

Una vez definida estas dos formulaciones podemos decir que:

$$\phi * (F_y * A_{s1}) \geq T$$

$$A_{s1} \geq \frac{T}{\phi * F_y}$$

Para el cálculo del área de refuerzo longitudinal a compresión ( $A_{s2}$ ) debe diseñarse como una columna.

Finalmente se calcula el área de acero como tensor de la cimentación, este diseño considera la tensión de la viga calculada con el planteamiento de (Calavera, 2000).

Resistencia actuante del refuerzo a compresión.

$$\phi * P_n \geq T$$

Donde:

- La resistencia del refuerzo (**P<sub>n</sub>**) está dada por:

$$P_n = F_y * A_{s3}$$

- Tensión de la viga aérea (**T**) esta dada por:

$$T = \frac{P \left( \frac{B - b_2}{2} \right) - 2M}{\left( C + h + \frac{k \lambda^2 C^2}{36 E I_c} B^3 L \right)}$$

Una vez definida estas formulaciones podemos decir que:

$$\phi * (F_y * A_{s1}) \geq T$$

$$A_{s3} \geq \frac{T}{\phi * F_y}$$

## Normativas Empleadas.

### NEC 15.

La Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) forma parte de un conjunto de normas técnicas, donde se establecen las regulaciones que deben ser aplicados en el diseño, construcción, mantenimiento y rehabilitación de edificaciones. La NEC es de cumplimiento obligatorio en Ecuador y se actualiza periódicamente para reflejar los avances en la tecnología y las mejores prácticas en la construcción. La NEC se divide

en varios capítulos que abordan diferentes aspectos de la construcción (Fernández & Chamorro, 2023).

- NEC-SE-CG: Cargas (no sísmicas).
- NEC-SE-DS: Peligro Sísmico, diseño sismo resistente.
- Riesgo Sísmico, Evaluación, Rehabilitación de Estructuras.
- NEC-SE-GC: Geotecnia y Cimentaciones.
- NEC-SE-HM: Estructuras de Hormigón Armado.
- NEC-SE-AC: Estructuras de Acero.
- NEC-SE-MP: Mampostería Estructural.
- NEC-SE-MD: Estructuras de Madera.
- NEC-SE-VIVIENDA: Viviendas de hasta 2 pisos con luces de hasta 5m.
- NEC-SE-GUADÚA: Estructuras de Guadúa.

#### **ACI 318-19.**

La ACI 318-19 es una norma estadounidense que es realizada por el American Concrete Instituto (ACI), la cual proporciona los requerimientos mínimos de diseño y construcción de hormigón estructural. La ACI 318-19 incluye disposiciones específicas para diversas aplicaciones, como conexiones de hormigón prefabricado y refuerzo de alta resistencia, y se actualiza periódicamente para reflejar los avances en la tecnología y las mejores prácticas en la construcción de hormigón estructural (Comité ACI 318, 2005).

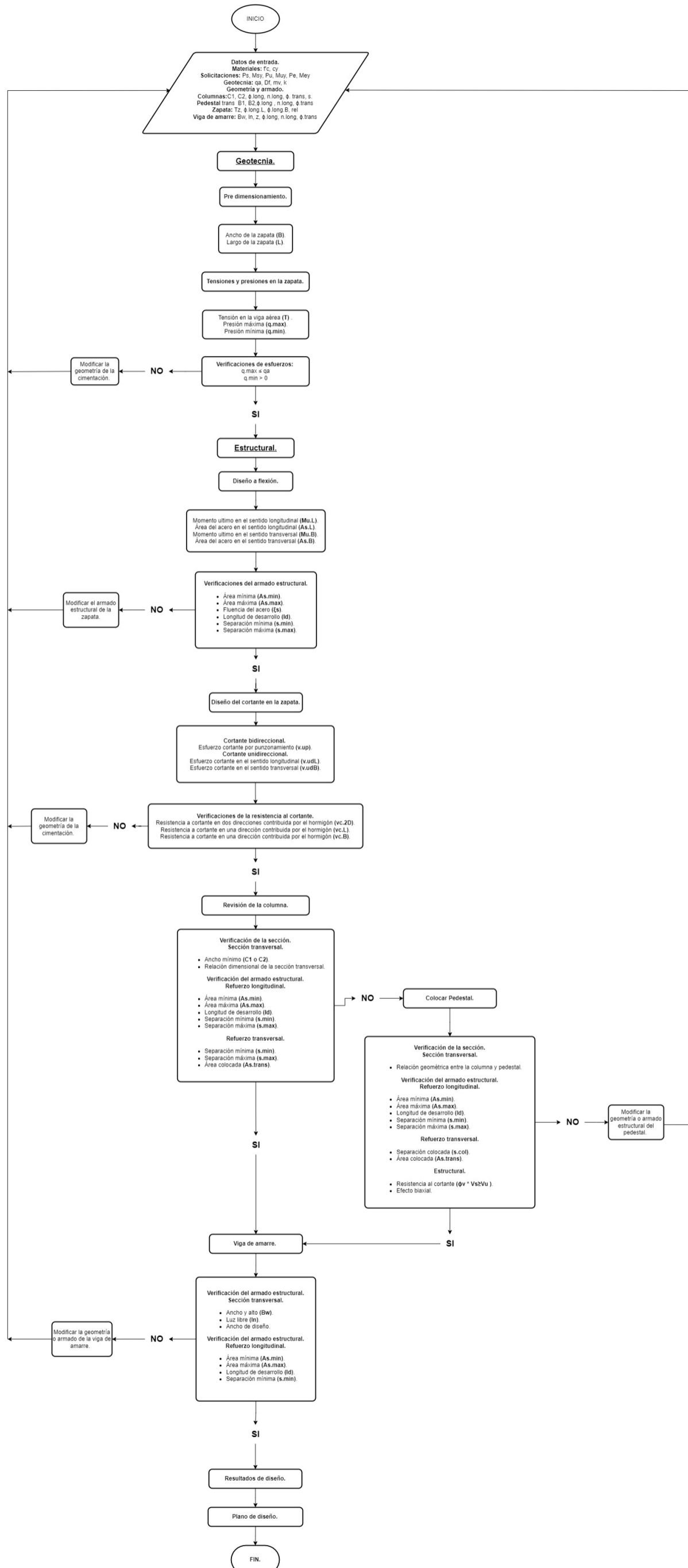
- Guías para contratistas.
- Requisitos de Construcción para Concreto Estructural.
- Requisitos y especificaciones de construcción para estructuras de mampostería.
- Encofrados para Hormigón.
- Evaluación, reparación y rehabilitación de estructuras de hormigón existentes.
- Requisitos del código para estructuras de hormigón de ingeniería ambiental.

### **Capítulo 3**

#### **Materiales y métodos.**

##### **Diagrama de flujo.**

Para la realización del presente trabajo se ha realizado una extensa investigación bibliográfica, la cual nos ayudó a esquematizar el proceso lógico de diseño mediante un diagrama de flujo, el cual será utilizado como base para la programación desarrollada.



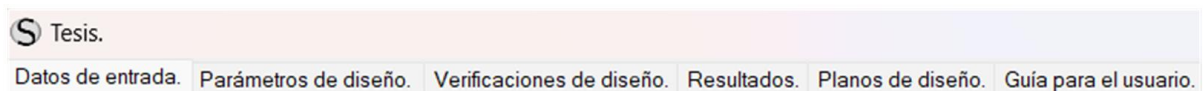
***Ilustración 16: Diagrama de flujo del programa desarrollado.***

Una vez definido el proceso lógico que se va a seguir para el diseño de la cimentación, se procedió con la programación en el software Smath Studio.

**Guía para el usuario.**

El producto final realizara el diseño automatizado del armado estructural y la geometría de una zapata medianera de hormigón armado aplicado a edificaciones de hasta 10 pisos. La programación del software fue realizada según los planteamientos propuestos por José Calavera, Luis Garza Vásquez y bajo las regulaciones dadas en la norma ACI 318-19 y NEC-2015.

El software fue desarrollado en el programa de uso libre SMath Studio, lo cual permite que se cree un archivo ejecutable el cual se distribuirá de forma gratuita y en el que podremos observar 6 ventanas principales, distribuidas de la siguiente manera:



***Ilustración 17: Presentación del producto final.***

**Datos de entrada.**

**1. Propiedades de los materiales.**

**Nota:** Para la programación realizada se ha limitado los valores de  $f_c$  a 21 MPa y  $f_y$  a 420 MPa, esto debido a que en el programa solo se pretende trabajar con los valores mínimos establecidos en la norma.

1.1. Resistencia a la compresión del hormigón ( $f_c$ ) MPa.

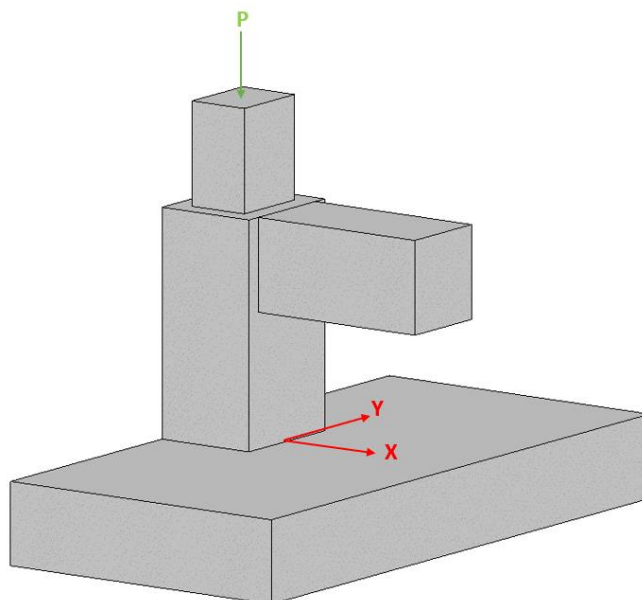
1.2. Resistencia a la fluencia del refuerzo ( $f_y$ ) MPa.

## 2. Datos obtenidos del análisis estructural.

Los siguientes valores deberán ser obtenidos a partir de un análisis estructural, mediante la utilización de un software especializado de su preferencia. Ejempló: SAP 2000, ROBOT STRUCTURAL, ETABS, etc.

**Nota:** Se solicita únicamente los momentos en el sentido de "Y" debido a que en las zapatas de medianería este eje es el más solicitado, por lo que se considerara únicamente las sollicitaciones más críticas.

- 2.1. Carga axial máxima en estado de servicio (KN).
- 2.2. Momento máximo en estado de servicio en el sentido de "Y" (KN\*m).
- 2.3. Carga axial máxima en estado último (KN).
- 2.4. Momento máximo en estado último en el sentido de "Y" (KN\*m).
- 2.5. Carga axial máxima en estado de sismo (KN).
- 2.6. Momento máximo en estado de sismo en el sentido de "Y" (KN).



*Ilustración 18: Ejes de la cimentación.*

### 3. Datos obtenidos del estudio geotécnico.

Los siguientes valores deberán ser obtenidos a partir de un estudio geotécnico.

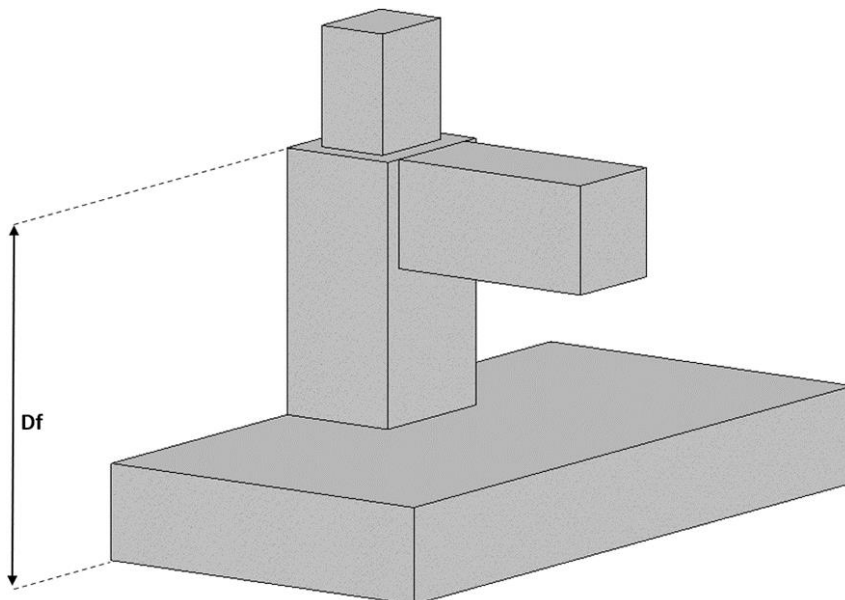
- 3.1. Esfuerzo admisible del suelo (KN/m<sup>2</sup>).
- 3.2. Profundidad recomendada de cimentación  $D_f$  (m).
- 3.3. Módulo de compresibilidad volumétrica (mm<sup>2</sup>/N).
- 3.4. Coeficiente de balasto (N/mm<sup>3</sup>).
- 3.5. Peso específico del terreno (KN/m<sup>3</sup>).

**Nota:** Para el cálculo del peso del terreno que se encuentra sobre la cimentación, no se considera el volumen de la cimentación, por lo que el peso de la cimentación no se toma en cuenta.

**Nota:** En el caso de no conocer el valor del coeficiente de balasto, a continuación, se muestra una tabla de valores del coeficiente de balasto en función del esfuerzo admisible del terreno, según lo recomendado por (Guerra, 2013).

Esf Adm (t/m <sup>2</sup> )	K (t/m <sup>3</sup> )	Esf Adm (t/m <sup>2</sup> )	K (t/m <sup>3</sup> )	Esf Adm (t/m <sup>2</sup> )	K (t/m <sup>3</sup> )
2.50	650	15.50	3190	28.50	5700
3.00	780	16.00	3280	29.00	5800
3.50	910	16.50	3370	29.50	5900
4.00	1040	17.00	3460	30.00	6000
4.50	1170	17.50	3550	30.50	6100
5.00	1300	18.00	3640	31.00	6200
5.50	1390	18.50	3730	31.50	6300
6.00	1480	19.00	3820	32.00	6400
6.50	1570	19.50	3910	32.50	6500
7.00	1660	20.00	4000	33.00	6600
7.50	1750	20.50	4100	33.50	6700
8.00	1840	21.00	4200	34.00	6800
8.50	1930	21.50	4300	34.50	6900
9.00	2020	22.00	4400	35.00	7000
9.50	2110	22.50	4500	35.50	7100
10.00	2200	23.00	4600	36.00	7200
10.50	2290	23.50	4700	36.50	7300
11.00	2380	24.00	4800	37.00	7400
11.50	2470	24.50	4900	37.50	7500
12.00	2560	25.00	5000	38.00	7600
12.50	2650	25.50	5100	38.50	7700
13.00	2740	26.00	5200	39.00	7800
13.50	2830	26.50	5300	39.50	7900
14.00	2920	27.00	5400	40.00	8000
14.50	3010	27.50	5500	40.50	8100
15.00	3100	28.00	5600	41.00	8200

*Ilustración 19: Tabla para el cálculo del coeficiente de balasto, apartado 3.4.*



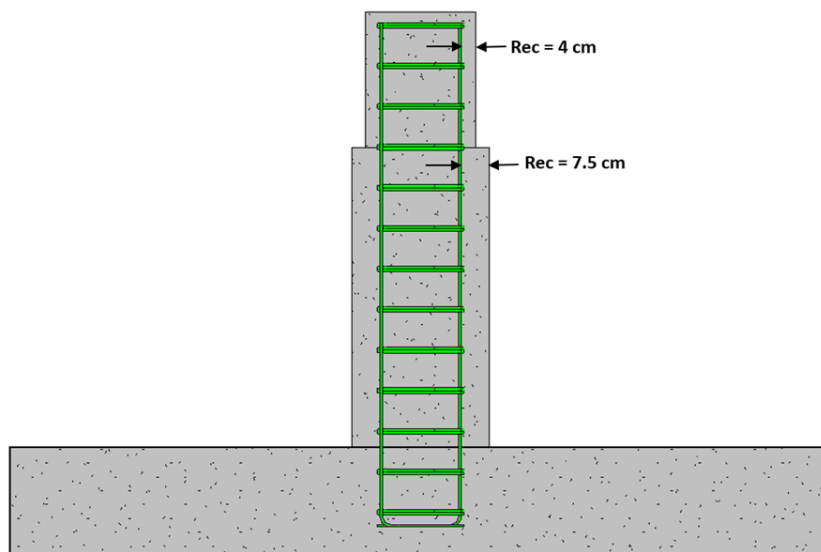
*Ilustración 20: Profundidad recomendada de cimentación, apartado 3.2.*

#### 4. Geometría y armado de la zapata.

**Columna:**

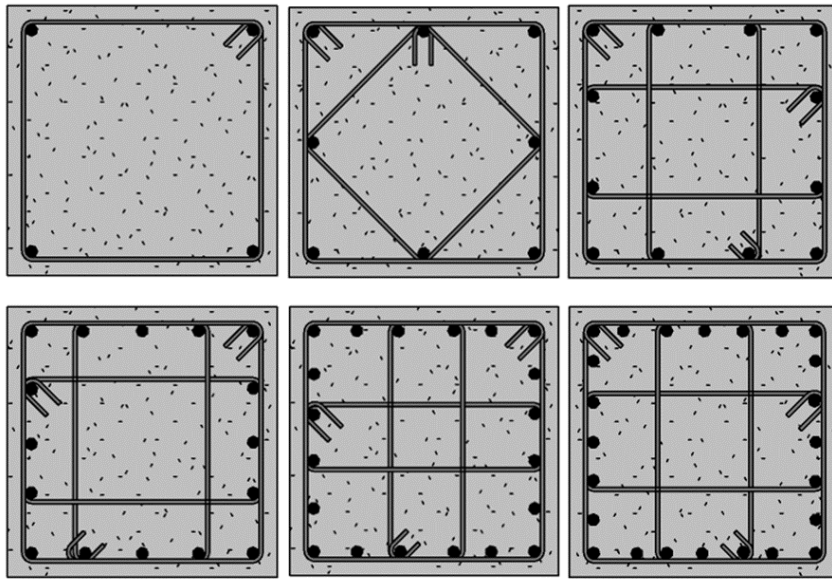
- 4.1. Ancho de la columna C1 (cm).
- 4.2. Ancho de la columna C2 (cm).
- 4.3. Diámetro del refuerzo longitudinal  $\phi$ .long (mm).
- 4.4. Número de refuerzos longitudinales.
- 4.5. Diámetro del refuerzo transversal  $\phi$ .trans (mm).
- 4.6. Separación entre el refuerzo transversal s.trans (cm).

**Nota:** La sección de la columna se ve incrementada, esto debido a que la columna cuando se encuentra sobre el terreno tiene un recubrimiento de 4 cm, pero cuando entra en contacto con el suelo este debe de incrementar a 7.5 cm según lo indica la norma ACI 318-19.

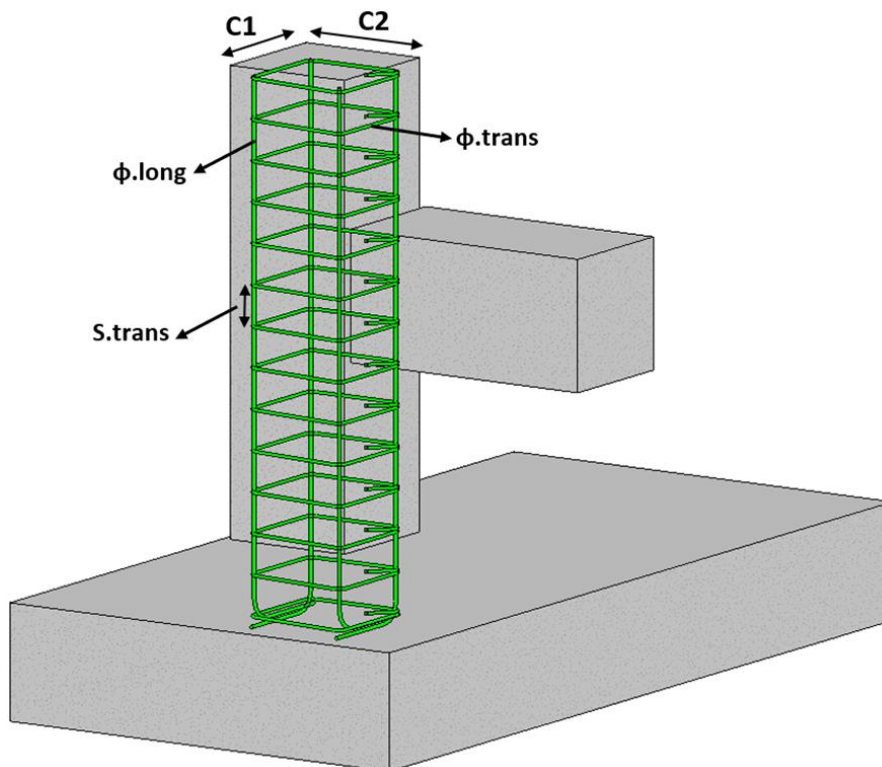


**Ilustración 21:** Aumento del recubrimiento en la columna.

**Nota:** El número de refuerzo longitudinales se ha limitado únicamente a 4,8,12,16,20 y 24 varillas, a continuación, se define la configuración geométrica de los refuerzos para cada uno de los casos:



*Ilustración 22: Configuración del armado para la columna.*



*Ilustración 23: Variables de la columna.*

**Pedestal:**

4.7. Ancho del pedestal B1 (cm).

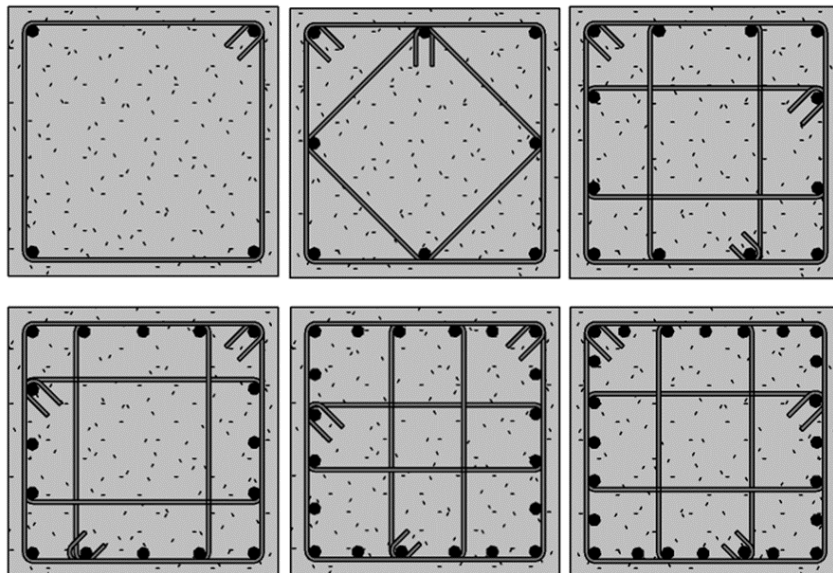
4.8. Ancho del pedestal B2 (cm).

4.9. Diámetro del refuerzo longitudinal  $\phi$ .long (mm).

4.10. Número de refuerzos longitudinales.

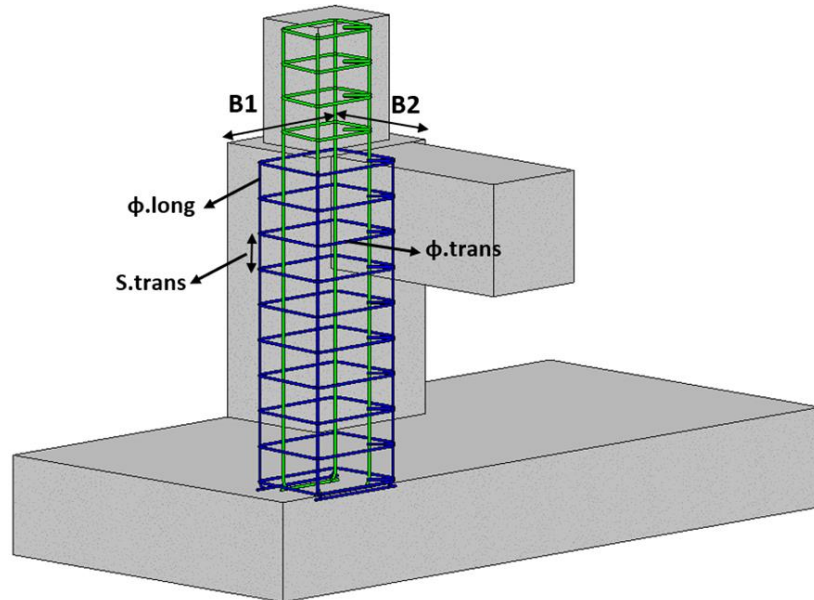
4.11. Diámetro del refuerzo transversal  $\phi$ .trans (mm).

**Nota:** El número de refuerzo longitudinales se ha limitado únicamente a 4,8,12,16,20 y 24 varillas, a continuación, se define la configuración geométrica de los refuerzos para cada uno de los casos:



*Ilustración 24: Configuración del armado para la columna.*

**Nota:** Por temas constructivos y para mantener una uniformidad entre el armado estructural del pedestal y la columna, la separación entre el refuerzo transversal del pedestal se lo tomará igual al de la columna.

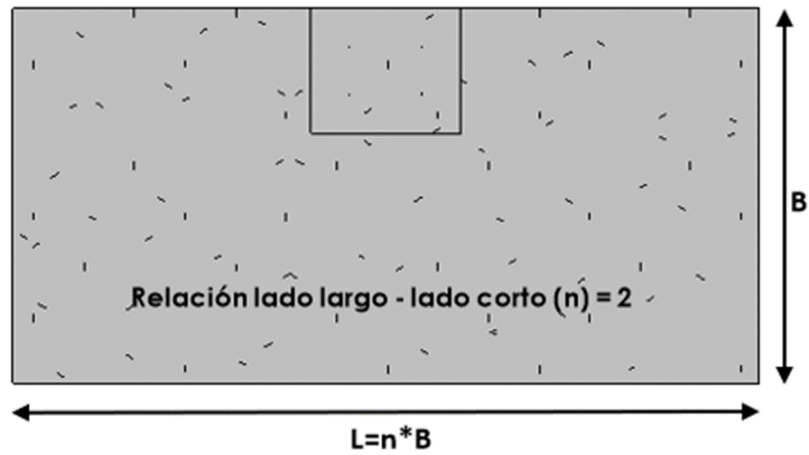


*Ilustración 25: Variables del pedestal.*

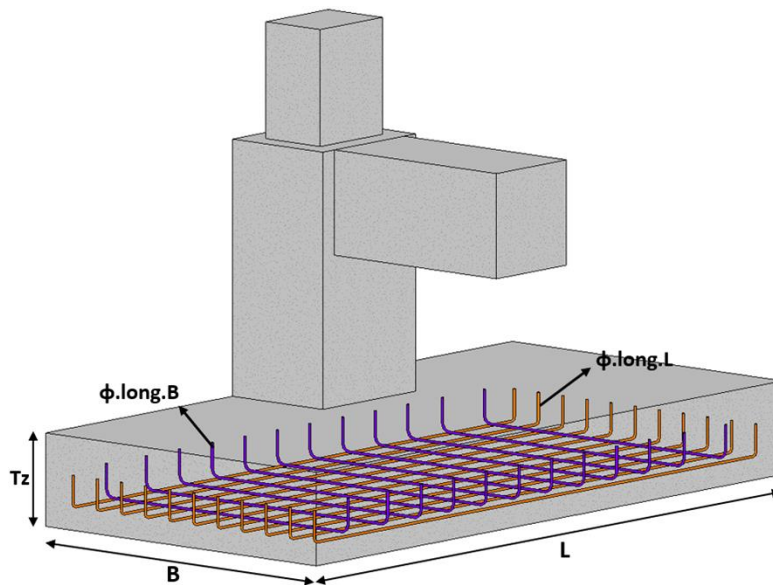
**Zapata:**

- 4.12. Ancho de la zapata B (m).
- 4.13. Altura de la zapata  $T_z$  (cm).
- 4.14. Diámetro del refuerzo en el sentido transversal  $\phi.long.B$  (mm).
- 4.15. Diámetro del refuerzo en el sentido longitudinal  $\phi.long.L$  (mm).
- 4.16. Relación lado largo - lado corto.

**Nota:** La relación lado largo – lado corte de la zapata, representa que L va a ser n veces el valor de B.



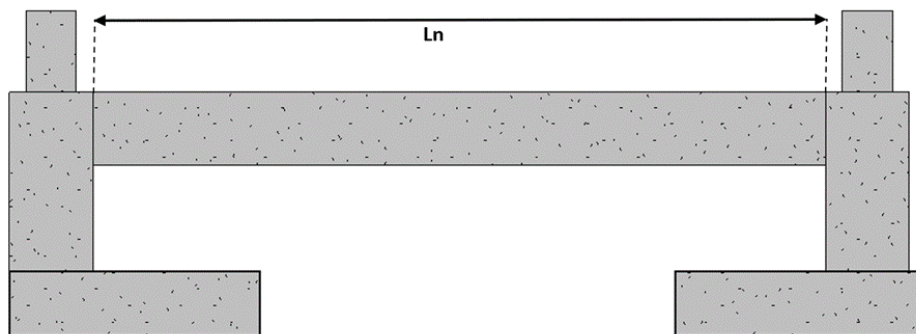
*Ilustración 26: Relación lado largo – lado corto, apartado 4.16.*



*Ilustración 27: Variables de la zapata.*

**Viga de amarre:**

- 4.17. Alto y ancho de la viga de amarre  $B_w$  (cm).
- 4.18. Luz libre a la columna más lejana  $L_n$  (m).
- 4.19. Coeficiente de aceleración pico efectiva para la zona de diseño  $Z$ .
- 4.20. Diámetro del refuerzo longitudinal  $\phi.long$  (mm).
- 4.21. Número de refuerzos longitudinales.

4.22. Diámetro del refuerzo transversal  $\phi$ .trans (mm).*Ilustración 28: Luz libre, apartado 4.18.*

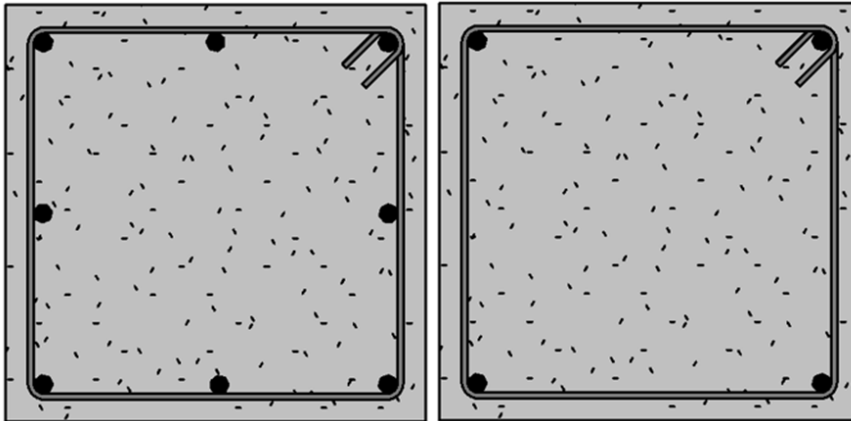
**Nota:** Los coeficientes de aceleración pico para el caso del Ecuador se los puede encontrar en la (NEC-SE-DS, 2015). A continuación, se expone un ejemplo de los coeficientes que se puede encontrar.

**10.2. Poblaciones ecuatorianas y valor del factor Z**

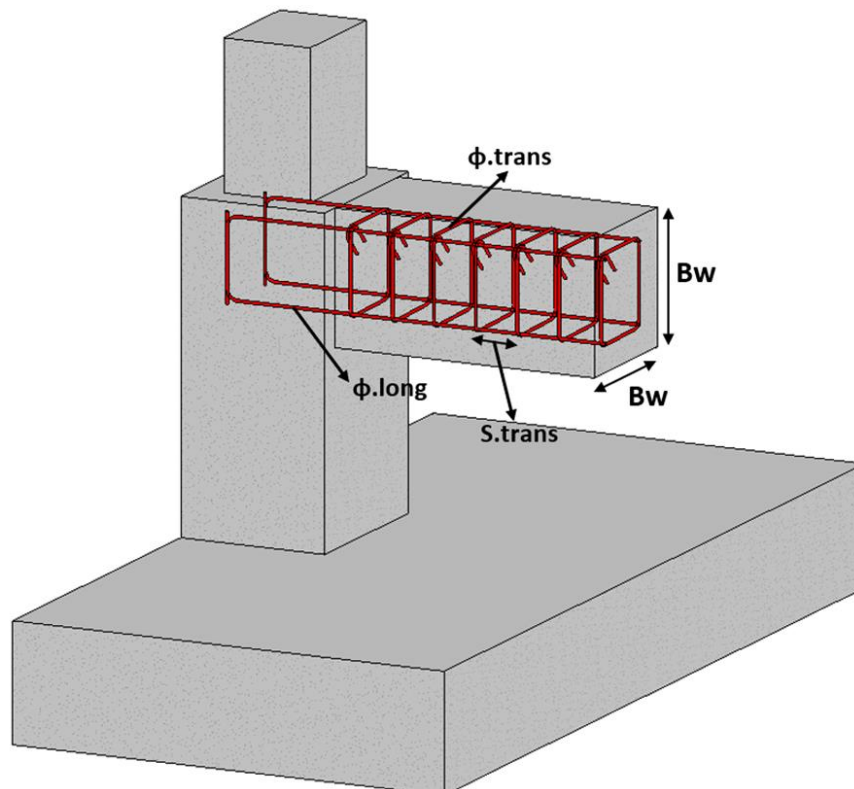
POBLACIÓN	PARROQUIA	CANTÓN	PROVINCIA	Z
CUENCA	CUENCA	CUENCA	AZUAY	0.25
CHORDELEG	CHORDELEG	CHORDELEG	AZUAY	0.25
GUALACEO	GUALACEO	GUALACEO	AZUAY	0.25
SEVILLA DE ORO	SEVILLA DE ORO	SEVILLA DE ORO	AZUAY	0.25
EL PAN	EL PAN	EL PAN	AZUAY	0.25
PAUTE	CHICAN (GUILLERMO ORTEGA)	PAUTE	AZUAY	0.25
GUARANDA	GUARANDA	GUARANDA	BOLIVAR	0.35

*Ilustración 29: Coeficientes de aceleración, apartado 4.19.*

**Nota:** El número de refuerzo longitudinales se ha limitado únicamente a 8 o 4 varillas, a continuación, se define la configuración geométrica de los refuerzos para cada uno de los casos:



*Ilustración 30: Configuración del armado para la viga de amarre.*

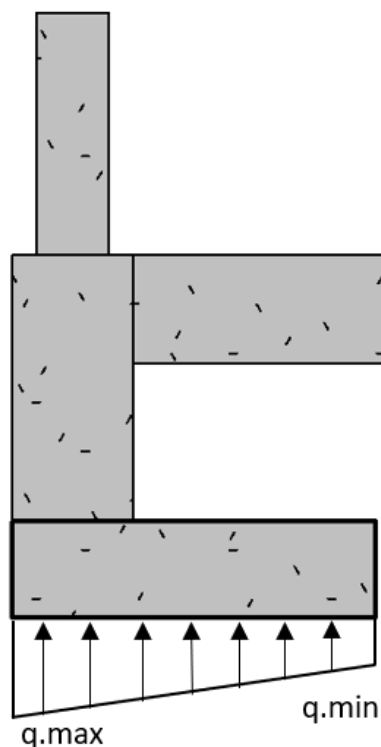


*Ilustración 31: Variables de la viga de amarre.*

**Parámetros de diseño.**

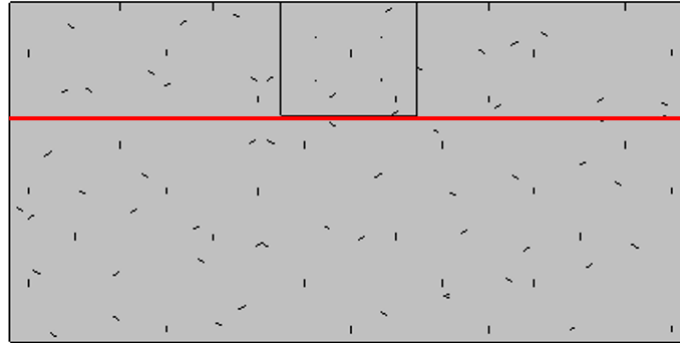
## 1. Zapata.

- 1.1. Presión máxima en estado de servicio que se genera por acción del terreno bajo la zapata y la cual se utiliza para realizar las verificaciones geotécnicas.
- 1.2. Presión mínima en estado de servicio que se genera por acción del terreno bajo la zapata y la cual se utiliza para realizar las verificaciones geotécnicas.
- 1.3. Presión máxima en estado ultimo que se genera por acción del terreno bajo la zapata y la cual se utiliza para calcular los momentos de diseño para el cálculo del refuerzo longitudinal.
- 1.4. Presión mínima en estado ultimo que se genera por acción del terreno bajo la zapata y la cual se utiliza para calcular los momentos de diseño para el cálculo del refuerzo longitudinal.



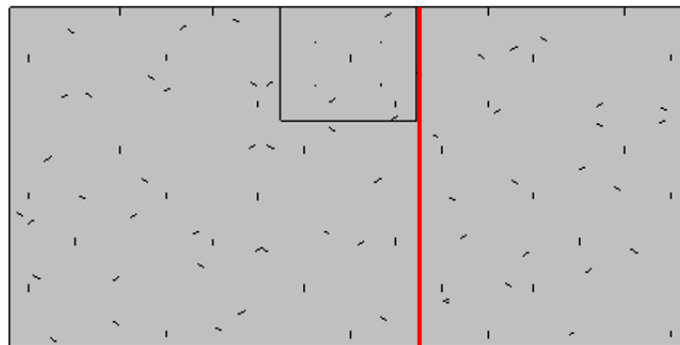
*Ilustración 32: Gráfico de las presiones para el apartado 1.1, 1.2, 1.3 y 1.4.*

- 1.5.** Momento en estado último en el sentido longitudinal utilizado para el cálculo del acero de refuerzo longitudinal de la zapata.



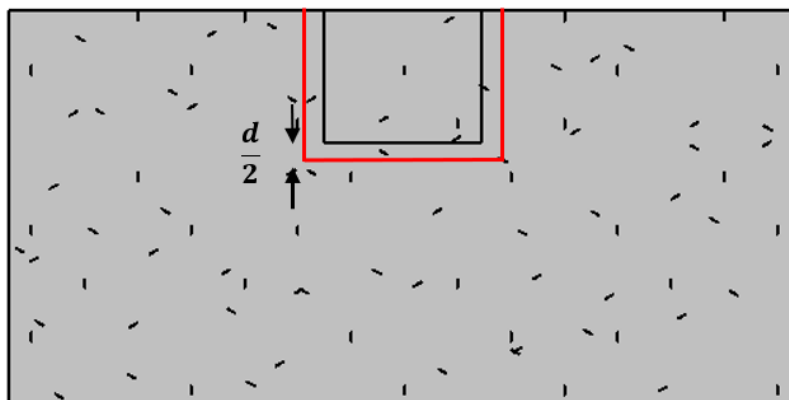
*Ilustración 33: Momento último en el sentido longitudinal de la zapata.*

- 1.6.** Momento en estado último en el sentido transversal utilizado para el cálculo del acero de refuerzo transversal de la zapata.



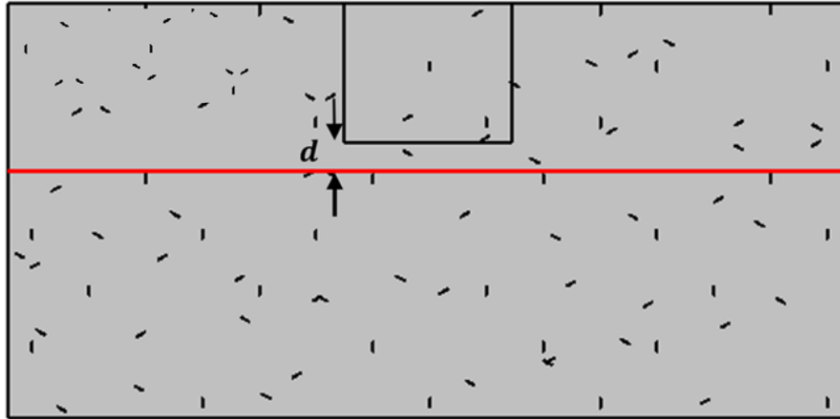
*Ilustración 34: Momento último en el sentido transversal de la zapata.*

- 1.7.** Esfuerzo cortante ultimo por punzonamiento de diseño de la zapata.



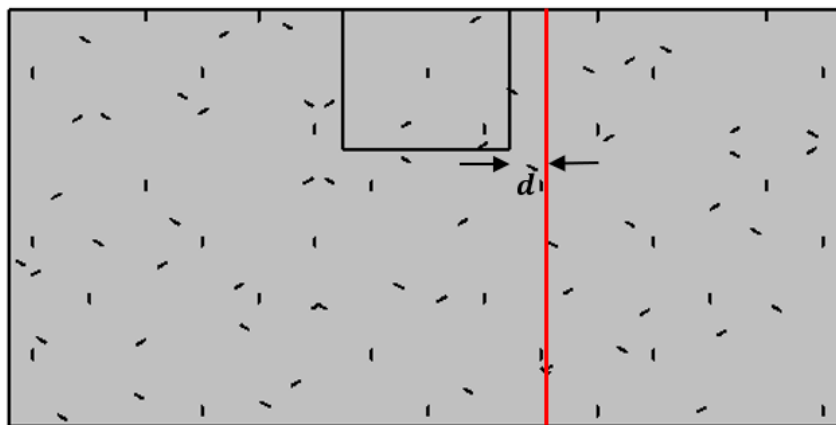
*Ilustración 35: Esfuerzo cortante por punzonamiento a  $d/2$  de la cara última.*

**1.8.** Esfuerzo cortante ultimo de diseño en el sentido longitudinal de la zapata.



*Ilustración 36: Esfuerzo cortante último a “d” de la cara de la columna en el sentido transversal de la zapata.*

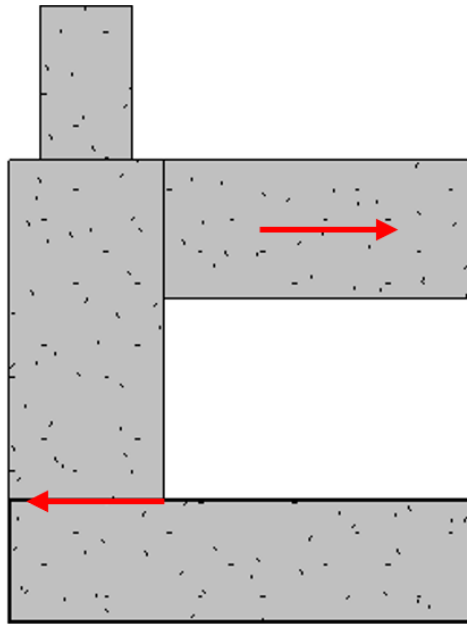
**1.9.** Esfuerzo cortante ultimo de diseño en el sentido transversal de la zapata.



*Ilustración 37: Esfuerzo cortante último a “d” de la cara de la columna en el sentido transversal de la zapata.*

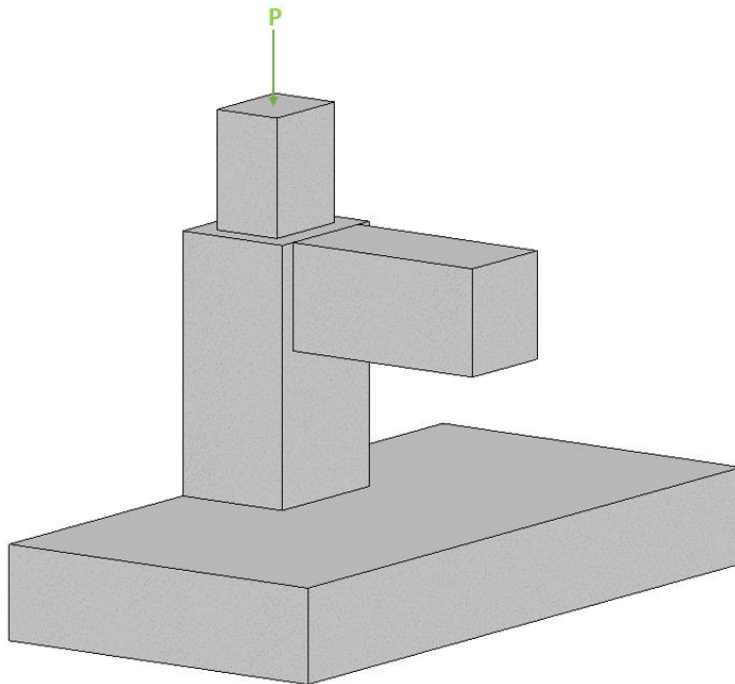
## **2. Columna.**

**2.1.** Fuerza cortante que ejerce la viga aérea sobre la cara de la columna y la cara de la zapata.



*Ilustración 38: Fuerza cortante en la cara de la columna y la cara de la zapata.*

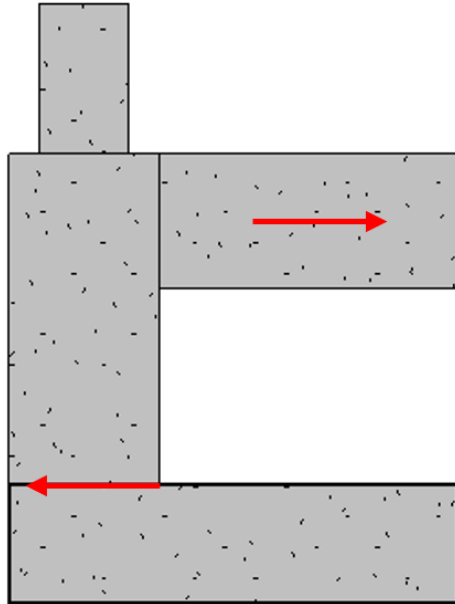
**2.2.** Fuerza axial de diseño actuante sobre la columna.



*Ilustración 39: Fuerza axial de diseño actuante sobre la columna.*

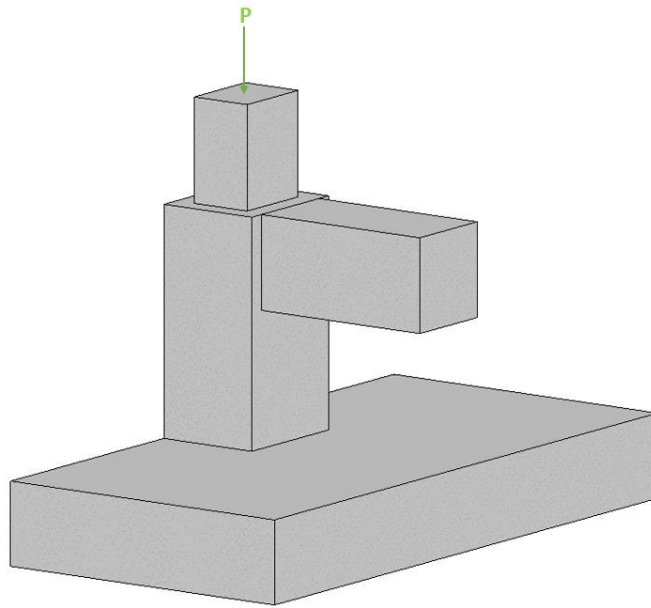
### 3. Pedestal

3.1. Fuerza cortante que ejerce la viga aérea sobre la cara del pedestal y la cara de la zapata.



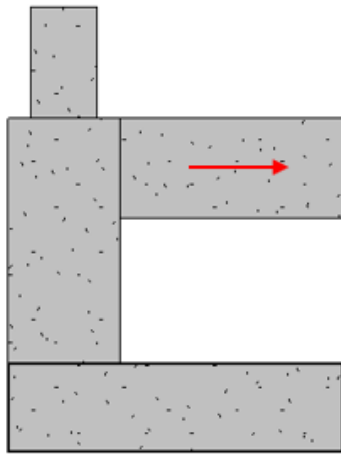
*Ilustración 40: Fuerza cortante en la cara del pedestal y la cara de la zapata.*

3.2. Fuerza axial de diseño actuante sobre el pedestal.



*Ilustración 41: Fuerza axial de diseño actuante sobre el pedestal.*

**3.3.** Momento de diseño en estado ultimo actuante sobre el pedestal.



*Ilustración 42: Tensión crítica de la viga aérea.*

**4. Viga aérea.**

**4.1.** Tensión crítica que se genera en la viga aérea.

Parámetros de diseño.		
1. Zapata.	1.1 Presión máxima en estado de servicio.	77,63 KN/m <sup>2</sup>
	1.2 Presión mínima en estado de servicio.	75,26 KN/m <sup>2</sup>
	1.3 Presión máxima en estado ultimo.	116,45 KN/m <sup>2</sup>
	1.4 Presión mínima en estado ultimo.	112,89 KN/m <sup>2</sup>
	1.5 Momento ultimo en el sentido longitudinal.	145,34 KN m
	1.6 Momento ultimo en el sentido transversal.	170,52 KN m
	1.7 Esfuerzo cortante ultimo por punzonamiento.	0,49 MPa
	1.8 Esfuerzo cortante ultimo en el sentido longitudinal.	0,17 MPa
	1.9 Esfuerzo cortante ultimo en el sentido transversal.	0,25 MPa
2. Columna.	2.1 Fuerza cortante de diseño.	101,86 KN
	2.2 Fuerza axial de diseño.	534,6 KN
3. Pedestal.	3.1 Fuerza cortante de diseño.	101,86 KN
	3.2 Fuerza axial de diseño.	534,6 KN
	3.3 Momento de diseño.	70 KN m
4. Viga aérea.	4.1 Tension critica de la viga aérea.	101,86 KN

*Ilustración 43:Tabla de parámetros utilizados para el diseño de la cimentación*

#### Verificaciones de diseño.

En esta ventana se ve a presentar 7 tablas de verificación de diseño, donde en cada una de ellas se detalla el tema que está analizando, los parámetros con los que se está trabajando, en algunos casos se detallara el apartado de la norma ACI 318-19 a la cual hace referencia el parámetro analizado y finalmente se presenta un mensaje de cumplimiento y no cumplimiento.

**Nota:** En todas las tablas expuestas a continuación, deberán de estar con el mensaje de CUMPLE o FLUYE, exceptuando la verificación 4.1.8 y 4.1.9 donde se puede indicar el mensaje NO CUMPLE y se requiere la colación de un pedestal. Para

que el programa trabaje de forma correcta y se pueda obtener resultados correctos se debe de cumplir con lo antes mencionado.

### 0. Datos de entrada:

En la tabla **0. Datos de entrada** se verifica que los valores de C1, C2, B1, B2, Bw y B sean ingresados de tal manera que sean múltiplos de 5 cm, por otra parte, Tz deberá de ser ingresados de tal manera que sean múltiplos múltiplo de 10 cm. Esto debido a que se recomienda usar este tipo de valores por temas constructivos.

0. Datos de entrada.		
0.1 Ancho de la columna "C1".	35 cm	CUMPLE
0.2 Ancho de la columna "C2".	65 cm	CUMPLE
0.3 Ancho del pedestal "B1".	45 cm	CUMPLE
0.4 Ancho del pedestal "B2".	75 cm	CUMPLE
0.5 Ancho de la zapata "B".	1,25 m	CUMPLE
0.6 Altura de la zapata "Tz".	60 cm	CUMPLE
0.7 Alto y ancho de la viga de amarre "Bw".	35 cm	CUMPLE

*Ilustración 44: Verificaciones de los datos de entrada.*

### 3. Pre dimensionamiento:

- 3.1. Se controla que la altura colocada (Tz.col) de la zapata sea mayor o igual a la calculada (Tz.cal).
- 3.2. Se verifica que el ancho colocado de la zapata (**B.col**) sea mayor o igual al ancho calculado (**B.cal**), también se verifica que el (**B.col**) sea mayor o igual a la siguiente expresión, obtenida a partir del planteamiento realizado por (Meyerhof, 1953).

$$B \geq \frac{P_s}{2(B - 2e) * q_a}$$

3.3. Se revisa que la excentricidad de la zapata caiga en el tercio medio de la zapata, por lo que tiene que cumplir con la siguiente condición. (Guía de diseño 2., 2016)

$$e \leq \frac{B}{6}$$

3.4. Se comprueba que la presión máxima generado por el suelo en la cara inferior de la zapata sea menor o igual al esfuerzo admisible del suelo.

$$q_{max} \leq q_a$$

3.5. Se comprueba que la presión mínima generado por el suelo en la cara inferior de la zapata sea mayor a cero.

$$q_{min} > 0$$

1. Pre dimensionamiento.			
1.1 Altura colocada.	tz.cal: 40 cm	tz.col: 60 cm	CUMPLE
1.2 Ancho de la zapata.	B.col: 1,25 m ≥ B.cal: 1,25 m		CUMPLE
	B: 1,25 m ≥ 1,15 m		CUMPLE
1.3 Excentricidad de la zapata.	e: 0,17 m ≤ 0,21 m		CUMPLE
1.4 Esfuerzo máximo.	qs.max ≤ qa		CUMPLE
	328,32 KN/m <sup>2</sup> ≤ 485 KN/m <sup>2</sup>		
1.5 Esfuerzo mínimo.	qs.min > 0		CUMPLE
	330,57 KN/m <sup>2</sup> > 0 KN/m <sup>2</sup>		

*Ilustración 45: Verificaciones del pre dimensionamiento.*

## **2. Diseño del acero longitudinal de la zapata:**

Todas las verificaciones realizadas a continuación, han sido verificadas según lo establecido por la norma (ACI 318-19, 2019).

### **2.1. Refuerzo en el sentido longitudinal.**

2.1.1. Se verifica que el refuerzo longitudinal se encuentre en el rango correcto de fluencia, según lo establecido en el apartado 21.2.2 de la ACI 318-19.

2.1.2. Se verifica que el espaciamiento calculado  $s_{long.L}$  entre los refuerzos longitudinales sea lo suficientemente grande para que cumpla con lo establecido en los apartados 25.2.1, 24.4.3.3 y 24.3.2 de la ACI 318-19.

2.1.3. Se verifica que la altura  $T_z$  sea lo suficientemente alta para que la longitud externa  $l_{ext}$  del gancho del refuerzo longitudinal se desarrolle sin incumplir el recubrimiento de la zapata.

### **2.2. Refuerzo en el sentido transversal.**

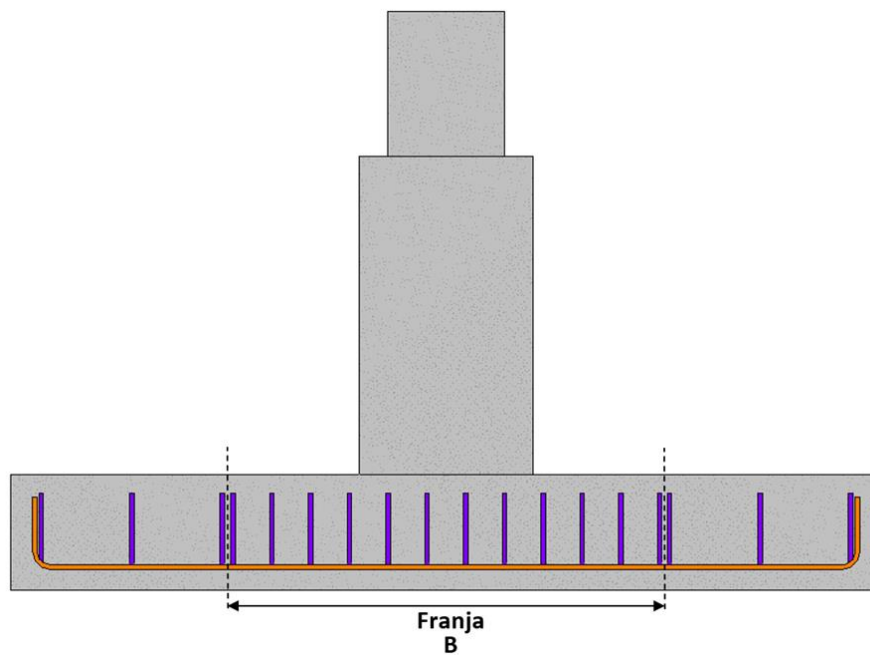
2.2.1. Se verifica que el refuerzo longitudinal se encuentre en el rango correcto de fluencia, según lo establecido en el apartado 21.2.2 de la ACI 318-19.

2.2.2. Se verifica que el espaciamiento calculado  $s_{long.B}$  entre los refuerzos longitudinales dentro de la franja sea lo suficientemente grande para que cumpla con lo establecido en los apartados 25.2.1, 24.4.3.3 y 24.3.2 de la ACI 318-19.

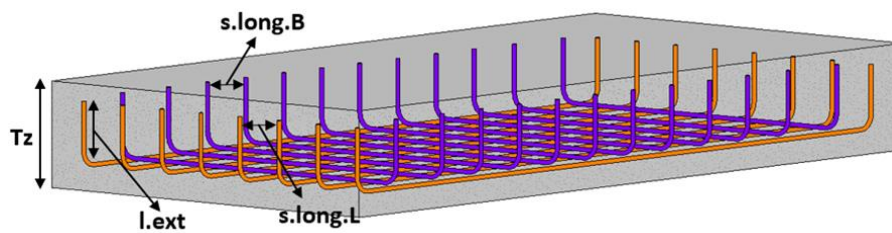
2.2.3. Se verifica que el espaciamiento calculado  $s_{long}$  entre los refuerzos longitudinales fuera de la franja sea lo suficientemente grande para que

cumpla con lo establecido en los apartados 25.2.1, 24.4.3.3 y 24.3.2 de la ACI 318-19.

2.2.4. Se verifica que la altura  $T_z$  sea lo suficientemente alta para que la longitud externa  $l_{ext}$  del gancho del refuerzo longitudinal se desarrolle sin incumplir el recubrimiento de la zapata.



*Ilustración 46: Ancho de la franja, apartado 2.2.2.*



*Ilustración 47: Variables de la zapata.*

2. Diseño del acero longitudinal de la zapata.			
2.1 Refuerzo en el sentido longitudinal.	Parámetros.	ACI 318-19.	Verificación.
2.1.1 Fluencia del acero.	$0.005 \leq \xi_s.B \leq 0.09$	21.2.2	FLUYE
	$0.005 \leq 0,04 \leq 0.09$		
2.1.2 Espaciamiento del refuerzo longitudinal.	$s.min \leq s.cal \leq s.max$	25.2.1	CUMPLE
	$5 \text{ cm} \leq 10,84 \text{ cm} \leq 19,25 \text{ cm}$	24.4.3.3	
		24.3.2	
2.1.3 Altura en función de la longitud de desarrollo con gancho del refuerzo longitudinal.	$t.ext.B \leq t_z$	.....	CUMPLE
	$24,3 \text{ cm} \leq 40 \text{ cm}$		
2.2 Refuerzo en el sentido transversal.	Parámetros.	ACI 318-19.	Verificación.
2.2.1 Fluencia del acero.	$0.005 \leq \xi_s.L \leq 0.09$	21.2.2	FLUYE
	$0.005 \leq 0,058 \leq 0.09$		
2.2.2 Espaciamiento del refuerzo longitudinal dentro de la franja.	$s.min \leq s.cal \leq s.max$	25.2.1	CUMPLE
	$5 \text{ cm} \leq 13,19 \text{ cm} \leq 19,25 \text{ cm}$	24.4.3.3	
		24.3.2	
2.2.3 Espaciamiento del refuerzo longitudinal fuera de la franja.	$s.min \leq s.cal \leq s.max$	25.2.1	CUMPLE
	$5 \text{ cm} \leq 15,95 \text{ cm} \leq 19,25 \text{ cm}$	24.4.3.3	
		24.3.2	
2.2.4 Altura en función de la longitud de desarrollo con gancho del refuerzo longitudinal.	$t.ext.L \leq t_z$	.....	CUMPLE
	$24,3 \text{ cm} \leq 40 \text{ cm}$		

*Ilustración 48: Verificaciones del refuerzo longitudinal de la zapata.*

### 3. Cortante en la zapata:

#### 3.1. Cortante por punzonamiento (2D).

3.1.1. Se verifica que la sección seleccionada cumpla con el cortante por punzonamiento en la sección crítica ubicada a  $d/2$  de la cara la columna o pedestal, según lo establecido en el apartado 22.6.5.2 de la ACI 318-19.

#### 3.2. Cortante directo (1D).

##### 3.2.1. Sentido longitudinal (L).

3.2.1.1. Se verifica que las dimensiones de la sección transversal colocada minimicen la posibilidad de una falla por compresión diagonal en

el concreto y limite la fisuración, según lo establecido en el apartado 22.5.1.2 de la ACI 318-19.

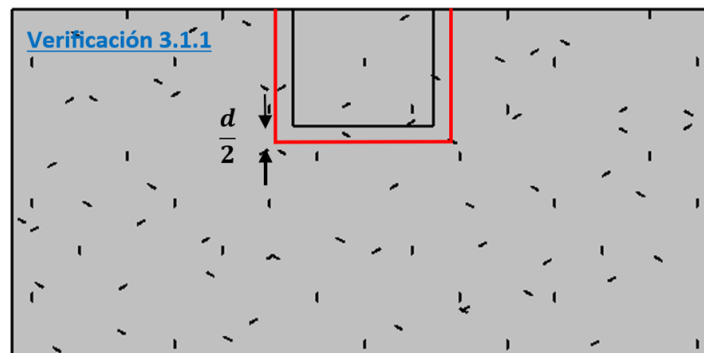
3.2.1.2. Se verifica que la resistencia al cortante de la zapata cumpla con lo establecido en el apartado 22.5.5.1 de la ACI 318-19.

**3.2.2. Sentido longitudinal (B).**

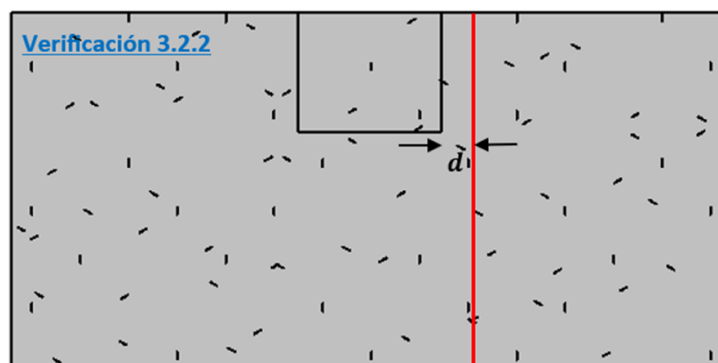
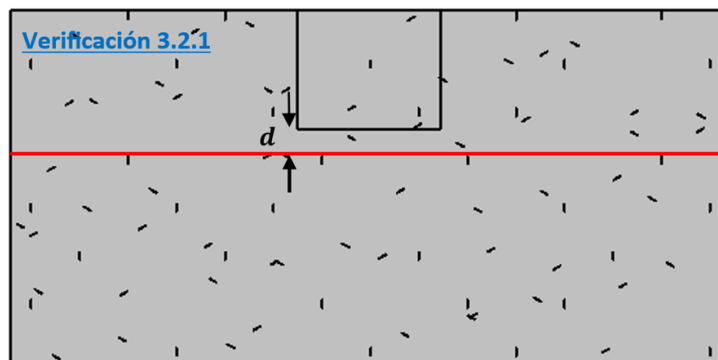
3.2.2.1. Se verifica que las dimensiones de la sección transversal colocada minimicen la posibilidad de una falla por compresión diagonal en

el concreto y limite la fisuración, según lo establecido en el apartado 22.5.1.2 de la ACI 318-19.

3.2.2.2. Se verifica que la resistencia al cortante de la zapata cumpla con lo establecido en el apartado 22.5.5.1 de la ACI 318-19.



*Ilustración 49: Resistencia al cortante (2D), apartado 3.1.1.*



*Ilustración 50: Resistencia al cortante (1D), 3.2.1. y 3.2.2.*

3. Cortante en la zapata.			
3. Cortante en la zapata.	Parámetros.	ACI 318-19	Verificación.
3.1 Cortante por punzonamiento (2D).			
3.1.1 Esfuerzo cortante en (2D).	$V_{up} \leq \phi_v \cdot V_{c.2D}$ $0,71 \text{ MPa} \leq 1,14 \text{ MPa}$	22.6.5.2	CUMPLE
3.2 Cortante directo (1D).	Parámetros.	ACI 318-19	Verificación.
3.2.1 Sentido longitudinal (L).			
3.2.1.1 Sección transversal.	$214,86 \text{ KN} \leq 2403,75 \text{ KN}$	22.5.1.2.	CUMPLE
3.2.1.2 Resistencia al cortante.	$V_{ud.L} \leq \phi_v \cdot V_{c.L}$ $0,24 \text{ MPa} \leq 0,33 \text{ MPa}$	22.5.5.1	CUMPLE
3.2.2 Sentido transversal (B).	Parámetros.	ACI 318-19	Verificación.
3.2.2.1 Sección transversal.	$165,66 \text{ KN} \leq 1261,98 \text{ KN}$	22.5.1.2.	CUMPLE
3.2.2.2 Resistencia al cortante.	$V_{ud.B} \leq \phi_v \cdot V_{c.B}$ $0,36 \text{ MPa} \leq 0,46 \text{ MPa}$	22.5.5.1	CUMPLE

*Ilustración 51: Verificaciones del cortante en la zapata.*

#### 4. Revisión del cortante en la columna y pedestal:

##### 4.1. Revisión del cortante en la columna:

4.1.1. Se verifica que la menor dimensión de la sección transversal de la columna cumpla con lo establecido en el apartado 18.7.2.1 (a) de la ACI 318-19.

4.1.2. Se verifica que la relación entre la dimensión menor de la sección transversal y la dimensión perpendicular cumpla con lo establecido en el apartado 18.7.2.1 (b) de la ACI 318-19.

4.1.3. Se verifica que el área de acero longitudinal colocado  $A_{s.col}$  sea menor o igual al área de acero longitudinal máxima  $A_{s.max}$  de la columna, según lo establecido en el apartado 18.7.4.1 de la ACI 318-19.

4.1.4. Se verifica que el área de acero longitudinal colocado  $A_{s.col}$  sea mayor o igual al área de acero longitudinal mínima  $A_{s.min}$  de la columna,

según lo establecido en el apartado 16.3.4.1 y 10.6.1.1 de la ACI 318-19.

4.1.5. Se verifica que el espaciamiento horizontal  $Hx.colm$  entre los ramales del refuerzo transversal no excedan el espaciamiento horizontal máximo  $Hx.max$ , según lo establecido en el apartado 18.7.5.2 (e) y 18.7.5.2 (f) de la ACI 318-19.

4.1.6. Se verifica que el espaciamiento entre el refuerzo longitudinal de la columna  $s.cal$  sea mayor o igual al espaciamiento mínimo  $s.min$  del refuerzo longitudinal, según lo establecido en el apartado 25.2.1 de la ACI 318-19.

4.1.7. Se verifica que el espaciamiento colocado  $s.col$  entre los refuerzos transversales de la columna sea mayor o igual al espaciamiento mínimo

s.min y menor o igual al espaciamiento máximo s.max, según lo establecido en el apartado 18.7.5.3 de la ACI 318-19.

4.1.8. Se verifica que la cantidad de acero transversal colocado  $A_s.col$  de la columna se mayor o igual a la cantidad de acero  $A_s.h$  exigido en el apartado 18.7.5.4 de la ACI 318-19.

4.1.9. Se verifica que el ancho de la columna C2 sea lo suficientemente grande como para que el acero longitudinal de la viga de amarre se desarrolle correctamente.

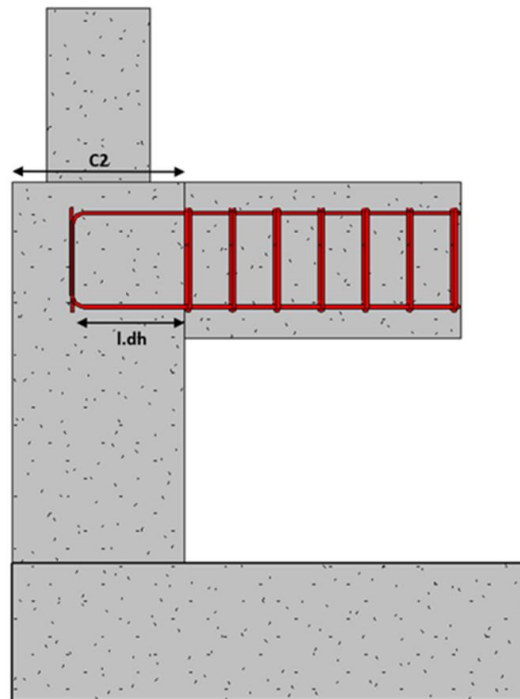
4.1.10. Se recomienda adoptar los valores sugeridos en la tabla de verificación, para que el programa no interprete que se está colocando un pedestal no se requiere.

**NOTA:** La tabla de verificación 4.1 se va a presentar dependiendo de los dos diferentes casos expuestos a continuación:

**CASO 1:** En este caso la columna colocada soporta el cortante actuante producido por la viga aérea, por lo que no se requiere la colocación de un pedestal.

4.1. Revisión del cortante en el columna.				
4.1. Columna.	Parámetros.	ACI 318-19	Verificación	
4.1.1 Sección mínima.	$55 \text{ cm} \geq 30 \text{ cm}$	18.7.2.1 (a)	CUMPLE	
4.1.2 Relación dimensional de la sección transversal.	$0,74 \geq 0,4$	18.7.2.1 (b)	CUMPLE	
4.1.3. Área de acero longitudinal máxima.	$A_{s.col} \leq A_{s.max}$	18.7.4.1	CUMPLE	
	$2261,95 \text{ mm}^2 \leq 12375 \text{ mm}^2$			
4.1.4. Área de acero longitudinal mínima.	$A_{s.col} \geq A_{s.min}$	16.3.4.1	CUMPLE	
	$2261,95 \text{ mm}^2 \geq 2062,5 \text{ mm}^2$	10.6.1.1		
4.1.5. Espaciamiento máximo entre el refuerzo longitudinal.	$H_{x.colm} \leq H_{x.max}$	18.7.5.2 (e)	CUMPLE	
	$11,12 \text{ cm} \leq 35 \text{ cm}$	18.7.5.2 (f)		
4.1.6. Espaciamiento mínimo entre el refuerzo longitudinal.	$s_{.cal} \geq s_{.min}$	25.2.1	CUMPLE	
	$5,12 \text{ cm} \geq 5 \text{ cm}$			
4.1.7. Espaciamiento entre el refuerzo transversal.	$s_{.min} \leq s_{.col} \leq s_{.max}$	18.7.5.3	CUMPLE	
	$5 \text{ cm} \leq 7,2 \text{ cm} \leq 7,2 \text{ cm}$			
4.1.8. Área del acero transversal.	$A_{s.col} \geq A_{s.sh}$	18.7.5.4	CUMPLE	
	$804,25 \text{ mm}^2 \geq 310,5 \text{ mm}^2$			
4.1.9 Ancho C2 en función de la longitud de desarrollo la viga.	$C2 \geq l_{.dh}$	.....	CUMPLE	
4.1.10. Datos de entrada del pedestal.	Colocar.	Colocado	.....	CUMPLE
	B1: 55 cm	B1: 55 cm		
	B2: 75 cm	B2: 75 cm		
	$\phi_{.long}$ : 12 mm	$\phi_{.long}$ : 12 mm		
	$\phi_{.trans}$ : 16 mm	$\phi_{.trans}$ : 16 mm		

*Ilustración 52: Verificaciones del cortante en la columna.*



**Ilustración 53:** Ancho de la columna en función de  $l.dh$  de la viga, apartado 4.1.9.

**CASO 2:** En este caso la columna colocada no soporta el cortante actuante producido por la viga aérea y se requiere la colocación de un pedestal.

4.1. Revisión del cortante en el columna.			
4.1 Columna.	Parámetros.	ACI 318-19	Verificación
4.1.1 Sección mínima.	55 cm $\geq$ 30 cm	18.7.2.1 (a)	CUMPLE
4.1.2 Relación dimensional de la sección transversal.	$l \geq 0.4$	18.7.2.1 (b)	CUMPLE
4.1.3. Área de acero longitudinal máxima.	$As.col \leq As.max$	18.7.4.1	CUMPLE
	$2261,95 \text{ mm}^2 \leq 9075 \text{ mm}^2$		
4.1.4. Área de acero longitudinal mínima.	$As.col \geq As.min$	16.3.4.1	CUMPLE
	$2261,95 \text{ mm}^2 \geq 1512,5 \text{ mm}^2$	10.6.1.1	
4.1.5. Espaciamiento máximo entre el refuerzo longitudinal.	$Hx.colm \leq Hx.max$	18.7.5.2 (e)	CUMPLE
	$7,36 \text{ cm} \leq 35 \text{ cm}$	18.7.5.2 (f)	
4.1.6. Espaciamiento mínimo entre el refuerzo longitudinal.	$s.col \geq s.min$	25.2.1	CUMPLE
	$5,36 \text{ cm} \geq 5 \text{ cm}$		
4.1.7. Espaciamiento entre el refuerzo transversal.	$s.min \leq s.col \leq s.max$	18.7.5.3	CUMPLE
	$5 \text{ cm} \leq 7,2 \text{ cm} \leq 7,2 \text{ cm}$		
4.1.8. Área del acero transversal.	$As.col \geq A.sh$	18.7.5.4	NO CUMPLE
	$314,16 \text{ mm}^2 \geq 384,75 \text{ mm}^2$		Colocar pedestal.

**Ilustración 54:** Verificaciones del cortante en la columna.

#### **4.2. Revisión del cortante en el pedestal:**

- 4.2.1. Se verifica que la relación geométrica que existe entre el pedestal y la columna sea igual, de tal manera que se asegura que la distancia entre las caras de la columna y pedestal sean iguales en las dos direcciones.
- 4.2.2. Se verifica que el área de acero longitudinal colocado  $A_{s.col}$  sea menor o igual al área de acero longitudinal máxima  $A_{s.max}$  del pedestal, según lo establecido en el apartado 18.7.4.1 de la ACI 318-19.
- 4.2.3. Se verifica que el área de acero longitudinal colocado  $A_{s.col}$  sea mayor o igual al área de acero longitudinal mínima  $A_{s.min}$  del pedestal, según lo establecido en el apartado 16.3.4.1 y 10.6.1.1 de la ACI 318-19.
- 4.2.4. Se verifica que espaciamiento horizontal  $H_{x.ped}$  entre los ramales del refuerzo transversal no excedan espaciamiento horizontal máximo  $H_{x.max}$ , según lo establecido en el apartado 18.7.5.2 (e) y 18.7.5.2 (f) de la ACI 318-19.
- 4.2.5. Se verifica que el espaciamiento entre el refuerzo longitudinal del pedestal  $s_{.cal}$  sea mayor o igual al espaciamiento mínimo  $s_{.min}$  del refuerzo longitudinal, según lo establecido en el apartado y 25.2.1 de la ACI 318-19.
- 4.2.6. Se verifica que el espaciamiento colocado  $s_{.col}$  entre los refuerzos transversales del pedestal sea mayor o igual al espaciamiento mínimo  $s_{.min}$  y menor o igual al espaciamiento máximo  $s_{.max}$ , según lo establecido en el apartado 18.7.5.3 de la ACI 318-19.
- 4.2.7. Se verifica que las dimensiones de la sección transversal colocada minimicen la posibilidad de una falla por compresión diagonal en el

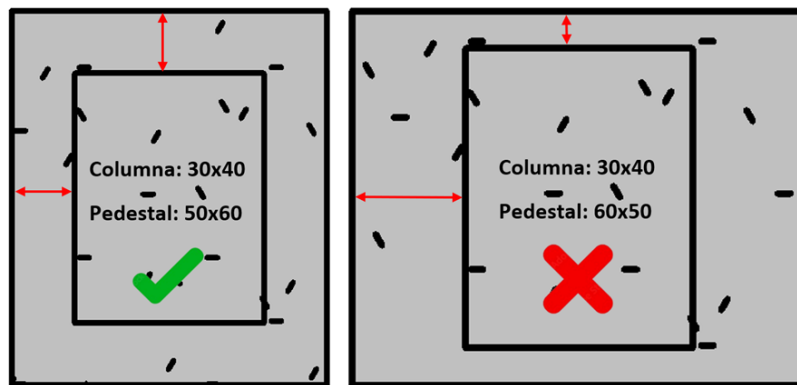
concreto y limite la fisuración, según lo establecido en el apartado 22.5.1.2 de la ACI 318-19.

4.2.8. Se verifica que el armado estructural seleccionado para el pedestal resista el cortante actuante producto de la viga aérea, según lo establecido en el apartado 22.5.8.1 de la ACI 318-19.

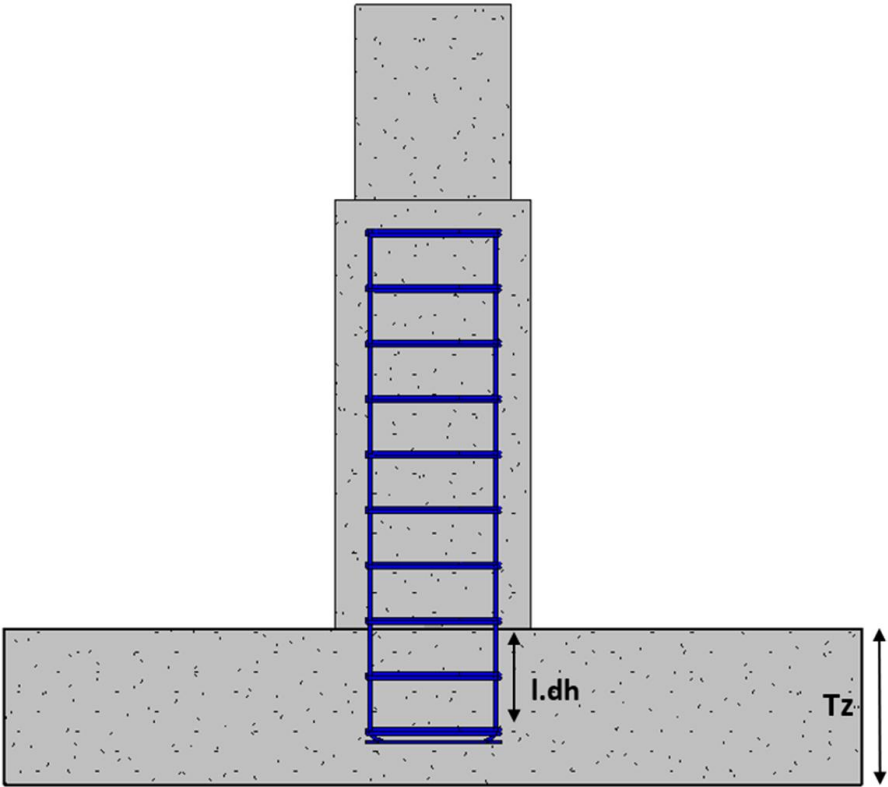
4.2.9. Se verifica que la altura de la zapata  $T_z$  sea lo suficientemente alta para que la longitud de desarrollo  $l_{dh}$  del refuerzo del pedestal se desarrolle sin incumplir el recubrimiento de la zapata.

4.2.10. Se verifica que el pedestal cumpla el efecto biaxial.

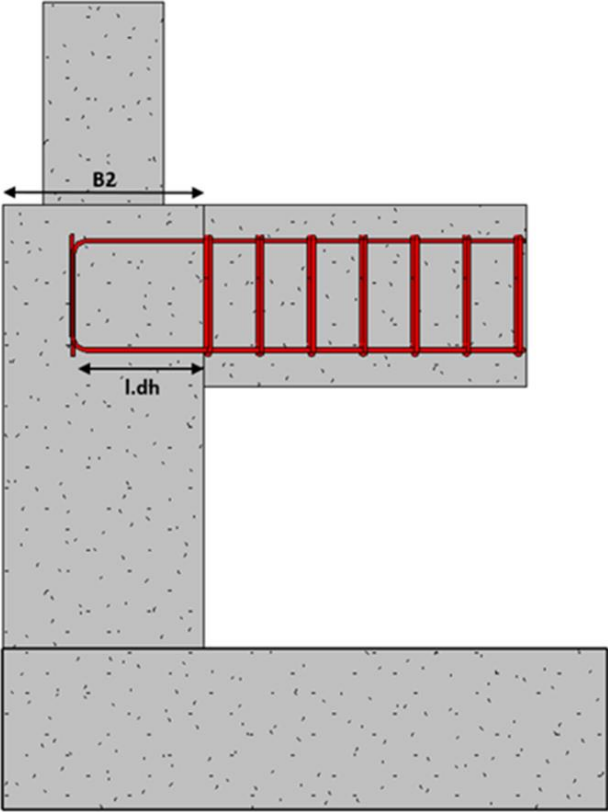
4.2.11. Se verifica que el ancho del pedestal  $B_2$  sea lo suficientemente grande como para que el acero longitudinal de la viga de amarre de desarrolle correctamente.



*Ilustración 55: Relación geométrica entre la columna y pedestal, apartado 4.2.1.*



*Ilustración 56: Altura de la zapata en función de  $l.dh$  del pedestal.*



**Ilustración 57: Ancho del pedestal en función de  $l_{dh}$  de la viga, apartado 4.2.11.**

**NOTA:** La tabla de verificación 4.2 se va a presentar dependiendo de los dos diferentes casos expuestos a continuación:

**CASO 1:** En este caso la columna colocada soporta el cortante actuante producido por la viga aérea y no se requiere la colocación de un pedestal.

<b>4.2. Revisión del cortante en el pedestal.</b>
<b>NO SE NECESITA PEDESTAL.</b>

**Ilustración 58: Tabla para el caso 1 del pedestal.**

**CASO 2:** En este caso la columna colocada no soporta el cortante actuante producido por la viga aérea y se requiere la colocación de un pedestal.

4.2. Revisión del cortante en el pedestal.			
4.2. Pedestal.	Parámetros .	ACI 318-19	Verificación
4.2.1. Relación geométrica entre la columna y pedestal.	$rel.colm \equiv rel.ped$	.....	CUMPLE
	$-10 \text{ cm} \equiv -10 \text{ cm}$		
4.2.2. Área de acero longitudinal máxima. .	$As.col \leq As.max$	18.7.4.1	CUMPLE
	$4523,9 \text{ mm}^2 \leq 10725 \text{ mm}^2$		
4.2.3. Área de acero longitudinal mínima.	$As.col \geq As.min$	16.3.4.1	CUMPLE
	$4523,9 \text{ mm}^2 \geq 1787,5 \text{ mm}^2$	10.6.1.1	
4.2.4. Espaciamiento máximo entre el refuerzo longitudinal.	$Hx.ped \leq Hx.max$	18.7.5.2 (e)	CUMPLE
	$9,12 \text{ cm} \leq 35 \text{ cm}$	18.7.5.2 (f)	
4.2.5. Espaciamiento mínimo entre el refuerzo longitudinal.	$s.col \geq s.min$	25.2.1	CUMPLE
	$9,12 \text{ cm} \geq 5 \text{ cm}$		
4.2.6. Espaciamiento entre el refuerzo transversal.	$s.min \leq s.col \leq s.max$	18.7.5.3	CUMPLE
	$5 \text{ cm} \leq 7,2 \text{ cm} \leq 7,2 \text{ cm}$		
4.2.7. Sección transversal.	$-100,55 \text{ KN} \leq 689,93 \text{ KN}$	22.5.1.2	CUMPLE
4.2.8. Resistencia de la sección a corte.	$\phi_v \cdot V_s.ped \geq V_u$	22.5.8.1	CUMPLE
	$1945,78 \text{ KN} \geq -100,55 \text{ KN}$		
4.2.9. Altura de la zapata en función de la longitud de desarrollo con gancho del pedestal.	$l_{dh.ped} \leq l_z$	.....	CUMPLE
	$24,7 \text{ cm} \leq 50 \text{ cm}$		
4.2.10 Efecto biaxial.	$0,89 \leq 1$	.....	CUMPLE
4.2.11 Ancho $B_2$ en función de la longitud de desarrollo la viga.	$B_2 \geq l_{dh}$	.....	CUMPLE
	$65 \text{ cm} \geq 25,51 \text{ cm}$		

**Ilustración 59: Tabla para el caso 2 del pedestal.**

## **5. Diseño de la viga de amarre:**

### **5.1. Dimensionamiento de la sección.**

5.1.1. Se verifica que el ancho de la viga de amarre  $B_w$  sea mayor o igual al ancho mínimo calculado  $B_w.min$  y al mismo tiempo sea menor o igual al ancho máximo calculado  $B_w.max$ .

5.1.2. Se verifica que la luz libre de la viga sea mayor a lo establecido en el apartado 18.6.2.1 (a) de la ACI 318-19.

5.1.3. Se verifica que el ancho de la columna  $C_1$  o el ancho del pedestal  $B_1$  sea igual o mayor al ancho de la viga  $B_w$ , de tal manera que viga no sobresalga de la columna o pedestal.

### **5.2. Refuerzo longitudinal.**

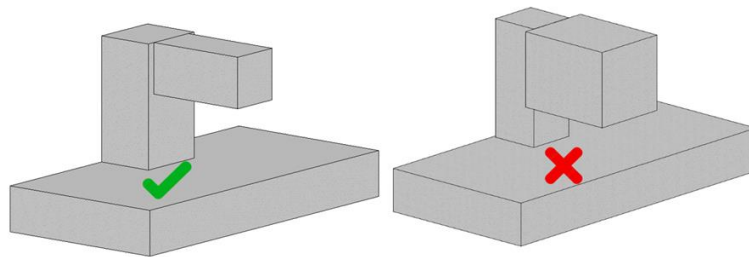
5.2.1. Se verifica que el área de acero longitudinal colocado  $A_s.col$  sea mayor o igual al área de acero longitudinal mínima  $A_s.min$  y a su vez sea menor o igual al área de acero longitudinal máxima  $A_s.max$ , según lo establecido en los apartados 16.3.4.1, 10.6.1.1 y 18.7.4.1 de la ACI 318-19.

5.2.2. Se verifica que el espaciamiento entre el refuerzo longitudinal de la viga de amarre  $s.cal$  sea mayor o igual al espaciamiento mínimo  $s.min$

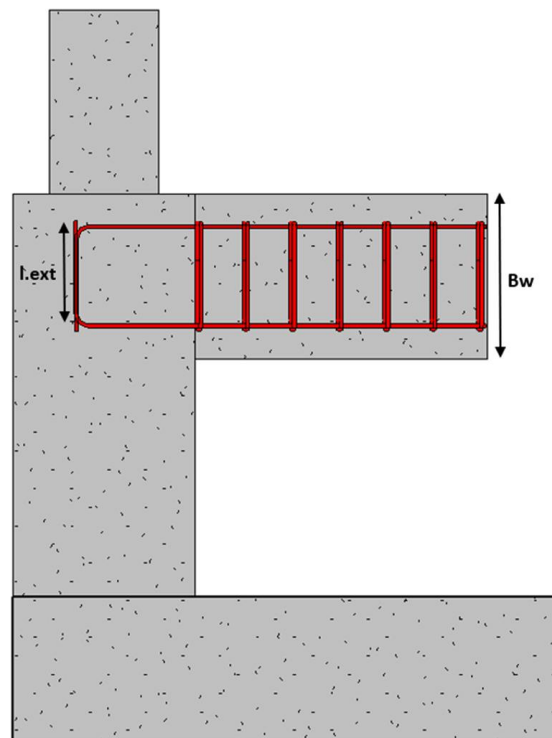
del refuerzo longitudinal, según lo establecido en el apartado y 25.2.1 de la ACI 318-19.

5.2.3. Se verifica que la sección y el armado de la viga de amarre sea lo suficiente para poder soportar la compresión y tracción generada en la viga.

5.2.4. Se verifica que la altura  $B_w$  sea lo suficientemente alta para que la longitud externa  $l_{ext}$  del gancho del refuerzo longitudinal se desarrolle sin incumplir el recubrimiento de la viga de amarre.



**Ilustración 60: Ancho de la viga de amarre, apartado 5.1.3.**



**Ilustración 61: Alto de la viga en función del  $l_{ext}$  de la viga de amarre, apartado**

**5.2.4.**

5. Diseño de la viga de amarre.			
5.1 Dimensionamiento de la sección .	Parámetros.		ACI 318-19. Verificación.
5.1.1 Ancho y alto colocado.	$B_w.min \leq B_w.col \leq B_w.max$		..... CUMPLE
	30 cm $\leq$ 40 cm $\leq$ 45 cm		
5.1.2 Luz libre.	$3 m \geq 1,23 m$		18.6.2.1 (a) CUMPLE
5.1.3 Ancho de diseño.	$B1 \geq Bw$		..... CUMPLE
	55 cm $\geq$ 40 cm		
5.2 Refuerzo longitudinal.	Parámetros.		ACI 318-19. Verificación.
5.2.1 Área del acero longitudinal.	$As.col \geq As.min$	$1608,5 mm^2 \geq 1600 mm^2$	16.3.4.1
			10.6.1.1
	$As.col \leq As.max$	$1608,5 mm^2 \leq 4800 mm^2$	18.7.4.1
5.2.2 Espaciamiento mínimo entre el refuerzo longitudinal.	$s.long \geq s.min$		25.2.1 CUMPLE
	9,1 cm $\geq$ 5 cm		
5.2.3 Viga aérea.	$0,53 \leq 1$		..... CUMPLE
5.2.4 Altura en función de $l_{ext}$ .	$Bw \geq l_{ext}$		..... CUMPLE
	40 cm $\geq$ 19,2 cm		

**Ilustración 62: Verificaciones de la viga de amarre.**

**Resultados de diseño.**

En esta venta se puede observar los resultados obtenidos del diseño, estos resultados se presentan en dos tablas diferentes, una de ellas resume la parte geométrica y la otra el armado estructural de la cimentación.

**NOTA:** Se va a presentar las siguientes tablas de resultados dependiendo en el caso que se analiza, el primer caso es cuando se requiere la colocación de un pedestal.

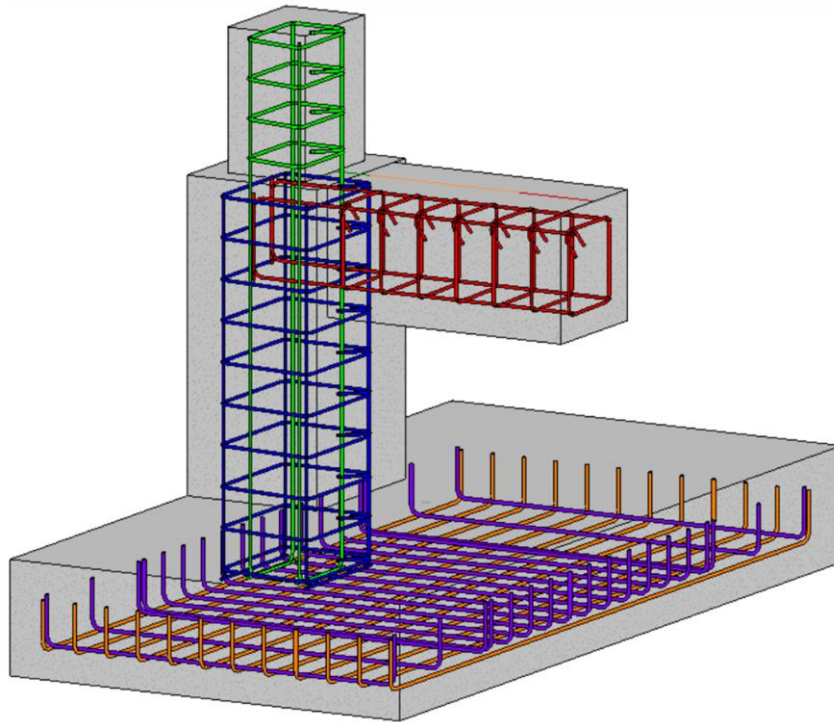
**CASO 1:** En este caso se requiere la colocación de un pedestal.

Resultados geométricos.		
1. Zapata.	Ancho (B):	1,45 m
	Largo (L):	2,9 m
	Alto (Tz):	40 cm
2. Columna.	Ancho (C1):	23 cm
	Ancho (C2):	33 cm
3. Pedestal.	Ancho (B1):	40 cm
	Ancho (B2):	50 cm
4. Viga de amarre.	Ancho y alto (Bw):	40 cm

*Ilustración 63: Resultados geométricos, caso 1.*

Armado estructural.			
1. Zapata.	Refuerzo longitudinal perpendicular a B:	11 $\phi$ 12 mm @10,9 cm	
	Refuerzo longitudinal perpendicular a L:	Fuera de la franja:	2 $\phi$ 12 mm @ 21,3 cm
		Dentro de la franja:	8 $\phi$ 12 mm @ 16,2 cm
2. Columna.	Refuerzo longitudinal:	4 $\phi$ 14 mm	
	Refuerzo transversal:	$\phi$ 12 mm @ 7,2 cm	
3. Pedestal.	Refuerzo longitudinal:	4 $\phi$ 14 mm	
	Refuerzo transversal:	$\phi$ 12 mm @ 7,2 cm	
4. Viga de amarre.	Refuerzo longitudinal:	8 $\phi$ 16 mm	
	Refuerzo transversal:	$\phi$ 10 mm @ 20 cm	

*Ilustración 64: Resultados del armado estructura, caso 1.*



*Ilustración 65: Caso 1 de la cimentación realizada en Revit.*

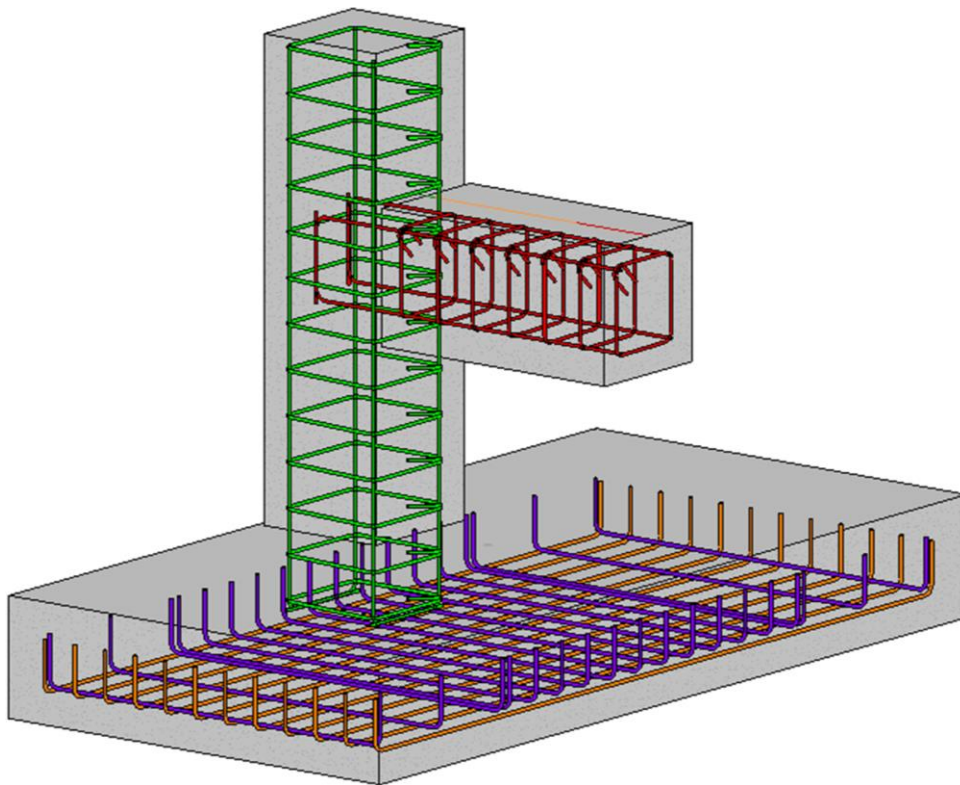
**CASO 2:** En este caso no se requiere la colocación de un pedestal.

Resultados geométricos.		
1. Zapata.	Ancho (B):	1,45 m
	Largo(L):	2,9 m
	Alto (Tz):	40 cm
2. Columna.	Ancho (C1):	23 cm
	Ancho(C2):	33 cm
	Ancho bajo el terreno (C1.1):	30 cm
	Ancho bajo el terreno (C2.1):	40 cm
3. Viga de amarre.	Ancho y alto (Bw):	40 cm

*Ilustración 66: Resultados geométricos, caso 2.*

Armado estructural.			
1. Zapata.	Refuerzo longitudinal perpendicular a B:	11 $\phi$ 12 mm @10,9 cm	
	Refuerzo longitudinal perpendicular a L:	Fuera de la franja:	2 $\phi$ 12 mm @ 21,3 cm
		Dentro de la franja:	8 $\phi$ 12 mm @ 16,2 cm
2. Columna.	Refuerzo longitudinal:	4 $\phi$ 14 mm	
	Refuerzo transversal:	$\phi$ 16 mm @ 7,2 cm	
3. Viga de amarre.	Refuerzo longitudinal:	8 $\phi$ 16 mm	
	Refuerzo transversal:	$\phi$ 10 mm @ 20 cm	

*Ilustración 67: Resultados del armado estructura, caso 2.*



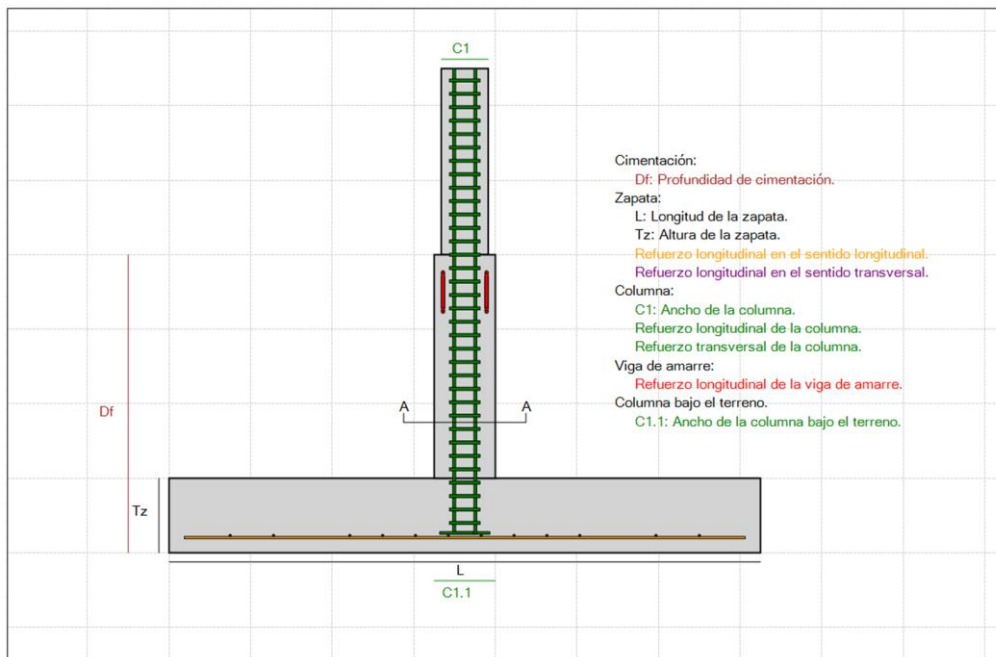
*Ilustración 68: Caso 2 de la cimentación realizada en Revit.*

### **Planos de diseño.**

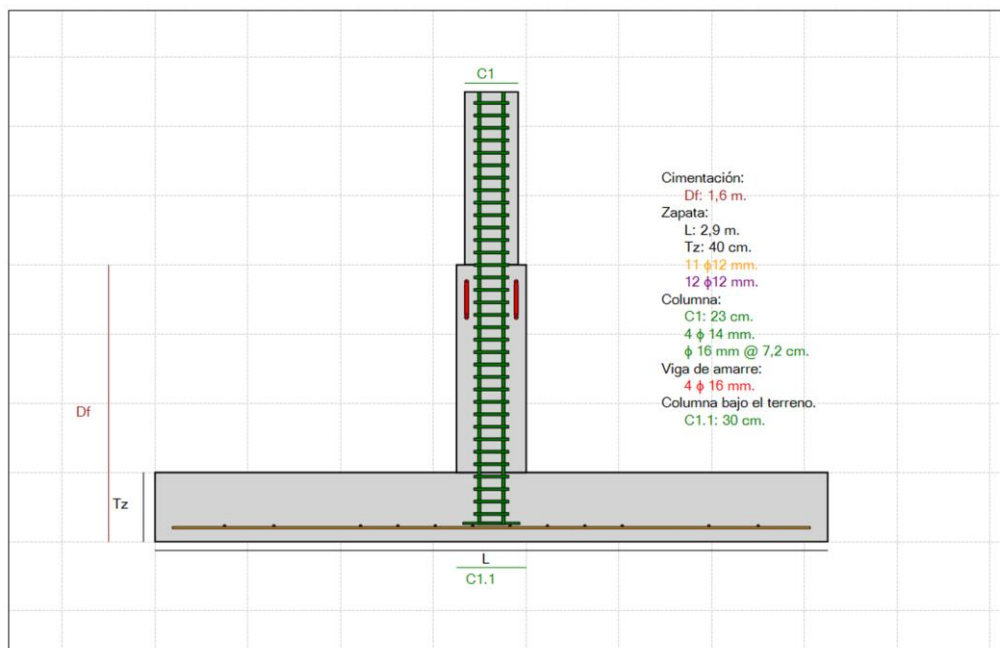
En esta ventana se puede observar el gráfico dinámico de los resultados obtenidos del diseño de la zapata de medianería.

**NOTA:** Los siguientes gráficos se van a presentar dependiendo de los dos diferentes casos expuestos a continuación:

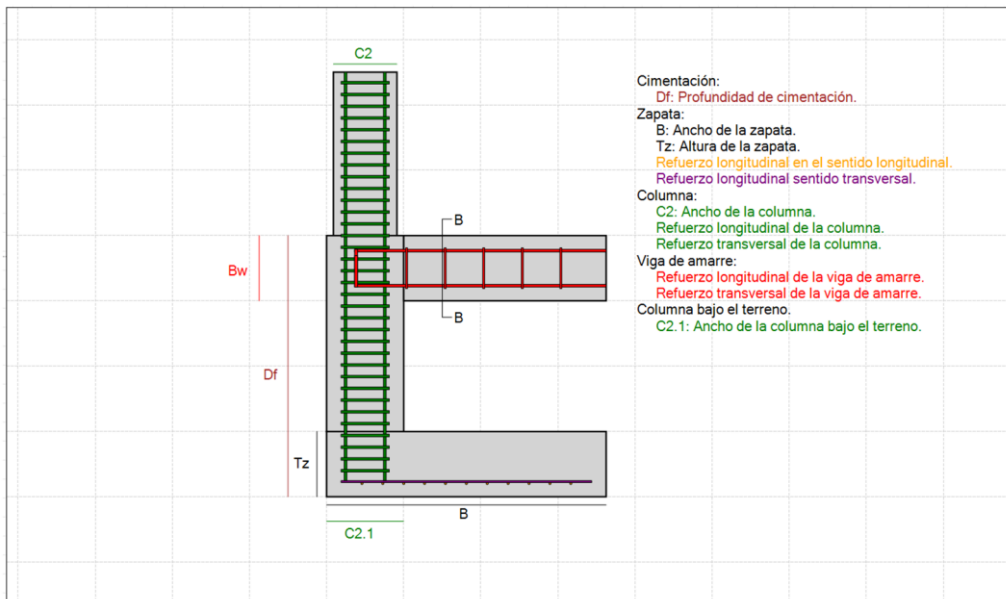
**CASO 1:** En este caso la columna colocada soporta el cortante actuante producido por la viga aérea y no se requiere la colocación de un pedestal.



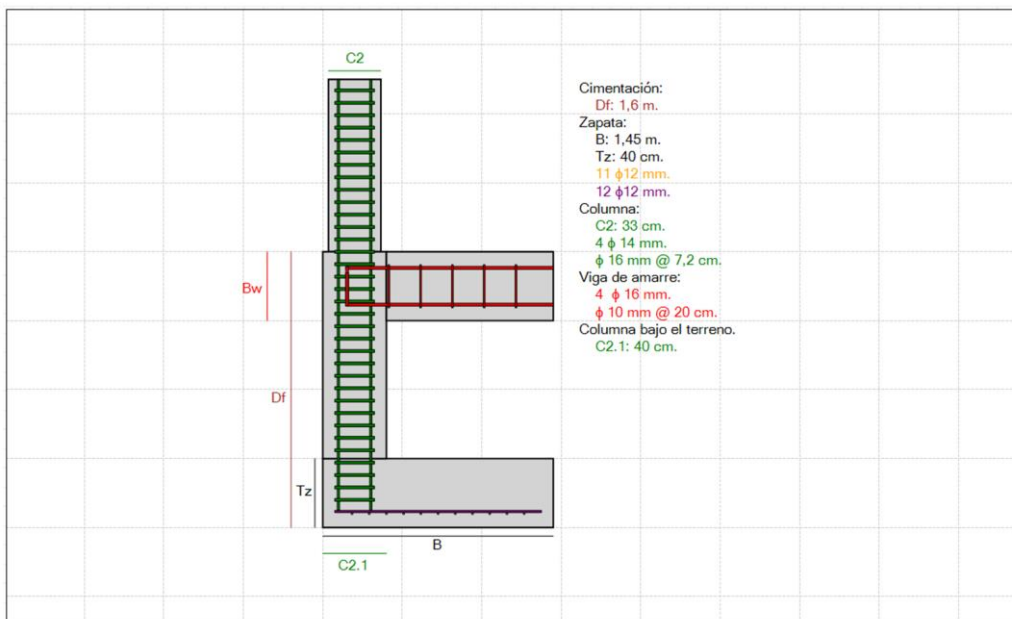
*Ilustración 69: Nomenclatura de la cimentación en L, Caso 1.*



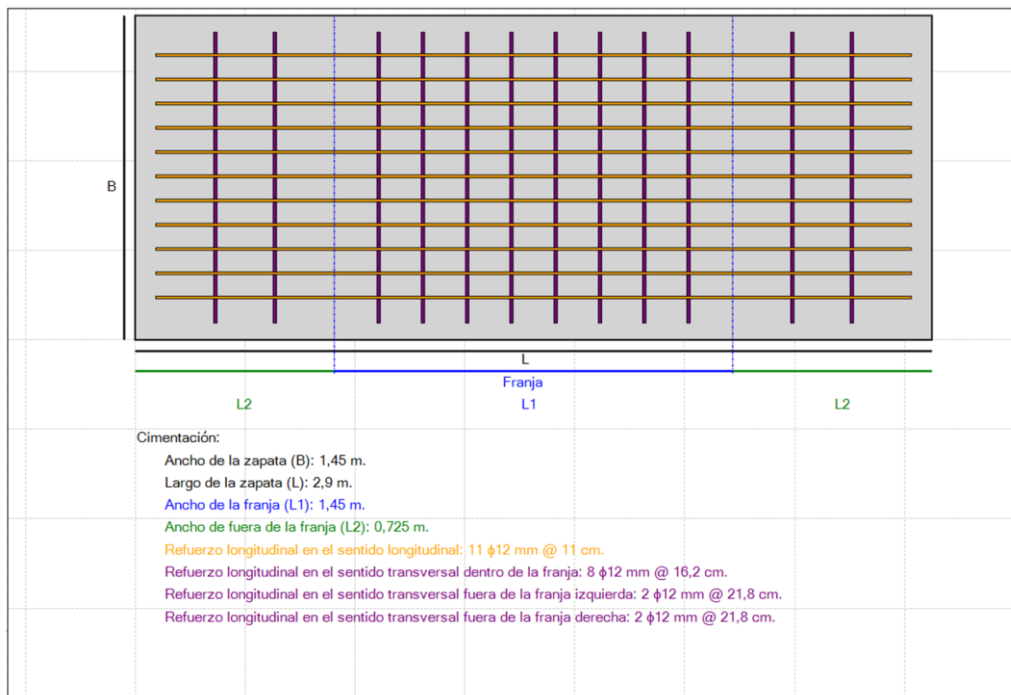
*Ilustración 70: Resultados de la cimentación en L, Caso 1.*



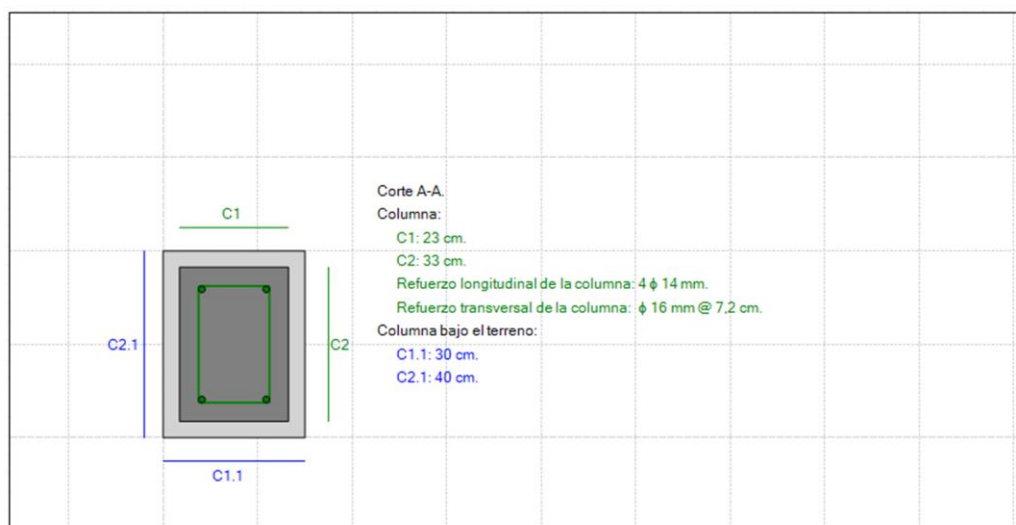
**Ilustración 71: Nomenclatura de la cimentación en B, Caso 1.**



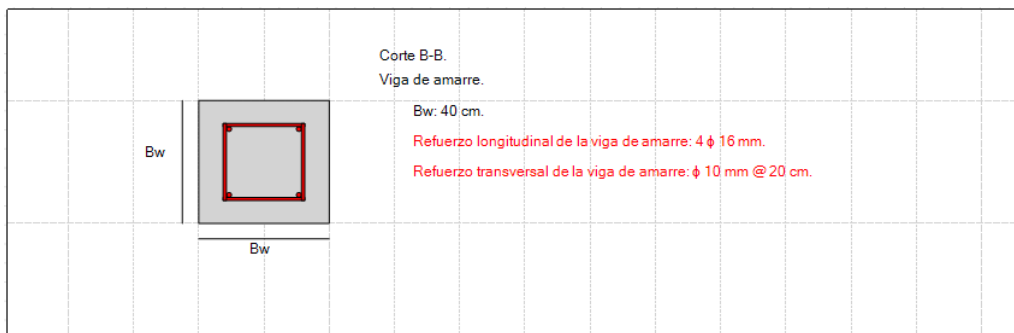
**Ilustración 72: Resultados de la cimentación en B, Caso 1.**



**Ilustración 73: Resultados en planta de la cimentación, Caso 1.**

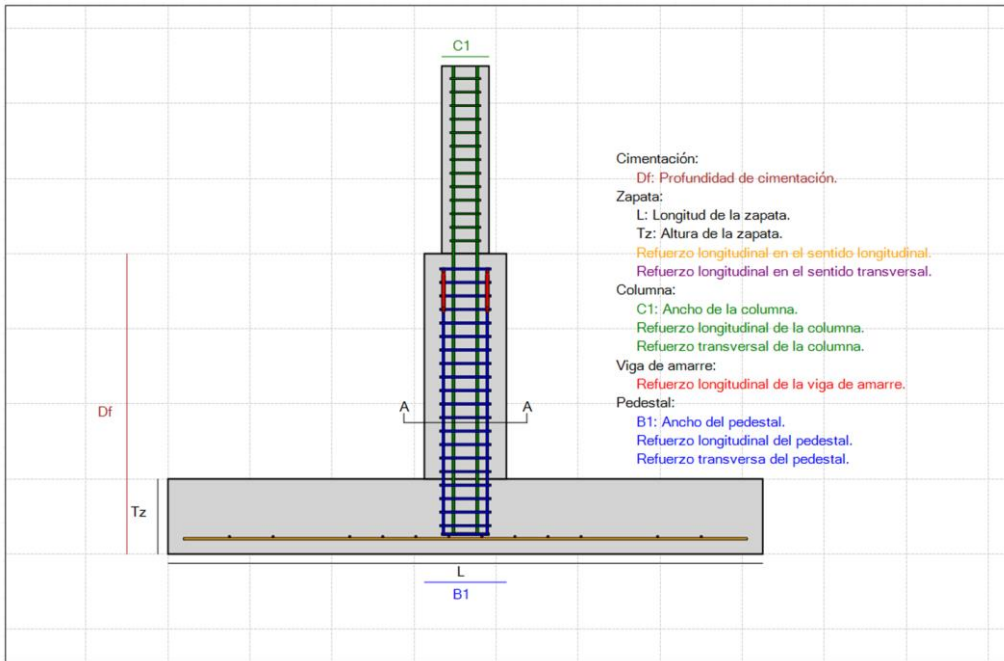


**Ilustración 74: Resultados del corte A-A, Caso 1.**

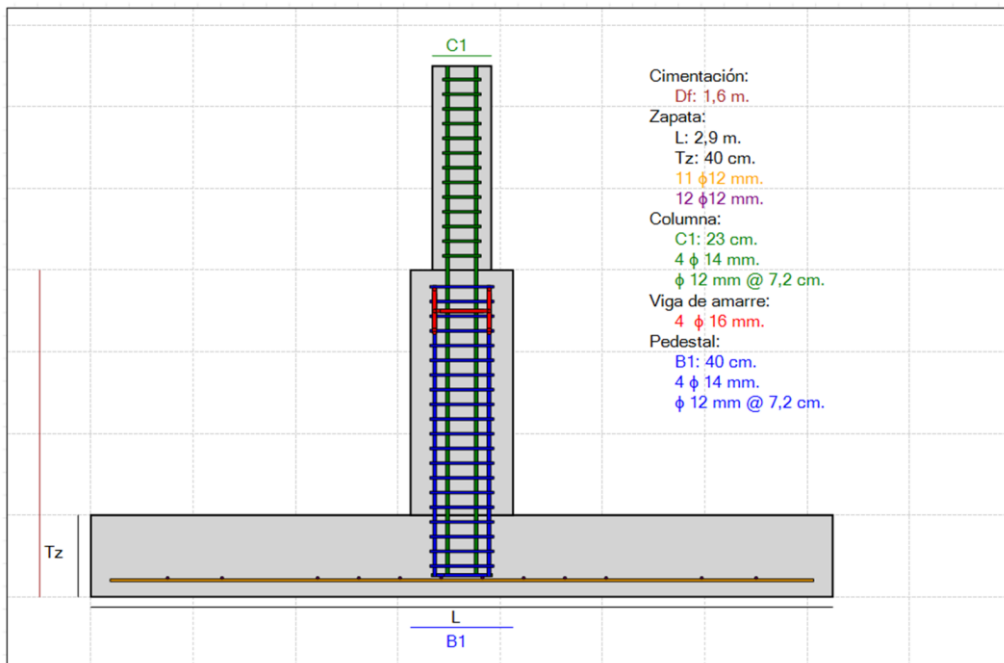


*Ilustración 75: Resultados del corte B-B, Caso 1.*

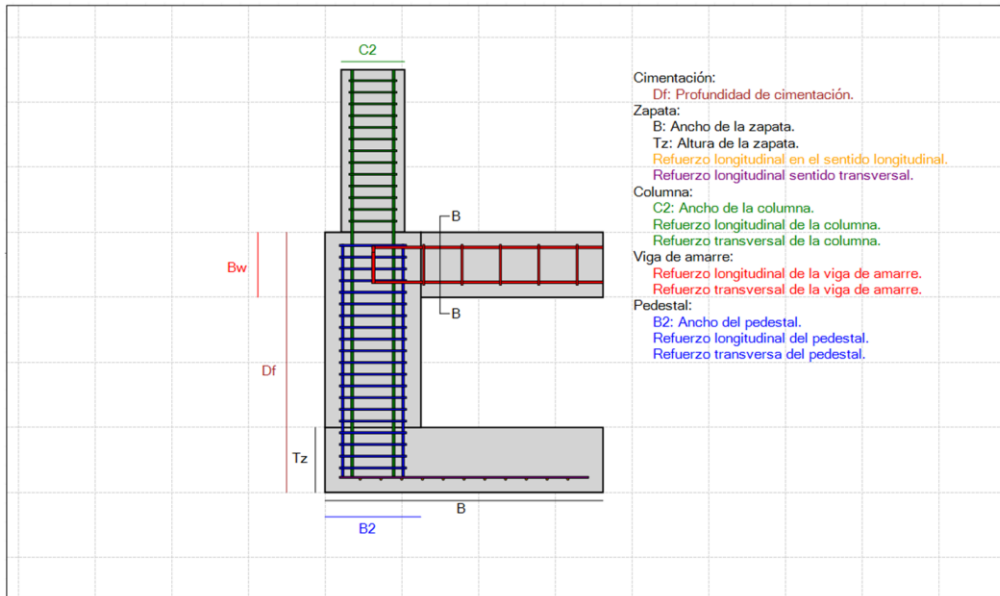
**CASO 2:** En este caso la columna colocada no soporta el cortante actuante producido por la viga aérea y se requiere la colocación de un pedestal.



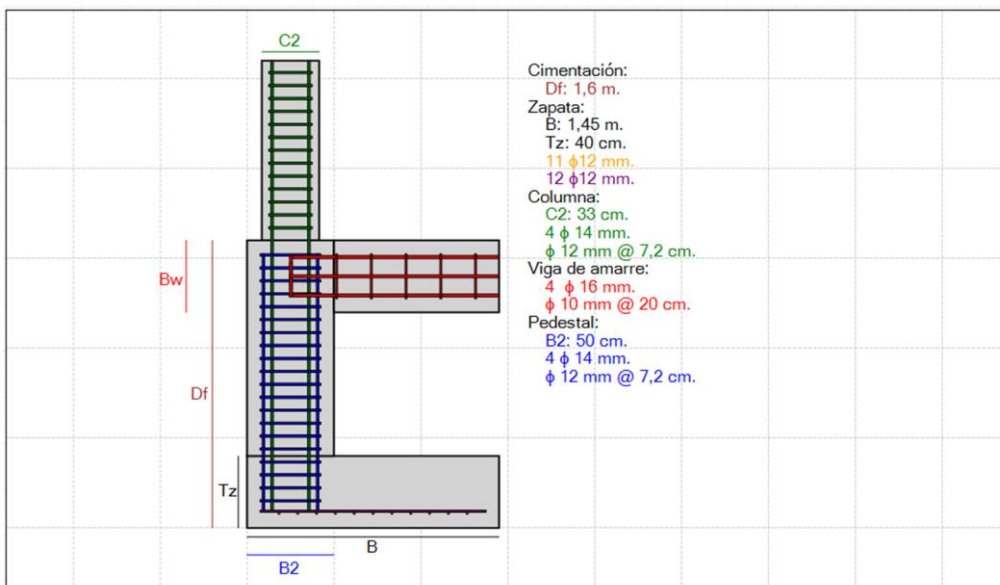
*Ilustración 76: Nomenclatura de la cimentación en L, Caso 2.*



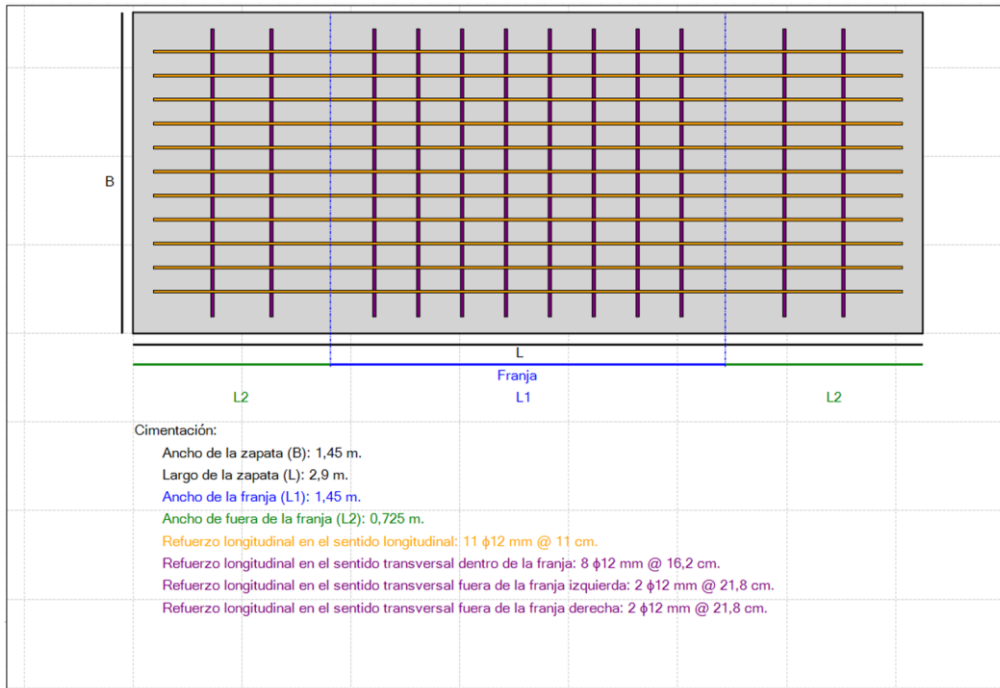
*Ilustración 77: Resultados de la cimentación en L, Caso 2.*



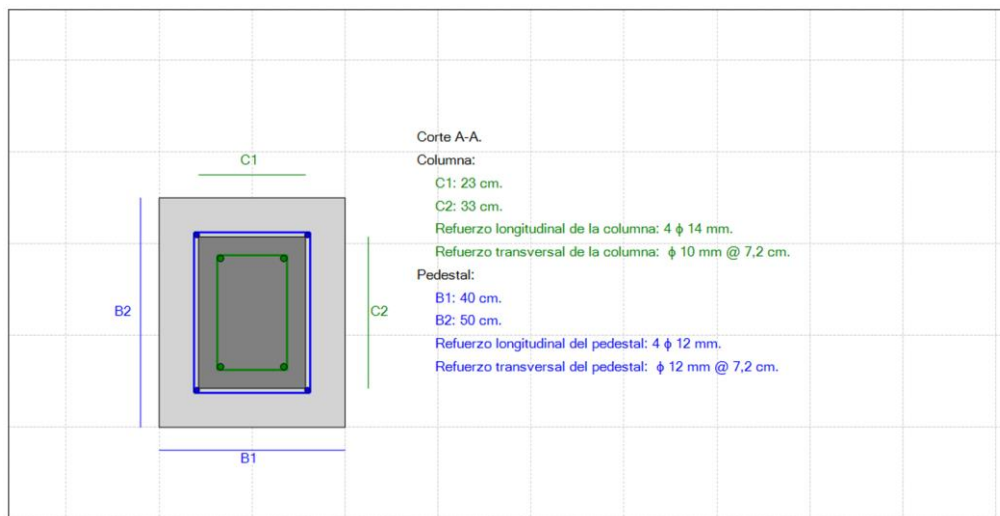
*Ilustración 78: Nomenclatura de la cimentación en B, Caso 2.*



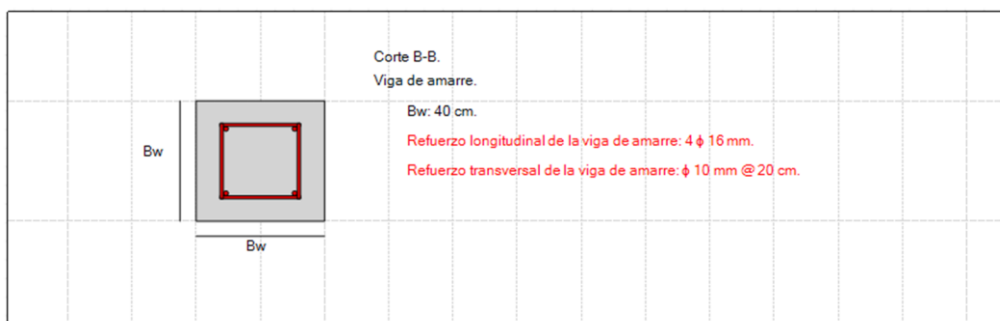
*Ilustración 79: Resultados de la cimentación en B, Caso 2.*



**Ilustración 80: Resultados en planta de la cimentación, Caso 2.**



**Ilustración 81: Resultados del corte A-A, Caso 2.**



***Ilustración 82: Resultados del corte B-B, Caso 2.***

**Guía para el usuario.**

Debido a que se acaba de explicar la guía para el usuario, no es recomendable colocarla nuevamente, por lo que la guía para el usuario y la programación completa se la puede encontrar en el anexo 2.

## Capítulo 4

### Resultados y discusión.

Para la validación del programa desarrollado, se utilizó la ayuda de las dos bibliografías expuestas a continuación, donde en cada una de ellas se presenta el diseño de una zapata medianera.

Tabla 2: Validación 1.

Diseño y construcción de cimentaciones – Luis Garza Vásquez.		
0. Datos de entrada.		
Bibliografía.	$F'_c = 21 \text{ MPa}$	
	$F_y = 420 \text{ MPa}$	
	$C_1 = 300 \text{ mm}$	
	$C_2 = 400 \text{ mm}$	
	$T_z = 400 \text{ mm}$	
	$B_w = 400 \text{ mm}$	
	$C = 1000 \text{ mm}$	
	$P_s = 344 \text{ KN}$	
	$M_{sy} = -37.8 \text{ KN} * m$	
	$P_u = 516 \text{ KN}$	
	$M_{uy} = 56.7 \text{ KN} * m$	
	$q_a = 100 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}$	
	$m_v = 0.1 \frac{\text{mm}^2}{\text{N}}$	
Programa desarrollado.	$F'_c = 21 \text{ MPa}$	
	$F_y = 420 \text{ MPa}$	
	$C_1 = 230 \text{ mm}$	
	$C_2 = 330 \text{ mm}$	
	$B_1 = 400 \text{ mm}$	
	$B_2 = 500 \text{ mm}$	
	$B_w = 400 \text{ mm}$	
	$T_z = 400 \text{ mm}$	
	$P_s = 344 \text{ KN}$	
	$M_{sy} = -37.8 \text{ KN} * m$	
	$P_u = 516 \text{ KN}$	
	$M_{uy} = 56.7 \text{ KN} * m$	
	$P_E = 534.6 \text{ KN}$	

	$M_{Ey} = 70 \text{ KN} \cdot \text{m}$ $q_a = 100 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}$ $D_f = 1.6 \text{ m}$ $m_v = 0.1 \frac{\text{mm}^2}{\text{N}}$ $k = 0.0088 \frac{\text{N}}{\text{mm}^3}$ $B = 1450 \text{ mm}$	
<p><b>Robot Structural.</b></p>	$F'_c = 21 \text{ MPa}$ $F_y = 420 \text{ MPa}$ $C_1 = 300 \text{ mm}$ $C_2 = 400 \text{ mm}$ $B_1 = 400 \text{ mm}$ $B_2 = 500 \text{ mm}$ $T_z = 400 \text{ mm}$ $C_v = 258 \text{ KN}$ $C_m = 86 \text{ KN}$ $q_a = 100 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}$ $D_f = 1.6 \text{ m}$ $B = 1450 \text{ mm}$ $L = 2900 \text{ mm}$	
<p><b>Nota:</b> En la programación realizada, se consideran algunos datos extra, debido a que en la bibliografía se realizan cálculos de manera muy simplificada.</p>		

**Nota:** En los datos de entrada del programa realizado se ha colocado los valores de C1 y C2 de tal forma que el programa analiza la columna con la misma sección que la bibliografía, esto debido a que la columna sufre un aumento de recubrimiento al entrar en contacto con el suelo.

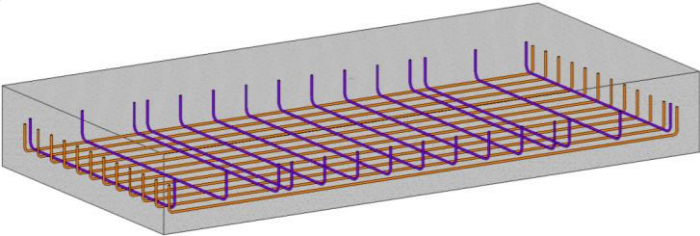
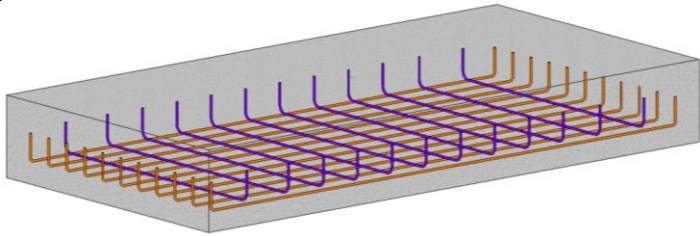
**Nota:** Para la validación con el software Robot Structural se tuvo que ingresar el valor de las cargas vivas y muertas, para que de esta forma con las combinaciones correspondientes se logre obtener las solicitaciones deseadas.

Pre dimensionamiento.			
Parámetro.	Bibliografía.	Programa desarrollado.	Robot Structural.
Geométrico.	$B = 1.5 \text{ m}$	$B = 1.45 \text{ m}$	$B = 1.45 \text{ m}$
	$L = 3 \text{ m}$	$L = 2.9 \text{ m}$	$L = 2.9 \text{ m}$
	$T_z = 0.4 \text{ m}$	$T_z = 0.4 \text{ m}$	$T_z = 0.4 \text{ m}$
Geotecnia.	$T_s = 178.08 \text{ KN}$	$T_s = 168.17 \text{ KN}$	NA
	$q_{s\_min} = 62.67 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}$	$q_{s\_min} = 78.3 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}$	$q_{s\_min} = 80 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}$
	$q_{s\_max} = 90.21 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}$	$q_{s\_max} = 85.31 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}$	$q_{s\_max} = 80 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}$

**Nota:** Se presenta una variación en los resultados obtenidos, que se deben principalmente a la variación geométrica y la implementación de la norma NSR-98 por parte de la bibliografía, mientras que en el programa desarrollado se usa la ACI 318-19.

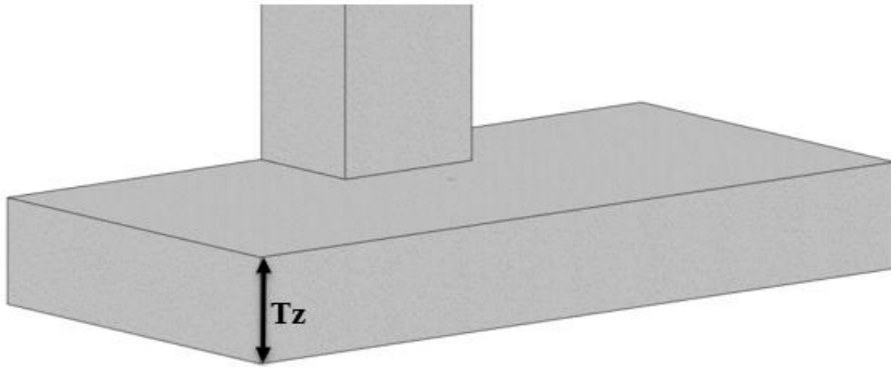
**Nota:** En el software Robot Structural analiza la cimentación con una distribución uniforme de presiones en la cara inferior de la cimentación.

2. Diseño del acero longitudinal de la zapata.			
Parámetro.	Bibliografía.	Programa desarrollado.	Robot Structural.
Momentos de diseño.	$M_{u\_L} = 154.7 \text{ KN} * \text{m}$	$M_{u\_L} = 139 \text{ KN} * \text{m}$	$M_{u\_L} = 139.1 \text{ KN} * \text{m}$
	$M_{u\_B} = 184.82 \text{ KN} * \text{m}$	$M_{u\_B} = 159.16 \text{ KN} * \text{m}$	$M_{u\_B} = 120.96 \text{ KN} * \text{m}$
Armado estructural.78.3	$A_{s\_L} = 12.79 \text{ cm}^2$	$A_{s\_L} = 11.89 \text{ cm}^2$	$A_{s\_L} = 12 \text{ cm}^2$
	$12\phi 12\text{mm}$	$11\phi 12\text{mm}$	NA
	$A_{s\_B} = 15.1 \text{ cm}^2$	$A_{s\_B} = 20.88 \text{ cm}^2$	$A_{s\_B} = 20.56 \text{ cm}^2$
	$\text{Franja} = 9 \phi 12\text{mm}$	$\text{Franja} = 8 \phi 12\text{mm}$	NA
	$\text{Fuera franja} = 6 \phi 12\text{mm}$	$\text{Fuera franja} = 4 \phi 12\text{mm}$	NA

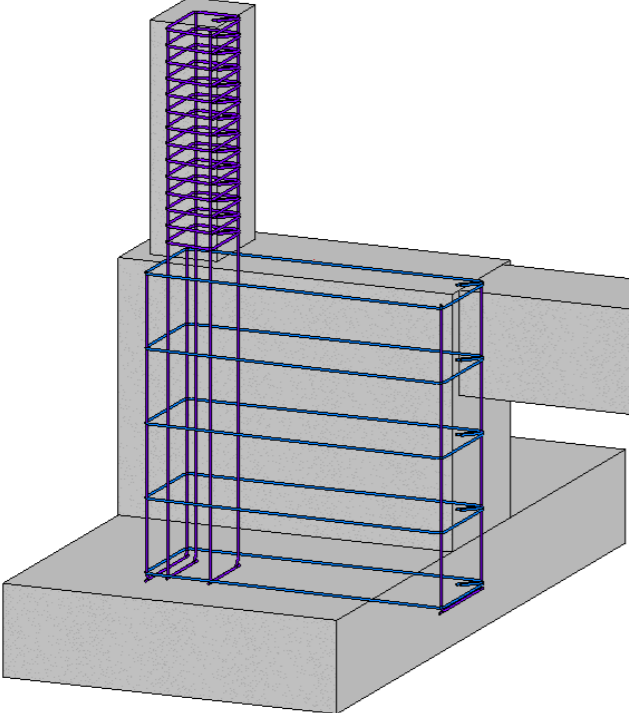
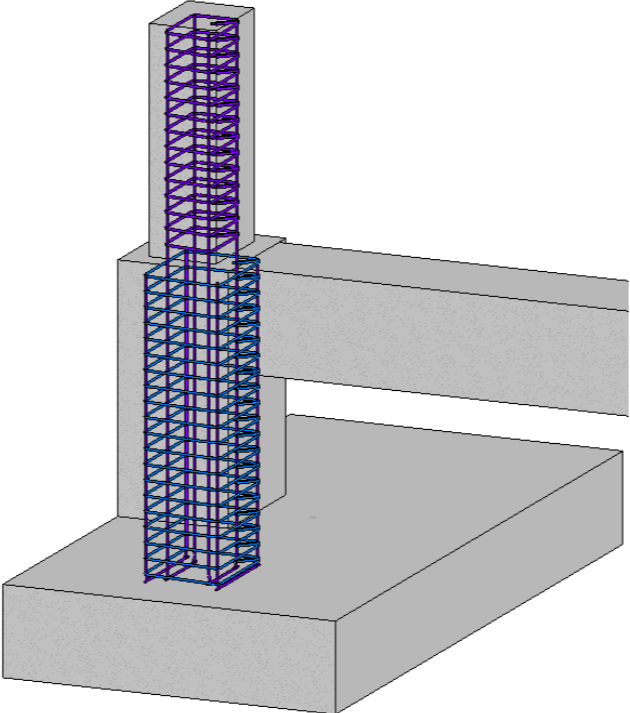



**Nota:** La variación en los momentos se debe a la variación geométrica y de los esfuerzos mínimos y máximos calculados anteriormente.

**Nota:** La variación en el área del refuerzo en el sentido transversal, se debe a que en la bibliográfica calculan el área mínima ( $A_{s\_min} = 0.0018 * A_g$ ) en función de la altura efectiva, cuando se la debe calcular en función de la altura total de la zapata.

<b>3. Cortante en la zapata.</b>			
<b>Parámetro.</b>	<b>Bibliografía.</b>	<b>Programa desarrollado.</b>	<b>Robot Structural.</b>
<b>Cortante por punzonamiento (2D)</b>	$v_{up} = 0.81 \text{ MPa}$	$v_{up} = 0.7 \text{ MPa}$	NA
<b>Cortante directo (1D)</b>	$v_{udL} = 0.24 \text{ MPa}$	$v_{udL} = 0.23 \text{ MPa}$	NA
	$v_{udB} = 0.35 \text{ MPa}$	$v_{udB} = 0.34 \text{ MPa}$	$v_{udB} = 0.36 \text{ MPa}$
<p><b>Nota:</b> La sección seleccionada cumple con el cortante en una y dos direcciones.</p> 			

<b>4. Revisión del cortante en la columna y pedestal.</b>			
<b>Parámetro.</b>	<b>Bibliografía.</b>	<b>Programa desarrollado.</b>	<b>Robot Structural.</b>
<b>Columna.</b>	$v_{cu} = 0.65 \text{ MPa}$	$A_{sh} = 2.26 \text{ cm}^2$	NA

			
<b>Pedestal.</b>	$A_s = 1.57 \text{ cm}^2$ $s = 34.75 \text{ cm}$	$A_s = 12.3 \text{ cm}^2$ $s = 7.2 \text{ cm}$	NA
<p><b>Nota:</b> La columna analizada no resiste el cortante actuante por lo que se necesita colocar un pedestal.</p> <p><b>Nota:</b> Inicialmente se calcula la resistencia al cortante aportada por el hormigón, con lo cual se agrega el área de acero transversal faltante para resistir el cortante actuante. En este planteamiento no se realiza un diseño considerando el tema sísmico.</p> <p><b>Nota:</b> Debido a que en la bibliografía no se detalla el armado de la columna y pedestal, se plantea de la forma expuesta.</p>		<p><b>Nota:</b> La columna analizada no resiste el cortante actuante por lo que se necesita colocar un pedestal.</p> <p><b>Nota:</b> Por consideraciones sísmicas no se considera el aporte de la resistencia al cortante del hormigón, en cambio todo el cortante lo resistirá solamente el refuerzo transversal, por lo que se calcula el área del refuerzo transversal requerido para el tema sísmico.</p> <p><b>Nota:</b> Debido a que el hormigón no aporta resistencia para el cortante, no se ha considerado la solución planteada por la bibliografía, ya que es innecesario aumentar la sección del hormigón.</p>	NA

#### 5. Viga de amarre.

Parámetro.	Bibliografía.	Programa desarrollado.	Robot Structural.
<b>Geométrico.</b>	$B_w = 0.4 \text{ m}$	$B_w = 0.4 \text{ m}$	NA
<b>Armado estructural.</b>	$A_{s\_long} = 11.3 \text{ cm}^2$	$A_{s\_long} = 16.1 \text{ cm}^2$	NA
	$4\phi 22\text{mm}$	$8\phi 16\text{mm}$	NA
	$A_{s\_trans} = 2.3 \text{ cm}^2$	$A_{s\_trans} = 2.3 \text{ cm}^2$	NA
	$\phi 12\text{mm}@200\text{mm}$	$\phi 12\text{mm}@200\text{mm}$	NA

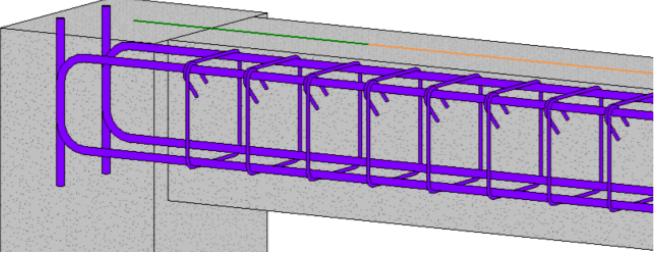
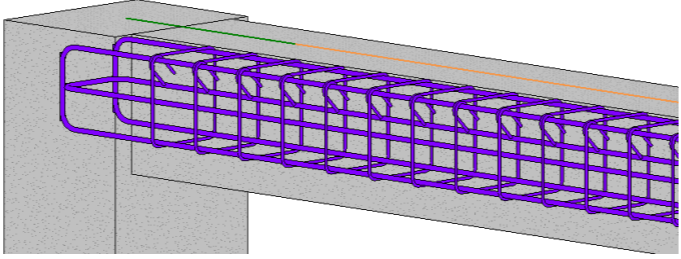
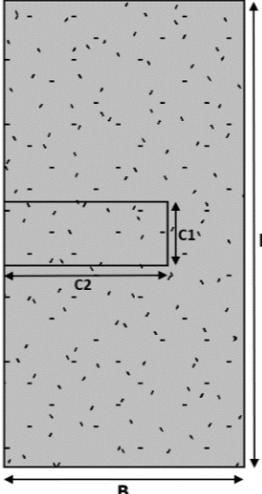
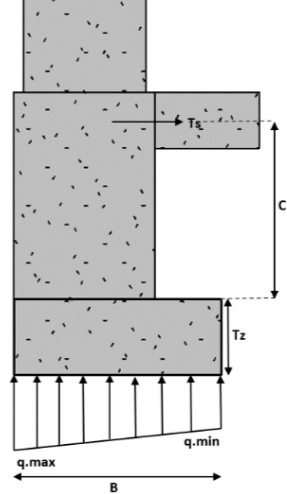
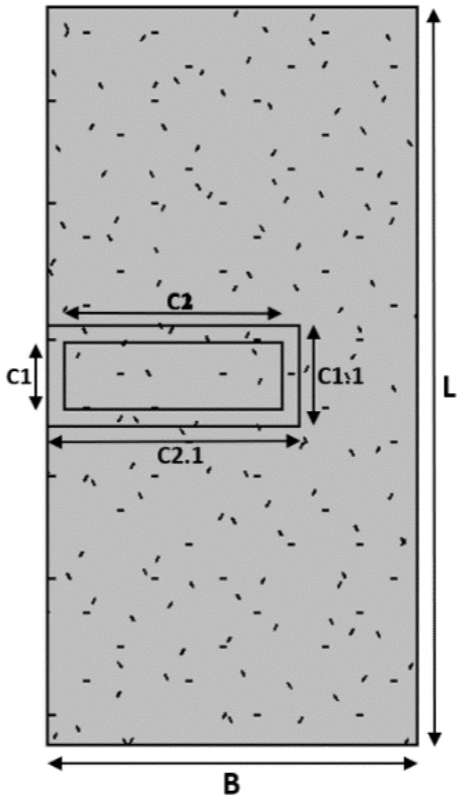
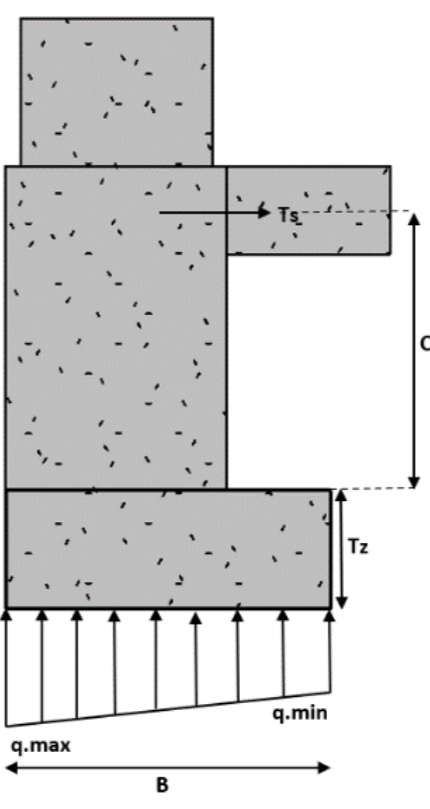
		
<p><b>Nota:</b> Se plantea una viga de 40x40 cm con cuatro refuerzos latitudinales de 22 mm, en la cual no se considera la longitud de desarrollo que genera el refuerzo longitudinal y el cual incumple con el recubrimiento de la misma viga.</p>	<p><b>Nota:</b> Debido a que en la bibliografía no se considera la longitud de desarrollo del refuerzo longitudinal, el programa desarrollado nos permite dar como solución el aumento del número de refuerzos longitudinales, dando como resultado disminuir la longitud de desarrollo.</p>	

Tabla 3: Variación de los resultados obtenidos de la validación 1.

Pre dimensionamiento.				
Bibliografía. (BL)	Variación. BL vs PD	Programa desarrollado. (PD)	Variación. PD vs RS	Robot Structural. (RS)
$B = 1.5 \text{ m}$	3%	$B = 1.45 \text{ m}$	0%	$B = 1.45 \text{ m}$
$L = 3 \text{ m}$	3%	$L = 2.9 \text{ m}$	0%	$L = 2.9 \text{ m}$
$T_z = 0.4 \text{ m}$	0%	$T_z = 0.4 \text{ m}$	0%	$T_z = 0.4 \text{ m}$
$T_s = 178.08 \text{ KN}$	6%	$T_s = 168.17 \text{ KN}$	NA	NA
$q_{s\_min} = 62.67 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}$	20%	$q_{s\_min} = 78.3 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}$	2%	$q_{s\_min} = 80 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}$
$q_{s\_max} = 90.21 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}$	6%	$q_{s\_max} = 85.31 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}$	6%	$q_{s\_max} = 80 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}$
Diseño del acero longitudinal de la zapata.				
$M_{u\_L} = 154.7 \text{ KN} * \text{m}$	11%	$M_{u\_L} = 139 \text{ KN} * \text{m}$	1%	$M_{u\_L} = 139.1 \text{ KN} * \text{m}$
$M_{u\_B} = 184.82 \text{ KN} * \text{m}$	16%	$M_{u\_B} = 159.16 \text{ KN} * \text{m}$	24%	$M_{u\_B} = 119.59 \text{ KN} * \text{m}$
$A_{s\_L} = 12.79 \text{ cm}^2$	8%	$A_{s\_L} = 11.89 \text{ cm}^2$	1%	$A_{s\_L} = 12 \text{ cm}^2$
$A_{s\_B} = 15.1 \text{ cm}^2$	37%	$A_{s\_B} = 20.88 \text{ cm}^2$	2%	$A_{s\_B} = 20.56 \text{ cm}^2$
Cortante en la zapata.				
$v_{up} = 0.81 \text{ MPa}$	16%	$v_{up} = 0.7 \text{ MPa}$	NA	NA
$v_{udL} = 0.24 \text{ MPa}$	4%	$v_{udL} = 0.23 \text{ MPa}$	NA	NA
$v_{udB} = 0.35 \text{ MPa}$	3%	$v_{udB} = 0.34 \text{ MPa}$	5%	$v_{udB} = 0.36 \text{ MPa}$
Revisión del cortante en la columna y pedestal.				
$A_s = 1.57 \text{ cm}^2$	87%	$A_s = 12.3 \text{ cm}^2$	NA	NA
Viga de amarre.				
$B_w = 0.4 \text{ m}$	0%	$B_w = 0.4 \text{ m}$	NA	NA
$A_{s\_long} = 11.3 \text{ cm}^2$	30%	$A_{s\_long} = 16.1 \text{ cm}^2$	NA	NA

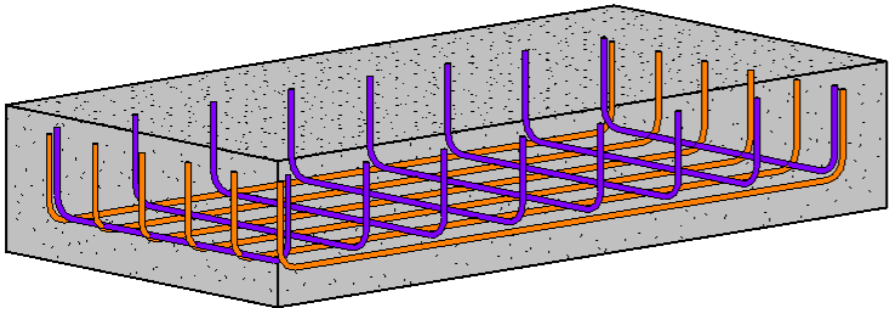
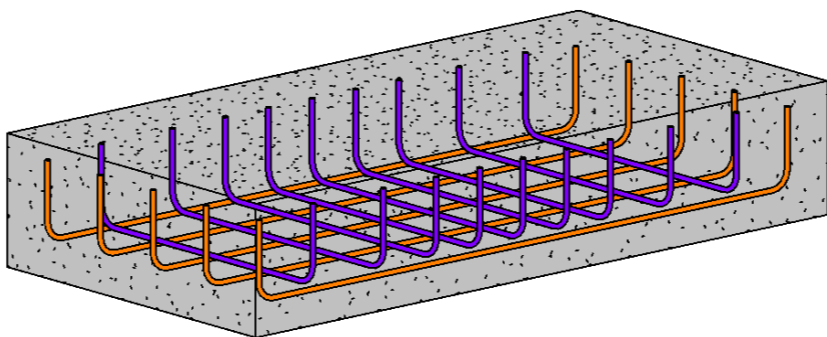
$A_{s\_trans} = 2.3 \text{ cm}^2$	0%	$A_{s\_trans} = 2.3 \text{ cm}^2$	NA	NA
-----------------------------------	----	-----------------------------------	----	----

Tabla 4: Validación 2.

Elaboración del programa DZAIS 1.0 para el diseño de zapatas aisladas rectangulares sometidas a flexión uniaxial y biaxial				
0. Datos de entrada.				
Bibliografía.	$F'_c = 21 \text{ MPa}$			
	$F_y = 420 \text{ MPa}$			
	$C_1 = 30 \text{ cm}$			
	$C_2 = 75 \text{ cm}$			
	$B = 1.1 \text{ m}$			
	$L = 2.35 \text{ m}$			
	$T_z = 60 \text{ cm}$			
	$C = 4.8 \text{ m}$			
	$PCM = 71.38 \text{ ton}$			
	$PCV = 25.49 \text{ ton}$			
$\gamma_{\text{terreno}} = 20.6 \text{ KN/m}^3$				
Programa desarrollado.	$F'_c = 21 \text{ MPa}$			
	$F_y = 420 \text{ MPa}$			
	$C_1 = 35 \text{ cm}$			
	$C_2 = 65 \text{ cm}$			
	$B_1 = 45 \text{ cm}$			
	$B_2 = 75 \text{ cm}$			
	$T_z = 60 \text{ cm}$			
	$B_w = 35 \text{ cm}$			
	$P_s = 950 \text{ KN}$			
	$M_{sy} = 166.25 \text{ KN} * \text{m}$			
	$P_u = 1420 \text{ KN}$			
	$M_{uy} = 248.5 \text{ KN} * \text{m}$			
	$P_E = 1500 \text{ KN}$			
	$M_{Ey} = 260 \text{ KN} * \text{m}$			
	$q_a = 487 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}$			
	$D_f = 1.2 \text{ m}$			
$m_v = 0.1 \frac{\text{mm}^2}{\text{N}}$				

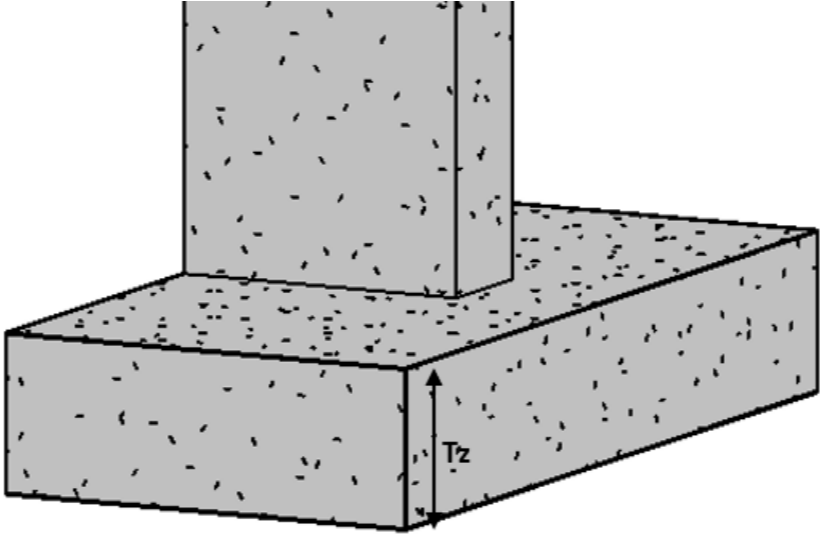
	$k = 0.0902 \frac{N}{mm^3}$	
	$\gamma_{terreno} = 20.6 \text{ KN/m}^3$	
<b>Robot Structural.</b>	$F'_c = 21 \text{ MPa}$	
	$F_y = 420 \text{ MPa}$	
	$C_1 = 300 \text{ mm}$	
	$C_2 = 400 \text{ mm}$	
	$B_1 = 400 \text{ mm}$	
	$B_2 = 500 \text{ mm}$	
	$T_z = 400 \text{ mm}$	
	$C_v = 28 \text{ KN}$	
	$C_m = 9.80 \text{ KN}$	
	$q_a = 100 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}$	
	$D_f = 1.6 \text{ m}$	
	$B = 1500 \text{ mm}$	
	$L = 3000 \text{ mm}$	
	$\gamma_{terreno} = 20.6 \text{ KN/m}^3$	
<p><b>Nota:</b> En la bibliografía se ingresa el valor de las cargas muertas y vivas para posteriormente mayorarlas con las combinaciones respectivas, por otra parte, en la bibliografía el ancho y largo de la zapata esta dado como dato de entrada, mientras que en el programa desarrollado se lo calcula.</p>		
<p><b>Nota:</b> Se ha tenido que modificar las dimensiones de la columna debido a temas constructivos, ya que la columna no cumple con los capítulos 18.7.5.2 (f) 25.2.1, los cuales hacen referencia al espaciamiento entre refuerzos longitudinales sostenidos por el ramal del refuerzo transversal.</p>		
<p><b>Nota:</b> En los datos de entrada del programa realizado se ha colocado los valores de C1 y C2 de tal forma que el programa analiza la columna con la misma sección que la bibliografía, esto debido a que la columna sufre un aumento de recubrimiento al entrar en contacto con el suelo.</p>		

1. Pre dimensionamiento.			
Parámetro.	Bibliografía.	Programa desarrollado.	Robot Structural.
Geométrico.	$B = 1.1m$	$B = 1.2 m$	$B = 1.2 m$
	$L = 2.35 m$	$L = 2.4m$	$L = 2.4m$
	$T_z = 0.6 m$	$T_z = 0.6 m$	$T_z = 0.6 m$
Geotecnia.	$T_u = 50.8 KN$	$T_u = 171.7 KN$	NA
	$q_{s\_min} = 360.4 \frac{KN}{m^2}$	$q_{s\_min} = 329 \frac{KN}{m^2}$	$q_{s\_min} = 330 \frac{KN}{m^2}$
	$q_{s\_max} = 360.4 \frac{KN}{m^2}$	$q_{s\_max} = 332 \frac{KN}{m^2}$	$q_{s\_max} = 330 \frac{KN}{m^2}$
<b>NOTA:</b> Se presenta una variación en el tema geométrico, esto debido a que en el programa desarrollado se redondea los valores en múltiplos de 5 cm.			
<b>NOTA:</b> La variación en la tensión de viga se da debido a que en la bibliografía simplifica su cálculo y no considera el giro y asentamiento de la zapata.			

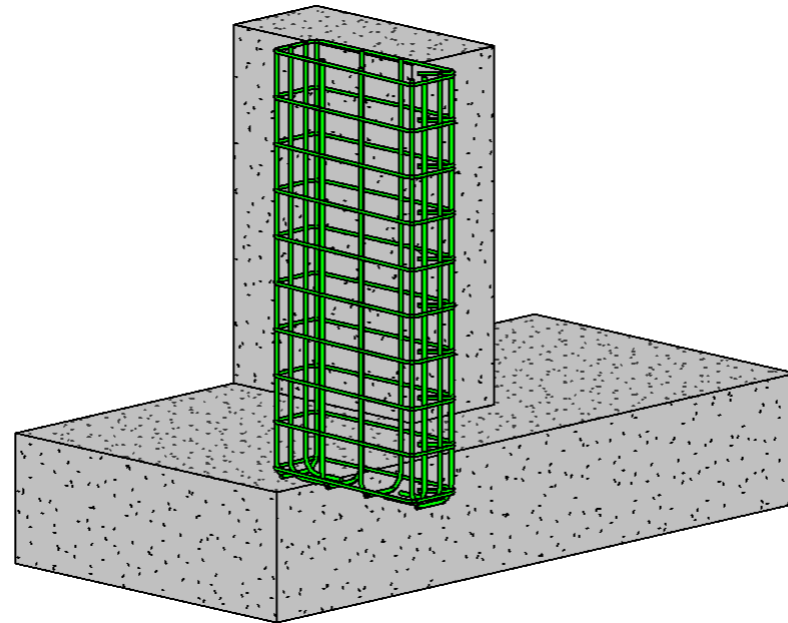
2. Diseño del acero longitudinal de la zapata.			
Parámetro.	Bibliografía.	Programa desarrollado.	Robot Structural.
Momentos de diseño.	$M_{u\_L} = 311.3 KN * m$	$M_{u\_L} = 281.2 KN * m$	$M_{u\_L} = 281.23 KN * m$
	$M_{u\_B} = 77.6 KN * m$	$M_{u\_B} = 119.3 KN * m$	$M_{u\_B} = 97.35 KN * m$
Armado estructural.	$A_{s\_L} = 17.1cm^2$	$A_{s\_L} = 14.87 cm^2$	$A_{s\_L} = 14.86 cm^2$
	$6\phi 20mm$	$5\phi 20mm$	NA
	$A_{s\_B} = 21.5cm^2$	$A_{s\_B} = 25.92 cm^2$	$A_{s\_B} = 25.6 cm^2$
	$8\phi 20mm$	$Franja = 6\phi 20mm$	NA
		$Fuera franja = 4\phi 20mm$	NA
			
<b>Nota:</b> En la bibliografía no detalla cuanto acero va dentro de franja y fuera de ella.			
<b>Nota:</b> La variación en los momentos se debe a que en la bibliografía considera una distribución uniforme de presión y también debido a que se modificó la sección de la columna lo que disminuye el tamaño de las bandas de diseño.			
<b>Nota:</b> La variación que se presenta en el momento en el sentido transversal $M_{u\_B}$ se debe a que en la bibliografía considera la distribución de presiones de forma uniforme, mientras que en el programa desarrollado ajusta las presiones actuantes para que se considera el momento que actúa sobre las bandas de diseño.			

3. Cortante en la zapata.			
Parámetro.	Bibliografía.	Programa desarrollado.	Robot Structural.
Cortante por punzonamiento (2D)	$V_{up} = 954.7 \text{ KN}$	$V_{up} = 940.2 \text{ KN}$	NA
Cortante directo (1D)	$V_{udL} = -201.03 \text{ KN}$	$V_{udL} = -76.5 \text{ KN}$	NA
	$V_{udB} = 305.9 \text{ KN}$	$V_{udB} = 272.2 \text{ KN}$	$V_{udB} = 271.89 \text{ KN}$

**Nota:** Se presenta una variación en el cortante directo en el sentido de L, debido a que en la bibliografía consideran el valor de B como 1.1 m y en el programa desarrollado lo toma como 1.2 m.



4. Revisión del cortante en la columna.			
Parámetro.	Bibliografía.	Programa desarrollado.	Robot Structural.
Columna.	NA	$C_1 = 35 \text{ cm}$	NA
	NA	$C_2 = 65 \text{ cm}$	NA
	NA	$12\phi 14 \text{ mm}$	NA
	NA	$\phi 12 @ 8.4 \text{ cm}$	NA



**Nota:** Debido a que en la bibliografía no se analiza la columna no hay con que compararlo, sin embargo, se presenta a continuación el planteamiento del programa desarrollado.

**Nota:** La columna seleccionada cumple con el cortante actuante, pero no cumple con la separación entre refuerzos longitudinales amarrados por el ramal del refuerzo transversal, por lo que se ha decidido incrementar la sección C1.

#### 4. Viga de amarre.

Parámetro.	Bibliografía.	Programa desarrollado.	Robot Structural.
Geométrico.	NA	$B_w = 0.35 \text{ m}$	NA
Armado estructural.	NA	$A_{s\_long} = 12.31 \text{ cm}^2$	NA
	NA	$8\phi 14\text{mm}$	NA
	NA	$A_{s\_trans} = 1.57 \text{ cm}^2$	NA
	NA	$\phi 10\text{mm}@17.5\text{cm}$	NA

**Nota:** Debido a que en la bibliografía no se analiza la viga de amarre no hay con que compararlo, sin embargo, se presenta a continuación el planteamiento del programa desarrollado.

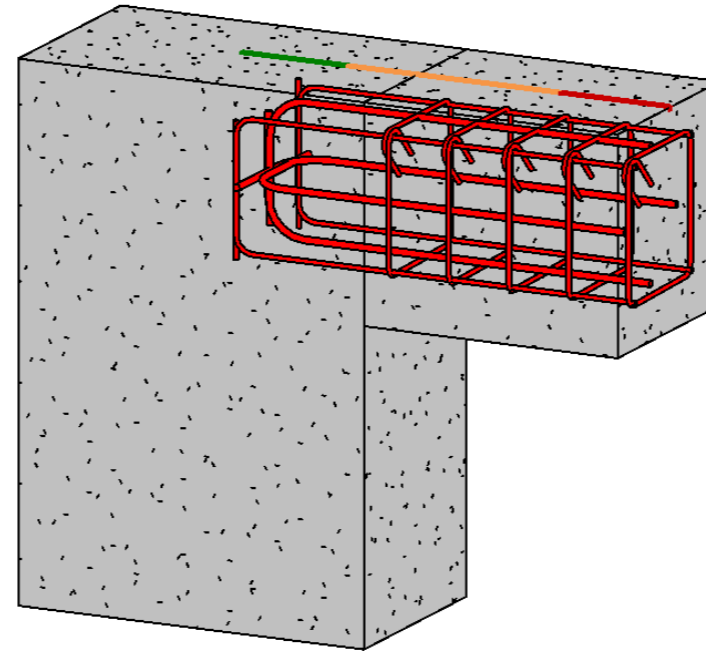


Tabla 5: Variación de los resultados obtenidos de la validación 1.

<b>Pre dimensionamiento.</b>				
<b>Bibliografía. (BL)</b>	<b>Variación. BL vs PD</b>	<b>Programa desarrollado. (PD)</b>	<b>Variación. PD vs RS</b>	<b>Robot Structural. (RS)</b>
$B = 1.1m$	8%	$B = 1.2 m$	0%	$B = 1.2 m$
$L = 2.35 m$	2%	$L = 2.4m$	0%	$L = 2.4m$
$T_z = 0.6 m$	0%	$T_z = 0.6 m$	0%	$T_z = 0.6 m$
$T_u = 50.8 KN$	70%	$T_u = 171.7 KN$	NA	NA
$q_{u\_min} = 538.7 \frac{KN}{m^2}$	39%	$q_{s\_min} = 329 \frac{KN}{m^2}$	1%	$q_{s\_min} = 330 \frac{KN}{m^2}$
$q_{u\_max} = 538.7 \frac{KN}{m^2}$	38%	$q_{s\_max} = 332 \frac{KN}{m^2}$	1%	$q_{s\_max} = 330 \frac{KN}{m^2}$
<b>Diseño del acero longitudinal de la zapata.</b>				
$M_{u\_L} = 311.3 KN * m$	9%	$M_{u\_L} = 281.2 KN * m$	0%	$M_{u\_L} = 281.23 KN * m$
$M_{u\_B} = 77.6 KN * m$	35%	$M_{u\_B} = 119.3 KN * m$	18%	$M_{u\_B} = 97.35 KN * m$
$A_{s\_L} = 17.1cm^2$	13%	$A_{s\_L} = 14.87 cm^2$	0%	$A_{s\_L} = 14.86 cm^2$
$A_{s\_B} = 21.5cm^2$	17%	$A_{s\_B} = 25.92 cm^2$	0%	$A_{s\_B} = 25.6 cm^2$
<b>Cortante en la zapata.</b>				
$V_{up} = 954.7 KN$	2%	$V_{up} = 940.2 KN$	NA	NA
$V_{udL} = -201.03 KN$	62%	$V_{udL} = -76.5 KN$	NA	NA
$V_{udB} = 305.9 KN$	11%	$V_{udB} = 272.2 KN$	1%	$V_{udB} = 271.89 KN$

<b>Revisión del cortante en la columna.</b>				
NA	NA	NA	NA	NA
<b>Viga de amarre.</b>				
NA	NA	$B_w = 0.4 \text{ m}$	NA	NA
NA	NA	$A_{s\_long} = 16.1 \text{ cm}^2$	NA	NA
NA	NA	$A_{s\_trans} = 2.3 \text{ cm}^2$	NA	NA
NA	NA	$B_w = 0.4 \text{ m}$	NA	NA

*Finalmente validado la programación, se presenta el producto final de la programación desarrollada.*

Datos de entrada. Verificaciones de diseño. Resultados. Planos de diseño. Guía para el usuario.

DISEÑO DE ZAPATA MEDIANERA.

AUTOR: EDDY ALEXANDER SAMANIEGO SAMANIEGO.  
CO AUTOR: ING. EDUARDO DONEY PALMA ZAMBRANO.

ESTE PROGRAMA SE DISTRIBUYE DE FORMA GRATUITA Y NO SE OFRECE NINGÚN TIPO DE GARANTÍA EXPRESA O IMPLÍCITA.

**1. Propiedades de los materiales.**

1.1 Resistencia a la compresión del hormigón ( $f_c$ ).  ▼

1.2 Resistencia a la fluencia del refuerzo ( $f_y$ ).  ▼

**2. Datos obtenidos del análisis estructural.**

2.1 Carga axial máxima en estado de servicio.   ▼

2.2 Momento máximo en estado de servicio en el sentido de "Y".   ▼

2.3 Carga axial máxima en estado último.   ▼

2.4 Momento máximo en estado último en el sentido de "Y".   ▼

2.5 Carga axial máxima en estado de sismo.   ▼

2.6 Momento máximo en estado de sismo en el sentido de "Y".   ▼

**3. Datos obtenidos del estudio geotécnico.**

3.1 Esfuerzo admisible del suelo.   ▼

3.2 Profundidad recomendada de cimentación "DF".   ▼

3.3 Módulo de compresibilidad volumétrica.   ▼

3.4 Coeficiente de balasto.   ▼

*Ilustración 83: Primera parte del ingreso de los datos de entrada.*

**4. Geometría y armado de la zapata.**

**Columna:**

4.1 Ancho de la columna "C1".

4.2 Ancho de la columna "C2".

4.3 Diámetro del refuerzo longitudinal.

4.4 Número de refuerzos longitudinales.

4.5 Diámetro del refuerzo transversal.

4.6 Separación entre el refuerzo transversal.

**Pedestal:**

4.7 Ancho del pedestal "B1".

4.8 Ancho del pedestal "B2".

4.9 Diámetro del refuerzo longitudinal.

4.10 Número de refuerzos longitudinales.

4.11 Diámetro del refuerzo transversal.

**Zapata:**

4.12 Altura de la zapata "Tz".

4.13 Diámetro del refuerzo en el sentido transversal.

4.14 Diámetro del refuerzo en el sentido longitudinal.

4.15 Relación lado largo - lado corto.

**Viga de amarre:**

4.16 Alto y ancho de la viga de amarre "Bw".

4.17 Luz libre a la columna mas lejana.

4.18 Coeficiente de aceleración pico efectiva para la zona de

4.19 Diámetro del refuerzo longitudinal.

4.20 Número de refuerzos longitudinales.

4.21 Diámetro del refuerzo transversal.

*Ilustración 84: Segunda parte del ingreso de los datos de entrada.*

Datos de entrada.	Verificaciones de diseño.	Resultados.	Planos de diseño.	Guía para el usuario.
<b>0. Datos de entrada.</b>				
0.1 Ancho de la columna "C1".	23 cm	NO CUMPLE		
		El valor ingresado no es múltiplo de 5 cm.		
0.2 Ancho de la columna "C2".	33 cm	NO CUMPLE		
		El valor ingresado no es múltiplo de 5 cm.		
0.3 Ancho del pedestal "B1".	40 cm	CUMPLE		
0.4 Ancho del pedestal "B2".	50 cm	CUMPLE		
0.5 Altura de la zapata "Tz".	40 cm	CUMPLE		
0.6 Alto y ancho de la viga de amarre "Bw".	40 cm	CUMPLE		
<b>1. Pre dimensionamiento.</b>				
1.1 Altura colocada.	tz.col: 40 cm	tz.col: 40 cm	CUMPLE	
1.2 Ancho de la zapata.	B: 1,45 m $\geq$ 1,4 m		CUMPLE	
1.3 Excentricidad de la zapata.	e: 0,11 m $\leq$ 0,25 m		CUMPLE	
1.4 Esfuerzo máximo.	qs,max $\leq$ qa		CUMPLE	
	85,32 KN/m <sup>2</sup> $\leq$ 100 KN/m <sup>2</sup>			
1.5 Esfuerzo mínimo.	qs,min > 0		CUMPLE	
	78,31 KN/m <sup>2</sup> > 0 KN/m <sup>2</sup>			
<b>2. Diseño del acero longitudinal de la zapata.</b>				
2.1 Refuerzo en el sentido longitudinal.	Parámetros.	ACI 318-19.	Verificación.	
2.1.1 Fluencia del acero.	0,005 $\leq$ $\xi_s.B \leq$ 0,09	21.2.2	FLUYE	
	0,005 $\leq$ 0,04 $\leq$ 0,09			
2.1.2 Espaciamiento del refuerzo longitudinal.	s,min $\leq$ s.col $\leq$ s,max	25.2.1	CUMPLE	
	5 cm $\leq$ 10,84 cm $\leq$ 19,25 cm	24.4.3.3		
		24.3.2		
2.1.3 Altura en función de la longitud de desarrollo con gancho del refuerzo longitudinal.	t.ext.B $\leq$ tz	.....	CUMPLE	
	24,3 cm $\leq$ 40 cm			
2.2 Refuerzo en el sentido transversal.	Parámetros.	ACI 318-19.	Verificación.	
2.2.1 Fluencia del acero.	0,005 $\leq$ $\xi_s.L \leq$ 0,09	21.2.2	FLUYE	
	0,005 $\leq$ 0,072 $\leq$ 0,09			
2.2.2 Espaciamiento del refuerzo longitudinal dentro de la franja.	s,min $\leq$ s.col $\leq$ s,max	25.2.1	CUMPLE	
	5 cm $\leq$ 16,12 cm $\leq$ 19,25 cm	24.4.3.3		
		24.3.2		
2.2.3 Espaciamiento del refuerzo longitudinal fuera de la franja.	s,min $\leq$ s.col $\leq$ s,max	25.2.1	CUMPLE	
	5 cm $\leq$ 19,25 cm $\leq$ 19,25 cm	24.4.3.3		
		24.3.2		
2.2.4 Altura en función de la longitud de desarrollo con gancho del refuerzo longitudinal.	t.ext.L $\leq$ tz	.....	CUMPLE	
	24,3 cm $\leq$ 40 cm			

*Ilustración 85: Primera parte de las verificaciones de diseño.*

3. Cortante en la zapata.			
3. Cortante en la zapata.	Parámetros.	ACI 318-19	Verificación.
3.1 Cortante por punzonamiento (2D).			
3.1.1 Esfuerzo cortante en (2D).	$V_{up} \leq \phi_v V_c$ 0,71 MPa $\leq$ 1,14 MPa	22.6.5.2	CUMPLE
3.2 Cortante directo (1D).			
3.2.1 Sentido longitudinal (L).	Parámetros.	ACI 318-19	Verificación.
3.2.1.1 Sección transversal.	222,56 KN $\leq$ 2403,8 KN	22.5.1.2.	CUMPLE
3.2.1.2 Resistencia al cortante.	$V_{ud,L} \leq \phi_v V_c$ 0,25 MPa $\leq$ 0,34 MPa	22.5.5.1	CUMPLE
3.2.2 Sentido transversal (B).	Parámetros.	ACI 318-19	Verificación.
3.2.2.1 Sección transversal.	165,66 KN $\leq$ 1262,03 KN	22.5.1.2.	CUMPLE
3.2.2.2 Resistencia al cortante.	$V_{ud,B} \leq \phi_v V_c$ 0,36 MPa $\leq$ 0,47 MPa	22.5.5.1	CUMPLE

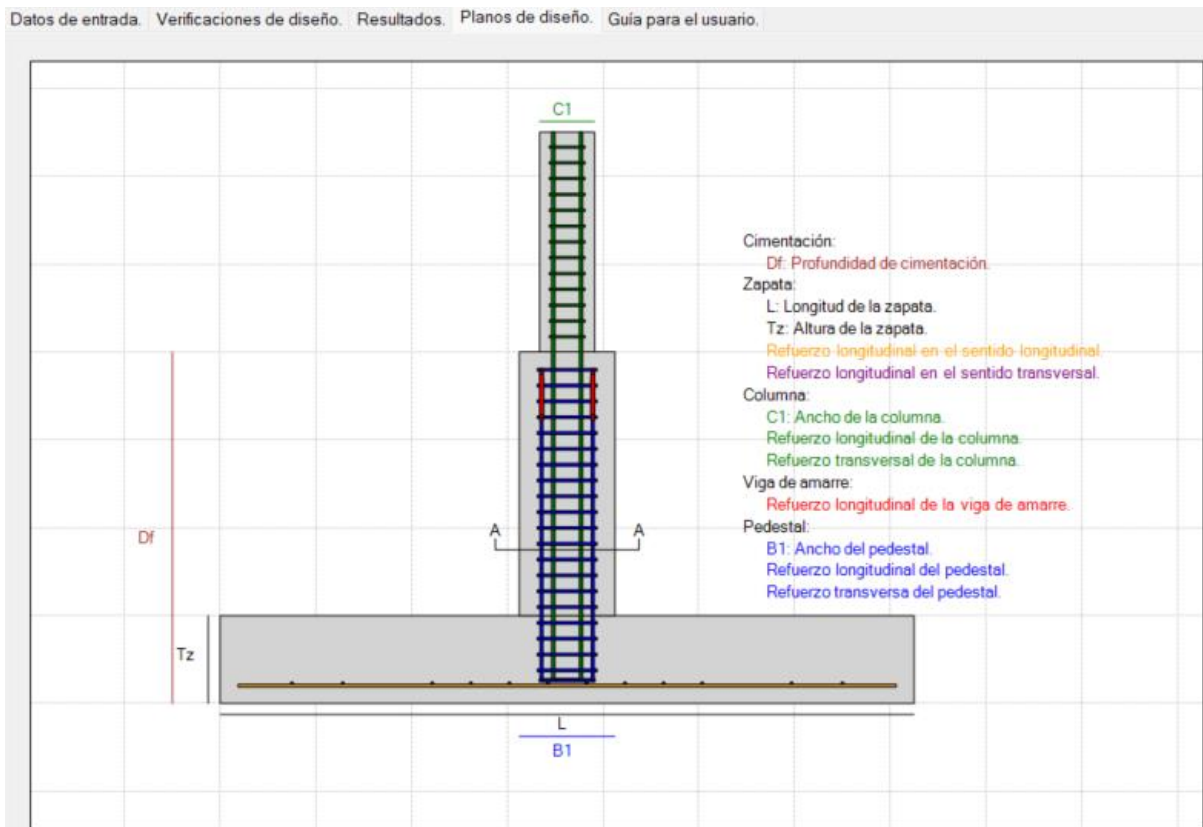
4.1. Revisión del cortante en el columna.			
4.1 Columna.	Parámetros.	ACI 318-19	Verificación
4.1.1 Sección mínima.	30 cm $\geq$ 30 cm	18.7.2.1 (a)	CUMPLE
4.1.2 Relación dimensional de la sección transversal.	0,75 $\geq$ 0,4	18.7.2.1 (b)	CUMPLE
4.1.3. Área de acero longitudinal máxima.	$A_{s,col} \leq A_{s,max}$ 615,76 mm <sup>2</sup> $\leq$ 3600 mm <sup>2</sup>	18.7.4.1	CUMPLE
4.1.4. Área de acero longitudinal mínima.	$A_{s,col} \geq A_{s,min}$ 615,76 mm <sup>2</sup> $\geq$ 600 mm <sup>2</sup>	16.3.4.1 10.6.1.1	CUMPLE
4.1.5. Espaciamiento máximo entre el refuerzo longitudinal.	$H_{x,col,m} \leq H_{x,max}$ 21,6 cm $\leq$ 35 cm	18.7.5.2 (e) 18.7.5.2 (f)	CUMPLE
4.1.6. Espaciamiento mínimo entre el refuerzo longitudinal.	$s_{,col} \geq s_{,min}$ 4,6 cm $\geq$ 5 cm	25.2.1	NO CUMPLE Disminuir el número de refuerzos o aumentar C1.
4.1.7. Espaciamiento entre el refuerzo transversal.	$s_{,min} \leq s_{,col} \leq s_{,max}$ 5 cm $\leq$ 7,2 cm $\leq$ 7,5 cm	18.7.5.3	CUMPLE
4.1.8. Área del acero transversal.	$A_{s,col} \geq A_{s,h}$ 157,08 mm <sup>2</sup> $\geq$ 356,4 mm <sup>2</sup>	18.7.5.4	NO CUMPLE Colocar pedestal.

*Ilustración 86: Segunda parte de las verificaciones de diseño.*

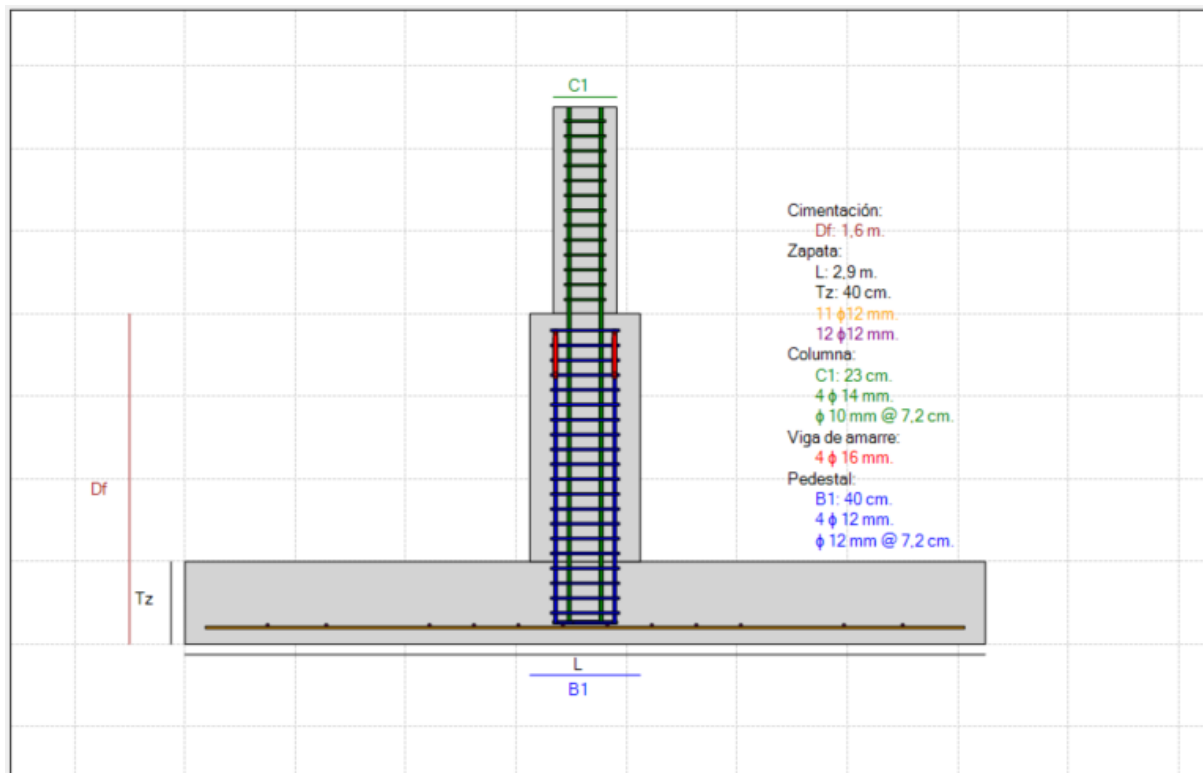
4.2. Revisión del cortante en el pedestal.			
4.2. Pedestal.	Parámetros .	ACI 318-19	Verificación
4.2.1. Relación geométrica entre la columna y pedestal.	$rel.col \in rel.ped$	.....	CUMPLE
	$-10 \text{ cm} \in -10 \text{ cm}$		
4.2.2. Área de acero longitudinal máxima .	$As.col \leq As.max$	18.7.4.1	CUMPLE
	$1068,15 \text{ mm}^2 \leq 6000 \text{ mm}^2$		
4.2.3. Área de acero longitudinal mínima.	$As.col \geq As.min$	16.3.4.1	CUMPLE
	$1068,15 \text{ mm}^2 \geq 1000 \text{ mm}^2$	10.6.1.1	
4.2.4. Espaciamiento máximo entre el refuerzo longitudinal.	$Hx.ped \leq Hx.max$	18.7.5.2 (e)	CUMPLE
	$31,4 \text{ cm} \leq 35 \text{ cm}$	18.7.5.2 (f)	
4.2.5. Espaciamiento mínimo entre el refuerzo longitudinal.	$s.col \geq s.min$	25.2.1	CUMPLE
	$31,4 \text{ cm} \geq 5 \text{ cm}$		
4.2.6. Espaciamiento entre el refuerzo transversal.	$s.min \leq s.col \leq s.max$	18.7.5.3	CUMPLE
	$5 \text{ cm} \leq 7,2 \text{ cm} \leq 7,2 \text{ cm}$		
4.2.7. Sección transversal.	$92,68 \text{ KN} \leq 369,3 \text{ KN}$	22.5.1.2	CUMPLE
4.2.8. Resistencia de la sección a corte.	$\phi v \cdot Vs.ped \geq Vu$	22.5.8.1	CUMPLE
	$402,77 \text{ KN} \geq 92,68 \text{ KN}$		
4.2.9. Altura de la zapata en función de la longitud de desarrollo con gancho del pedestal.	$l.dh.ped \leq tz$	.....	CUMPLE
	$24,3 \text{ cm} \leq 40 \text{ cm}$		
...			

5. Diseño de la viga de amarre.				
5.1 Dimensionamiento de la sección .	Parámetros.		ACI 318-19.	Verificación.
5.1.1 Ancho y alto colocado.	$Bw.min \leq Bw.col \leq Bw.max$		.....	CUMPLE
	$30 \text{ cm} \leq 40 \text{ cm} \leq 45 \text{ cm}$			
5.1.2 Luz libre.	$3 \text{ m} \geq 1,23 \text{ m}$		18.6.2.1 (a)	CUMPLE
5.1.3 Ancho de diseño.	$B1 \geq Bw$		.....	CUMPLE
	$40 \text{ cm} \geq 40 \text{ cm}$			
5.2 Refuerzo longitudinal.	Parámetros.		ACI 318-19.	Verificación.
5.2.1 Área del acero longitudinal.	$As.col \geq As.min$	$804,25 \text{ mm}^2 \geq 1600 \text{ mm}^2$	16.3.4.1	NO CUMPLE Aumentar el acero longitudinal.
	$As.col \leq As.max$	$804,25 \text{ mm}^2 \leq 4800 \text{ mm}^2$	10.6.1.1	
			18.7.4.1	
5.2.2 Espaciamiento mínimo entre el refuerzo longitudinal.	$s.long \geq s.min$		25.2.1	CUMPLE
	$19,8 \text{ cm} \geq 5 \text{ cm}$			
5.2.3 Viga aérea.	$0,15 \leq 1$		.....	CUMPLE
5.2.4 Altura en función de l.ext.	$Bw \geq l.ext$		.....	CUMPLE
	$40 \text{ cm} \geq 19,2 \text{ cm}$			

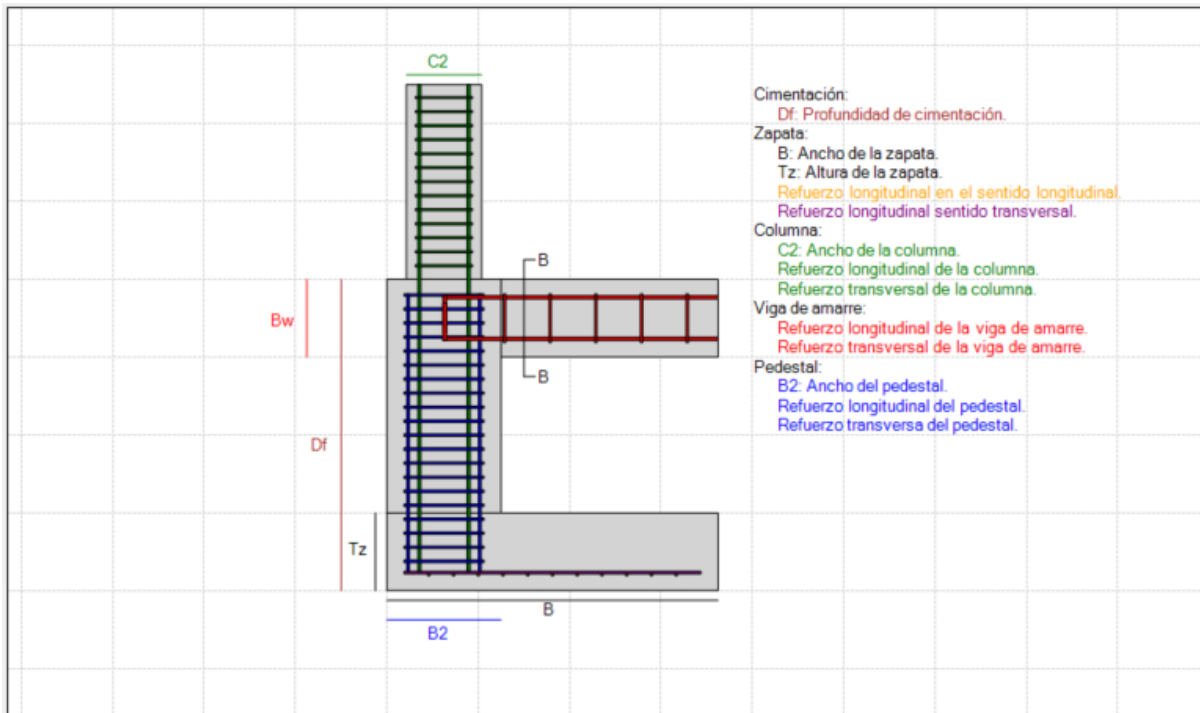
*Ilustración 87: Tercera parte de las verificaciones de diseño.*



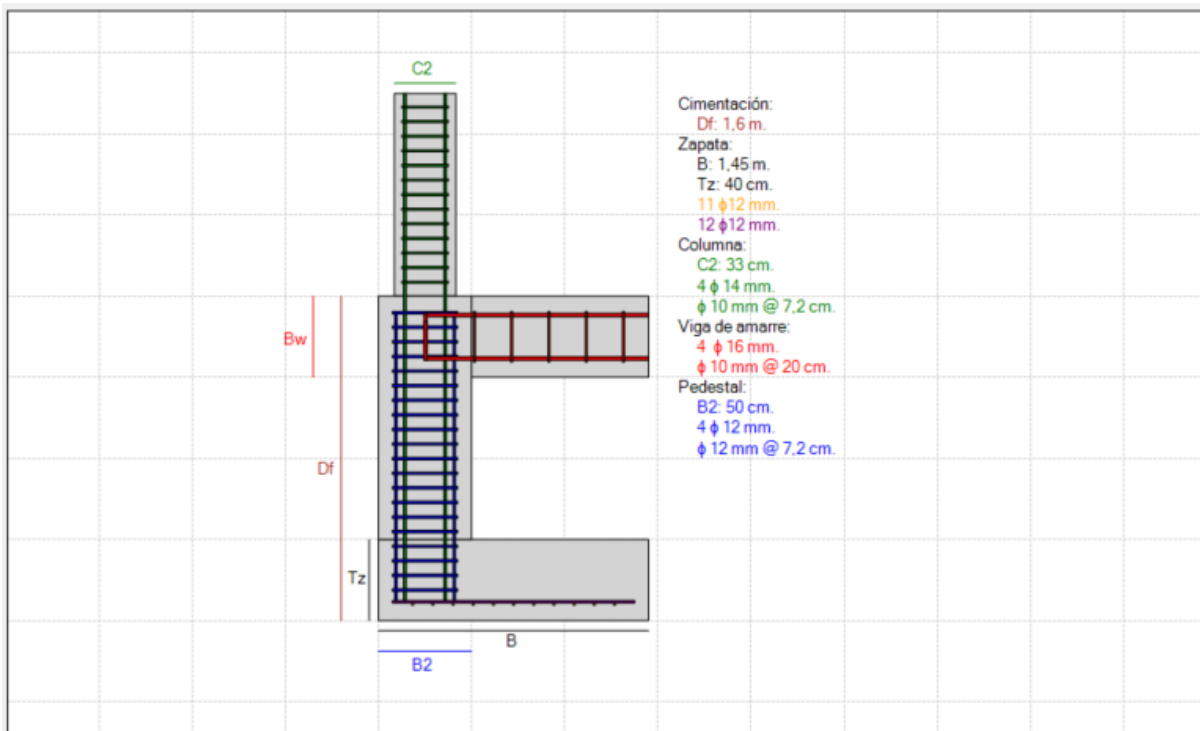
*Ilustración 88: Primera parte de los planos de diseño.*



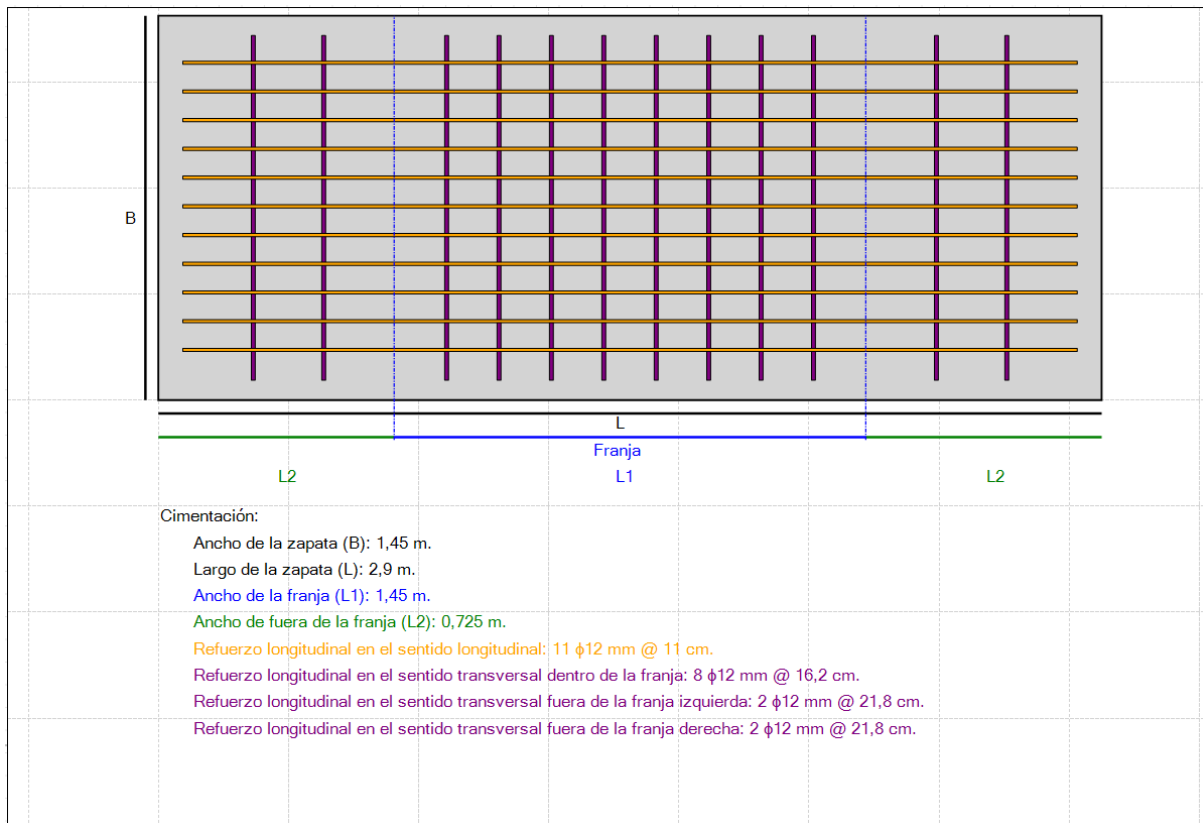
*Ilustración 89: Segunda parte de los planos de diseño.*



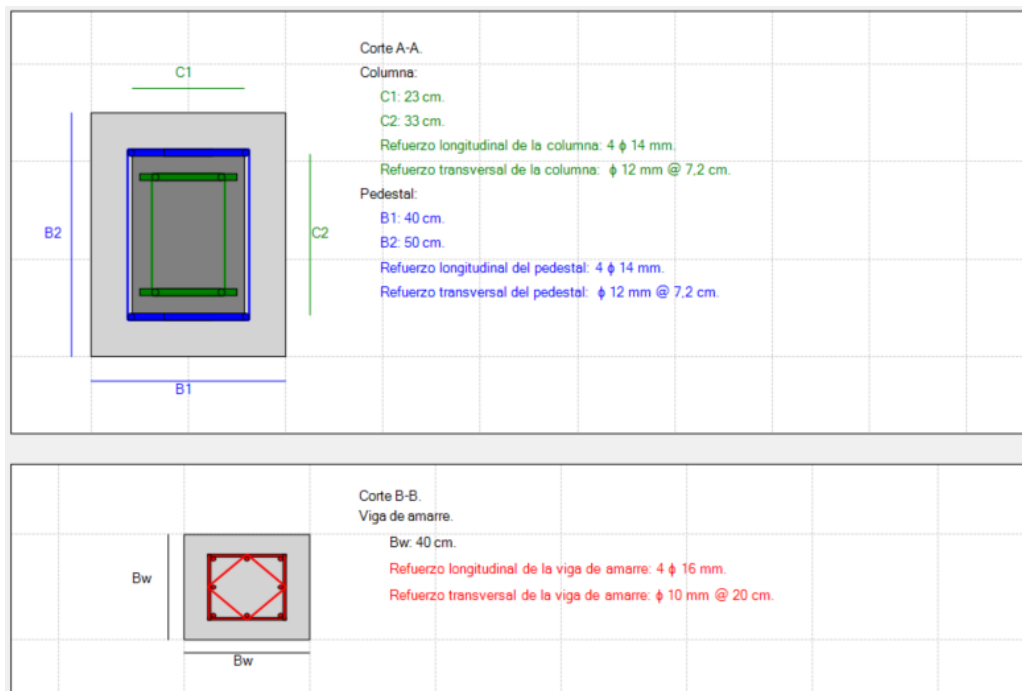
*Ilustración 90: Tercera parte de los planos de diseño.*



*Ilustración 91: Cuarta parte de los planos de diseño.*



*Ilustración 92: Quinta parte de los planos de diseño.*



*Ilustración 93: Sexta parte de los planos de diseño.*

## Capítulo 5

### Conclusiones y recomendaciones.

#### Conclusiones.

- Se ha generado un software que optimiza el proceso de dimensionamiento de zapatas medianeras con un control adecuado de las variables que rigen el diseño, siendo una herramienta confiable y segura para este proceso.
- El desarrollo del software fue posible tras establecer la secuencia lógica detallada en el diagrama de flujo, además, de contar con los lineamientos técnicos normativos detallados en los componentes bibliográficos.
- Tras haber realizado la comparación con los ejemplos planteados en el material bibliográfico y su respectiva modelación en el software Robot Structural, se establece que los diseños presentados por el software desarrollado cuentan con una similitud acertada, cumpliendo los criterios de la normativa y los parámetros de diseño.
- La colocación de una guía de uso en la parte final del programa, es de suma importancia debido a que esta debe de detallar todas las consideraciones tomadas en cuenta en el diseño y explicar de forma clara a que hace referencia cada una de las variables de entrada, tablas de verificaciones, tablas de resultados y los planos de diseño.
- Una característica a destacar del software desarrollado, son las verificaciones de carácter constructivo de la cimentación, estas consideraciones comúnmente no son consideradas en el proceso de diseño, con lo cual al momento de la construcción se presentan dificultades

constructivas, retrasos en el avance de obra y gastos por pérdida de material.

- El criterio de diseño de la distribución lineal variable de presiones que ejerce el terreno sobre la zapata adoptado por el software, es el más acertado, ya que caracteriza de la mejor manera como se presentan las presiones en cimentaciones excéntricas. A diferencia de las simplificaciones adoptadas por varios autores y softwares comerciales.
- Para el dimensionamiento del largo y ancho de la cimentación varios autores plantean este cálculo, despreciando la capacidad admisible del terreno, por lo que en software desarrollado se recurre al planteamiento realizado por Meyerhoft (1953), donde se considera la capacidad admisible del terreno y áreas efectivas características de cimentaciones excéntricas.

### **Recomendaciones**

- Se recomienda utilizar fuentes bibliográficas en las que se consideren normas de construcción similares a las usadas en el país y donde se analice el caso de estudio que es una zapata medianera con viga aérea. Por otra parte, la bibliografía debe contar con el mayor número de datos requeridos para el diseño.
- Se recomienda analizar de manera detallada el material bibliográfico utilizado, ya que, en dicho material comúnmente se suelen realizar simplificaciones de diseño, errores de cálculo y de tipeo al momento de presentar los resultados obtenidos.
- Se recomienda que antes de utilizar el programa desarrollado se revise la guía de uso, ya que de dicha forma se adquirirá un conocimiento de cómo

está desarrollado el programa y que es lo que significa cada una de las variables ingresadas.

## Capítulo 6

### Bibliografías.

- ACI 318-19. (2019). Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary. In *318-19 Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary*. American Concrete Institute.
- ACI SP-17(14). (2015). *The reinforced concrete design handbook a companion to ACI 318-14*.
- AUTODESK. (2024). *Software de análisis estructural BIM para ingenieros*.
- Braja M, D. (2012). *Fundamentos de ingeniería de cimentaciones*.
- Calavera, R. J. (2000). *Cálculo de Estructuras de Cimentación*.
- Chumacero, A. Miranda., & Fabriciano, Jhuniór. (2022). *Elaboración del programa DZAIS 1.0 para el diseño de zapatas aisladas rectangulares sometidas a flexión uniaxial y biaxial*.
- Comité ACI 318. (2005). *Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural y Comentario (ACI 318SR-05)*.
- Córdero Alvéstegui, Carlos. (2015). *Diseño de estructuras de hormigón armado*.
- CSI Spain. (2024). *Análisis y diseño de sistemas de piso*.
- Curtin, W. G. (2006). *Structural foundation designers' manual*. Blackwell Pub.
- CYPE. (2023). *Software para Ingeniería, Arquitectura y Construcción*.
- de Carvalho, N. G., & Silva, M. F. H. (2023). *Desarrollo de rutinas de cálculo en el software Smath software Studio: diseño de zapatas rígidas y análisis con los resultados procesados por el software AltoQi Eberick*.
- Fernández, A., & Chamorro, C. (2023). Propuesta de la actualización de la Norma Ecuatoriana de la Construcción: Geotecnia y Cimentaciones. *Revista Internacional de Ingeniería de Estructuras*, 28, 1–16. <https://doi.org/10.24133/riie.v28i1.2964>
- FINE. (2023). *GEO5 Software Zapata*.
- Galletero, M. Pablo. (2016). *Optimización de cimentaciones directas de medianería y esquina mediante modelos de elementos finitos*.
- García, A. H. (2014). *Elasto plasticidad de un suelo franco arenoso de sabana*. 26, 153–167.
- Garza, V. L. (2000). *Diseño y construcción de cimentaciones*.
- Garza, V. L. (2004). *Diseño y construcción de cimentaciones*.
- Guerra, A. M. (2013). *Cimentaciones sismo resistentes utilizando SAFE*.
- Guía de diseño 2. (2016). *Guía práctica para el diseño de estructuras de hormigón armado de conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC 2015*.
- Liengme, B. V. (2015). An overview of SMath Suite. In *SMath for Physics* (pp. 1-1-1–31). Morgan & Claypool Publishers. <https://doi.org/10.1088/978-1-6270-5925-1ch1>
- Mc Cormac, Jack., & Brown, Russell. (2017). *Diseño de Concreto reforzado*.
- Meyerhof, G. G. (1953). The bearing capacity of concrete and rock. *Magazine of Concrete Research*, 4(12), 107–116. <https://doi.org/10.1680/MACR.1953.4.12.107>
- NEC-SE-DS. (2015). *Peligro sísmico diseño sismo resistente*.
- NEC-SE-HM. (2015). *Estructuras de hormigón armado*.
- Oviedo, S. R. (2016). *Diseño sismorresistente de edificaciones de concreto armado*. (Vol. 1). Servicios graficos DAKYNA.
- Romero, F. (2022). *Aplicación de software especializado para diseño de zapatas en edificaciones*.

Romero, H. R. (2004). *La influencia de la forma en las zapatas de medianera y de esquina.*

## Capítulo 7

### Anexos.

#### *Anexo 1: Deducción de la fórmula utilizada para el cálculo del área de acero requerido.*

Equilibrio traslacional $T \equiv C$	Equilibrio Rotacional Momento externo $\equiv$ Momento interno
$T = C$	$M_u = \phi M_n$
$A_s \cdot F_y = 0.85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b$	$M_n = C \left( d - \frac{a}{2} \right) \quad T \left( d - \frac{a}{2} \right)$
$a = \frac{A_s \cdot F_y}{0.85 \cdot f'_c \cdot b}$ <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">1</span>	$M_n = A_s \cdot F_y \left( d - \frac{a}{2} \right)$ <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">2</span>
<b>Ecuación general para vigas consideradas simplemente reforzadas</b>	
<b>Reemplazando 1 en 2</b>	$M_n = A_s \cdot F_y \left( d - \frac{A_s \cdot F_y}{2 \cdot 0.85 \cdot f'_c \cdot b} \right)$ <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">3</span>
<b>Agrupación de términos</b>	$k = 0.85 \cdot f'_c \cdot b$ <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">4</span>
<b>Reemplazando 4 en 3</b>	$M_n = A_s \cdot F_y \left( d - \frac{A_s \cdot F_y}{2 \cdot k} \right)$
	$M_n = A_s \cdot F_y \cdot d - \frac{A_s^2 \cdot F_y^2}{2 \cdot k}$

**Ecuación de 2do Orden**  $\frac{A_s^2 \cdot F_y^2}{2 \cdot k} - A_s \cdot F_y \cdot d + M_n = 0$

**Solución simbólica**  $X_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4 \cdot a \cdot c}}{2 \cdot a}$

$$a = \frac{F_y^2}{2 \cdot k}$$

$$b = -F_y \cdot d$$

$$c = M_n$$

$$A_s = \frac{F_y \cdot d \pm \sqrt{F_y^2 \cdot d^2 - 4 \cdot \left(\frac{F_y^2}{2 \cdot k}\right) \cdot (M_n)}}{2 \cdot \left(\frac{F_y^2}{2 \cdot k}\right)}$$

$$A_s = \frac{F_y \cdot d \pm \sqrt{F_y^2 \cdot \left(d^2 - 2 \cdot \frac{M_n}{k}\right)}}{\frac{F_y^2}{k}}$$

$$A_s = \frac{F_y \cdot d \pm F_y \cdot \sqrt{d^2 - 2 \cdot \frac{M_n}{k}}}{\frac{F_y^2}{k}}$$

$$A_s = \frac{F_y \left( d \pm \sqrt{d^2 - 2 \cdot \frac{M_n}{k}} \right)}{\frac{F_y^2}{k}}$$

$$A_s = \frac{k \left( d \pm \sqrt{d^2 - 2 \cdot \frac{M_n}{k}} \right)}{F_y}$$

$$A_s = \frac{k \left( d + \sqrt{d^2 - 2 \cdot \frac{M_n}{k}} \right)}{F_y}$$

**NO OK.**  $a > d$

$$A_s = \frac{k \left( d - \sqrt{d^2 - 2 \cdot \frac{M_n}{k}} \right)}{F_y}$$

**OK.**  
**5**  $a < d$

**Reemplazando 4 en 5**

$$A_s := \frac{0.85 \cdot f'c \cdot b \cdot \left( d - \sqrt{d^2 - 2 \cdot \frac{M_u}{\phi \cdot 0.85 \cdot f'c \cdot b}} \right)}{F_y}$$

$$a := \frac{A_s \cdot F_y}{0.85 \cdot f'c \cdot b}$$

*Anexo 2: Programación en Smath Studio*

1. DATOS DE ENTRADA.

Propiedades de los materiales.

$F_{v\_lasta} := [ *420 \text{ MPa} * 420 \text{ MPa} ]$        $f'_{c,c} := [ *21 \text{ MPa} * 21 \text{ MPa} ]$

Geometría y armado.

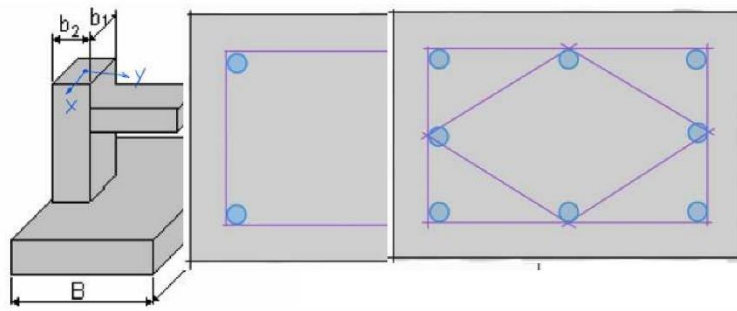
Diametros de la varilla.

$\phi_{longitudinal} :=$	"10 mm" 10 mm	$\phi_{transversal} :=$	"10 mm" 10 mm
	"12 mm" 12 mm		"12 mm" 12 mm
	"14 mm" 14 mm		"14 mm" 14 mm
	"16 mm" 16 mm		"16 mm" 16 mm
	"18 mm" 18 mm		
	"20 mm" 20 mm		
	"22 mm" 22 mm		
	"24 mm" 24 mm		
	"26 mm" 26 mm		
	"28 mm" 28 mm		
	"30 mm" 30 mm		
	"32 mm" 32 mm		
"34 mm" 34 mm			
"36 mm" 36 mm			

Columna.

$long_{corte} :=$

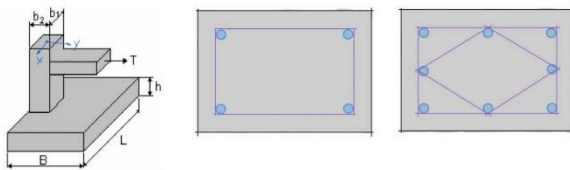
"4"	4
"8"	8
"12"	12
"16"	16
"20"	20
"24"	24



Redes de la.

$long_{red} :=$

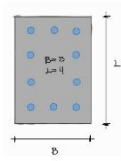
"4"	4
"8"	8
"12"	12
"16"	16
"20"	20
"24"	24



Viga de anillo.

Diametros de la varilla viga.

$\phi_{transversal\_viga} := [ "10 \text{ mm}" "10 \text{ mm}" ]$	$\phi_{long\_viga} := [ "4" "4" ]$	$\phi_{longitudinal\_viga} :=$	"10 mm" 10 mm
			"12 mm" 12 mm
			"14 mm" 14 mm
			"16 mm" 16 mm
			"18 mm" 18 mm
			"20 mm" 20 mm
		"22 mm" 22 mm	
		"24 mm" 24 mm	
		"26 mm" 26 mm	





**Universidad Católica de Cuenca**

DISEÑO DE ZAPATA MEDIANERA.

AUTOR: EDDY ALEXANDER SAMANIEGO SAMANIEGO.  
CO AUTOR: ING. EDUARDO DIONEY PALMA ZAMBRANO.

ESTE PROGRAMA SE DISTRIBUYE DE FORMA GRATUITA Y NO SE OFRECE NINGÚN TIPO DE GARANTÍA EXPRESA O IMPLÍCITA.

#### 1. Propiedades de los materiales.

1.1 Resistencia a la compresión del hormigón ( $f'c$ ).

21 MPa

1.2 Resistencia a la fluencia del refuerzo ( $f_y$ ).

420 MPa

#### 2. Datos obtenidos del análisis estructural.

$P_s := 344 \text{ kN}$  2.1 Carga axial máxima en estado de servicio.

$M_{sx} := (37.8) \text{ kNm}$  2.2 Momento máximo en estado de servicio en el sentido de "X".

$P_u := 516 \text{ kN}$  2.3 Carga axial máxima en estado último.

$M_{uy} := 56.7 \text{ kNm}$  2.4 Momento máximo en estado último en el sentido de "Y".

$P_s := 534.6 \text{ kN}$  2.5 Carga axial máxima en estado de sismo.

$M_{su} := 70 \text{ kNm}$  2.6 Momento máximo en estado de sismo en el sentido de "Y".

#### 3. Datos obtenidos del estudio geotécnico.

$\sigma_{adm\_suelo} := 100 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$  3.1 Esfuerzo admisible del suelo.

$D_r := 1.6 \text{ m}$  3.2 Profundidad recomendada de cimentación "D1".

$\alpha_v := 0.1 \frac{\text{mm}}{\text{N}}$  3.3 Módulo de compresibilidad volumétrica.

$k := 0.0088 \frac{\text{N}}{\text{mm}^3}$  3.4 Coeficiente de balasto.

$\gamma_{suelo} := 0 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$  3.5 Peso específico del terreno.

#### 4. Geometría y armado de la zapata.

##### Columna:

$c_{1\_arriba} := 23 \text{ cm}$  4.1 Ancho de la columna "C1".

$c_{2\_arriba} := 33 \text{ cm}$  4.2 Ancho de la columna "C2".

4.3 Diámetro del refuerzo longitudinal.

14 mm

4.4 Número de refuerzos longitudinales.

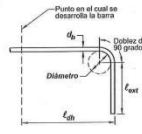
12

4.5 Diámetro del refuerzo transversal.

10 mm

$s_{trans\_col,m} := 1.2 \text{ cm}$  4.6 Separación entre el refuerzo transversal.

$$l_{des} := \text{Max} \left( \frac{F_y}{MPa} \cdot \frac{W_{pl} \cdot W_{pl} \cdot W_{pl} \cdot W_{pl}}{23 \cdot A} \cdot \frac{f_{c,c}}{MPa} ; \text{mm} ; 8 \cdot \phi_{long, colm} ; 150 \text{ mm} \right) = 13 \text{ cm}$$



$$l_{ext} := 12 \cdot \phi_{long, colm} = 16.8 \text{ cm} \quad \text{Longitud interna del gancho.} \quad \text{ACI 318 - 19 (25.3.1)}$$

$$l_{des} = 15 \text{ cm} \quad l_{ext} = 16.8 \text{ cm}$$

Longitud de desarrollo a tracción con gancho.

Tabla 25.4.3.2 — Factores de modificación para el desarrollo de las barras con gancho en tracción

Factor de modificación	Condición	Valor del factor
Concreto liviano $\lambda$	Concreto de peso liviano	0.75
	Concreto de peso normal	1.0
Epéxico $\psi_e$	Refuerzo con recubrimiento epéxico a zinc y barras con recubrimiento dual de zinc y cobalto	1.2
	Refuerzo sin recubrimiento o refuerzo recubiertos con zinc (galvanizado)	1.0
Confinamiento del refuerzo $\psi_s$	Para barras No. 14 y menores con $d_{ch} \geq 4d_b$ o $s^2 \geq 4d_b^2$	1.0
	Otro	1.6
Ubicación $\psi_u$	Para barras con gancho No. 16 y menores: (1) que se extiendan desde el inicio de la columna con recubrimiento lateral normal al plano del gancho $\geq 60$ mm, o (2) con recubrimiento lateral normal al plano del gancho $\geq 6d_b$	1.0
	Otro	1.25
Resistencia del concreto $\psi_c$	Para $f'_c \leq 42$ MPa	$\frac{f'_c}{42}$ 0.6
	Para $f'_c \geq 42$ MPa	1.0

<sup>1</sup>  $d_b$  es el diámetro expuesto centro a centro de las barras con gancho.  
<sup>2</sup>  $d_b$  es el diámetro nominal de la barra con gancho.

Según epéxico

$$\psi_e := 1$$

Según ubicación

$$\psi_u := 1.25$$

$$l_{des} := \text{Max} \left( \frac{F_y}{MPa} \cdot \frac{W_{pl} \cdot W_{pl} \cdot W_{pl} \cdot W_{pl}}{23 \cdot A} \cdot \frac{f_{c,c}}{MPa} ; \text{mm} ; 8 \cdot \phi_{long, colm} ; 150 \text{ mm} \right) = 13 \text{ cm}$$

Al aumentar s.long, reduzco la longitud de desarrollo. Existe un valor de separación desde la cual ya no puede reducirse más la longitud de desarrollo. Para afecta Ldh deberá colocar separaciones mayores a 60.

Según confinamiento

$$\psi_s := \begin{cases} 1 & \text{if } \phi_{long, colm} \leq 36 \text{ mm} \\ 1.6 & \text{if } \phi_{long, colm} \geq 6 \cdot \phi_{long, colm} \end{cases} = 1.6$$

Según resistencia del concreto

$$\psi_c := \begin{cases} \frac{f'_c}{42} & \text{if } f'_c < 42 \text{ MPa} \\ 1 & \text{if } f'_c \geq 42 \text{ MPa} \end{cases} = 0.6$$

ACI 318 - 19 / 25.4.1.4

$$f_{y,c} := \text{Min} \left( 8.3 \text{ MPa} ; \sqrt{\frac{f'_c}{\text{MPa}}} \right) = 4.583 \text{ MPa}$$

ACI 318 - 19 / 25.4.3.1

$$l_{des} := \text{Max} \left( \frac{F_y}{MPa} \cdot \frac{W_{pl} \cdot W_{pl} \cdot W_{pl} \cdot W_{pl}}{23 \cdot A} \cdot \frac{f_{c,c}}{MPa} ; \text{mm} ; 8 \cdot \phi_{long, colm} ; 150 \text{ mm} \right) = 33.4 \text{ cm}$$

ACI 318-19 / Tabla 25.3.1

$$l_{ext} := 12 \cdot \phi_{long, colm} = 16.8 \text{ cm}$$

$$l_{des} = 33.398 \text{ cm} \quad l_{ext} = 16.8 \text{ cm}$$

$$l_{des} := \text{Max} (l_{des1} ; l_{des2}) = 33.4 \text{ cm} \quad l_{ext} := \text{Max} (l_{ext1} ; l_{ext2}) = 16.8 \text{ cm}$$

$l_{des} = 33.3983 \text{ cm}$  Longitud de desarrollo del refuerzo a compresión.

$$e_{des} := l_{des} + \phi_{ext, des} - \phi_{ext, des} = 7.5 \text{ cm} = 44.9 \text{ cm} \quad \text{Altura en función de la longitud de desarrollo.}$$

$h_{col, min} = 75 \text{ cm} = 7.5 \text{ cm}$  ACI 318 - 19 (25.5.1.3) Recubrimiento del concreto construido contra el suelo y permanentemente expuesto.

$d_{col, min} = 150 \text{ mm} = 15 \text{ cm}$  ACI 318 - 19 (13.3.1.2) Altura efectiva mínima.

$$e_{col, min} := e_{des, min} + \frac{\phi_{ext, des}}{2} + d_{col, min} = 23.5 \text{ cm} \quad \text{Peralto total mínimo de la zapata.}$$

$l_{ext, des} = 300 \text{ mm} = 7.5 \text{ cm} = 37.5 \text{ cm}$  ACI 318 - 19 (18.7.5.4(b)) Columnas que terminan en una zapata.

$$l_{col} := \left( \text{Max} (l_{des} ; l_{ext, des} ; l_{ext, des}) \right)_{10 \text{ cm}} = 30 \text{ cm}$$

Altura colocada de la zapata.

```

cond1 := if e_col > h_col then "NO COMPLE"
else
cond2 := if e_col > h_col then "NO COMPLE"
else
cond3 := if e_col > h_col then "NO COMPLE"
else
cond4 := if e_col > h_col then "NO COMPLE"
else
cond5 := if e_col > h_col then "NO COMPLE"
else
cond6 := if e_col > h_col then "NO COMPLE"
else
cond7 := if e_col > h_col then "NO COMPLE"
else
cond8 := if e_col > h_col then "NO COMPLE"
else
cond9 := if e_col > h_col then "NO COMPLE"
else
cond10 := if e_col > h_col then "NO COMPLE"
else
cond11 := if e_col > h_col then "NO COMPLE"
else
cond12 := if e_col > h_col then "NO COMPLE"
else
cond13 := if e_col > h_col then "NO COMPLE"
else
cond14 := if e_col > h_col then "NO COMPLE"
else
cond15 := if e_col > h_col then "NO COMPLE"
else
cond16 := if e_col > h_col then "NO COMPLE"
else
cond17 := if e_col > h_col then "NO COMPLE"
else
cond18 := if e_col > h_col then "NO COMPLE"
else
cond19 := if e_col > h_col then "NO COMPLE"
else
cond20 := if e_col > h_col then "NO COMPLE"
else
cond21 := if e_col > h_col then "NO COMPLE"
else
cond22 := if e_col > h_col then "NO COMPLE"
else
cond23 := if e_col > h_col then "NO COMPLE"
else
cond24 := if e_col > h_col then "NO COMPLE"
else
cond25 := if e_col > h_col then "NO COMPLE"
else
cond26 := if e_col > h_col then "NO COMPLE"
else
cond27 := if e_col > h_col then "NO COMPLE"
else
cond28 := if e_col > h_col then "NO COMPLE"
else
cond29 := if e_col > h_col then "NO COMPLE"
else
cond30 := if e_col > h_col then "NO COMPLE"
else
cond31 := if e_col > h_col then "NO COMPLE"
else
cond32 := if e_col > h_col then "NO COMPLE"
else
cond33 := if e_col > h_col then "NO COMPLE"
else
cond34 := if e_col > h_col then "NO COMPLE"
else
cond35 := if e_col > h_col then "NO COMPLE"
else
cond36 := if e_col > h_col then "NO COMPLE"
else
cond37 := if e_col > h_col then "NO COMPLE"
else
cond38 := if e_col > h_col then "NO COMPLE"
else
cond39 := if e_col > h_col then "NO COMPLE"
else
cond40 := if e_col > h_col then "NO COMPLE"
else
cond41 := if e_col > h_col then "NO COMPLE"
else
cond42 := if e_col > h_col then "NO COMPLE"
else
cond43 := if e_col > h_col then "NO COMPLE"
else
cond44 := if e_col > h_col then "NO COMPLE"
else
cond45 := if e_col > h_col then "NO COMPLE"
else
cond46 := if e_col > h_col then "NO COMPLE"
else
cond47 := if e_col > h_col then "NO COMPLE"
else
cond48 := if e_col > h_col then "NO COMPLE"
else
cond49 := if e_col > h_col then "NO COMPLE"
else
cond50 := if e_col > h_col then "NO COMPLE"
else
cond51 := if e_col > h_col then "NO COMPLE"
else
cond52 := if e_col > h_col then "NO COMPLE"
else
cond53 := if e_col > h_col then "NO COMPLE"
else
cond54 := if e_col > h_col then "NO COMPLE"
else
cond55 := if e_col > h_col then "NO COMPLE"
else
cond56 := if e_col > h_col then "NO COMPLE"
else
cond57 := if e_col > h_col then "NO COMPLE"
else
cond58 := if e_col > h_col then "NO COMPLE"
else
cond59 := if e_col > h_col then "NO COMPLE"
else
cond60 := if e_col > h_col then "NO COMPLE"
else
cond61 := if e_col > h_col then "NO COMPLE"
else
cond62 := if e_col > h_col then "NO COMPLE"
else
cond63 := if e_col > h_col then "NO COMPLE"
else
cond64 := if e_col > h_col then "NO COMPLE"
else
cond65 := if e_col > h_col then "NO COMPLE"
else
cond66 := if e_col > h_col then "NO COMPLE"
else
cond67 := if e_col > h_col then "NO COMPLE"
else
cond68 := if e_col > h_col then "NO COMPLE"
else
cond69 := if e_col > h_col then "NO COMPLE"
else
cond70 := if e_col > h_col then "NO COMPLE"
else
cond71 := if e_col > h_col then "NO COMPLE"
else
cond72 := if e_col > h_col then "NO COMPLE"
else
cond73 := if e_col > h_col then "NO COMPLE"
else
cond74 := if e_col > h_col then "NO COMPLE"
else
cond75 := if e_col > h_col then "NO COMPLE"
else
cond76 := if e_col > h_col then "NO COMPLE"
else
cond77 := if e_col > h_col then "NO COMPLE"
else
cond78 := if e_col > h_col then "NO COMPLE"
else
cond79 := if e_col > h_col then "NO COMPLE"
else
cond80 := if e_col > h_col then "NO COMPLE"
else
cond81 := if e_col > h_col then "NO COMPLE"
else
cond82 := if e_col > h_col then "NO COMPLE"
else
cond83 := if e_col > h_col then "NO COMPLE"
else
cond84 := if e_col > h_col then "NO COMPLE"
else
cond85 := if e_col > h_col then "NO COMPLE"
else
cond86 := if e_col > h_col then "NO COMPLE"
else
cond87 := if e_col > h_col then "NO COMPLE"
else
cond88 := if e_col > h_col then "NO COMPLE"
else
cond89 := if e_col > h_col then "NO COMPLE"
else
cond90 := if e_col > h_col then "NO COMPLE"
else
cond91 := if e_col > h_col then "NO COMPLE"
else
cond92 := if e_col > h_col then "NO COMPLE"
else
cond93 := if e_col > h_col then "NO COMPLE"
else
cond94 := if e_col > h_col then "NO COMPLE"
else
cond95 := if e_col > h_col then "NO COMPLE"
else
cond96 := if e_col > h_col then "NO COMPLE"
else
cond97 := if e_col > h_col then "NO COMPLE"
else
cond98 := if e_col > h_col then "NO COMPLE"
else
cond99 := if e_col > h_col then "NO COMPLE"
else
cond100 := if e_col > h_col then "NO COMPLE"

```

$$d_{col, min} := l_{col} - h_{col, min} = 41.5 \text{ cm}$$

$$M_{transfer} := V_{max} \cdot \left( \left( \frac{l_{col}}{2} + e_{col} \right) \right) = 0.85$$

$$P_{ext} := P_c + M_{transfer} = 344 \text{ kN}$$

$$e := \frac{M_{ext}}{P_{ext}} = 0.247 \text{ m} \quad \text{Excentricidad}$$

**Expresión dada por Meyerhof**

$$q_u = \text{sol}(\text{va} \left( \frac{q_{adm \text{ suelo}}}{\gamma} \cdot \eta \cdot \lambda \cdot \frac{q_{adm \text{ suelo}}}{\gamma} \cdot \eta \cdot \frac{q_{adm \text{ suelo}}}{\gamma} \cdot \eta \right) \cdot \eta) = \begin{bmatrix} -1.2062 \text{ m} \\ -1.426 \text{ m} \end{bmatrix}$$

**Ancho de la zapata.**

$$B := \left( \max \left( \eta_1, \eta_2, \eta_{sol} \right) \right) \cdot \eta = 1.5 \text{ m}$$

**Ancho de la zapata.**

```

verif_1_2 :=
  if B >= 2 * (H - 2 * e) * c_{adm \text{ suelo}}
    "COMPLETO"
  else
    "NO COMPLETO"
  
```

**Verificación del ancho de la zapata.**

$$B \geq \frac{P_u}{2(B - 2e)q_u}$$

**Ancho de la zapata redondeada en múltiplos de 5 cm.**

**Largo de la zapata.**

$$L := B \cdot 2 = 4.5 \text{ m}$$

**Excentricidad de la zapata.**

```

verif_1_3 :=
  if e <= \frac{B}{6}
    "COMPLETO"
  else
    "NO COMPLETO"
  
```

**Verificación si la excentricidad cae en el tercio medio de la base.**

$$e = 10.9884 \text{ cm} \quad \frac{B}{6} = 25 \text{ cm}$$

**ACI 318 - 19 (19.2.2.1 (b)) Módulo de elasticidad de hormigón de peso normal.**

$$E_c := 4750 \cdot \sqrt{f'c} \text{ MPa} = 21538 \text{ MPa}$$

**Momento de inercia de la columna.**

$$I_c = \frac{1}{12} \cdot \text{Max}(b_1, b_2) \cdot \text{Max}(c_1, c_2)^3 = 2.6667 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$$

**Conexión viga - columna empotrada.**

$$\lambda := 0.75$$

$$c_{\text{viga}} := d_v - r_g = \frac{D_{\text{columna}}}{2} = 0.9 \text{ m}$$

**Tensión de la viga en función de las cargas de servicio.**

$$T_s := \frac{f_{\text{serv}} \cdot \left( \frac{B - \text{Max}(c_1, c_2)}{2} \right) - 2 \cdot M_{\text{serv}}}{c_{\text{viga}} + c_s + \frac{k \cdot \lambda^2 \cdot c_{\text{viga}}^2}{36 \cdot E_c \cdot I_c} \cdot B \cdot 3 \cdot L} = 67.9 \text{ kN}$$

**Tensión de la viga en función de las cargas últimas.**

$$T_u := \frac{f_u \cdot \left( \frac{B - \text{Max}(c_1, c_2)}{2} \right) - 2 \cdot M_u}{c_{\text{viga}} + c_s + \frac{k \cdot \lambda^2 \cdot c_{\text{viga}}^2}{36 \cdot E_c \cdot I_c} \cdot B \cdot 3 \cdot L} = 101.8572 \text{ kN}$$

**Tensión de la viga en función de las cargas de sismo.**

$$T_e := \frac{f_e \cdot \left( \frac{B - \text{Max}(c_1, c_2)}{2} \right) - 2 \cdot M_e}{c_{\text{viga}} + c_s + \frac{k \cdot \lambda^2 \cdot c_{\text{viga}}^2}{36 \cdot E_c \cdot I_c} \cdot B \cdot 3 \cdot L} = 89.671 \text{ kN}$$

**Esfuerzo máximo en función de las cargas de servicio.**

$$q_{s \text{ max}} := \frac{f_{\text{serv}}}{B \cdot L} + \frac{k \cdot \lambda^2 \cdot c_{\text{viga}}^2 \cdot B}{6 \cdot E_c \cdot I_c} \cdot T_s = 77.61 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

**Esfuerzo mínimo en función de las cargas de servicio.**

$$q_{s \text{ min}} := \frac{f_{\text{serv}}}{B \cdot L} - \frac{k \cdot \lambda^2 \cdot c_{\text{viga}}^2 \cdot B}{6 \cdot E_c \cdot I_c} \cdot T_s = 75.28 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

**Esfuerzo máximo en función de las cargas de últimas.**

$$q_{u \text{ max}} := \frac{f_u}{B \cdot L} + \frac{k \cdot \lambda^2 \cdot c_{\text{viga}}^2 \cdot B}{6 \cdot E_c \cdot I_c} \cdot T_u = 116.4449 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

**Esfuerzo mínimo en función de las cargas de últimas.**

$$q_{u \text{ min}} := \frac{f_u}{B \cdot L} - \frac{k \cdot \lambda^2 \cdot c_{\text{viga}}^2 \cdot B}{6 \cdot E_c \cdot I_c} \cdot T_u = 112.889 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

**2. Diseño del acero longitudinal de la zapata. OK**

**2.1 Refuerzo en el sentido longitudinal.**

**Longitud la banda de diseño.**

$$l_{d \text{ n}} := \frac{l}{2} = \frac{\text{Max}(b_1, c_1)}{2} = 1.3 \text{ m}$$

**Momento en la banda de diseño.**

$$M_{u \text{ n}} := \left( \frac{q_{u \text{ min}} + q_{u \text{ max}}}{2} \right) \cdot \frac{l_{d \text{ n}}^2}{2} \cdot B = 140.34 \text{ kN m}$$

**Momento de inercia de la banda de diseño.**

$$I_{u \text{ n}} := B \cdot d_{\text{efectivo}}^3 = 6.23 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$$

**ACI 318-19 (7.6.1.1)**

$$A_s \text{ min} := 0.0018 \cdot B \cdot c_u = 1350 \text{ mm}^2$$

**ACI 318-19 (21.2.1)**

$$\phi_{\text{factor}} := 0.9$$

$$A_{s_{cortado}} := \frac{0.85 \cdot f'_c \cdot b \cdot \left( d_{corte} - \sqrt{d_{corte}^2 - \frac{M_{corte}}{0.22 \cdot \phi \cdot 0.85 \cdot f'_c \cdot b}} \right)}{f_y} = 949.317 \text{ mm}^2$$

Formula deducida y funciona para cualquier unidades.

$$A_{s_{cortado}} := \text{Max} (A_{s_{min}}, A_s, A_{s_{cortado}}) = 1350 \text{ mm}^2$$

$$a_d := \frac{A_{s_{cortado}} \cdot f_y}{0.85 \cdot f'_c \cdot b} = 21.176 \text{ mm}$$

$$\beta_1 := \begin{cases} 0.85 & \text{if } (f'_c \geq 17 \text{ MPa}) \wedge (f'_c \leq 28 \text{ MPa}) \\ 0.85 & \\ \text{else if } (f'_c > 28 \text{ MPa}) \wedge (f'_c < 55 \text{ MPa}) \\ 0.85 - \left( \frac{f'_c}{\text{MPa}} - 28 \right) & \\ \text{if } f'_c \geq 55 \text{ MPa} \\ 0.65 & \end{cases} \quad \text{ACI 318-19 (22.2.4.3)}$$

$$f_s := \frac{a_d}{\beta_1} = 21.9135 \text{ mm}$$

$$k_{cs} := \frac{0.003 \cdot (d_{corte} - c_s)}{c_n} = 0.047$$

**Fluencia de acero perpendicular a "B".**

```

verif_2.1.1 := if (r_s_d > 0.005) ^ (r_s_d < 0.01)
              "OK"
              "NO OK"
    
```

Verificación, si el acero fluye.

$$A_{s_{ver_2}} := \frac{\pi \cdot \phi_{ver_2}^2}{4} = 314.16 \text{ mm}^2$$

Área del acero de refuerzo perpendicular a "B".

$$n_{barras_{ver_2}} := \left\lceil \frac{A_{s_{ver_2}}}{A_{s_{ver_2}}} \right\rceil = 5$$

Número de barras que necesita.

$$s_{cortado} := \frac{b}{n_{barras_{ver_2}}} = 22.8 \text{ cm}$$

Separación calculada del refuerzo.

$$s_{agg} := \frac{3}{4} \cdot 10 \quad \text{Tamaño del agregado.}$$

$$s_{min} := \text{Max} \left( \frac{4}{3} \cdot s_{agg}, \phi_{ver_2}, 25 \text{ mm}, 5 \text{ cm} \right) = 5 \text{ cm}$$

ACI 318 - 19 (25.2.1)

$$s_{max} := \text{Min} (5 \cdot s, 45 \text{ cm}) = 45 \text{ cm}$$

ACI 318 - 19 (24.4.3)

$$s_{max_{real_2}} := \text{Min} \left( 360 \cdot \frac{280}{2 \cdot f_y}, 2.5 \cdot \frac{Z_{corte}}{\text{mm}}, 300 \cdot \frac{280}{3 \cdot \text{MPa}} \right) = 19.25 \text{ cm}$$

ACI 318 - 19 (24.3.2)

$$s_{max_{real_2}} := \text{Min} (s_{max_{real_2}}, s_{max_2}) = 19.25 \text{ cm}$$

Espaciamiento máximo real.

$$s_{real_2} := \text{Min} (s_{cal_2}, s_{max_{real_2}}) = 19.25 \text{ cm}$$

Espaciamiento real que se utilizara.

**Espaciamiento del refuerzo longitudinal.**

```

verif_2.1.2 := if (r_s_d > s_{real_2}) ^ (r_s_d <= s_{max_{real_2}})
              "OK"
              "NO OK"
              "Aumentar el diámetro del refuerzo."
    
```

AQUI APLASTE PUNTO DE RUPTURA.

ACI 318 - 19 (25.2.1)

ACI 318 - 19 (24.4.3)

ACI 318 - 19 (24.3.2)

Longitud de desarrollo a tracción de las barras corrugadas.

Longitud de desarrollo a tracción sin ganchos Ld

Factor de modificación	Condición	Valor del factor
Efecto de tipo de acero	Concreto de peso normal	0.75
	Concreto de peso masivo	1.0
Ciclo de refuerzo $\psi_e$	Ciclo 90°	1.0
	Ciclo 90°	1.15
Espesor $\psi_s$	Refuerzo en secciones comprimidas y barras de sección transversal de área equivalente en área de sección transversal comprimida, o secciones flexionadas que no son de tipo T	1.5
	Refuerzo en secciones flexionadas y barras de sección transversal de área equivalente en área de sección transversal comprimida, o secciones flexionadas que no son de tipo T	1.2
	Refuerzo en secciones flexionadas y barras de sección transversal de área equivalente en área de sección transversal comprimida, o secciones flexionadas que no son de tipo T	1.0
Forma $\psi_t$	Para barras No. 2 y mayores	1.0
	Para barras No. 2 y menores y alambres corrugados	0.8
Ubicación $\psi_b$	Barra de 90° en el extremo libre de un miembro flexionado	1.3
	Otro	1.0

<sup>1</sup> El espesor ( $\psi_s$ ) en las secciones de que consta L.T.

Según peso concreto

$\lambda = 1$

Según grado de refuerzo

$\lambda_g = 1$

Según epóxico

$\lambda_p = 1$

Según ubicación

$\lambda_b = 1$

Según tamaño

$\lambda_s = \text{if } (\phi_{corte} \geq 22 \text{ mm} = 0.8 \text{ else } 1 \text{ else } 0.8)$

ACI 318 - 19 / Tabla 25.4.2.5 Nota

$\lambda_{cs} = \text{Min} (1.7, \psi_s, \psi_e) = 1$

ACI 318 - 19 / 25.4.1.4

$f_{y/c} = \text{Min} (8.3 \text{ MPa}, \sqrt{\frac{f'_c}{\text{MPa}}}) = 4.563 \text{ MPa}$

ACI 318 - 19 / 25.4.2.1.b

$d_{cs} = 30 \text{ mm}$

$$s_{long} := s_{real_2} = 0.225 \text{ m}$$

$$c_{2,0} := \text{Min} \left( \frac{d_{\text{ext},0}}{2} + \text{Max} \left( \frac{d_{\text{ext},0}}{2}, \frac{d_{\text{ext},0}}{2} \right) \right) = 8.5 \text{ cm}$$

$$c_{2,0,0,2} := \text{Min} \left( 2.5 \cdot \frac{c_b}{\frac{c_b}{\text{Max}(c_b, 10)}} \right) = 2.5$$

$$c_{2,0,0,3} := \text{Min} \left( \frac{c_b}{\text{Max}(c_b, 10)} \right) = 1.07, 825 \text{ cm}$$

$$l_{d,0} := \frac{f_y \cdot \phi_{\text{ext},0} \cdot \phi_{\text{ext},0} \cdot \phi_{\text{ext},0} \cdot \phi_{\text{ext},0}}{1.1 \cdot A \cdot \frac{f_y}{\text{MPS}} \cdot \frac{c_b}{\text{Max}(c_b, 10)}} \cdot \frac{d_{\text{ext},0}}{\text{mm}} \cdot \text{mm} = 107, 849 \text{ cm}$$

$$l_{d,0} := \text{Max} (l_{d,0}, l_{d,0,2}, l_{d,0,3}) = 107, 825 \text{ cm}$$

$l_{d,0} = 107, 825 \text{ cm}$  Hasta barras de 32mm, se recomienda tener una separación entre barras no menor a 10cm, de forma que se obtengan las mínimas longitudes de desarrollo.

2.1 Longitud de desarrollo a Tracción con gancho.

**Tabla 25.4.3.2 — Factores de modificación para el desarrollo de las barras con gancho en tracción**

Factor de modificación	Condición	Valor del factor
Tipo de concreto $\lambda$	Concreto de peso ligero	0.75
	Concreto de peso normal	1.0
Epóxido $\psi_e$	Refuerzo con recubrimiento epóxico a ziles y barras con recubrimiento lateral de ziles y epóxido	1.2
	Refuerzo sin recubrimiento o recubrimiento recubierto con ziles (grabados)	1.0
Confinamiento del refuerzo $\psi_r$	Para barras No. 16 y menores con $s_b \geq 4d_b$ o $s_b \geq 6d_b^{0.75}$	1.0
	Otros	1.6
Ubicación $\psi_u$	Para barras con gancho No. 16 y menores (1) que terminan dentro del ancho de la columna con recubrimiento lateral normal al plano del gancho $\geq 60 \text{ mm}$ , o (2) con recubrimiento lateral normal al plano del gancho $\geq 6d_b$	1.0
	Otros	1.25
Resistencia del concreto $\psi_c$	Para $f'_c < 42 \text{ MPa}$	$\frac{f'_c}{135}$ o 0.6
	Para $f'_c \geq 42 \text{ MPa}$	1.0

<sup>1</sup>  $s_b$  es el mínimo espaciamiento entre centros de las barras con gancho.  
<sup>2</sup>  $d_b$  es el diámetro nominal de la barra con gancho.

**Según epóxido**  $\psi_e = 1$

**Según ubicación**  $\psi_u = 1, 25$

$d_{\text{trac}} := \psi_e \cdot \psi_u \cdot d = 22, 5 \text{ cm}$

**Según confinamiento**

$\psi_r := \begin{cases} 1 & \text{si } (s_b \leq 36 \text{ mm}) \wedge (s_b \geq 6 \cdot \psi_{\text{ext},0}) \\ 1.6 & \text{en caso contrario} \end{cases}$

**Según resistencia del concreto**

$\psi_c := \begin{cases} \frac{f'_c}{135} & \text{si } f'_c < 42 \text{ MPa} \\ 1 & \text{si } f'_c \geq 42 \text{ MPa} \end{cases}$

Al aumentar  $s_b$  long, reduce la longitud de desarrollo. Existe un valor de separación desde la cual ya no puede reducirse más la longitud de desarrollo. Para elegir  $l_{d,b}$  deberá colocarse separaciones mayores a  $6d_b$ .

$$R_{f,c} := \text{Min} \left( 8.3 \text{ MPa} + \sqrt{\frac{f'_c}{\text{MPS}}} \cdot \text{MPa} \right) = 4, 583 \text{ MPa}$$

$$l_{d,0,1} := \text{Max} \left( \frac{f_y \cdot \psi_e \cdot \psi_r \cdot \psi_u \cdot \psi_c \cdot d_{\text{trac}}}{23 \cdot A \cdot R_{f,c}} \cdot \left( \frac{d_{\text{ext},0}}{\text{mm}} \right)^{1.5}, 8 \cdot \psi_{\text{ext},0} \cdot d \right) = 35, 6 \text{ cm}$$

**ACI 318-19 / Tabla 25.3.1**

$l_{\text{ext},0} := 12 \cdot d_{\text{ext},0} = 24 \text{ cm}$

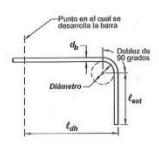
$l_{d,0} = 35, 64 \text{ cm}$   $l_{\text{ext},0} = 24 \text{ cm}$

$l_{\text{ext},0,1} := l_{\text{ext},0} + \phi_{\text{ext},0} \cdot d_{\text{ext},0} = 7, 5 \text{ cm} = 35, 5 \text{ cm}$

**Altura de la zapata en función del  $l_{d,b}$  de la zapata.**

$\text{height}_{z,1} := \begin{cases} \text{COMPLEJO} & \text{si } l_{\text{ext},0} \leq l_{d,0} \\ \text{COMPLEJO} & \text{en caso contrario} \end{cases}$

"Aumentar 2x en múltiplos de 10 cm."



2.2 Refuerzo en el sentido transversal.

$q_{f,t} := q_{u,0,1c} + \frac{q_{u,0,1c} - q_{u,0,1n}}{B} \cdot (B - \text{Max}(b_y, c_y)) = 115, 2592 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}$

$l_{v,2} := B = \text{Max}(b_y, c_y) = 1 \text{ m}$

$M_{v,2} := q_{u,0,1c} \cdot \left( \frac{l_{v,2}^2}{2} \right) + \left( \frac{q_{u,1} - q_{u,0,1n}}{2} \right) \cdot \left( \frac{l_{v,2}^3}{3} \right) = 170, 5186 \text{ KN m}$

$A_{v,2} := l_{v,2} \cdot d_{v,2c} = 1, 25 \text{ m}^2$

$\rho_{v,2} := 0, 0018 \cdot l_{v,2} = 2, 7 \text{ cm}^2$  **ACI 318-19 (7.6.1.1)**

$\phi_{f,2c} := 0, 9$  **ACI 318-19 (21.2.1)**

$A_{v,ext,2,1} := 0, 85 \cdot f'_{c,2} \cdot l_{v,2} \cdot \left( d_{v,2c} - \sqrt{d_{v,2c}^2 - 2 \cdot \frac{M_{v,2}}{\phi_{f,2c} \cdot 0, 85 \cdot f'_{c,2} \cdot l_{v,2}}} \right) = 10, 984 \text{ cm}^2$

Formula deducida y funmana para cualquier unidades.

Not for commercial use

$$A_{s_{total}} := \text{Max}(A_{s_{minL}}, A_{s_{minT}}) = 2700 \text{ mm}^2 \quad A_{s_{total}} = 27 \text{ cm}^2$$

$$\beta_1 = 0.85 \quad \text{Ya se calculo anteriormente. ACI 318-19 (22.2.2.3)}$$

$$d := \frac{A_{s_{total}} \cdot f_y}{0.85 \cdot f_c \cdot b} = 2.118 \text{ cm}$$

$$c := \frac{d}{\beta_1} = 0.0249 \text{ m}$$

$$e_B := \frac{0.003 \cdot (d_{total} - c)}{c} = 0.041$$

Fluencia de acero perpendicular a "L".

```

ver2(2,1) := if (e_s > 0.03) & (e_s < 0.09) == "FLUJE"
            "FLUJE"
            else
            "NO FLUJE"
    
```

$$A_{s_{ver}} := \frac{\pi \cdot \phi_{ver}^2}{4} = 3.14 \text{ cm}^2$$

Area del acero de refuerzo perpendicular a "T".

$$\beta := \frac{h}{H} = 2$$

Relacion del lado largo - corto.

$$Y_B := \frac{\beta}{\beta + 1} = 0.6667$$

ACI 318 - 19 (13.3.3)

**DENTRO DE LA FRANJA.**

$$A_{s \text{ Franja}} := Y_B \cdot A_{s_{total}} = 18 \text{ cm}^2 \quad \text{Cantidad del acero total distribuido sobre la franja.}$$

$$num_{barr \text{ Franja}} := \left\lceil \frac{A_{s \text{ Franja}}}{A_{s_{ver}}} \right\rceil = 6 \quad \text{Numero de barras que necesita.}$$

$$s_{cal \text{ Franja}} := \frac{H}{num_{barr \text{ Franja}} + 1} = 21.4286 \text{ cm} \quad \text{Separacion calculada del refuerzo.}$$

$$Lagg := \frac{3}{4} \text{ in} \quad 10.36 \cdot 14 = 145.04 \quad 138.5$$

$$s_{minL} := \text{Max}\left(\frac{L}{3}, Lagg, \phi_{ver}, 25 \text{ mm}, 5 \text{ cm}\right) = 5 \text{ cm} \quad \text{ACI 318 - 19 (25.2.1)} \quad \text{ACI 318 - 19 (25.2.1)}$$

$$s_{maxL} := \text{Min}(5 \cdot s_y, 45 \text{ cm}) = 45 \text{ cm} \quad \text{ACI 318 - 19 (24.4.3)} \quad \text{ACI 318 - 19 (24.4.3)}$$

$$s_{max \text{ separacion}} := \text{Min}\left(380 \cdot \frac{280}{f_y} - 2.5 \cdot \frac{f_c}{\text{mm}}, 300 \cdot \frac{280}{f_y}\right) \text{ mm} = 19.25 \text{ cm} \quad \text{ACI 318 - 19 (24.3.2)}$$

$$s_{max \text{ real}} := \text{Min}(s_{max \text{ separacion}}, s_{maxL}) = 19.25 \text{ cm} \quad \text{Espaciamiento maximo real.}$$

$$s_{real \text{ Franja}} := \text{Min}(s_{max \text{ real}}, s_{cal \text{ Franja}}) = 19.25 \text{ cm} \quad \text{Espaciamiento real que se utilizara}$$

Espaciamiento del refuerzo longitudinal perpendicular a "L".

```

ver2(2,2) := if (s_{real Franja} >= s_{minL}) & (s_{real Franja} <= s_{max \text{ real}}) == "CORRECTO"
            "CORRECTO"
            else
            "NO CORRECTO"
            ["Aumentar el diametro del refuerzo."]
    
```

ACI 318 - 19 (25.2.1)  
ACI 318 - 19 (24.4.3)  
ACI 318 - 19 (24.3.2)

**FUERA DE LA FRANJA.**

$$A_{s_o} := A_{s_{total}} - A_{s \text{ Franja}} = 9 \text{ cm}^2 \quad \text{Cantidad de acero que debo colocar fuera de la franja.}$$

$$num_{barr \text{ fuera Franja}} := \left\lceil \frac{A_{s_o}}{A_{s_{ver}}} \right\rceil = 4 \quad \text{Numero de barras a colocar fuera de la franja.}$$

$$num_{barr \text{ fuera Franja unit}} := \frac{num_{barr \text{ fuera Franja}}}{2} = 2 \quad \text{Numero de barras en cada ala fuera de la franja.}$$

$$L_{ONG \text{ fuera Franja}} := \frac{h - R}{2} - z_{ec \text{ min}} - \phi_{var} = 65.5 \text{ cm} \quad \text{Longitud de cada ala fuera de la franja.}$$

$$s_{cal \text{ fuera Franja}} := \frac{L_{ONG \text{ fuera Franja}}}{num_{barr \text{ fuera Franja unit}} + 1} = 21.83 \text{ cm} \quad \text{Separacion entre refuerzos fuera de la franja.}$$

$$Lagg := \frac{3}{4} \text{ in}$$

$$s_{min \text{ Franja}} := \text{Max}\left(\frac{L}{3}, Lagg, \phi_{ver}, 25 \text{ mm}, 5 \text{ cm}\right) = 5 \text{ cm} \quad \text{ACI 318 - 19 (25.2.1)}$$

$$s_{max \text{ Franja}} := \text{Min}(5 \cdot s_y, 45 \text{ cm}) = 45 \text{ cm} \quad \text{ACI 318 - 19 (24.4.3)}$$

$$s_{max \text{ separacion fuera Franja}} := \text{Min}\left(380 \cdot \frac{280}{f_y} - 2.5 \cdot \frac{f_c}{\text{mm}}, 300 \cdot \frac{280}{f_y}\right) \text{ mm} = 19.25 \text{ cm} \quad \text{ACI 318 - 19 (24.3.2)}$$

$$s_{max\_real\_fuera\_trazo} = \text{Min} ( s_{max\_ganchos\_fuera\_trazo} / \phi_{max\_fuera\_trazo} ) = 19.25 \text{ cm} \quad \text{Espaciamiento máximo real.}$$

$$s_{real\_fuera\_trazo} = \text{Min} ( s_{real\_fuera\_trazo} / \phi_{real\_fuera\_trazo} ) = 19.25 \text{ cm} \quad \text{Espaciamiento real que se utilizará.}$$

Espaciamiento del refuerzo longitudinal perpendicular a "L".

$$s_{perp\_L} = \begin{cases} \text{"CUMPLE"} & \text{if } ( s_{real\_fuera\_trazo} \geq s_{min\_fuera\_trazo} ) \wedge ( s_{real\_fuera\_trazo} \leq s_{max\_real\_fuera\_trazo} ) \\ \text{"NO CUMPLE"} & \text{else} \\ \text{"Aumentar el diámetro del refuerzo."} & \end{cases}$$

ACI 318 - 19 (25.2.1)  
 ACI 318 - 19 (24.4.3)  
 ACI 318 - 19 (24.3.2)

- Longitud de desarrollo de las barras corrugadas.
- Longitud de desarrollo a tracción sin ganchos Id

Tabla 25.4.2.5 — Factores de modificación para el desarrollo de las barras corrugadas y alambres corrugados en tracción.

Factor de modificación	Condición	Valor del factor
Concreto de peso liviano $\lambda$	Concreto de peso liviano	0.75
	Concreto de peso normal	1.0
Cantidad de refuerzo $\psi_g$	Cada 50	1.15
	Cada 100	1.3
Espesor $\psi_e$	Refuerzo con recubrimiento mínimo a zos y barras con recubrimiento dual de zos y ganchos paralelos en zos	1.5
	Refuerzo con recubrimiento mínimo a zos y barras con recubrimiento dual de zos y ganchos paralelos en zos	1.2
Forma $\psi_s$	Refuerzo con recubrimiento o recubrimiento con forma de U	1.0
	Para barras No. 10 y mayores	1.0
Ubicación $\psi_u$	Para barras No. 10 y menores y alambres corrugados	0.8
	Para No. 10 y mayores desde forma corrugada hasta el diámetro nominal	1.3
Otros $\psi_o$	Otro	1.0

<sup>1</sup> y <sup>2</sup> El espesor ( $\psi_e$ ) se debe considerar de que exista 1.7.

según peso concreto  $\lambda = 1$

Según grado de refuerzo  $\psi_g = 1$

Según epóxico  $\psi_e = 1$

Según ubicación  $\psi_u = 1$

Según tamaño  $\psi_s = 1$

$$\psi_g = \begin{cases} 1 & \text{if } \phi_{var,1} \geq 22 \text{ mm} \\ \text{else} \\ 0.8 \end{cases}$$

$$\psi_u = \text{Min} ( 2.7 \psi_c \psi_g ) = 1$$

ACI 318 - 19 / 25.4.1.4 
$$f_{dTC} = \text{Min} ( 8.3 \text{ MPa} ; \sqrt{\frac{f'_c}{\text{MPa}}} \text{ MPa} ) = 4.583 \text{ MPa}$$

ACI 318 - 19 / 25.4.2.1.b 
$$f_{dTC} = 30 \text{ cm}$$

$$s_{long} = \text{Max} ( s_{real\_trazo} / \phi_{real\_trazo} ; s_{real\_trazo} ) = 0.1925 \text{ m}$$

$$c_{db} = \text{Min} \left( \frac{\phi_{max,1}}{2} + 2c_{cov,1} ; \frac{s_{long}}{2} \right) = 8.5 \text{ cm}$$

ACI 318 - 19 / 25.4.2.4 
$$L_{db} = \text{Max} \left( \frac{f_y \psi_e \psi_s \psi_g \psi_u}{f_{dTC}} \left( \frac{c_{db}}{\phi_{var,1}} \right) ; \frac{\phi_{max,1}}{\text{mm}} \right) = 12.319 \text{ cm}$$

$$L_{db,1} = \text{Max} ( L_{db} ; L_{db,1} ; L_{db,2} ) = 107.825 \text{ cm}$$

ACI 318 - 19 / 25.4.2.3 
$$L_{db,1} = \text{if } \phi_{max,1} \leq 9 \text{ mm} : -107.825 \text{ cm}$$

$$\frac{f_y \psi_e \psi_s \psi_g \psi_u}{f_{dTC}} \left( \frac{c_{db}}{\phi_{var,1}} \right) = 2.1 \cdot \lambda \cdot \frac{f_y \psi_e \psi_s \psi_g \psi_u}{f_{dTC}} = 2.1$$

$$\text{else} : \frac{f_y \psi_e \psi_s \psi_g \psi_u}{f_{dTC}} \left( \frac{c_{db}}{\phi_{var,1}} \right) = 1.7 \cdot \lambda \cdot \frac{f_y \psi_e \psi_s \psi_g \psi_u}{f_{dTC}}$$

$i_{db,1} = 107.825 \text{ cm}$  Hasta las barras de 32mm, se recomienda tener una separación entre barras no menor a 10cm, de forma que se obtengan las mínimas longitudes de desarrollo.

- Longitud de desarrollo a tracción con gancho.

Tabla 25.4.3.2 — Factores de modificación para el desarrollo de las barras con gancho en tracción.

Factor de modificación	Condición	Valor del factor
Concreto de peso liviano $\lambda$	Concreto de peso liviano	0.75
	Concreto de peso normal	1.0
Epóxico $\psi_e$	Refuerzo con recubrimiento epóxico a zos y barras con recubrimiento dual de zos y epóxico	1.2
	Refuerzo sin recubrimiento o refuerzo recubrimiento con zos (ganchos)	1.0
Confinamiento del refuerzo $\psi_c$	Para barras No. 10 y mayores con $s_{db} \geq 4d_b$ o $s_{db} \geq 6d_b^{1.5}$	1.0
	Otros	1.6
Ubicación $\psi_u$	Para barras con gancho No. 10 y menores: (1) que terminen dentro del ancho de la columna con recubrimiento lateral normal al plano del gancho $\geq 60 \text{ mm}$ , o (2) con recubrimiento lateral normal al plano del gancho $\geq 6d_b$	1.0
	Otro	1.25
Resistencia del concreto $\psi_r$	Para $f'_c < 42 \text{ MPa}$	$\frac{f'_c}{105}$ o 0.6
	Para $f'_c \geq 42 \text{ MPa}$	1.0

<sup>1</sup> y <sup>2</sup> el mínimo espaciamiento entre centros de las barras con gancho

<sup>3</sup>  $d_b$  es el diámetro nominal de la barra con gancho.

Según epóxico  $\psi_e = 1$

Según ubicación  $\psi_u = 1.25$

$$s_{long} = \text{Max} ( s_{real\_trazo} / \phi_{real\_trazo} ; s_{real\_trazo} ) = 0.1925 \text{ m}$$

Al aumentar  $s_{db}$  reduce la longitud de desarrollo. Existe un valor de separación desde la cual ya no puede reducirse más la longitud de desarrollo. Para afectar  $L_{db}$  deberá colocarse separaciones mayores a 6db.

Según confinamiento  $\psi_c = 1$

$$\psi_c = \begin{cases} 1 & \text{if } \phi_{var,1} \leq 36 \text{ mm} \\ \text{else} \\ 1.6 \end{cases}$$

Según resistencia del concreto  $\psi_r = 1$

$$\psi_r = \begin{cases} \frac{f'_c}{105} = 0.6 & \text{if } f'_c < 42 \text{ MPa} \\ 1 & \text{else} \end{cases}$$

ACI 318 - 19 / 25.4.1.4 
$$f_{dTC} = \text{Min} ( 8.3 \text{ MPa} ; \sqrt{\frac{f'_c}{\text{MPa}}} \text{ MPa} ) = 4.583 \text{ MPa}$$

ACI 318 - 19 / 25.4.3.1 
$$L_{db,1} = \text{Max} \left( \frac{f_y \psi_e \psi_s \psi_g \psi_u}{f_{dTC}} \left( \frac{c_{db}}{\phi_{var,1}} \right) ; \frac{\phi_{max,1}}{\text{mm}} \right) = 35.6 \text{ cm}$$

ACI 318-19 / Artículo 25.3.1

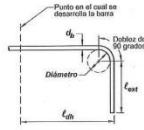
$$i_{\text{ext},L} := 19 \cdot d_{\text{ext},L} = 24 \text{ cm}$$

$$i_{\text{int},L} = 35.64 \text{ cm} \quad i_{\text{ext},L} = 24 \text{ cm}$$

$$r_{i,\text{ext},L} := i_{\text{ext},L} + \phi_{\text{var},L} - d_{\text{var},L} + 1.5 \text{ cm} = 35.5 \text{ cm}$$

```

verf_{i,\text{ext},L} := IF ( r_{i,\text{ext},L} \le S_{i,\text{ext},L} , "OK" , "NO OK" )
           ELSE
           "NO OK"
           "Aumentar D_2 en múltiplos de 10 cm."
    
```



3. Cortante en la zapata. OK

3.1 Cortante por punzonamiento sección crítica a "d/2" de la columna (cortante bidireccional).

$$q_{u,d2} := q_{u,\text{max}} - \frac{q_{u,\text{max}} - q_{u,\text{min}}}{s} \cdot \left( \text{Max} (D_2 ; C_2) + \frac{d_{\text{col},c}}{2} \right) = 114.7674 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Cortante por punzonamiento en la sección crítica a "d/2"  
ACI 318-19 (22.6.4.2) d2

$$V_{\text{pp}} := q_{u,d2} \cdot \frac{q_{u,\text{max}} + q_{u,d2}}{2} \cdot \left( \text{Max} (D_2 ; C_2) + \frac{d_{\text{col},c}}{2} \right) \cdot \left( \text{Max} (D_2 ; C_2) + d_{\text{col},c} \right) = 449.3402 \text{ kN}$$

Fuerza total por punzonamiento que hace la columna sobre la zapata

$$b_{ij} := \left( \text{Max} (b_1 ; c_1) + d_{\text{col},c} \right) + 2 \cdot \left( \text{Max} (b_2 ; c_2) + \frac{d_{\text{col},c}}{2} \right) = 2.23 \text{ m}$$

ACI 318-19 (22.6.4) Sección crítica para miembros en dos direcciones

$$v_{\text{pp}} := \frac{V_{\text{pp}}}{b_{ij} \cdot d_{\text{col},c}} = 0.49 \text{ MPa}$$

Esfuerzo cortante por punzonamiento  
ACI 318-19 (22.6.1.4)

$$\beta_{\text{ped}} := \frac{\text{Max} (D_2 ; C_2)}{\text{Min} (c_2 ; b_2)} = 1$$

ACI 318-19 (22.6.5.2(3))

$$\alpha_2 := 20$$

ACI 318-19 (22.6.5)

$$\lambda := 1$$

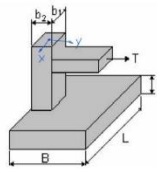
ACI 318-19 (19.2.4)

$$v_{c,2D} := \text{Min} \left( 0.33 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'c} \text{ MPa} ; 0.17 \cdot \left( 1 + \frac{2}{\beta_{\text{ped}}} \right) \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'c} \text{ MPa} ; 0.063 \cdot \left( 2 + \frac{\alpha_2 \cdot d_{\text{col},c}}{D_2} \right) \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'c} \text{ MPa} \right) = 1.5102 \text{ MPa}$$

ACI 318-19 (22.6.5.2)

$$\phi_v := 0.75$$

ACI 318-19 (21.2.1)

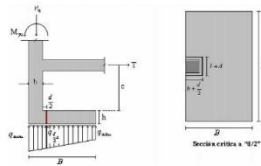


Cortante on 2D.

```

verf_{v,2D} := IF ( v_{pp} \le v_{c,2D} \cdot \phi_v , "OK" , "NO OK" )
           ELSE
           "NO OK"
           "Aumentar D_2 en múltiplos de 10 cm."
    
```

ACI 318-19 (22.6.5.2)



3.2 Cortante directo sección crítica a "d" de la columna (cortante unidireccional)

3.2.1 Sentido longitudinal (L).

$$q_{u,dL} := q_{u,\text{min}} + \frac{q_{u,\text{max}} - q_{u,\text{min}}}{B} \cdot \left( B - \text{Max} (D_2 ; C_2) - d_{\text{col},c} \right) = 114.2706 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

ACI 318-19 (7.4.3.2) d

$$V_{\text{sd},L} := \frac{q_{u,\text{min}} + q_{u,dL}}{2} \cdot \left( B - \text{Max} (D_2 ; C_2) - d_{\text{col},c} \right) \cdot L = 199.3369 \text{ kN}$$

Fuerza cortante vertical en sentido longitudinal

$$v_{\text{sd},L} := \frac{V_{\text{sd},L}}{L \cdot d_{\text{col},c}} = 0.1601 \text{ MPa}$$

Esfuerzo cortante.

$$\phi_v := 0.75$$

ACI 318-19 (21.2.1)

$$\lambda := 1$$

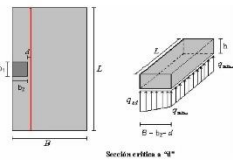
ACI 318-19 (19.2.4)

$$N_{dL} := \text{Max} (F_{d1} ; F_{d2} ; F_{d3}) = 534.6 \text{ kN}$$

$$A_{c,L} := L \cdot d_{\text{col},c} = 1.245 \cdot 10^6 \text{ mm}^2$$

$$F_{c,L} := \text{Min} \left( \frac{N_{dL}}{6 \cdot A_{c,L}} ; 0.35 \cdot f'c \right) = 0.0716 \text{ MPa}$$

$$\phi_{v,L} := \phi_{\text{var},L} \cdot \left( \text{Min} (F_{c,L} ; F_{c,base}) + \text{Min} (F_{c,L} ; F_{c,base}) \right) = 0.0025$$



$$v_{c,L} := \left( \text{Max} \left( \text{Min} \left( 0.66 \cdot \lambda \cdot \left( \rho_{w,L} \right)^{\frac{1}{3}} \cdot \sqrt{f'c} \text{ MPa} ; v_{c,L} ; 0.42 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'c} \text{ MPa} \right) ; 0 \right) \right) = 0.4633 \text{ MPa}$$

ACI 318-19 (22.5.1)

La resistencia a cortante se basa en un esfuerzo cortante promedio sobre toda la sección transversal efectiva,  $b_w d_v$ .

Sección transversal de la zapata.

```

verf3.2.1.1 := if V_u,d ≤ φ_v · ( ( 0.66 · λ · (ρ_v,d)^(1/3) · √(f'c) · MPA + F_t,d ) · A_g,d + 0.66 · √(f'c) · MPA · ρ_v,d ) = "CUMPLE"
               "CUMPLE"
               else "NO CUMPLE"
               ["Aumentar la sección transversal."]
    
```

ACI 318 - 19 (22.5.1.2)

Resistencia al cortante de la zapata.

```

verf3.2.1.2 := if V_u,d ≤ φ_v · V_c,d = "CUMPLE"
               "CUMPLE"
               else "NO CUMPLE"
               ["Aumentar Tx en múltiplos de 10 cm."]
    
```

ACI 318 - 19 (22.5.1)

3.2.2 Sentido transversal (B).

$$V_{u,d} := \frac{q_{u,min} + q_{u,max}}{2} \cdot \left( \frac{L - \text{Max}(D_1, C_1)}{2} - d_{calc} \right) \cdot B = 122.22 \text{ kN}$$

$$v_{u,d} := \frac{V_{u,d}}{B \cdot d_{calc}} = 0.244 \text{ MPa}$$

$$\phi_v := 0.75$$

$$\lambda := 1$$

$$M_u := \text{Max}(P_y, P_x) = 534.6 \text{ kNm}$$

$$A_{g,d} := B \cdot d_{calc} = 6.225 \cdot 10^5 \text{ mm}^2$$

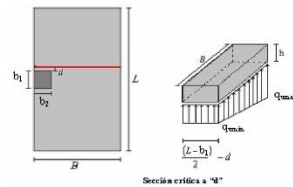
$$F_{t,u} := \text{Min} \left( \frac{M_u}{(6 \cdot A_{g,d})} ; 0.05 \cdot f'c \right) = 0.1431 \text{ MPa}$$

$$\rho_{v,u} := \frac{A_{v,u} \cdot n_{horv,d}}{A_{g,d}} = 0.0025$$

$$V_c,d := \left( \text{Min} \left( 0.66 \cdot \lambda \cdot (\rho_{v,d})^{1/3} \cdot \sqrt{f'c} \text{ MPA} + F_{t,d} ; 0.42 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'c} \text{ MPA} \right) \right) = 0.5549 \text{ MPa}$$

Fuerza cortante vertical en sentido longitudinal.

Esfuerzo cortante



La resistencia a cortante se basa en un esfuerzo cortante promedio sobre toda la sección transversal efectiva,  $\phi_v v_u d$ .

Sección transversal de la zapata.

```

verf3.2.1.1 := if V_u,d ≤ φ_v · ( ( 0.66 · λ · (ρ_v,d)^(1/3) · √(f'c) · MPA + F_t,d ) · A_g,d + 0.66 · √(f'c) · MPA · ρ_v,d ) = "CUMPLE"
               "CUMPLE"
               else "NO CUMPLE"
               ["Aumentar la sección transversal."]
    
```

ACI 318 - 19 (22.5.1.2)

Resistencia al cortante de la zapata.

```

verf3.2.1.2 := if V_u,d ≤ φ_v · V_c,d = "CUMPLE"
               "CUMPLE"
               else "NO CUMPLE"
               ["Aumentar Tx en múltiplos de 10 cm."]
    
```

4. Revisión del cortante en la columna y pedestal. OK

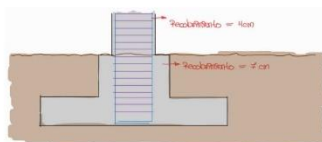
4.1 Columna.

Sección mínima de la columna.

```

verf4.1.1 := if Min(c1, c2) ≥ 300 mm = "CUMPLE"
               "CUMPLE"
               else "NO CUMPLE"
               ["c1 y c2 > 300 mm"]
    
```

ACI 318 - 19 (18.7.2.1)

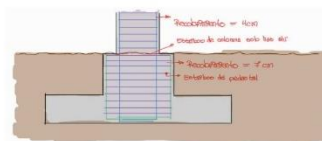


Relación dimensional de la sección transversal.

```

verf4.1.2 := if Min(c1, c2) / Max(c1, c2) ≥ 0.4 = "CUMPLE"
               "CUMPLE"
               else "NO CUMPLE"
               ["Aumentar la sección transversal."]
    
```

ACI 318 - 19 (18.7.2.1)



$$A_{g,col} := c_1 \cdot c_2 = 1200 \text{ cm}^2$$

Área bruta de la columna

$$A_{g,min,col} := \text{Min}(0.005 \cdot A_{g,col} ; 0.01 \cdot A_{g,col}) = 600 \text{ mm}^2$$

ACI 318 - 19 (16.3.4)  
ACI 318 - 19 (16.6.1)

$$A_{g,max,col} := 0.03 \cdot A_{g,col} = 3600 \text{ mm}^2$$

ACI 318 - 19 (18.7.4)

$$A_{s, col \text{ long } colm} = \frac{\pi \cdot (\phi_{long \ colm})^2}{4} \cdot n_{long \ colm} = 1847.2565 \text{ mm}^2 \quad \text{Acero colocado en la columna.}$$

Acero mínimo de la columna.

```

verif_c1_1 := if A_s_col_long_colm <= A_s_min_colm
              "CORRECTO"
            else
              "NO CUMPLE"
              ["Aumentar el acero longitudinal."]
    
```

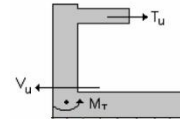
ACI 318 - 19 (16.3.4.1)  
ACI 318 - 19 (10.6.1.1)

Acero máximo de la columna.

```

verif_c1_2 := if A_s_col_long_colm >= A_s_max_colm
              "CORRECTO"
            else
              "NO CUMPLE"
              ["Reducir el acero longitudinal."]
    
```

ACI 318 - 19 (18.7.4.1)



$$\rho_{long \ colm} := \text{if } n_{long \ colm} = 4 \quad = 0.072 \text{ n.}$$

$$\text{Max} \left( \frac{C_1 - (2 \cdot \rho_{trans \ colm}) \cdot (\phi_{trans \ colm}) - \phi_{long \ colm}}{1}, \frac{C_2 - (2 \cdot \rho_{trans \ colm}) \cdot (\phi_{trans \ colm}) - \phi_{long \ colm}}{1} \right)$$

$$\text{Max} \left( \frac{C_1 - (2 \cdot \rho_{trans \ colm}) \cdot (\phi_{trans \ colm}) - \phi_{long \ colm}}{2}, \frac{C_2 - (2 \cdot \rho_{trans \ colm}) \cdot (\phi_{trans \ colm}) - \phi_{long \ colm}}{2} \right)$$

$$\text{Max} \left( \frac{C_1 - (2 \cdot \rho_{trans \ colm}) \cdot (\phi_{trans \ colm}) - \phi_{long \ colm}}{3}, \frac{C_2 - (2 \cdot \rho_{trans \ colm}) \cdot (\phi_{trans \ colm}) - \phi_{long \ colm}}{3} \right)$$

$$\text{Max} \left( \frac{C_1 - (2 \cdot \rho_{trans \ colm}) \cdot (\phi_{trans \ colm}) - \phi_{long \ colm}}{4}, \frac{C_2 - (2 \cdot \rho_{trans \ colm}) \cdot (\phi_{trans \ colm}) - \phi_{long \ colm}}{4} \right)$$

$$\text{Max} \left( \frac{C_1 - (2 \cdot \rho_{trans \ colm}) \cdot (\phi_{trans \ colm}) - \phi_{long \ colm}}{5}, \frac{C_2 - (2 \cdot \rho_{trans \ colm}) \cdot (\phi_{trans \ colm}) - \phi_{long \ colm}}{5} \right)$$

$$\text{Max} \left( \frac{C_1 - (2 \cdot \rho_{trans \ colm}) \cdot (\phi_{trans \ colm}) - \phi_{long \ colm}}{6}, \frac{C_2 - (2 \cdot \rho_{trans \ colm}) \cdot (\phi_{trans \ colm}) - \phi_{long \ colm}}{6} \right)$$

$$\rho_{s, max \ colm} := \text{if } (N_u > 0.3 \cdot A_g \cdot \rho_{col} \cdot f'_c) \vee (f'_c > 70 \text{ MPa}) = 3b \text{ cm} \quad \text{ACI 318 - 19 (18.7.5.2 (f))}$$

200 mm  
350 mm

Espaciamiento entre el refuerzo longitudinal de la columna.

```

verif_c2_1 := if rho_s_max_colm <= rho_s_max_colm
              "CORRECTO"
            else
              "NO CUMPLE"
              ["Colocar 8 aceros longitudinales."]
    
```

ACI 318 - 19 (18.7.5.2 (f))

$$\phi_{min \ colm} := \text{Max} \left( 40 \text{ mm}; 1.5 \cdot \phi_{long \ colm}; \frac{d}{3}; 149.27 \text{ mm} \right) = 5 \text{ cm} \quad \text{ACI 318 - 19 (25.2.3)}$$

$$\phi_{max \ colm} := \text{Min} \left( 76 \cdot \phi_{long \ colm}; 48 \cdot \phi_{trans \ colm}; \text{Min}(C_1; C_2) \right) = 224 \text{ mm} \quad \text{ACI 318 - 19 (25.2.1) No toma en cuenta por que el sismo es mas critico.}$$

$$n_{long \ col} := \text{if } n_{long \ colm} = 4 \quad = 4$$

2  
3  
4  
5  
6  
7

$$\rho_{long \ col} := \frac{C_1 \cdot \rho_{trans \ colm} - (\rho_{trans \ colm}) \cdot (\phi_{trans \ colm}) - \phi_{long \ colm}}{n_{long \ col}} = 1.3333 \text{ cm}$$

$$\phi_s := 100 \text{ mm} + \left( \frac{350 \text{ mm} - n_{long \ colm}}{3} \right) = 192.6667 \text{ mm} \quad \text{ACI 318 - 19 (18.7.5.3)}$$

$$\rho_{max \ trans \ colm} := \text{Min} \left( \frac{\text{Min}(C_1; C_2)}{4}; 6 \cdot \phi_{long \ colm} \right) \cdot \text{if } \rho_s > 150 \text{ mm} \quad = 7.5 \text{ cm} \quad \text{ACI 318 - 19 (18.7.5.3)}$$

150 mm  
else if rho\_s < 100 mm  
100 mm  
else if (rho\_s > 100 mm) & (rho\_s < 150 mm)  
rho\_s

Espaciamiento entre el refuerzo transversal de la columna.

```

verif_c2_2 := if (rho_trans_colm >= rho_max_colm) & (rho_trans_colm <= rho_max_trans_colm)
              "CORRECTO"
            else
              "NO CUMPLE"
              ["Reducir el espaciamiento entre estribos."]
    
```

ACI 318 - 19 (25.2.3)  
ACI 318 - 19 (18.7.5.3)

$$\phi_{\min \text{ long col}} := \text{MAX} \left( \frac{1}{3} \cdot \text{TAGG}; \phi_{\text{long col}} / 25 \text{ mm}; 5 \text{ cm} \right) \quad \text{ACI 318 - 19 (25.2.1)}$$

Espaciamiento entre el refuerzo transversal de la columna.

```

verif_s1_s2 := if (n_long_col >= n_long_col_max
  "COMPLET"
  "NO COMPLET"
)
  "Disminuir el número de refuerzos o aumentar CI."
else
  "NO COMPLET"
  "Disminuir el número de refuerzos o aumentar CI."

```

$$k_2 := \text{MAX} \left( \frac{f'_{c,c}}{17.5} = 0.6; 1 \right) = 1 \quad k_3 := \frac{n_{\text{long_col}}}{n_{\text{long_col}} - 2} = 1.2 \quad \text{ACI 318 - 19 (16.7.5.4)}$$

$k_2$  = dimensión transversal del núcleo del miembro medida entre los bordes externos del refuerzo transversal con área  $A_{ch}$ , mm.

$$A_{ch} := (c_1 - 2 \cdot r_{\text{conc}}) \cdot (c_2 - 2 \cdot r_{\text{conc}}) = 31500 \text{ mm}^2$$

$A_{ch}$  = área de la sección transversal de un miembro estructural, medida entre los bordes externos del refuerzo transversal, mm<sup>2</sup>.

$$V_1 := \text{MAX} \left( 0.3 \cdot \left( \frac{A_{ch, \text{col}}}{A_{ch}} - 1 \right) \cdot \frac{f'_{c,c}}{f'_y}; 0.09 \cdot \left( \frac{f'_{c,c}}{f'_y} \right); 0.2 \cdot k_3 \cdot h_c \cdot \frac{\text{MAX}(f'_y, f'_c)}{f'_y \cdot A_{ch}} \right) = 0.033$$

$$d_c := \text{MIN} \left( (c_1 - 2 \cdot r_{\text{conc}})_{\text{min}}; (c_2 - 2 \cdot r_{\text{conc}})_{\text{min}} \right) = 150 \text{ mm}$$

$A_{sv}$  = área total de refuerzo transversal, incluyendo ganchos suplementarios, colocado dentro del espaciamiento  $s$  y perpendicular a la dimensión  $k_2$ , mm<sup>2</sup>.

$$\frac{A_{sv}}{s \cdot d_c} = V_1 \quad A_{sv} := V_1 \cdot n_{\text{trans_col}} \cdot h_c = 39.64 \text{ mm}^2$$

$$d_{\text{min trans col}} := \begin{cases} 1 & \text{si } n_{\text{trans_col}} = 4 \\ 2 & \\ 1 & \text{si } n_{\text{trans_col}} = 3 \\ 4 & \end{cases}$$

$$A_{s_{\text{trans_col}}} := \frac{n \cdot \phi_{\text{trans_col}}^2}{4} \cdot n_{\text{trans_col}} = 314.1593 \text{ mm}^2$$

25.8.5.5 Para cada estribo rectangular, estribo cerrado de confinamiento o gancho suplementario,  $A_s$  debe tomarse como el área efectiva de las ramas de barra o alambre dentro del espaciamiento  $s$ .

Área del acero transversal de la columna.

```

verif_s1_s2 := if (A_s_trans_col >= A_s
  "COMPLET"
  "NO COMPLET"
)
  "Aumentar el diámetro o disminuir la separación entre refuerzos."
else
  "NO COMPLET"
  "Aumentar el diámetro o disminuir la separación entre refuerzos."

```

□ longitud de desarrollo a tracción sin ganchos  $l_d$

Factor de modificación	Definición	Valor del factor
Factor de modificación para barras	Concreto de peso ligero	0.75
	Concreto de peso normal	1.0
Cuadro del refuerzo $\rho_t$	Cuadro 3B4	0.15
	Cuadro 4B4	0.3
Episodio $\rho_t$	Refuerzos con recubrimiento epóxico a una distancia no mayor de $h_c/4$ de los extremos a una separación libre entre ellos	1.3
	Refuerzos con recubrimiento epóxico a una distancia no mayor de $h_c/4$ de los extremos a una separación libre entre ellos	1.3
	Refuerzos con recubrimiento epóxico diferentes en sus extremos	1.3
Tamaño $\rho_t$	Barra No. 37 o mayor	1.3
	Las barras No. 14 o mayores cuando se usan en barras de refuerzo de concreto	0.8
Clasificación $\rho_t$	Barra No. 30B4 de concreto ligero	1.3
	Otro	1.0

según peso concreto  $\lambda = 1$

Según grado de refuerzo  $\psi_g = 1$

Según epóxico  $\psi_e = 1$

Según ubicación  $\psi_s = 1$

Según tamaño  $\psi_t = 1$

ACI 318 - 19 / Tabla 25.4.2.5 Nota

$$\psi_s := \text{IF } \phi_{\text{long viga}} \geq 22 \text{ mm} = 0.8$$

$$\psi_s := \text{MIN}(1.0; \psi_g \cdot \psi_e) = 1$$

ACI 318 - 19 / 25.4.1.4  $f_{y,c} := \text{MIN} \left( 8.3 \text{ MPa}; \sqrt{\frac{f'_{c,c}}{\text{MPa}}} \right) = 4.083 \text{ MPa}$

ACI 318 - 19 / 25.4.2.1.b  $f_{y,c} := 36 \text{ ksi}$

$$d_{\text{trans}} := d_{\text{viga}} - (2 \cdot r_{\text{conc}}) = \phi_{\text{long viga}} = 0.232 \text{ m}$$

$$d_c := \text{MIN} \left( \frac{\phi_{\text{long viga}}}{2} + r_{\text{conc}}; \frac{d_{\text{trans}}}{2} \right) = 8.4 \text{ cm}$$

ACI 318 - 19 / 25.4.2.4  $f_{d, \text{viga}} := \text{MIN} \left( 2.0; \frac{f_y}{f_{y,c}} \right) = 2.0$

ACI 318 - 19 / 25.4.2.3  $l_{d2} := \text{IF } \phi_{\text{long viga}} \leq 19 \text{ mm} = 78.558 \text{ cm}$

$$l_{d2} := \frac{f_y}{\text{MIN} \left( \frac{f_y}{f_{y,c}}; \frac{\phi_{\text{long viga}}}{d_c} \right)} \cdot \frac{\phi_{\text{long viga}}}{\text{MIN} \left( \frac{f_y}{f_{y,c}}; \frac{\phi_{\text{long viga}}}{d_c} \right)}$$

$$\text{else } \frac{f_y}{\text{MIN} \left( \frac{f_y}{f_{y,c}}; \frac{\phi_{\text{long viga}}}{d_c} \right)} \cdot \frac{\phi_{\text{long viga}}}{\text{MIN} \left( \frac{f_y}{f_{y,c}}; \frac{\phi_{\text{long viga}}}{d_c} \right)}$$

$$1.7 \cdot \lambda \cdot \frac{f_y}{f_{y,c}} \cdot \frac{\phi_{\text{long viga}}}{\text{MIN} \left( \frac{f_y}{f_{y,c}}; \frac{\phi_{\text{long viga}}}{d_c} \right)}$$

ACI 318 - 19 / 25.4.2.4  $l_{d2} := \frac{f_y}{\text{MIN} \left( \frac{f_y}{f_{y,c}}; \frac{\phi_{\text{long viga}}}{d_c} \right)} \cdot \frac{\phi_{\text{long viga}}}{\text{MIN} \left( \frac{f_y}{f_{y,c}}; \frac{\phi_{\text{long viga}}}{d_c} \right)} = 25.71 \text{ cm}$

$$1.1 \cdot \lambda \cdot \frac{f_y}{f_{y,c}} \cdot \frac{\phi_{\text{long viga}}}{\text{MIN} \left( \frac{f_y}{f_{y,c}}; \frac{\phi_{\text{long viga}}}{d_c} \right)}$$

$$d_{d, \text{viga}} := \text{MAX} \left( l_{d2}; l_{d2} \right) = 78.558 \text{ cm}$$

Hasta barras de 32mm, se recomienda tener una separación entre barras no menor a 10cm, de forma que se obtengan las mínimas longitudes de desarrollo.

— Longitud de desarrollo a tracción con gancho L<sub>dh</sub> —

Tabla 25.4.3.2 — Factores de modificación para el desarrollo de las barras con gancho en tracción

Factor de modificación	Condición	Valor del factor
Concreto (límite A)	Concreto de peso liviano	0.75
	Concreto de peso normal	1.0
Epóxido (límite B)	Refuerzo con recubrimiento epóxico o zinc y barras con recubrimiento de zinc epóxico	1.3
	Refuerzo de recubrimiento o recubrimiento epóxico con despojado	1.0
Configuración del refuerzo (límite C)	Para barras No. 36 y menores con $A_g \geq 0.4A_c$ o $d^2 \geq 4d_b^2$	1.6
	Otros	1.0
Ubicación (límite D)	Para barras con ganchos No. 36 y menores: (1) que terminan dentro del nodo de la columna con recubrimiento lateral normal al plano del gancho $\geq 6d_b$ o (2) con recubrimiento lateral normal al plano del gancho $\geq 6d_b$	1.0
	Otros	1.25
Resistencia del concreto (límite E)	Para $f'_c \leq 43$ MPa	$\frac{f'_c}{103}$
	Para $f'_c > 43$ MPa	1.0

$d_b$  es el diámetro nominal de la barra con gancho.  
 $d_c$  es el diámetro nominal de la barra con gancho.

Según epóxido  $\phi_e = 1$   
 Según ubicación  $\phi_u = 1.25$

$$s_{long} := l_{d,viga} - (2 \cdot c_{col,ext}) - \phi_{long,viga} = 0.232 \text{ m}$$

Al aumentar a long, reduce la longitud de desarrollo. Existe un valor de separación desde la cual ya no puede reducirse más la longitud de desarrollo. Para afecta L<sub>dh</sub> deberá colocar separaciones mayores a 6d<sub>b</sub>

Según confinamiento  $\phi_c = 1$   
 $\phi_c = 1.1 \left( \frac{c_{col,ext} \leq 36 \text{ mm}}{c_{col,ext}} \right) \left( \frac{c_{col,ext} \geq 8 \cdot \phi_{col,ext}}{c_{col,ext}} \right) - 1$

Según resistencia del concreto  $\phi_c = 1$   
 $\phi_c = 1.1 \left( \frac{f'_c < 43 \text{ MPa}}{f'_c} \right) = 0.8$

ACI 318 - 19 / 25.4.1.4

$$f_{c,adj} := f'_c \left( 8.3 \text{ MPa} / \sqrt{\frac{f'_c}{\text{MPa}}} \right) = 4.583 \text{ MPa}$$

ACI 318 - 19 / 25.4.3.1

$$l_{d,viga} := \text{MAX} \left( \frac{f_y}{2.5 \cdot A} \cdot \frac{A_g}{f_{c,adj}} \cdot \left( \frac{\phi_{long,viga}}{\text{mm}} \right)^{1.5} ; 8 \cdot \phi_{col,ext} ; 120 \right) = 80.4 \text{ cm}$$

ACI 318-19 / Tabla 25.3.1

$$l_{d,viga} := 12 \cdot \phi_{long,viga} = 24.6 \text{ cm}$$

$$l_{d,viga} := 21.6 \text{ cm}$$

```

if c2 = rc_colm - phi_trans_colm >= l_d_viga then
    "COMPLETO"
else
    "Colocar longitud de desarrollo con gancho."

```

```

if l1 = "Colocar longitud de desarrollo con gancho." = 0.3043 m
then
    l_viga := l_d_viga
else
    l_viga := l_d_viga

```

```

verf_4.1.10 := if (c2 = rc_colm - phi_trans_colm) >= l_d_viga then "COMPLETO"
              else
                ["NO CUMPLE"
                 "Colocar pedestal."]

```

$$d_{col,m} := c_2 - 2 \cdot c_{col,m} - \frac{\phi_{long,col,m}}{2} - \phi_{trans,col,m} = 30.8 \text{ cm}$$

$$V_{e,col,m} := 0 \text{ kN}$$

$$V_u := \text{MAX} (V_1, V_2) = 101.8572 \text{ kN}$$

$$f_{yc} := f_y = 420 \text{ MPa} \quad \text{ACI 318-19 (22.2.4 (a))}$$

$$V_{u,col,m} := \frac{A_g \cdot A_{trase} \cdot \sin^2 \theta_{tr} \cdot f_{yc}}{s_{trans,col,m}} = 564.4395 \text{ kN} \quad \text{ACI 318-19 (22.5.6)}$$

Resistencia de la sección a corte.

```

verf_1002 := if phi_c * (V_u,col,m + V_{e,col,m}) >= V_u then "COMPLETO"
            else
              ["NO CUMPLE"
               "Colocar pedestal."]

```

```

verf_4.1.11 := if ( (verf_4.1.7.1 = "COMPLETO" ) AND (verf_4.1.10 = "COMPLETO" ) ) AND (verf_1002 = "COMPLETO" ) then
    "COMPLETO"
else
    ["NO CUMPLE"
     "Colocar pedestal."]

```

verf\_1002 = VERF\_4.1.11 NO TOCAR

4.2 Pedestal.

$$rc_{col,m}^2 := c_2 - d_2 = -10 \text{ cm} \quad \text{Control de la relación que existe entre la columna y pedestal}$$

$$rc_{ped}^2 := d_1 - d_2 = -10 \text{ cm}$$

Relación geométrica de la columna y pedestal.

```

verf_4.1.11 := if rc_{col,m}^2 = rc_{ped}^2 then "COMPLETO"
              else
                ["NO CUMPLE"
                 "NO CUMPLE"]

```

$$A_{2,pes} := b_1 \cdot b_2 = 200000 \text{ mm}^2$$



ACI 318		1.25
Resistencia del concreto $f'_c$	Para $f'_c < 42$ MPa	$\frac{f'_c}{1.6}$
	Para $f'_c \geq 42$ MPa	1.0

<sup>1)</sup>  $f'_c$  es el mismo especificado como el centro de las barras con gancho  
<sup>2)</sup>  $d_b$  es el diámetro nominal de la barra con gancho.

**Según confinamiento**

$$\phi_c := \begin{cases} \left( \frac{\phi_{long\_ped} \leq 36 \text{ mm}}{1} \right) \wedge \left( \frac{f'_c \geq 6 \cdot f'_{comp\_ped}}{1} \right) = 1 \\ \text{else} \\ 1.6 \end{cases}$$

**Según resistencia del concreto**

$$\phi_c := \begin{cases} \frac{f'_c < 42 \text{ MPa}}{1.6} = 0.6 \\ \frac{f'_c}{1.0} = 1.0 \\ \text{else} \\ 1 \end{cases}$$

**ACI 318 - 19 / 25.4.1.4**

$$f'_{c,c} := \text{Min} \left( 8.3 \text{ MPa}; \sqrt{\frac{f'_c}{\text{MPa}}} \right) = 4.593 \text{ MPa}$$

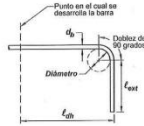
**ACI 318 - 19 / 25.4.3.1**

$$d_{m\_long\_ped} := \text{Max} \left( \frac{F_u - \psi_s \cdot \psi_e \cdot \psi_g \cdot \psi_r}{23 \cdot A_s \cdot f'_{c,c}} \cdot \left( \frac{\phi_{long\_ped}}{30} \right)^{1.5} \right. \\ \left. \text{Min} \left( 8 \cdot \phi_{long\_ped}; 150 \text{ mm} \right) \right) = 20.9 \text{ cm}$$

**ACI 318-19 / tabla 25.3.1**

$$d_{ext\_long\_ped} := 12 \cdot \phi_{long\_ped} = 16.9 \text{ cm}$$

$$d_{m\_long\_ped} = 20.97 \text{ cm} \quad d_{ext\_long\_ped} = 16.9 \text{ cm}$$



$$d_{ext\_long\_ped} = 16.9 \text{ cm} \quad d_{m\_long\_ped} = 20.9739 \text{ cm}$$

$$s_{min\_ped} := \text{Max} \left( 40 \text{ mm}; 1.5 \cdot \phi_{long\_ped}; \frac{s}{3} \cdot (499; 5 \text{ cm}) \right) = 5 \text{ cm}$$

ACI 318 - 19 (25.2.3)

Se toma 5 cm por cuestiones constructivas.

$$s_{o\_ped} := 100 \text{ mm} + \left( \frac{350 \text{ mm} - s_{min\_ped}}{3} \right) = 118.2 \text{ cm}$$

ACI 318 - 19 (18.7.3)

25.2.3 Para refuerzo longitudinal en columnas, pedestales, puntales y elementos de borde en muros, la distancia libre entre barras debe ser al menos el mayor de 40 mm,  $1.5d_b$ , y  $(4/3)d_{agg}$

$$s_{max\_trans\_ped} := \text{Min} \left( \frac{\text{Min}(b_x; b_y)}{4}; s \cdot \phi_{long\_ped} \right) \\ \left( \begin{array}{l} \text{if } \phi_{long\_ped} > 150 \text{ mm} \\ \quad 150 \text{ mm} \\ \text{if } \text{if } s_{o\_ped} < 100 \text{ mm} \\ \quad 100 \text{ mm} \\ \text{else if } (s_{o\_ped} \geq 100 \text{ mm}) \wedge (s_{o\_ped} \leq 150 \text{ mm}) \\ \quad s_{o\_ped} \end{array} \right) = 8.4 \text{ cm}$$

ACI 318 - 19 (18.7.3)

Se mantiene la separación del refuerzo transversal para mantener la simetría.

**Espaciamiento entre el refuerzo transversal del pedestal.**

```

verif_s_o := if ( (s_o_trans >= s_max_ped) & (s_o_trans <= s_max_trans_ped) == "COMPLE"
              "COMPLE"
              else
              "NO COMPLE"
              ["Reducir el espaciamiento entre arribos."]
    
```

ACI 318 - 19 (25.2.3)

ACI 318 - 19 (18.7.3)

$$d_{ped} := d_2 - \text{FCC}_{min} - \frac{\phi_{long\_ped}}{2} - \phi_{trans\_ped} = 40.6 \text{ cm}$$

$$\lambda = 1 \quad \text{ACI 318 - 19 (19.4.2)}$$

$$M_u_{ped} := \text{Min} \left( \frac{M_u}{6 \cdot A_{s\_ped}}; 0.05 \cdot f'_c \right) = 0.4455 \text{ MPa}$$

ACI 318 - 19 (22.5.1.2)

$$V_u_{ped} := 0 = 0 \text{ kN}$$

ACI 318 - 19 (25.5.1 (a))

ACI 318 - 19 (25.5.1.1)

$$V_u := \text{Max} (V_u; \bar{V}_u) = 101.8572 \text{ kN}$$

**Sección transversal del pedestal.**

```

verif_s_o := if ( V_u <= \phi_c \cdot \left( V_u_{ped} + \left( 0.66 \cdot \sqrt{\frac{f'_c}{\text{MPa}}} \right) \cdot A_s \cdot d_{ped} \right) \cdot \text{MPa} == "COMPLE"
              "COMPLE"
              else
              "NO COMPLE"
              ["Aumentar la sección transversal."]
    
```

ACI 318 - 19 (22.5.1.2)

$$f'_{c,c} := f'_c = 420 \text{ MPa} \quad \text{ACI 318 - 19 (22.2.4 (a))}$$

$$n_{min\_trans} := \begin{cases} \text{if } n_{long\_ped} = 4 \rightarrow 4 \\ 2 \\ \text{else} \\ 4 \end{cases}$$

$$A_{s\_ped} := \left( \frac{n \cdot \phi_{trans\_ped}^2}{4} \right) \cdot n_{min\_trans\_ped} = 402.3893 \text{ mm}^2$$

$$A_{s\_ped} = 4.5239 \text{ cm}^2$$

$$V_{s,ped} = \frac{A_{v,ped} \cdot f_{yt} \cdot d_{ped}}{s_{trans,adm}} = 1071.4088 \text{ kN} \quad \text{ACI 318-19 (22.5.8.5)} \quad s_{trans,ped} = 7.2 \text{ cm}$$

Resistencia de la sección a corte.

```

verif_v_s := if (V_u <= V_c + V_s,ped) then "CUMPLE"
            else "NO CUMPLE"
    
```

ACI 318-19 (22.5.8.1)

$$d_{id,ped} = l_{ext,ped} + d_{var,p} + d_{var,z} = 7.5 \text{ cm} = 28.3 \text{ cm}$$

Alto de la zapata en función de idh del pedestal.

```

verif_d_p := if (d_p <= d_id,ped) then "CUMPLE"
            else "NO CUMPLE"
    
```

["Aumentar 75 cm en el lapso de 10 cm"]

Diseño como columna.

DATOS PARA LA COLUMNA

$$P_{u,max,col} = \text{Max}(P_u; P_c) = 534.6 \text{ kN} \quad M_{u,max} = 1 \text{ kN m}$$

$$M_{u,col} = \text{Max}(M_u; M_{cr}) = 10 \text{ kN m}$$

$$c_{col} = 400 \text{ mm}$$

$$d_{ext,col} = d_{ext,ped} = 12 \text{ mm}$$

$$d_{var,col} = d_{var,ped} = 14 \text{ mm}$$

$$b_{col} = b_1 = 400 \text{ mm} \quad b_{col} = b_2 = 500 \text{ mm}$$

$$d' = c_{col} + \frac{d_{var,col}}{2} = 9.4 \text{ cm}$$

```

if (n_long,col == 4) then
    n_y := 2
    n_x := 2
else
    n_long,col == 4
    n_y := 3
    n_x := 3
    
```

$$A_g = b_{col} \cdot h_{col} = 2000 \text{ cm}^2$$

$$A_{g,min} := 0.01 \cdot A_g = 2000 \text{ mm}^2$$

$$A_{g,max} := 0.03 \cdot A_g = 6000 \text{ mm}^2$$

$$n_1 = n_x \cdot 2 + n_y \cdot 2 - 4 = 8$$

$$A_{sc} = (n_1 \cdot 2 + n_2 \cdot 2 - 4) \cdot n \cdot \frac{d_{var,col}^2}{4} = 1231.5643 \text{ mm}^2$$

**COLUMNA.**

**OJO** Esta hoja de cálculo está hecha solo para columnas cuadradas y con la misma cantidad de barras de acero en todos sus lados.

Diseño a flexocompresión

PARÁMETROS ACI

**FACTORES DE REDUCCIÓN DE RESISTENCIA ACI 318-19 / Tabla 21.2.1**

Factor de reducción para secciones controladas por tracción

$$\phi_T = 0.9$$

Factor de reducción a cortante

$$\phi_V = 0.75$$

Factor de reducción para secciones controladas por compresión

$$\phi_C = 0.65$$

$$e_{pp} = 0.003$$

$$E_s = 200 \text{ GPa}$$

$$k_f = \frac{V_u}{V_c} = 0.0021$$

Valores para la distribución rectangular de esfuerzos

```

if (17 MPa <= f'c < 28 MPa) then
    beta_1 := 0.85
else
    if (28 MPa <= f'c <= 55 MPa) then
        beta_1 := (0.85 - 0.05 * ((f'c - 28) / 27))
    else
        beta_1 := 0.65
    
```

COMERSIÓN PURA - CONSIDERA EXCENTRICIDAD ACCIDENTAL ACI 318-19/ Tabla 22.4.2.1

Resistencia nominal a compresi3n de la secci3n transversal sin considerar excentricidad accidental.

$$P_o := 0.85 \cdot f'c \cdot (A_g - A_{st}) + F_y \cdot A_{st} = 414540.08 \text{ kgf}$$

Coefficiente que considera excentricidad accidental Dependiendo del tipo de eslabo ACI 318-19/ Tabla 22.4.2.1.

$$\alpha := 0.8$$

Resistencia nominal a compresi3n de la secci3n transversal considerando excentricidad accidental.

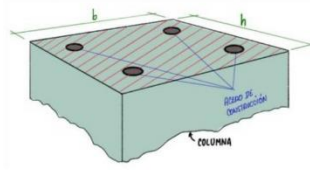
$$P_{nc} := \alpha \cdot P_o = 331632.06 \text{ kgf}$$

Resistencia a compresi3n con excentricidad accidental de la columna

$$\phi P_c := \phi_c \cdot P_{nc} = 215.56 \text{ tonnef}$$

Resistencia a momento para el caso de compresi3n pura

$$\phi M_c := 0 \text{ kgf m}$$



$$\begin{aligned} \phi P_c &= 2113.9297 \text{ kN} & \phi P_c &= 215.5608 \text{ tonnef} \\ \phi M_c &= 0 \text{ kNm} & \phi M_c &= 0 \text{ tonnef m} \end{aligned}$$

TRACCI3N PURA ACI 318-19/ 22.4.3

Resistencia nominal a tracci3n de elementos no preesforzados

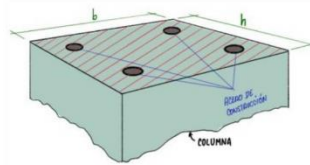
$$P_{nt} := -F_y \cdot A_{st} = -52742.9667 \text{ kgf}$$

Resistencia a tracci3n pura de la columna

$$\phi P_t := \phi_t \cdot P_{nt} = -47468.67 \text{ kgf}$$

Resistencia a momento para el caso de tracci3n pura

$$\phi M_t := 0 \text{ kgf m}$$



$$\begin{aligned} \phi P_t &= -465.5086 \text{ kN} & \phi P_t &= -47.4687 \text{ tonnef} \\ \phi M_t &= 0 \text{ tonnef m} & \phi M_t &= 0 \text{ tonnef m} \end{aligned}$$

F3RMULA AXIL-MOMENTO

PROGRAMA VARIOS EJES

```
VARIABLE_MAS (c; n_h; n_b; \phi_{var_col}; d'; h_{col}; b_{col}; \beta_1; F_y; f'c; E_s) := c
s_h := (h_{col} - 2 \cdot d') / (n_h - 1)
e_y := F_y / E_s
k_h := [1 .. n_h]
A_{s_i} := (n_b \cdot \pi \cdot (\phi_{var_col})^2) / 4
if n_h > 2
  for i \in [k_h_2 .. k_h_length(k_h) - 1]
    A_{s_i} := (2 \cdot \pi \cdot (\phi_{var_col})^2) / 4
  else
    A_{s_i} := A_{s_1} / length(k_h)
  A_s := A_{s_i}
  d_h := [i:1]
  while i \le length(k_h)
    d_{h_i} := d' + s_h \cdot (i - 1)
    i := i + 1
  d_h := d_{h_1}
e_{s_i} := (0.003 \cdot (c - d')) / c
f_{s_i} := if |e_{s_i}| \ge e_y then sign(e_{s_i}) \cdot F_y else e_{s_i} \cdot E_s
for i \in [k_h_1 .. k_h_length(k_h)]
```

```

    0.003 · (dh1 - c)
    εs1 :=  $\frac{0.003 \cdot (d_{h1} - c)}{c}$ 
    εs1 := if |εs1| ≥ εy
            sign(εs1) · Fy
            else
            εs1 · Es
    φ := if εs < εy
         length(kh)
         0.65
         else
         if εy ≤ εs · length(kh) < εy + 0.003
         0.65 + 0.25 ·  $\frac{\epsilon_s \cdot \text{length}(k_h) - \epsilon_y}{0.003}$ 
         else
         0.9
    φPn := φ ·  $\left( 0.85 \cdot f'c \cdot (\beta_1 \cdot c) \cdot b_{\text{col}} + A_{s1} \cdot f_{s1} - \sum_{i=2}^{\text{length}(k_h)} A_{si} \cdot f_{si} \right)$ 
    φMn := φ ·  $\left( 0.85 \cdot f'c \cdot (\beta_1 \cdot c) \cdot \left( \frac{h_{\text{col}}}{2} - \frac{(\beta_1 \cdot c)}{2} \right) + (A_{s1} \cdot f_{s1}) \cdot \left( \frac{h_{\text{col}}}{2} - d' \right) + \sum_{i=2}^{\text{length}(k_h)} \right)$ 
     $\begin{bmatrix} \phi_{Pn} \\ \phi_{Mn} \\ \phi \\ \epsilon_s \cdot \text{length}(k_h) \end{bmatrix}$ 

```

▣ PÁJIA HALANKADA

debe cumplirse  $e_s = \frac{F_y}{E_s}$

```

cbx := 0.1 cm
while 1
    εnbx := VARIABLE_MAS (cbx; nb; nh; φvar_col; d'; hcol; bcol; β1; Fy; f'c; Es)4
    if  $\left| \epsilon_{nbx} - \frac{F_y}{E_s} \right| \geq 0.0001$ 
        cbx := cbx + 1 cm
    else
        break

```

c<sub>bx</sub> = 24.1 cm

φ<sub>Pbx</sub> := VARIABLE\_MAS (c<sub>bx</sub>; n<sub>b</sub>; n<sub>h</sub>; φ<sub>var\_col</sub>; d'; h<sub>col</sub>; b<sub>col</sub>; β<sub>1</sub>; F<sub>y</sub>; f'c; E<sub>s</sub>)<sub>1</sub> = 95.1164 tonnef

φ<sub>Mbx</sub> := VARIABLE\_MAS (c<sub>bx</sub>; n<sub>b</sub>; n<sub>h</sub>; φ<sub>var\_col</sub>; d'; h<sub>col</sub>; b<sub>col</sub>; β<sub>1</sub>; F<sub>y</sub>; f'c; E<sub>s</sub>)<sub>2</sub> = 18.0158 tonnef m

ε<sub>sbx</sub> := VARIABLE\_MAS (c<sub>bx</sub>; n<sub>b</sub>; n<sub>h</sub>; φ<sub>var\_col</sub>; d'; h<sub>col</sub>; b<sub>col</sub>; β<sub>1</sub>; F<sub>y</sub>; f'c; E<sub>s</sub>)<sub>4</sub> = 0.0021

```

cby := 0.1 cm
while 1
    εnby := VARIABLE_MAS (cby; nb; nh; φvar_col; d'; hcol; bcol; β1; Fy; f'c; Es)4
    if  $\left| \epsilon_{nby} - \frac{F_y}{E_s} \right| \geq 0.0001$ 
        cby := cby + 1 cm
    else
        break

```

c<sub>by</sub> = 18.1 cm

φ<sub>Pby</sub> := VARIABLE\_MAS (c<sub>by</sub>; n<sub>b</sub>; n<sub>h</sub>; φ<sub>var\_col</sub>; d'; h<sub>col</sub>; b<sub>col</sub>; β<sub>1</sub>; F<sub>y</sub>; f'c; E<sub>s</sub>)<sub>1</sub> = 85.8709 tonnef

φ<sub>Mby</sub> := VARIABLE\_MAS (c<sub>by</sub>; n<sub>b</sub>; n<sub>h</sub>; φ<sub>var\_col</sub>; d'; h<sub>col</sub>; b<sub>col</sub>; β<sub>1</sub>; F<sub>y</sub>; f'c; E<sub>s</sub>)<sub>2</sub> = 13.4815 tonnef m

ε<sub>sby</sub> := VARIABLE\_MAS (c<sub>by</sub>; n<sub>b</sub>; n<sub>h</sub>; φ<sub>var\_col</sub>; d'; h<sub>col</sub>; b<sub>col</sub>; β<sub>1</sub>; F<sub>y</sub>; f'c; E<sub>s</sub>)<sub>4</sub> = 0.0021

Not for commercial use

$c_{dx} = 24.1 \text{ cm}$	$c_{dx} = 9.4882 \text{ in}$	$c_{dy} = 18.1 \text{ cm}$	$c_{dy} = 7.126 \text{ in}$
$\epsilon_{sdx} = 0.0021$	$\epsilon_{sdx} = 0.0021$	$\epsilon_{sdy} = 0.0021$	$\epsilon_{sdy} = 0.0021$
$\varphi P_{dx} = 932.7728 \text{ kN}$	$\varphi P_{dx} = 95.1164 \text{ tonnef}$	$\varphi P_{dy} = 842.1055 \text{ kN}$	$\varphi P_{dy} = 85.8709 \text{ tonnef}$
$\varphi M_{dx} = 176.6751 \text{ kN m}$	$\varphi M_{dx} = 18.0158 \text{ tonnef m}$	$\varphi M_{dy} = 132.2084 \text{ kN m}$	$\varphi M_{dy} = 13.4815 \text{ tonnef m}$

□ MÁXIMA CARGA AXIL RESISTENTE BALANCEADA  $P_b$

$$\gamma := \text{atan} \left( \frac{M_{dy \text{ col}}}{M_{dx \text{ col}}} \right) = 89.1815^\circ$$

$$K := \frac{(\varphi P_{dx} - \varphi P_{dy}) \cdot (90^\circ - \gamma)}{90^\circ} = 0.0841 \text{ tonnef}$$

$$P_b := \varphi P_{dy} + K = 85.9549 \text{ tonnef}$$

NOTA<sub>1</sub> := if  $P_{u \text{ max col}} \geq P_b$  = "DOMINA LA TRACCIÓN,  $P_u < P_b$ "  
 "DOMINA LA COMPRESIÓN,  $P_u \geq P_b$ "  
 else  
 "DOMINA LA TRACCIÓN,  $P_u < P_b$ "

$$P_o = 842.93 \text{ kN} \quad P_b = 85.9549 \text{ tonnef}$$

□ MÁXIMA CARGA AXIL RESISTENTE PURA  $P_o$

$$P_o := \text{if } \frac{P_{u \text{ max col}}}{\varphi P_c} \geq P_b \quad = -47.4687 \text{ tonnef}$$

$$\frac{\varphi P_c}{\alpha}$$

else  
 if  $P_{u \text{ max col}} > 0.1 \cdot f'c \cdot A_g$   
 $\varphi P_t$   
 else  
 $\frac{\varphi P_t}{\varphi_f} \cdot \left( 0.65 + 0.25 \cdot \frac{P_{u \text{ max col}}}{0.1 \cdot f'c \cdot A_g} \right)$

NOTA<sub>2</sub> := if  $P_{u \text{ max col}} > \varphi P_c$  = "OK ' $P_u < \varphi P_c$ '. Considera limitación por excentricidad accidental"  
 "ERROR ' $P_u > \varphi P_c$ '. Considera limitación por excentricidad accidental"  
 else  
 "OK ' $P_u < \varphi P_c$ '. Considera limitación por excentricidad accidental"

NOTA<sub>3</sub> := if  $\frac{P_{u \text{ max col}}}{0.1 \cdot f'c \cdot A_g} \leq 1$  = "Pu es SUPERIOR al 10% de la resistencia a carga axil de la sección"  
 "Pu es INFERIOR al 10% de la resistencia a carga axil de la sección."  
 else  
 "Pu es SUPERIOR al 10% de la resistencia a carga axil de la sección."

$$\text{verf}_{4.2.10} := \text{if } \frac{P_{u \text{ max col}} - P_b}{P_o - P_b} + \left( \frac{M_{dx \text{ col}}}{\varphi M_{dx}} \right)^{1.5} + \left( \frac{M_{dy \text{ col}}}{\varphi M_{dy}} \right)^{1.5} \leq 1 \text{ "CUMPLE"}$$

$$\text{verf}_{4.2.10} = \frac{P_{u \text{ max col}} - P_b}{P_o - P_b} + \left( \frac{M_{dx \text{ col}}}{\varphi M_{dx}} \right)^{1.5} + \left( \frac{M_{dy \text{ col}}}{\varphi M_{dy}} \right)^{1.5} = 0.6213$$

"CUMPLE"  
 else  
 ["NO CUMPLE"  
 "Falla la viga."]

$$P_o = -465.5086 \text{ kN} \quad P_o = -47.4687 \text{ tonnef}$$

NOTA<sub>1</sub> = "DOMINA LA TRACCIÓN,  $P_u < P_b$ "

NOTA<sub>2</sub> = "OK ' $P_u < \varphi P_c$ '. Considera limitación por excentricidad accidental"

NOTA<sub>3</sub> = "Pu es SUPERIOR al 10% de la resistencia a carga axil de la sección."

$$\frac{P_{u \text{ max col}} - P_b}{P_o - P_b} + \left( \frac{M_{dx \text{ col}}}{\varphi M_{dx}} \right)^{1.5} + \left( \frac{M_{dy \text{ col}}}{\varphi M_{dy}} \right)^{1.5} = 0.6213$$

efecto bi axial.  
 $\text{verf}_{4.2.10} = 0.6213$

5. Diseño de la viga de amarre.

5.1. Dimensionamiento de la sección.

$(a = b - h) = b^2$  La sección de la viga es cuadrada.

$(I = \frac{b \cdot h^3}{12}) = \frac{b^4}{12}$

$r = \sqrt{\frac{I}{A}}$  ACI 318-19 (6.2.5.2)  $(r = \sqrt{\frac{I}{A}}) = \sqrt{\frac{\frac{b^4}{12}}{b^2}}$

$\frac{h \cdot A}{r} \leq 40$  ACI 318-19 (6.2.5.1)  $\lambda = \frac{L}{r}$   $r = \frac{L}{40}$

$\frac{L}{40} = \sqrt{\frac{\frac{b^4}{12}}{b^2}}$   $\frac{L}{40^2} = \frac{b^2}{12}$

$b_{viga\_cal} = \sqrt{\frac{L_{sup}^2}{40^2 \cdot 12}}$  = 30 cm Ancho y alto de la viga.  $b$  cm

$b_{min\_viga} = \max\left(\frac{250 \text{ mm} \cdot L_{sup}}{20}\right) = 250 \text{ mm}$  ACI 318-19 (18.13.4.4a) ACI 318-19 (18.6.2.1b) REVISAR.

$b_{min\_viga} = \max(b_{min\_viga}; b_{viga\_cal}) = 30 \text{ cm}$

$b_{max\_viga} = 450 \text{ mm}$  ACI 318-19 (18.13.4.4a)

Ancho y alto de la viga.

```
verif_5.1.1 := if (b_viga >= b_min_viga & b_viga <= b_max_viga) = "COMPLET"
              "COMPLET"
            else
              "NO COMPLET"
              ["Aumentar en múltiplos de 5 cm."]
```

Luz libre de la viga.

```
verif_5.1.2 := if (b_sep >= (b_viga - rec_caul - \frac{\phi_{limb_viga}}{2} - \phi_{limb_viga})) = "COMPLET"
              "COMPLET"
            else
              "NO COMPLET"
              ["Aumentar la luz libre."]
```

ACI 318-19 (18.6.2.1a)

$C_{real} = D_1 - r_{caj} - \frac{b_{viga}}{2} = 0.9 \text{ m}$  Valor real de "C" recalculado segun el ejemplo.

Control de la altura "C".

```
verif_5.1.3 := if (C_real >= C_req) = "COMPLET"
              "COMPLET"
            else
              "NO COMPLET"
              ["CARGA: " & C_2 & " var2&lt;div style="display: inline-block; width: 100px; height: 1em; border: 1px solid black; vertical-align: middle;">
```

Ancho de la viga de amarre.

```
verif_5.1.4 := if (verif_5.1.1 = "COMPLET") = "COMPLET"
              if (C_1 >= b_viga)
                "COMPLET"
              else
                "NO COMPLET"
                ["Aumentar C1 en múltiplos de 5 cm."]
            else
              if (b_1 >= b_viga)
                "COMPLET"
              else
                "NO COMPLET"
                ["Aumentar b1 en múltiplos de 5 cm."]
```

5.2. Refuerzo longitudinal.

Diseño 1.

$T = 0.25 \cdot Z \cdot F_u$   $\phi \cdot F_n = \phi \cdot F_y \cdot A_s$  Tensor

$T_u = 0.25 \cdot Z \cdot F_u = 32.25 \text{ kN}$

$A_s = \frac{T_u}{0.9 \cdot F_y} = 85.3175 \text{ mm}^2$

Diseño 2.

$\phi \cdot F_u = T_u$   $\phi \cdot F_n = \phi \cdot F_y \cdot A_s$

$T_u = \max(T_u; T_u) = 101.8572 \text{ kN}$

$A_s = \frac{T_u}{0.9 \cdot F_y} = 269.4636 \text{ mm}^2$   $\sqrt{\frac{T_u \cdot 4}{4 \cdot \pi}} = 10 \text{ mm}$

Diseño 3

$$C_{alt} = 0.25 \cdot P_u$$

$$C_{alt} = 0.25 \cdot 2 \cdot P_u = 32.25 \text{ kN}$$

— Diseño como columna.

— DATOS PARA LA COLUMNA

$$P_{u\_max\_col} = \text{Max}(P_u, P_c) = 534.6 \text{ kN}$$

$$M_{u\_col} = 0.0031 \text{ kNm}$$

$$M_{u\_col} = \text{Max}(M_u, M_c) = 0 \text{ kNm}$$

$$c_{col} = c_{c_{max}}$$

$$\phi_{ext\_col} = \phi_{ext_{max\_viga}} = 10 \text{ mm}$$

$$\phi_{int\_col} = \phi_{int_{max\_viga}} = 18 \text{ mm}$$

$$d_{col} = h_{viga} = 400 \text{ mm}$$

$$h_{col} = h_{viga} = 400 \text{ mm}$$

$$d' = e_{cc} + \phi_{ext\_col} = \frac{\phi_{max\_col}}{2} = 9.4 \text{ cm}$$

```

if n_long_viga = 4
  n_b = 2
  n_b = 2
else
  n_b = 3
  n_b = 3
end

if n_long_viga = 4
  n_b_max_col = 2
else
  n_b_max_col = 4
end
    
```

$$A_g = b_{col} \cdot h_{col} = 1600 \text{ cm}^2$$

$$A_{g\_ext\_viga} = 0.01 \cdot A_g = 1600 \text{ mm}^2$$

$$A_{g\_int\_viga} = 0.02 \cdot A_g = 3200 \text{ mm}^2$$

$$n_s = n_b \cdot 2 + n_b \cdot 2 - 4 = 6$$

$$A_{st} = (n_b \cdot 2 + n_b \cdot 2 - 4) \cdot n_s \cdot \frac{\phi_{ext\_col}^2}{4} = 2035.752 \text{ mm}^2$$

Cantidad del acero longitudinal de la viga de amarro.

```

verif_3_2_1 := if (A_st >= A_g_max_viga) & (A_st <= A_g_max_viga) = "COMPLE"
              "COMPLE"
              else
                "NO COMPLE"
                ["Aumentar el acero longitudinal."]
            end
    
```

$$d_{s\_viga} = h_{viga} - (2 \cdot e_{cc_{min}}) - (2 \cdot \phi_{ext_{max\_viga}}) - \phi_{int_{max\_viga}} = 21.2 \text{ cm}$$

Cálculo empírico de  $d_s$  de la columna.

$$d_{s\_max\_viga} = \begin{cases} \text{if } (A_g > 0.3 \cdot A_c \cdot f'c) \vee (f'c > 70 \text{ MPa}) = 35 \text{ cm} \\ 200 \text{ mm} \\ \text{else} \\ 350 \text{ mm} \end{cases}$$

Espaciamiento entre el refuerzo longitudinal de la viga de amarro.

```

verif_3_2_2 := if (d_s_viga <= d_s_max_viga) = "COMPLE"
              "COMPLE"
              else
                "NO COMPLE"
            end
    
```

ACI 318-19 (18.7.5.2 (f))

$$s_{min\_viga} = \text{Max} \left( 40 \text{ mm}; 1.5 \cdot \phi_{long\_viga}; \frac{d_s}{3} = 70.72; 5 \text{ cm} \right) = 5 \text{ cm}$$

ACI 318-19 (25.2.3)

$$s_{long\_viga\_exp} = \text{MIN} \left( \frac{d_{viga} - (2 \cdot e_{cc_{min}}) - (2 \cdot \phi_{ext_{max\_viga}}) - (n_b \cdot \phi_{long\_viga})}{n_b - 1}; \frac{d_{viga} - (2 \cdot e_{cc_{min}}) - (2 \cdot \phi_{ext_{max\_viga}}) - (n_b \cdot \phi_{long\_viga})}{n_b - 1} \right) = 8.8 \text{ cm}$$

```

verif_3_2_3 := if (s_long_viga_exp >= s_min_viga) = "COMPLE"
              "COMPLE"
              else
                "NO COMPLE"
                ["Disminuir el acero longitudinal."]
            end
    
```

COLUMNA.

OJO ...Esta hoja de cálculo está hecha solo para columnas cuadradas y con la misma cantidad de barras de acero en todos sus lados.

— Diseño a flexo-compresión.

— PARÁMETROS ACI

FACTORES DE REDUCCIÓN DE RESISTENCIA ACI 318-19 / Tabla 21.2.1

Factor de reducción para secciones controladas por tracción

$$\phi_t = 0.9$$

Factor de reducción a cortante

$$\phi_v = 0.75$$

Factor de reducción para secciones controladas por compresión

$$\phi_c = 0.65$$

$\epsilon_{cu} = 0.003$   $E_s = 200 \text{ GPa}$

$$\epsilon_y = \frac{N}{A_g} = 0.0021$$

Valores para la distribución rectangular de esfuerzos

```

if 17 MPa <= f'c < 28 MPa
    beta_1 = 0.85
else
    if 28 MPa <= f'c <= 55 MPa
        beta_1 = (0.85 - 0.05 * ((f'c - 28) / 27))
    else
        beta_1 = 0.65
end if
beta_1
    
```

COMPRESIÓN PURA - CONSIDERA EXCENRICIDAD ACCIDENTAL ACI 318-19/ Tabla 22.4.2.1

Resistencia nominal a compresión de la sección transversal sin considerar excentricidad accidental.

$$P_o := 0.85 \cdot f'c \cdot (A_g - A_{st}) + F_y \cdot A_{st} = 374712.84 \text{ kgf}$$

Coefficiente que considera excentricidad accidental. Depende del tipo de eslabón ACI 318-19/ Tabla 22.4.2.1.

$$\alpha = 0.8$$

Resistencia nominal a compresión de la sección transversal considerando excentricidad accidental.

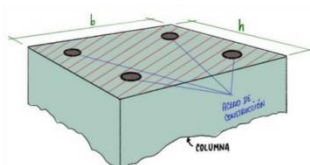
$$P_{nc} := \alpha \cdot P_o = 299770.27 \text{ kgf}$$

Resistencia a compresión con excentricidad accidental de la columna

$$\phi P_c := \phi_c \cdot P_{nc} = 194.85 \text{ tonnef}$$

Resistencia a momento para el caso de compresión pura

$$\phi M_c := 0 \text{ Kgf m}$$



$$\begin{aligned} \phi P_c &= 1910.8324 \text{ kN} & \phi P_c &= 194.8507 \text{ tonnef} \\ \phi M_c &= 0 \text{ kNm} & \phi M_c &= 0 \text{ tonnefm} \end{aligned}$$

TRACCIÓN PURA ACI 318-19/ 22.4.3

Resistencia nominal a tracción de elementos no reforzados

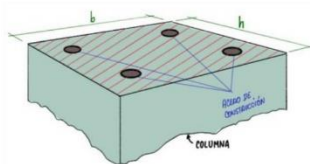
$$P_{nt} := -F_y \cdot A_{st} = -87187.3531 \text{ kgf}$$

Resistencia a tracción pura de la columna

$$\phi P_t := \phi_f \cdot P_{nt} = -78468.62 \text{ kgf}$$

Resistencia a momento para el caso de tracción pura

$$\phi M_t := 0 \text{ Kgf m}$$



$$\begin{aligned} \phi P_t &= -769.5143 \text{ kN} & \phi P_t &= -78.4686 \text{ tonnef} \\ \phi M_t &= 0 \text{ tonnefm} & \phi M_t &= 0 \text{ tonnefm} \end{aligned}$$

FÓRMULA AXI-MOMENTO

PROGRAMA VARIOS EJES

```

VARIABLE_MAS (c; n_h; n_b; phi_var_col; d'; h_col; b_col; beta_1; F_y; f'c; E_s) := {
    s_h := (h_col - 2 * d') / (n_h - 1)
    epsilon_y := F_y / E_s
    k_h := [1 .. n_h]
    A_s_i := (n_b * pi * (phi_var_col)^2) / 4
    if n_h > 2
        for i in [k_h / 2 .. k_h / length(k_h) - 1]
            A_s_i := (2 * pi * (phi_var_col)^2) / 4
        else
            A_s_i := A_s / length(k_h)
    end if
}
    
```

```

length(k_h) 1
d_h := i:=1
while i ≤ length(k_h)
    d_h_1 := d' + s_h · (i-1)
    i := i+1
end while
ε_s_1 := 0.003 · (c - d')
f_s_1 := if |ε_s_1| ≥ ε_y
    sign(ε_s_1) · F_y
else
    ε_s_1 · E_s
for i ∈ [k_h_2 .. k_h length(k_h)]
    ε_s_i := 0.003 · (d_h_i - c)
    f_s_i := if |ε_s_i| ≥ ε_y
        sign(ε_s_i) · F_y
    else
        ε_s_i · E_s
φ := if ε_s_1 < ε_y
    0.65
else
    if ε_y ≤ ε_s_1 < ε_y + 0.003
        0.65 + 0.25 · (ε_s_1 - ε_y) / 0.003
    else
        0.9
φP_n := φ · (0.85 · f'c · (β_1 · c) · b_cot + λ_s_1 · f_s_1 - ∑_{i=2}^{length(k_h)} λ_s_i · f_s_i)
φM_n := φ · (0.85 · f'c · (β_1 · c) · b_cot · (h_cot/2 - (β_1 · c)/2) + (λ_s_1 · f_s_1) · (h_cot/2 - d') + ∑_{i=2}^{length(k_h)} λ_s_i · f_s_i · (h_cot/2 - d'_i))
[
    φP_n
    φM_n
    φ
    ε_s_1 length(k_h)
]

```

□ FALLA BALANCEADA

debe cumplirse  $e_s = \frac{F_y}{E_s}$

```

c_bx := 0.1 cm
while 1
    ε_nbx := VARIABLE_MAS(c_bx; n_h; n_b; φ_var_cot; d'; h_cot; b_cot; β_1; F_y; f'c; E_s)
    if |ε_nbx - F_y/E_s| ≥ 0.0001
        c_bx := c_bx + 1 cm
    else
        break
end while

```

c\_bx = 18.1 cm

φP\_bx := VARIABLE\_MAS(c\_bx; n\_h; n\_b; φ\_var\_cot; d'; h\_cot; b\_cot; β\_1; F\_y; f'c; E\_s) = 64.311 tonnef

φM\_bx := VARIABLE\_MAS(c\_bx; n\_h; n\_b; φ\_var\_cot; d'; h\_cot; b\_cot; β\_1; F\_y; f'c; E\_s) = 12.7304 tonnef m

ε\_sbx := VARIABLE\_MAS(c\_bx; n\_h; n\_b; φ\_var\_cot; d'; h\_cot; b\_cot; β\_1; F\_y; f'c; E\_s) = 0.0021

```

c_by := 0.1 cm
while 1
  ε_nby := VARIABLE_MAS ( c_by ; n_b ; n_n ; φ_var_col ; d' ; b_col ; h_col ; β_1 ; F_y ; f'c ; E_s )_4
  if | ε_nby -  $\frac{F_y}{E_s}$  | ≥ 0.0001
    c_by := c_by + 1 cm
  else
    break

```

```

c_by = 18.1 cm
φP_by := VARIABLE_MAS ( c_by ; n_b ; n_n ; φ_var_col ; d' ; b_col ; h_col ; β_1 ; F_y ; f'c ; E_s )_1 = 64.311 tonnef
φM_by := VARIABLE_MAS ( c_by ; n_b ; n_n ; φ_var_col ; d' ; b_col ; h_col ; β_1 ; F_y ; f'c ; E_s )_2 = 12.7304 tonnef m
ε_sby := VARIABLE_MAS ( c_by ; n_b ; n_n ; φ_var_col ; d' ; b_col ; h_col ; β_1 ; F_y ; f'c ; E_s )_4 = 0.0021

```

$c_{bx} = 18.1 \text{ cm}$	$c_{bx} = 7.126 \text{ in}$	$c_{by} = 18.1 \text{ cm}$	$c_{by} = 7.126 \text{ in}$
$\epsilon_{sbx} = 0.0021$	$\epsilon_{sbx} = 0.0021$	$\epsilon_{sby} = 0.0021$	$\epsilon_{sby} = 0.0021$
$\phi P_{bx} = 630.6757 \text{ kN}$	$\phi P_{bx} = 64.311 \text{ tonnef}$	$\phi P_{by} = 630.6757 \text{ kN}$	$\phi P_{by} = 64.311 \text{ tonnef}$
$\phi M_{bx} = 124.8422 \text{ kN m}$	$\phi M_{bx} = 12.7304 \text{ tonnef m}$	$\phi M_{by} = 124.8422 \text{ kN m}$	$\phi M_{by} = 12.7304 \text{ tonnef m}$

□ MÁXIMA CARGA AXIL RESISTENTE BALANCEADA (P<sub>b</sub>)

$$\gamma := \text{atan} \left( \frac{M_{uy\_col}}{M_{ux\_col}} \right) = 89.9999^\circ$$

$$K := \frac{(\phi P_{bx} - \phi P_{by}) \cdot (90^\circ - \gamma)}{90^\circ} = 0 \text{ tonnef}$$

$$P_b := \phi P_{by} + K = 64.311 \text{ tonnef}$$

```

NOTA_1 := if P_u_max_col ≥ P_b = "DOMINA LA TRACCIÓN, Pu < Pb"
         "DOMINA LA COMPRESIÓN, Pu ≥ Pb"
         else
         "DOMINA LA TRACCIÓN, Pu < Pb"

```

$$P_b = 630.6757 \text{ kN} \quad P_b = 64.311 \text{ tonnef}$$

□ MÁXIMA CARGA AXIL RESISTENTE PURA (P<sub>c</sub>)

```

P_c := if P_u_max_col ≥ P_b = -78.4686 tonnef
         $\frac{\phi P_c}{\alpha}$ 
        else
        if P_u_max_col > 0.1 · f'c · A_g
           $\phi P_t$ 
        else
           $\frac{\phi P_t}{\phi_f} \cdot \left( 0.65 + 0.25 \cdot \frac{P_{u\_max\_col}}{0.1 \cdot f'c \cdot A_g} \right)$ 

```

```

NOTA_2 := if P_u_max_col > φP_c = "OK 'Pu < φPc'. Considera limitación por excentricidad accidental"
          "ERROR 'Pu > φPc'. Considera limitación por excentricidad accidental"
          else
          "OK 'Pu < φPc'. Considera limitación por excentricidad accidental"

```

```

NOTA_3 := if  $\frac{P_{u\_max\_col}}{0.1 \cdot f'c \cdot A_g} \leq 1$  = "Pu es SUPERIOR al 10% de la resistencia a carga axil de la secc
          "Pu es INFERIOR al 10% de la resistencia a carga axil de la sección."
          else
          "Pu es SUPERIOR al 10% de la resistencia a carga axil de la sección."

```

```

NOTA_5 := if  $\frac{P_{u\_max\_col} - P_b}{P_c - P_b} \leq 1$  = "CUMPLE"
          "CUMPLE"
          else
          [ "NO CUMPLE"
            "Falla la viga." ]

```

$P_o = -769.5143 \text{ kN}$

$P_o = -78.4686 \text{ tonnef}$

NOTA<sub>1</sub> = "DOMINA LA TRACCIÓN,  $P_u < P_b$ "

NOTA<sub>2</sub> = "OK ' $P_u < P_b$ '. Considera limitación por excentricidad accidental"

NOTA<sub>3</sub> = "Pu es SUPERIOR al 10% de la resistencia a carga axial de la sección."

$$\frac{P_u \max(\phi_1) - P_b}{\phi_1 - P_b} + \left( \frac{M_{ux \phi_1}}{\phi M_{bx}} \right)^{1.5} \cdot 0 + \left( \frac{M_{uy \phi_1}}{\phi M_{by}} \right)^{1.5} \cdot 0 = 0.0686$$

$P_{u22} = 0.4 \text{ n}$

NOTA<sub>5</sub> = "CUMPLE"

$\phi_1 f_{c,2,3} = \phi_1 A_g = \text{"CUMPLE"}$

$A_{g,22} = A_g = 2035.752 \text{ mm}^2$

$A_{g,22} = \text{Max}(A_{g,1}, A_{g,2}, A_{g,3}) = 2035.752 \text{ mm}^2$

$d_{colador} = \sqrt{\frac{A_{g,22} - A_s}{4 \cdot n}} = 25 \text{ mm}$

Longitud de desarrollo.

Longitud de desarrollo a tracción sin ganchos Ld

Factor de modificación	Condición	Valor del factor
Concreto por el tipo	Concreto de peso liviano	0.75
	Concreto de peso normal	1.0
Gancho del refuerzo $\psi_e$	Cada 90°	1.0
	Cada 180°	1.3
Epóxico $\psi_o$	Refuerzo con recubrimiento epóxico y barras con recubrimiento dual de zinc y aplicación adecuada de zinc	1.3
	Refuerzo con recubrimiento epóxico y barras con recubrimiento dual de zinc y aplicación adecuada de zinc	1.2
	Refuerzo con recubrimiento o refuerzo recubrimiento con galvalum	1.0
Trabaja $\psi_s$	Para barras No. 3 y menores y alambres corrugados	0.9
	Para barras No. 4 y mayores y alambres corrugados	0.8
Ubicación $\psi_u$	Área de 300 mm de ancho desde el borde lateral	1.3
	Otros	1.0

según peso concreto  $\psi_c = 1$

según grado de refuerzo  $\psi_g = 1$

según epóxico  $\psi_o = 1$

según ubicación  $\psi_u = 1$

según tamaño  $\psi_s = 1$  (si  $\phi_{200g,22g} \geq 22 \text{ mm} = 0.8$ )

ACI 318 - 19 / Tabla 25.4.2.5 Nota  $\psi_s = \text{Min}(1.7; \psi_s \cdot \psi_u) = 1$

ACI 318 - 19 / 25.4.1.4  $\phi_{22} = 41 \text{ n} \left( 8.3 \text{ MPa} \sqrt{\frac{f'_c}{\text{MPa}}} \right) = 4.593 \text{ MPa}$

ACI 318 - 19 / 25.4.2.1.B  $d_{22} = 32 \text{ mm}$

$d_{200g} = d_{200} - (2 \cdot r \cdot \phi_{200g}) = d_{200g,22g} = 0.232 \text{ n}$

$c_{22} = \text{Min} \left( \frac{d_{200g,22g}}{2}, \frac{d_{200g}}{2} \right) = 0.6 \text{ cm}$

ACI 318 - 19 / 25.4.2.4  $c_{22,exp} = \text{Min} \left( 2.5 \sqrt{\frac{c_{22}}{\text{mm}}}, \frac{c_{22}}{\text{mm}} \right) = 2.5$

ACI 318 - 19 / 25.4.2.3  $L_{d,22} = 1.7 \cdot \lambda \cdot \frac{f_y}{\phi \cdot \psi_s \cdot \psi_u \cdot \psi_o \cdot \psi_g \cdot \psi_c} \cdot \frac{d_{22}}{\text{mm}} = 78.558 \text{ cm}$

ACI 318 - 19 / 25.4.2.4  $L_{d,22} = 1.1 \cdot \lambda \cdot \frac{f_y}{\phi \cdot \psi_s \cdot \psi_u \cdot \psi_o \cdot \psi_g \cdot \psi_c} \cdot \frac{d_{22}}{\text{mm}} = 25.71 \text{ cm}$

$L_{d,22g} = \text{Max}(L_{d,1}, L_{d,2}, L_{d,3}) = 78.558 \text{ cm}$

$L_{d,22g} = 78.558 \text{ cm}$  Hacia barras de 32mm, se recomienda tener una separación entre barras no menor a 10cm, de forma que se obtengan las mínimas longitudes de desarrollo.

Longitud de desarrollo a tracción con gancho Ldh

Factor de modificación	Condición	Valor del factor
Concreto liviano $\lambda$	Concreto de peso liviano	0.75
	Concreto de peso normal	1.0
Epóxico $\psi_o$	Refuerzo con recubrimiento epóxico y barras con recubrimiento dual de zinc y aplicación adecuada de zinc	1.3
	Refuerzo con recubrimiento o refuerzo recubrimiento con galvalum	1.0
Confinamiento del refuerzo $\psi_c$	Para barras No. 3 y menores con $A_{sh} \geq 0.4 A_g$ o $s_{sh} \geq 6d_b^2$	1.0
	Otros	1.6
Ubicación $\psi_u$	Para barras con gancho No. 36 y menores: (1) que se sitúan dentro del núcleo de la columna con recubrimiento lateral normal al plano del gancho $\geq 40 \text{ mm}$ , o (2) con recubrimiento lateral normal al plano del gancho $\geq 6d_b$	1.0
	Otros	1.35
Resistencia del concreto $\psi_s$	Para $f'_c < 42 \text{ MPa}$	$\frac{f'_c}{105} + 0.6$
	Para $f'_c \geq 42 \text{ MPa}$	1.0

<sup>1)</sup>  $\lambda$  es el mínimo espesor (cento) a un lado de las barras con gancho.  
<sup>2)</sup>  $d_b$  es el diámetro nominal de la barra con gancho.

según epóxico  $\psi_o = 1$

según ubicación  $\psi_u = 1.25$

$d_{200g} = d_{200} - (2 \cdot r \cdot \phi_{200g}) = d_{200g,22g} = 0.232 \text{ n}$

según confinamiento  $\psi_c = 1$  (si  $d_{200g,22g} \leq 50 \text{ mm}$ )  $\wedge$  (si  $d_{200g} \geq 6 \cdot d_{200g,22g}$ )  $= 1$

Al aumentar  $s_{long}$ , reduzco la longitud de desarrollo. Existe un valor de separación desde la cual ya no puede reducirse más la longitud de desarrollo. Para afectar Ldh deberá colocar separaciones mayores a 6db.

Según resistencia del concreto

$$\psi_c = \begin{cases} 1 & f'c < 42 \text{ MPa} - 0.8 \\ \frac{f'c}{100} + 0.6 & \text{else} \\ 1 & \end{cases}$$

ACI 318 - 19 / 25.4.1.4

$$f_{cr} = \text{Min} \left( 8.3 \text{ MPa}, \sqrt{\frac{f'c}{\text{MPa}}} \text{ MPa} \right) = 4.583 \text{ MPa}$$

ACI 318 - 19 / 25.4.3.1

$$l_{des, viga} = \text{Max} \left[ \frac{V_u}{8 \psi_c \rho_s f_{cr}} + \psi_s \cdot \psi_e \cdot \left( \frac{\phi_{trans, viga}}{\text{mm}} \right)^{1.5}, \text{mm}; \phi_{des, viga}; 150 \text{ mm} \right] = 30.4 \text{ cm}$$

ACI 318-19 / tabla 25.3.1

$$l_{ext, viga} = 12 \cdot \phi_{des, viga} = 21.6 \text{ cm}$$

$$l_{des, viga} = 30.43 \text{ cm} \quad l_{ext, viga} = 21.6 \text{ cm}$$

```

verif_viga = if verif_viga == "COMPLE" = "Colocar longitud de desarrollo con gancho."
              | if f_y - f_{cr, min} - \phi_{trans, viga} \ge l_{des, viga}
                | "COMPLE"
                | else
                  | "Colocar longitud de desarrollo con gancho."
              | else
                | if f_y - f_{cr, min} - \phi_{trans, viga} \ge l_{ext, viga}
                  | "COMPLE"
                  | else
                    | "Colocar longitud de desarrollo con gancho."
    
```

```

verif_viga = if (l_{des, viga} - (2 \cdot e_{con, min}) - (2 \cdot \phi_{trans, viga})) \ge l_{ext, viga} = "COMPLE"
              | "COMPLE"
              | else
                | "NO CUMPLE"
                | ["Aumentar el factor de multiplicación de S_{cr}."]
    
```

5.3. Refuerzo transversal.

Se coloca el acero mínimo a corte ya que la viga solo trabaja a Tracción y Compresión.

$$\phi_{trans, viga} = \text{Min} (0.5 \cdot \phi_{des, viga}; 300 \text{ mm}) = 20 \text{ cm} \quad \text{ACI 318-19 (18.13.4.4 (b))}$$



0- VERIFICACIONES DEL DISEÑO.

0-0. Datos de entrada.

```

verf0,1 := if mod ( (c1_escudo / cm) ; 5 ) = 0
           "CUMPLE"
           else
           "NO CUMPLE"
           "El valor ingresado no es múltiplo de 5 cm."

verf0,2 := if mod ( (c2_escudo / cm) ; 5 ) = 0
           "CUMPLE"
           else
           "NO CUMPLE"
           "El valor ingresado no es múltiplo de 5 cm."

verf0,3 := if mod ( (b1 / cm) ; 5 ) = 0
           "CUMPLE"
           else
           "NO CUMPLE"
           "El valor ingresado no es múltiplo de 5 cm."

verf0,4 := if mod ( (b2 / cm) ; 5 ) = 0
           "CUMPLE"
           else
           "NO CUMPLE"
           "El valor ingresado no es múltiplo de 5 cm."

verf0,5 := if mod ( (l1 / cm) ; 10 ) = 0
           "CUMPLE"
           else
           "NO CUMPLE"
           "El valor ingresado no es múltiplo de 10 cm."

verf0,6 := if mod ( (b3 / cm) ; 5 ) = 0
           "CUMPLE"
           else
           "NO CUMPLE"
           "El valor ingresado no es múltiplo de 5 cm."

verf0,7 := if mod ( (b4 / cm) ; 5 ) = 0
           "CUMPLE"
           else
           "NO CUMPLE"
           "El valor ingresado no es múltiplo de 5 cm."
    
```

```

colm1 := [
    "0.1 Ancho de la columna "C1".",
    "0.2 Ancho de la columna "C2".",
    "0.3 Ancho del pedestal "E1".",
    "0.4 Ancho del pedestal "E2".",
    "0.5 Ancho de la zapata "Z".",
    "0.6 Altura de la zapata "Z".",
    "0.7 Alto y ancho de la viga de amarre "Bv"."]

titulo1 := "0. Datos de entrada."

colm2 := [
    concat ( var2str ( (c1_escudo / cm) ; " cm" ) )
    concat ( var2str ( (c2_escudo / cm) ; " cm" ) )
    concat ( var2str ( (b1 / cm) ; " cm" ) )
    concat ( var2str ( (b2 / cm) ; " cm" ) )
    concat ( var2str ( (l1 / cm) ; " cm" ) )
    concat ( var2str ( (b3 / cm) ; " cm" ) )
    concat ( var2str ( (b4 / cm) ; " cm" ) ) ]

colm3 := [
    verf0,1
    verf0,2
    verf0,3
    verf0,4
    verf0,5
    verf0,6
    verf0,7 ]

plot1 := augment ( colm1 ; colm2 ; colm3 )
    
```

1. Pre dimensionamiento. OK

```

verf1,1 := if Bcol >= B
           "CUMPLE"
           else
           "NO CUMPLE"
           "NO CUMPLE"

colm1 := [
    "1.1 Altura colocada.",
    "1.2 Ancho de la zapata.",
    "1.3 Excentricidad de la zapata.",
    "1.4 Presión máximas.",
    "1.5 Presión mínimas."]

verf1,1 := [
    verf1,1,1
    verf1,1,2
    verf1,1,3
    verf1,1,4
    verf1,1,5 ]

colm2 := [
    concat ( "tr.col: "; var2str ( (lcol / cm) ; " cm" ) )
    concat ( "tr.col: "; var2str ( (lcol / cm) ; " cm" ) )
    concat ( "B: "; var2str ( (B / m) ; " m" ) )
    concat ( "B: "; var2str ( (B / m) ; " m" ) )
    concat ( "e: "; var2str ( (e / m) ; " m" ) )
    concat ( "e: "; var2str ( (e / m) ; " m" ) )
    concat ( "q: "; var2str ( (q / KN/m2) ; " KN/m2" ) )
    concat ( "q: "; var2str ( (q / KN/m2) ; " KN/m2" ) )
    concat ( "q: "; var2str ( (q / KN/m2) ; " KN/m2" ) )
    concat ( "q: "; var2str ( (q / KN/m2) ; " KN/m2" ) ) ]

titulo1 := "1. Pre dimensionamiento."

plot1 := augment ( colm1 ; colm2 ; colm3 )
    
```

2. Diseños del acero longitudinal de la zapata. OK

```

verf2,1 := [
    "2.1.1 Fluencia del acero.",
    "2.1.2 Espaciamiento del refuerzo longitudinal.",
    "2.1.3 Altura en función de la longitud de desarrollo con gancho",
    "2.1.4 del refuerzo longitudinal." ]

verf2,2 := [
    "2.2 Refuerzo en el sentido transversal.",
    "2.2.1 Fluencia del acero.",
    "2.2.2 Espaciamiento del refuerzo longitudinal dentro de la franja.",
    "2.2.3 Espaciamiento del refuerzo longitudinal fuera de la franja.",
    "2.2.4 Altura en función de la longitud de desarrollo con gancho",
    "2.2.5 del refuerzo longitudinal." ]

colm1 := [
    "ACI 318-19.",
    "21.2.3",
    "25.2.1",
    "24.4.3.3",
    "24.3.2",
    ".....",
    "ACI 318-19.",
    "21.2.3",
    "25.2.1",
    "24.4.3.3",
    "24.3.2",
    "25.2.1",
    "24.4.3.3",
    "24.3.2",
    "....." ]

colm2 := [
    "2.1.1 Fluencia del acero.",
    "2.1.2 Espaciamiento del refuerzo longitudinal.",
    "2.1.3 Altura en función de la longitud de desarrollo con gancho",
    "2.1.4 del refuerzo longitudinal.",
    "2.2 Refuerzo en el sentido transversal.",
    "2.2.1 Fluencia del acero.",
    "2.2.2 Espaciamiento del refuerzo longitudinal dentro de la franja.",
    "2.2.3 Espaciamiento del refuerzo longitudinal fuera de la franja.",
    "2.2.4 Altura en función de la longitud de desarrollo con gancho",
    "2.2.5 del refuerzo longitudinal." ]

colm3 := [
    "2.1.1 Fluencia del acero.",
    "2.1.2 Espaciamiento del refuerzo longitudinal.",
    "2.1.3 Altura en función de la longitud de desarrollo con gancho",
    "2.1.4 del refuerzo longitudinal.",
    "2.2 Refuerzo en el sentido transversal.",
    "2.2.1 Fluencia del acero.",
    "2.2.2 Espaciamiento del refuerzo longitudinal dentro de la franja.",
    "2.2.3 Espaciamiento del refuerzo longitudinal fuera de la franja.",
    "2.2.4 Altura en función de la longitud de desarrollo con gancho",
    "2.2.5 del refuerzo longitudinal." ]

plot1 := augment ( colm1 ; colm2 ; colm3 )
    
```

```

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
Colm1 = [
    "Parametros."
    "0.005 <= s.a.B <= 0.09"
    "0.305 <= w; var2str ( ( f_{s,a} ) 0.001 ); " <= 0.05"
    "s.min <= s.cal <= s.max"
    "concat ( var2str ( ( ( s_{min} ) 0.01 cm ) ); " cm <= "; var2str ( ( ( s_{real B} ) 0.01 cm ) ); " cm <= "; var2str ( ( ( s_{max real a} ) 0.01 cm ) ); " cm"
    "c.ext.B <= t2"
    "concat ( var2str ( ( ( f_{i max a} ) 0.01 cm ) ); " cm <= "; var2str ( ( ( t_2 ) ) ); " cm"
    "Parametros."
    "0.005 <= s.a.L <= 0.09"
    "0.003 <= s; var2str ( ( f_{s} ) 0.001 ); " <= 0.05"
    "s.min <= s.cal <= s.max"
    "concat ( var2str ( ( ( s_{min} ) 0.01 cm ) ); " cm <= "; var2str ( ( ( s_{real franja} ) 0.01 cm ) ); " cm <= "; var2str ( ( ( s_{max real a} ) 0.01 cm ) ); " cm"
    "s.min <= s.cal <= s.max"
    "concat ( var2str ( ( ( s_{min franja} ) 0.01 cm ) ); " cm <= "; var2str ( ( ( s_{real franja} ) 0.01 cm ) ); " cm <= "; var2str ( ( ( s_{max real franja} ) 0.01 cm ) ); " cm"
    "c.ext.L <= t2"
    "concat ( var2str ( ( ( f_{i max a} ) 0.01 cm ) ); " cm <= "; var2str ( ( ( t_2 ) ) ); " cm"
]
Titulo2 = ["2. Diseño del acero longitudinal de la zapata."]
plot2 = sagucon ( Colm1; Colm1; Colm1; Colm1 )

```

3.Verificación del cortante en la zapata. OK

```

Colm1 = [
    "3. Cortante en la zapata."
    "3.1 Cortante por punzonamiento (2D)."
    "3.1.1 Refuerzo cortante en (2D)."
    "3.2 Cortante diagonal (1D)."
    "3.2.1.1 Sección transversal."
    "3.2.1.2 Resistencia al cortante."
    "3.2.2 Sentido transversal (B)."
    "3.2.2.1 Sección transversal."
    "3.2.2.2 Resistencia al cortante."
]
Colm2 = [
    "Verificación."
    "vcz1.1.1"
    "Verificación."
    "vcz1.2.1.1"
    "Verificación."
    "vcz1.2.2.1"
    "Verificación."
    "vcz1.2.2.2"
]
Colm3 = [
    "MCI 318-19"
    "22.5.3.2"
    "MCI 318-19"
    "22.5.1.2"
    "22.5.3.1"
    "MCI 318-19"
    "22.5.1.2"
    "22.5.3.1"
]
Colm4 = [
    "Parametros."
    "V_{up} <= 0.17 V_{c,2D}"
    "Parametros."
    "V_{ud} <= \phi v_{c,1D}"
    "Parametros."
    "V_{ud} <= \phi v_{c,1D}"
]
Titulo3 = ["3. Cortante en la zapata."]
plot3 = sagucon ( Colm1; Colm1; Colm1; Colm1 )

```

4.1.1. Revisión del cortante en el columna. OK

Columna cumple.

```

Activación de la longitud de desarrollo de la viga.
if vcd_{1,1} = "Colocar longitud de desarrollo con gancho." = 0.3043 w
    l_{viga} = l_{d,viga}
else
    l_{viga} = l_{d,viga}
endif

mensaje = if l_{viga} = l_{d,viga} - 100 >= 1.00"
    "OK >= 1.00"
else
    "OK > 1d"
endif

```

Dimensiones del pedestal.

```

verf_{1,1} = if verf_{1,1} = "COMPLE" = [ "NO CUMPLE"
    "Colocar pedestal." ]
    if ( ( ( ( b_1 = c_1 ) ^ ( b_2 = c_2 ) ) ^ ( d_{long ped} = d_{long col} ) ) ^ ( d_{trans ped} = d_{trans col} ) ) ^ ( d_{trans ped} = d_{trans col} )
        "COMPLE"
    else
        "NO CUMPLE"
        "Adoptar los valores superiores."
    endif
else
    "NO CUMPLE"
    "Colocar pedestal."
endif

```

```

verf_{1,1} = [ "NO CUMPLE"
    "Colocar pedestal." ]

```

```

Parametro_2,1,6" if (((var2,1,1=="CUMPLE")) V (var2,1,1=="NO CUMPLE"))
"NO CUMPLE" "Colocar." "Colocado"
"Colocar." "Colocado"
concat("B1: ", var2str( (F1) / 0.01 cm ); " cm" ) concat("B1: ", var2str( (B1) / 0.01 cm ); " cm" )
concat("B2: ", var2str( (F2) / 0.01 cm ); " cm" ) concat("B2: ", var2str( (B2) / 0.01 cm ); " cm" )
concat("R.Long: ", var2str( (R_long) / 0.01 cm ); " cm" ) concat("R.Long: ", var2str( (R_long) / 0.01 cm ); " cm" )
concat("n.long: ", var2str( (n_long) / 0.01 cm ); " cm" ) concat("n.long: ", var2str( (n_long) / 0.01 cm ); " cm" )
concat("R.trans: ", var2str( (R_trans) / 0.01 cm ); " cm" ) concat("R.trans: ", var2str( (R_trans) / 0.01 cm ); " cm" )
else
"....."

"4.1. Columna."
"4.1.1 Sección mínima."
"4.1.1.2 Relación dimensional de la"
"sección transversal."
"4.1.3. Área de acero longitudinal máxima."
"4.1.4. Área de acero longitudinal mínima."
"4.1.5. Espaciamiento máximo entre el refuerzo longitudinal."
"4.1.6. Espaciamiento mínimo entre el refuerzo longitudinal."
"4.1.7. Espaciamiento entre el refuerzo transversal."
"4.1.8. Área del acero transversal."
"4.1.9 Ancho C2 en función de"
"la longitud de desarrollo la viga."
"4.1.10. Datos de entrada del pedestal."

"Parámetros."
concat( var2str( (Min(C1; C2) / cm ); " cm" ); " ≥ 30 cm" )
concat( var2str( (Min(C1; C2) / MAX(C1; C2) / 0.01 ); " " ); " ≥ 0.4" )
"As.col ≤ As.max"
concat( var2str( (As_col_long_col) / 0.01 cm^2 ); " cm^2 ≤ "; var2str( (As_max_col) / 0.01 cm^2 ); " cm^2" )
"As.col ≥ As.min"
concat( var2str( (As_col_long_col) / 0.01 cm^2 ); " cm^2 ≥ "; var2str( (As_min_col) / 0.01 cm^2 ); " cm^2" )
"Rx.col ≤ Rx.max"
concat( var2str( (R_x_col) / 0.01 cm ); " cm ≤ "; var2str( (R_x_max_col) / 0.01 cm ); " cm" )
"R.col ≥ R.min"
concat( var2str( (R_long_col) / 0.01 cm ); " cm > "; var2str( (R_min_long_col) / 0.01 cm ); " cm" )
"s.min ≤ s.col ≤ s.max"
concat( var2str( (s_min_col) / 0.01 cm ); " cm ≤ "; var2str( (s_max_col) / 0.01 cm ); " cm ≤ "; var2str( (s_max_trans_col) / 0.01 cm ); " cm" )
"As.col ≥ A.ch"
concat( var2str( (As_trans_col) / 0.01 cm^2 ); " cm^2 ≥ "; var2str( (A_ch) / 0.01 cm^2 ); " cm^2" )
"ch"
concat( var2str( (C2) / cm ); " cm > "; var2str( (I_viga) / 0.01 cm ); " cm" )
Parametro_2,1,8

```

```

plot_2,1,1=augment( ColM_2; ColB_2; ColE_2; ColE_1)

```

```

"4.1. Columna."
"4.1.1 Sección mínima."
"4.1.1.2 Relación dimensional de la"
"sección transversal."
"4.1.3. Área de acero longitudinal máxima."
"4.1.4. Área de acero longitudinal mínima."
"4.1.5. Espaciamiento máximo entre el refuerzo longitudinal."
"4.1.6. Espaciamiento mínimo entre el refuerzo longitudinal."
"4.1.7. Espaciamiento entre el refuerzo transversal."
"4.1.8. Área del acero transversal."
"4.1.9 Ancho C2 en función de"
"la longitud de desarrollo la viga."

"Parámetros."
concat( var2str( (Min(C1; C2) / cm ); " cm" ); " ≥ 30 cm" )
concat( var2str( (Min(C1; C2) / MAX(C1; C2) / 0.01 ); " " ); " ≥ 0.4" )
"As.col ≤ As.max"
concat( var2str( (As_col_long_col) / 0.01 cm^2 ); " cm^2 ≤ "; var2str( (As_max_col) / 0.01 cm^2 ); " cm^2" )
"As.col ≥ As.min"
concat( var2str( (As_col_long_col) / 0.01 cm^2 ); " cm^2 ≥ "; var2str( (As_min_col) / 0.01 cm^2 ); " cm^2" )
"Rx.col ≤ Rx.max"
concat( var2str( (R_x_col) / 0.01 cm ); " cm ≤ "; var2str( (R_x_max_col) / 0.01 cm ); " cm" )
"R.col ≥ R.min"
concat( var2str( (R_long_col) / 0.01 cm ); " cm > "; var2str( (R_min_long_col) / 0.01 cm ); " cm" )
"s.min ≤ s.col ≤ s.max"
concat( var2str( (s_min_col) / 0.01 cm ); " cm ≤ "; var2str( (s_max_col) / 0.01 cm ); " cm ≤ "; var2str( (s_max_trans_col) / 0.01 cm ); " cm" )
"As.col ≥ A.ch"
concat( var2str( (As_trans_col) / 0.01 cm^2 ); " cm^2 ≥ "; var2str( (A_ch) / 0.01 cm^2 ); " cm^2" )
"ch"
concat( var2str( (C2) / cm ); " cm > "; var2str( (I_viga) / 0.01 cm ); " cm" )
Parametro_2,1,8

```

```

plot_2,1,2=augment( ColM_2; ColB_2; ColE_2; ColE_2)

```

```

plot_2,1,1= if var2,1,1=="CUMPLE" var2,1,1="NO CUMPLE"
else plot_2,1,1="Colocar pedestal."
Mat for commercial use

```

Columna no cumple.

```

"4.1. Columna."
"4.1.1. Sección mínima."
{
  "4.1.1.1. Relación dimensional de la"
  "sección transversal."
  "4.1.1.3. Área de acero longitudinal máxima."
  "4.1.1.4. Área de acero longitudinal mínima."
  "4.1.5. Espaciamiento máximo entre el refuerzo longitudinal."
  "4.1.6. Espaciamiento mínimo entre el refuerzo longitudinal."
  "4.1.7. Espaciamiento entre el refuerzo transversal."
  "4.1.8. Área del acero transversal."
  "4.1.9. Resistencia de la sección a corte."
}

col2 := [
  "MCI 318-19"
  "18.7.2.1(a)"
  "18.7.2.1(b)"
  "18.7.4.1"
  "16.3.4.1"
  "16.6.3.1"
  "18.7.5.2 (f)"
  "22.2.1"
  "18.7.5.3"
  "18.7.5.4"
  "22.5.8.1"
]

col3 := [
  "Verificación"
  "verf_1.1"
  "verf_1.2"
  "verf_1.3"
  "verf_1.4"
  "verf_1.5"
  "verf_1.6"
  "verf_1.7"
  "verf_1.8"
  "verf_1.9"
]

col7 := [
  "Parámetros."
  "concat ( var2str ( ( Min ( S1 ; S2 ) ) / cm ) ; " cm" ; " ≥ 30 cm" )
  "concat ( var2str ( ( Max ( C1 ; C2 ) ) / Max ( C ; r C ) ) ; " " ≥ 0.4" )
  "As.col ≤ As,max"
  "concat ( var2str ( ( As.col.long.col / 0.01 m² ) ; " mm² ≤ " ; var2str ( ( As.max.col / 0.01 m² ) ; " mm²" )
  "As.col ≥ As,min"
  "concat ( var2str ( ( As.col.long.col / 0.01 m² ) ; " mm² ≥ " ; var2str ( ( As.min.col / 0.01 m² ) ; " mm²" )
  "As.col ≤ As,max"
  "concat ( var2str ( ( As.col / 0.01 cm ) ; " cm ≤ " ; var2str ( ( As.max.col / 0.01 cm ) ; " cm" )
  "As.col ≥ As,min"
  "concat ( var2str ( ( As.col / 0.01 cm ) ; " cm ≥ " ; var2str ( ( As.min.col / 0.01 cm ) ; " cm" )
  "As.col ≤ A.sh"
  "concat ( var2str ( ( As.trans.col / 0.01 cm ) ; " cm ≤ " ; var2str ( ( As.trans.col / 0.01 cm ) ; " cm" )
  "As.col ≥ A.sh"
  "concat ( var2str ( ( As.trans.col / 0.01 mm² ) ; " mm² ≥ " ; var2str ( ( As.sh / 0.01 mm² ) ; " mm²" )
  "As*Va.col ≤ Vu"
  "concat ( var2str ( ( ( Va * ( Vc.col + Vc.col ) ) / 0.01 kN ) ; " kN ≥ " ; var2str ( ( Vu / 0.01 kN ) ; " kN" )
]

plot2,1 := augmat ( col2 ; col2 ; col3 ; col7 )

plot2,2 := if ( verif_1,9 == "CUMPLE"
  plot2,1,1
else
  plot2,1,2
)

verif_1,9 := [ "NO CUMPLE"
  "Colocar pedestal." ]

Ejemplo_1 := [ "4.1. Revisión del cortante en el columna." ]

```

4.2. Revisión del cortante en el pedestal. (OK)

Columna no cumple.

Activación de la longitud de desarrollo de la viga.

```

if ( verif_1,7,4 == "Colocar longitud de desarrollo con gancho." == 0.3643
  l_viga := l_d_viga
  w_s :=
  l_viga := l_d_viga
)

```

```

w_s_gancho_ped := if ( l_d_viga == l_d_viga == "d2 ≥ 1.0d"
  "d2 > 1.0d"
else
  "d2 > 1d"
)

```

```

verif_1,2,11 := if ( ( ( l2 - w_s_gancho_ped - phi_trans_ped ) ) ≥ l_d_viga
  "CUMPLE"
else
  [ "NO CUMPLE"
  "Aumentar el valor de d2." ]
)

```

```

col1 := [
  "4.2. Pedestal."
  "4.2.1. Relación geométrica entre la columna y pedestal."
  "4.2.2. Área de acero longitudinal mínima."
  "4.2.3. Área de acero longitudinal máxima."
  "4.2.4. Espaciamiento máximo entre el refuerzo longitudinal."
  "4.2.5. Espaciamiento mínimo entre el refuerzo longitudinal."
  "4.2.6. Espaciamiento entre el refuerzo transversal."
  "4.2.7. Sección transversal."
  "4.2.8. Resistencia de la sección a corte."
  "4.2.9. Altura de la zapata en función de la longitud de desarrollo"
  "con gancho del pedestal."
  "4.2.10 Efecto biaxial."
  "4.2.11 Ancho d2 en función de la longitud de desarrollo de la viga."
]

col2 := [
  "MCI 318-19"
  "....."
  "18.7.4.1"
  "16.3.4.1"
  "18.7.4.1"
  "18.7.5.2 (f)"
  "22.2.1"
  "18.7.5.3"
  "22.5.1.2"
  "22.5.8.1"
  "....."
  "....."
  "....."
  "....."
]

col3 := [
  "Verificación"
  "verf_1,2,1"
  "verf_1,2,2"
  "verf_1,2,3"
  "verf_1,2,4"
  "verf_1,2,5"
  "verf_1,2,6"
  "verf_1,2,7"
  "verf_1,2,8"
  "verf_1,2,9"
  "verf_1,2,10"
  "verf_1,2,11"
]

```



titulo\_6 := ["5. Diseño de la viga de amarre."]

plot\_2 := augment (colm\_2, colm\_3, colm\_4, colm\_5)

0. Datos de entrada.		
0.1 Ancho de la columna "C1".	23 cm	NO CUMPLE El valor ingresado no es múltiplo de 5 cm.
0.2 Ancho de la columna "C2".	33 cm	NO CUMPLE El valor ingresado no es múltiplo de 5 cm.
0.3 Ancho del pedestal "B1".	40 cm	CUMPLE
0.4 Ancho del pedestal "B2".	50 cm	CUMPLE
0.5 Ancho de la zapata "B".	1,5 m	CUMPLE
0.6 Altura de la zapata "Iz".	50 cm	CUMPLE
0.7 Alto y ancho de la viga de amarre "Bw".	40 cm	CUMPLE

1. Pre dimensionamiento.			
1.1 Altura colocada.	fz.col: 50 cm	fz.col: 50 cm	CUMPLE
1.2 Ancho de la zapata.	B.col: 1,5 m ≥ B.col: 1,5 m		CUMPLE
1.3 Excentricidad de la zapata.	B: 1,5 m ≥ 1,35 m		CUMPLE
1.4 Presión máxima.	e: 0,11 m ≤ 0,25 m		CUMPLE
1.5 Presión mínima.	qs.max ≤ qa		CUMPLE
	77,63 KN/m <sup>2</sup> ≤ 100 KN/m <sup>2</sup>		
1.5 Presión mínima.	qs.min > 0		CUMPLE
	75,26 KN/m <sup>2</sup> > 0 KN/m <sup>2</sup>		

2. Diseño del acero longitudinal de la zapata.			
2.1 Refuerzo en el sentido longitudinal.	Parámetros.	ACI 318-19.	Verificación.
2.1.1 Fluencia del acero.	0,005 ≤ ξs.B ≤ 0,09	21.2.2	FLUYE
	0,005 ≤ 0,047 ≤ 0,09		
2.1.2 Espaciamiento del refuerzo longitudinal.	s.min ≤ s.cal ≤ s.max	25.2.1	CUMPLE
	5 cm ≤ 19,25 cm ≤ 19,25 cm	24.4.3.3	
		24.3.2	
2.1.3 Altura en función de la longitud de desarrollo con gancho del refuerzo longitudinal.	f.exL.B ≤ Iz	.....	CUMPLE
	35,5 cm ≤ 50 cm		
2.2 Refuerzo en el sentido transversal.	Parámetros.	ACI 318-19.	Verificación.
2.2.1 Fluencia del acero.	0,005 ≤ ξs.L ≤ 0,09	21.2.2	FLUYE
	0,005 ≤ 0,047 ≤ 0,09		
2.2.2 Espaciamiento del refuerzo longitudinal dentro de la franja.	s.min ≤ s.cal ≤ s.max	25.2.1	CUMPLE
	5 cm ≤ 19,25 cm ≤ 19,25 cm	24.4.3.3	
		24.3.2	
2.2.3 Espaciamiento del refuerzo longitudinal fuera de la franja.	s.min ≤ s.cal ≤ s.max	25.2.1	CUMPLE
	5 cm ≤ 19,25 cm ≤ 19,25 cm	24.4.3.3	
		24.3.2	
2.2.4 Altura en función de la longitud de desarrollo con gancho del refuerzo longitudinal.	f.exL.L ≤ Iz	.....	CUMPLE
	35,5 cm ≤ 50 cm		

3. Cortante en la zapata.			
3. Cortante en la zapata.	Parámetros.	ACI 318-19	Verificación.
3.1 Cortante por punzonamiento (2D).	V.up ≤ φv · Vc.2D	22.6.5.2	CUMPLE
3.1.1 Esfuerzo cortante en (2D).	0,49 MPa ≤ 1,14 MPa		
3.2 Cortante directo (1D).	Parámetros.	ACI 318-19	Verificación.
3.2.1 Sentido longitudinal (L).			
3.2.1.1 Sección transversal.	199,34 KN ≤ 3275,44 KN	22.5.1.2.	CUMPLE
3.2.1.2 Resistencia al cortante.	Vud.L ≤ φv · Vc.L	22.5.5.1	CUMPLE
	0,17 MPa ≤ 0,37 MPa		
3.2.2 Sentido transversal (B).	Parámetros.	ACI 318-19	Verificación.
3.2.2.1 Sección transversal.	152,22 KN ≤ 1671,14 KN	22.5.1.2.	CUMPLE
3.2.2.2 Resistencia al cortante.	Vud.B ≤ φv · Vc.B	22.5.5.1	CUMPLE
	0,25 MPa ≤ 0,42 MPa		

4.1. Revisión del cortante en el columna.			
4.1 Columna.	Parámetros.	ACI 318-19	Verificación
4.1.1 Sección mínima.	$30 \text{ cm} \geq 30 \text{ cm}$	18.7.2.1 (a)	CUMPLE
4.1.2 Relación dimensional de la sección transversal.	$0,75 \geq 0,4$	18.7.2.1 (b)	CUMPLE
4.1.3. Área de acero longitudinal máxima.	$A_{s.col} \leq A_{s.max}$ $1847,26 \text{ mm}^2 \leq 3600 \text{ mm}^2$	18.7.4.1	CUMPLE
4.1.4. Área de acero longitudinal mínima.	$A_{s.col} \geq A_{s.min}$ $1847,26 \text{ mm}^2 \geq 600 \text{ mm}^2$	16.3.4.1 10.6.1.1	CUMPLE
4.1.5. Espaciamiento máximo entre el refuerzo longitudinal.	$Hx.colm \leq Hx.max$ $7,2 \text{ cm} \leq 35 \text{ cm}$	18.7.5.2 (e) 18.7.5.2 (f)	CUMPLE
4.1.6. Espaciamiento mínimo entre el refuerzo longitudinal.	$s.col \geq s.min$ $1,54 \text{ cm} \geq 5 \text{ cm}$	25.2.1	NO CUMPLE Disminuir el número de refuerzos o aumentar CI.
4.1.7. Espaciamiento entre el refuerzo transversal.	$s.min \leq s.col \leq s.max$ $5 \text{ cm} \leq 7,2 \text{ cm} \leq 7,5 \text{ cm}$	18.7.5.3	CUMPLE
4.1.8. Área del acero transversal.	$A_{s.col} \geq A_{s.h}$ $314,16 \text{ mm}^2 \geq 356,4 \text{ mm}^2$	18.7.5.4	NO CUMPLE Aumentar el diámetro o disminuir la separación entre refuerzos.
4.1.9. Resistencia de la sección a corte.	$\phi_v V_{s.colm} \geq V_u$ $423,33 \text{ KN} \geq 101,86 \text{ KN}$	22.5.8.1	CUMPLE

4.2. Revisión del cortante en el pedestal.			
4.2. Pedestal.	Parámetros .	ACI 318-19	Verificación
4.2.1. Relación geométrica entre la columna y pedestal.	$rel.colm = rel.ped$ $-10 \text{ cm} = -10 \text{ cm}$	.....	CUMPLE
4.2.2. Área de acero longitudinal máxima. .	$A_{s.col} \leq A_{s.max}$ $3694,52 \text{ mm}^2 \leq 6000 \text{ mm}^2$	18.7.4.1	CUMPLE
4.2.3. Área de acero longitudinal mínima.	$A_{s.col} \geq A_{s.min}$ $3694,52 \text{ mm}^2 \geq 1000 \text{ mm}^2$	16.3.4.1 10.6.1.1	CUMPLE
4.2.4. Espaciamiento máximo entre el refuerzo longitudinal.	$Hx.ped \leq Hx.max$ $10,4 \text{ cm} \leq 35 \text{ cm}$	18.7.5.2 (e) 18.7.5.2 (f)	CUMPLE
4.2.5. Espaciamiento mínimo entre el refuerzo longitudinal.	$s.col \geq s.min$ $10,4 \text{ cm} \geq 5 \text{ cm}$	25.2.1	CUMPLE
4.2.6. Espaciamiento entre el refuerzo transversal.	$s.min \leq s.col \leq s.max$ $5 \text{ cm} \leq 7,2 \text{ cm} \leq 8,4 \text{ cm}$	18.7.5.3	CUMPLE
4.2.7. Sección transversal.	$101,86 \text{ KN} \leq 368,39 \text{ KN}$	22.5.1.2	CUMPLE
4.2.8. Resistencia de la sección a corte.	$\phi_v V_{s.ped} \geq V_u$ $803,56 \text{ KN} \geq 101,86 \text{ KN}$	22.5.8.1	CUMPLE
4.2.9. Altura de la zapata en función de la longitud de desarrollo con gancho del pedestal.	$l.dh.ped \leq l_z$ $28,3 \text{ cm} \leq 50 \text{ cm}$	.....	CUMPLE
4.2.10 Efecto biaxial.	$0,63 \leq 1$	.....	CUMPLE
4.2.11 Ancho B2 en función de la longitud de desarrollo la viga.	$B2 \geq l.dh$ $50 \text{ cm} \geq 30,44 \text{ cm}$	.....	CUMPLE

5. Diseño de la viga de amarre.			
5.1 Dimensionamiento de la sección .	Parámetros.	ACI 318-19.	Verificación.
5.1.1 Ancho y alto colocado.	$Bw.min \leq Bw.col \leq Bw.max$ $30 \text{ cm} \leq 40 \text{ cm} \leq 45 \text{ cm}$	.....	CUMPLE
5.1.2 Luz libre.	$3 \text{ m} \geq 1,23 \text{ m}$	18.6.2.1 (a)	CUMPLE
5.1.3 Ancho de diseño.	$B1 \geq Bw$ $40 \text{ cm} \geq 40 \text{ cm}$	.....	CUMPLE
5.2 Refuerzo longitudinal.	Parámetros.	ACI 318-19.	Verificación.
5.2.1 Área del acero longitudinal.	$A_{s.col} = 2035,76 \text{ mm}^2$ $A_{s.col} \geq A_{s.min}$ $2035,76 \text{ mm}^2 \geq 1600 \text{ mm}^2$ $A_{s.col} \leq A_{s.max}$ $2035,76 \text{ mm}^2 \leq 4800 \text{ mm}^2$	16.3.4.1 10.6.1.1 18.7.4.1	CUMPLE
5.2.2 Espaciamiento mínimo entre el refuerzo longitudinal.	$s.long \geq s.min$ $8,8 \text{ cm} \geq 5 \text{ cm}$	25.2.1	CUMPLE
5.2.3 Viga aérea.	$0,07 \leq 1$	.....	CUMPLE
5.2.4 Altura en función de $l_{ext}$ .	$Bw \geq l_{ext}$ $40 \text{ cm} \geq 21,6 \text{ cm}$	.....	CUMPLE

— RESULTADOS.

— Geometría.

— Columna cumple.

```

colm1 := {
  "1. Zapata.",
  "2. Columna.",
  "3. Viga de amarre."
}

colm2 := {
  "Ancho (B):",
  "Largo (L):",
  "Alto (H):",
  "Ancho (C1):",
  "Ancho (C2):",
  "Ancho bajo el terreno (C1.1):",
  "Ancho bajo el terreno (C2.1):",
  "Ancho y alto (Bv):"
}

colm3 := {
  concat(var2str( $\frac{B}{m}$ ), " m"),
  concat(var2str( $\frac{L}{m}$ ), " m"),
  concat(var2str( $\frac{H}{cm}$ ), " cm"),
  concat(var2str( $\frac{C1\_arriba}{cm}$ ), " cm"),
  concat(var2str( $\frac{C2\_arriba}{cm}$ ), " cm"),
  concat(var2str( $\frac{C1}{cm}$ ), " cm"),
  concat(var2str( $\frac{C2}{cm}$ ), " cm"),
  concat(var2str( $\frac{B\_viga}{cm}$ ), " cm")
}
    
```

```

plot_geometria_cumple := augment(colm1, colm2, colm3)
    
```

— Columna no cumple.

```

colm1 := {
  "1. Zapata.",
  "2. Columna.",
  "3. Pósterior.",
  "4. Viga de amarre."
}

colm2 := {
  "Ancho (B):",
  "Largo (L):",
  "Alto (H):",
  "Ancho (C1):",
  "Ancho (C2):",
  "Ancho (H):",
  "Ancho (H2):",
  "Ancho y alto (HxL):"
}

colm3 := {
  concat(var2str( $\frac{B}{m}$ ), " m"),
  concat(var2str( $\frac{L}{m}$ ), " m"),
  concat(var2str( $\frac{H}{cm}$ ), " cm"),
  concat(var2str( $\frac{C1\_arriba}{cm}$ ), " cm"),
  concat(var2str( $\frac{C2\_arriba}{cm}$ ), " cm"),
  concat(var2str( $\frac{H1}{cm}$ ), " cm"),
  concat(var2str( $\frac{H2}{cm}$ ), " cm"),
  concat(var2str( $\frac{H\_viga}{cm}$ ), " cm")
}
    
```

```

plot_geometria_no_cumple := augment(colm1, colm2, colm3)
    
```

```

titulo_geometria := ["Resultados geométricos." ]
    
```

```

plot_geometria := {
  ii var2str = "cumple"
  plot_geometria_cumple
  ii
  plot_geometria_no_cumple
}
    
```

— Armado estructura.

— Columna cumple.

Separación del refuerzo longitudinal fuera de la franja izquierda.

$$S_{col\_fuera\_franja\_d} = \frac{Longitud\ franja}{num\_barr\ fuera\ franja + 1} = 21.83\ cm$$

Separación del refuerzo longitudinal dentro de la franja.

$$S_{barr\ dentro\ franja\ d} = \frac{B}{num\_barr\_franja + 1} = 21.43\ cm$$

```

colm1 := {
  "1. Zapata.",
  "2. Columna.",
  "3. Viga de amarre."
}

colm2 := {
  "Refuerzo longitudinal perpendicular a B:",
  "Refuerzo longitudinal perpendicular a L:",
  "Refuerzo longitudinal:",
  "Refuerzo transversal:",
  "Refuerzo longitudinal:",
  "Refuerzo transversal:"
}

colm3 := {
  concat(var2str(num_barr_d), " #", var2str( $\frac{S_{barr\_d}}$ ), " mm", " #", var2str( $\frac{S_{col\_fuera}}$ ), " #", var2str( $\frac{S_{col\_dentro}}$ ), " #",
  "Fuera de la franja:", concat(var2str(num_barr_fuera_franja), " #", var2str( $\frac{S_{barr\_fuera}}$ ), " mm", " #", var2str( $\frac{S_{col\_dentro}}$ ), " #",
  "Dentro de la franja:", concat(var2str(num_barr_dentro), " #", var2str( $\frac{S_{barr\_dentro}}$ ), " mm", " #", var2str( $\frac{S_{col\_dentro}}$ ), " #",
  concat(var2str(n_long_col), " #", var2str( $\frac{S_{long\_col}}$ ), " mm"),
  concat(" #", var2str( $\frac{S_{trans\_col}}$ ), " mm", " #", var2str( $\frac{S_{trans\_col}}$ ), " cm"),
  concat(var2str(n1), " #", var2str( $\frac{S_{long\_viga}}$ ), " mm"),
  concat(" #", var2str( $\frac{S_{trans\_viga}}$ ), " mm", " #", var2str( $\frac{S_{trans\_viga}}$ ), " cm")
}
    
```

```

plot_armado_cumple := augment(colm1, colm2, colm3)
    
```

Columna no cumple.

Separacion del refuerzo longitudinal fuera de la franja izquierda.

$$s_{ca1\_fuera\_franja} = \frac{L_{long\_fuera\_franja}}{num\_barr\_fuera\_franja\_unit} = 21.83 \text{ cm}$$

Separacion del refuerzo longitudinal dentro de la franja.

$$s_{ca1\_dentro\_franja} = \frac{s}{num\_barr\_dentro\_franja} + 1 = 21.43 \text{ cm}$$

colm<sub>1</sub> = [ "1. Zapata,"  
"2. Columna,"  
"3. Pedestal,"  
"4. Viga de amarre," ]

colm<sub>2</sub> = [ "Refuerzo longitudinal perpendicular a B:"  
"Refuerzo longitudinal perpendicular a L:"  
"Refuerzo longitudinal:"  
"Refuerzo transversal:"  
"Refuerzo longitudinal:"  
"Refuerzo transversal:"  
"Refuerzo longitudinal:"  
"Refuerzo transversal:" ]

colm<sub>3</sub> = [ [concat( var2str( num\_barr\_a ), " φ"; var2str( s\_barra ), " cm"; " @"; var2str( s\_barra ), " cm" ) ]  
[ "Fuera de la franja:" concat( var2str( num\_barr\_fuera\_franja\_unit ), " φ"; var2str( s\_barra ), " cm"; " @"; var2str( s\_barra ), " cm" ) ]  
[ "Dentro de la franja:" concat( var2str( num\_barr\_franja ), " φ"; var2str( s\_barra ), " cm"; " @"; var2str( s\_barra ), " cm" ) ]  
[ concat( var2str( s\_long\_col ), " φ"; var2str( s\_long\_col ), " mm" ) ]  
[ concat( " φ"; var2str( s\_trans\_col ), " mm"; " @"; var2str( s\_trans\_col ), " cm" ) ]  
[ concat( var2str( s\_long\_viga ), " φ"; var2str( s\_long\_viga ), " mm" ) ]  
[ concat( " φ"; var2str( s\_trans\_viga ), " mm"; " @"; var2str( s\_trans\_viga ), " cm" ) ] ]

plot\_estructura := augment( colm<sub>1</sub>; colm<sub>2</sub>; colm<sub>3</sub> )

plot\_armado := if( verify( "COLUMN" )  
plot\_estructura  
else  
plot\_estructura )

titulo\_estructura := "Armado estructural."

Resultados geométricos.		
1. Zapata.	Ancho (B):	1,5 m
	Largo (L):	3 m
	Alto (Tz):	50 cm
2. Columna.	Ancho (C1):	23 cm
	Ancho (C2):	33 cm
3. Pedestal.	Ancho (B1):	40 cm
	Ancho (B2):	50 cm
4. Viga de amarre.	Ancho y alto (Bw):	40 cm

Armado estructural.			
1. Zapata.	Refuerzo longitudinal perpendicular a B:	5 φ20 mm @19,3 cm	
	Refuerzo longitudinal perpendicular a L:	Fuera de la franja:	2 φ20 mm @ 21,9 cm
		Dentro de la franja:	6 φ20 mm @ 21,5 cm
2. Columna.	Refuerzo longitudinal:	12 φ 14 mm	
	Refuerzo transversal:	φ 10 mm @ 7,2 cm	
3. Pedestal.	Refuerzo longitudinal:	12 φ 14 mm	
	Refuerzo transversal:	φ 12 mm @ 7,2 cm	
4. Viga de amarre.	Refuerzo longitudinal:	8 φ 18 mm	
	Refuerzo transversal:	φ 10 mm @ 20 cm	

1. Programación.

```

CreateRect (ep; l; w; h) := out_1 := "rect" CreateLine (ep; l; w) := out_1 := "line" CreateCircle (ep; l; w; h) := out_1 := "circle"
out_2 := PP out_2 := PP out_2 := PP
out_3 := lC out_3 := lC out_3 := lC
out_4 := "solid" out_4 := "solid" out_4 := "solid"
out_5 := W out_5 := W out_5 := W
out_6 := Fc out_6 := Fc out_6 := Fc
out

```

**Dibujo del terreno.** CreateRect (stack (X<sub>1</sub>; Y<sub>1</sub>; X<sub>2</sub>; Y<sub>2</sub>); "black"; 1.5; "lightgray")  
terreno := [ CreateRect (stack (-0.2 m; -0.2 m; E + 0.4 m; E<sub>l</sub> + 0.2 m); "black"; 1.5; "sandybrown") ]

**Dibujo de la zapata.**  
zapata := [ CreateRect (stack (0; 0; E<sub>l</sub>; l<sub>z</sub>); "black"; 1.5; "lightgray") ]

**Dibujo de la columna.**  
columna := [ CreateRect (stack (E/2 - C<sub>1,arriba</sub>/2; E<sub>l</sub>; C<sub>1,arriba</sub> + l<sub>c</sub>); "black"; 1.5; "lightgray") ]

**Dibujo de la columna o pedestal.**  
cola\_ped := if verif<sub>ps</sub> = "CORTE" then [ CreateRect (stack (E/2 - D<sub>1</sub>/2; l<sub>z</sub>; C<sub>1</sub>; (D<sub>1</sub> - l<sub>z</sub>)); "black"; 1.5; "lightgray") ] else [ CreateRect (stack (E/2 - D<sub>2</sub>/2; l<sub>z</sub>; C<sub>2</sub>; (D<sub>2</sub> - l<sub>z</sub>)); "black"; 1.5; "lightgray") ]

C<sub>1</sub> = 300 mm    C<sub>2</sub> = 400 mm  
D<sub>1</sub> = 400 mm    D<sub>2</sub> = 300 mm

**Acero longitudinal perpendicular a "B".**  
bar<sub>2</sub> := if verif<sub>ps</sub> = "CORTE" then [ CreateRect (stack (rec<sub>min</sub>; rec<sub>min</sub>; l - (l - rec<sub>min</sub>); φ<sub>var,2</sub>); "black"; 0.1; "orange") ] else [ CreateRect (stack (rec<sub>min</sub>; rec<sub>min</sub>; l - (l - rec<sub>min</sub>); φ<sub>var,2</sub>); "black"; 0.1; "orange") ]

<p><b>l<sub>des.ext.B</sub> la columna cumple.</b></p> $l_{des\_ext\_B\_cumple} := \begin{cases} \text{if } l_{des} > \frac{l}{2} - \frac{C_1}{2} - r_{cor} & 0 \\ l_{des\_m} & \\ \text{else} & \\ 0 & \end{cases}$	<p><b>l<sub>des.ext.B</sub> la columna no cumple.</b></p> $l_{des\_ext\_B\_no\_cumple} := \begin{cases} \text{if } l_{des} > \frac{l}{2} - \frac{C_2}{2} - r_{cor} & 0 \\ l_{des\_m} & \\ \text{else} & \\ 0 & \end{cases}$
--	---

**Longitud de desarrollo del refuerzo perpendicular a "B".**  
l<sub>des</sub> grafico := if verif<sub>ps</sub> = "CORTE" then [ CreateRect (stack (rec<sub>min</sub>; rec<sub>min</sub> + φ<sub>var,2</sub>; l<sub>des</sub> ext B cumple); "black"; 0.1; "orange") ] else [ CreateRect (stack (l - rec<sub>min</sub> - φ<sub>var,2</sub>; rec<sub>min</sub> + φ<sub>var,2</sub>; l<sub>des</sub> ext B cumple); "black"; 0.1; "orange") ]

**Separación del refuerzo longitudinal dentro de la franja.**  
s<sub>cal</sub> dentro franja s<sub>cal</sub> :=  $\frac{D}{\min_{barr\_franja} + 1} = 21.43 \text{ cm}$

**Acero longitudinal perpendicular a "L" dentro de la franja.** CreateCircle (stack (X; Y; radio); "black"; 0.1; "green")  
for i ∈ [ 1 .. (num\_barr\_franja) ]  
barr<sub>franja</sub><sub>i</sub> := CreateCircle (stack ( ( (l - W)/2 + (i - s<sub>cal</sub> dentro franja) s ); (rec<sub>min</sub> + φ<sub>var,2</sub> + φ<sub>var,2</sub>/2); "black"; 0.1; "purple")

**Acero longitudinal perpendicular a "L" fuera de la franja izquierdo.**  
for i ∈ [ 1 .. (num\_barr\_fuera franja izq) ]  
barr<sub>franja\_franja\_izq</sub><sub>i</sub> := CreateCircle (stack ( (rec<sub>min</sub> + φ<sub>var,2</sub>) + (i - s<sub>cal</sub> fuera franja) s ); (rec<sub>min</sub> + φ<sub>var,2</sub> + φ<sub>var,2</sub>/2); "black"; 0.1; "purple")

**Acero longitudinal perpendicular a "L" fuera de la franja derecho.**  
for i ∈ [ 1 .. (num\_barr\_fuera franja der) ]  
barr<sub>franja\_franja\_der</sub><sub>i</sub> := CreateCircle (stack ( ( (l - rec<sub>min</sub> - φ<sub>var,2</sub>) - (i - s<sub>cal</sub> fuera franja) s ); (rec<sub>min</sub> + φ<sub>var,2</sub> + φ<sub>var,2</sub>/2); "black"; 0.1; "purple")

```

barlong := [ CreateRect (stack ( ( (l - C1,arriba + recmin + φvar,2); (recmin + φvar,2 + φvar,2); φlong col; ((D1 + lz) - rcor,2 - φvar,2 - φvar,2); "black"; 0.1; "green")
CreateRect (stack ( ( (l - C1,arriba + rcor,2 + φvar,2); (recmin + φvar,2 - φvar,2); lext; φlong col); "black"; 0.1; "green")
CreateRect (stack ( ( (l/2 - C1,arriba/2 - rcor,2 - φvar,2); (recmin + φvar,2 + φvar,2); φlong col; ((D2 + lz) - rcor,1 - φvar,2 - φvar,2); "black"; 0.1; "green")
CreateRect (stack ( ( (l/2 - C1,arriba/2 - rcor,1 - φvar,2); (recmin + φvar,2 - φvar,2); lext; φlong col); "black"; 0.1; "green")

```

```

n_long_col := if n_long_colm == 4 == 4
              2
              else if n_long_colm == 8
              3
              else if n_long_colm == 12
              4
              else if n_long_colm == 16
              5
              else if n_long_colm == 20
              6
              else if n_long_colm == 24
              7
    
```

r\_long\_col := 4 cm

$$d_{long\_col} := \frac{c_{1\_arriba} - (2 \cdot r_{ec\_cola}) - (2 \cdot \phi_{trans\_cola})}{n_{long\_col} - 1} = 4.3333 \text{ cm}$$

Acero longitudinal de la columna.

$n_{long\_colm} = 12$      $\phi_{trans\_cola} = 1.4 \text{ cm}$      $\phi_{trans\_cola} = 1 \text{ cm}$

```

if n_long_colm == 4
  arr: long_colm := [ CreateRect (stack (0; 0; 0; 0); "black"; 0.1; "green") ]
else if n_long_colm != 4
  for i in [1..(n_long_colm - 2)]
    arr: long_colm_i := CreateRect (stack ( ( ( ( \frac{d_{long\_col}}{2} + r_{ec\_cola} + \phi_{trans\_cola} - \frac{\phi_{long\_col}}{2} ) - (1 \cdot d_{long\_col}) ); (r_{ec\_col} + \phi_{var,d} + \phi_{var,t}); \phi_{long\_col}; (D_2 + 1 \cdot n - r_{ec\_col} - \phi_{var,d} - \phi_{var,t}); "black"; 0.1; "green" )
    
```

```

arr: long_ped := if verf_23 == "COMPLET"
                [ CreateRect (stack (0; 0; 0; 0); "black"; 0.1; "blue") ]
                else
                [ CreateRect (stack ( ( \frac{D_2}{2} - \frac{b_1}{2} + r_{ec\_col} + \phi_{trans\_ped}; (r_{ec\_col} + \phi_{var,n} + \phi_{var,t}); \phi_{long\_ped}; (D_2 - (2 \cdot r_{ec\_col}) - \phi_{var,n} - \phi_{var,t}); "black"; 0.1; "blue" )
                  CreateRect (stack ( ( \frac{D_2}{2} - \frac{b_2}{2} + r_{ec\_col} + \phi_{trans\_ped}; (r_{ec\_col} + \phi_{var,d} + \phi_{var,t}); \phi_{long\_ped}; \phi_{ext\_long\_ped}; \phi_{long\_ped}); "black"; 0.1; "blue" )
                  CreateRect (stack ( ( \frac{D_2}{2} + \frac{b_2}{2} - r_{ec\_col} - \phi_{trans\_ped} - \phi_{trans\_ped}; (r_{ec\_col} + \phi_{var,n} + \phi_{var,t}); \phi_{long\_ped}; (D_2 - (2 \cdot r_{ec\_col}) - \phi_{var,n} - \phi_{var,t}); "black"; 0.1; "blue" )
                  CreateRect (stack ( ( \frac{D_2}{2} + \frac{b_1}{2} - r_{ec\_col} - \phi_{trans\_ped} - \phi_{ext\_long\_ped} - \phi_{trans\_ped}; (r_{ec\_col} + \phi_{var,d} + \phi_{var,t}); \phi_{ext\_long\_ped}; \phi_{long\_ped}); "black"; 0.1; "blue" )
    
```

```

n_long_ped := if n_long_pedm == 4 == 4
              2
              else if n_long_pedm == 8
              3
              else if n_long_pedm == 12
              4
              else if n_long_pedm == 16
              5
              else if n_long_pedm == 20
              6
              else if n_long_pedm == 24
              7
    
```

$$d_{long\_ped} := \frac{D_2 - (2 \cdot r_{ec\_col}) - (2 \cdot \phi_{trans\_ped})}{n_{long\_ped} - 1} = 7.3333 \text{ cm}$$

$n_{long\_pedm} = 12$      $\phi_{long\_ped} = 1.4 \text{ cm}$      $\phi_{trans\_ped} = 1.2 \text{ cm}$

Acero longitudinal de la columna.

```

if verf_23 == "COMPLET"
  arr: long_ped := [ CreateRect (stack (0; 0; 0; 0); "black"; 0.1; "green") ]
else
  if n_long_pedm == 4
    arr: long_ped := [ CreateRect (stack (0; 0; 0; 0); "black"; 0.1; "green") ]
  else if n_long_pedm != 4
    for i in [1..(n_long_pedm - 2)]
      arr: long_ped_i := CreateRect (stack ( ( ( ( \frac{D_2}{2} - \frac{b_1}{2} + r_{ec\_col} + \phi_{trans\_ped} - \frac{\phi_{long\_ped}}{2} ) + (1 \cdot d_{long\_ped}) ); (r_{ec\_col} + \phi_{var,n} + \phi_{var,t}); \phi_{long\_ped}; (D_2 - (r_{ec\_col} \cdot 2) - \phi_{var,n} - \phi_{var,t}); "black"; 0.1; "blue" )
    
```

Acero transversal de la columna.

```

if verf_23 == "COMPLET"
  for i in [1.. ( \frac{D_2 - 100 \text{ cm} - r_{ec\_col} - \phi_{var,n} - \phi_{var,t} - \phi_{long\_col}}{d_{trans\_cola}} ]_1
    arr: trans_colm_i := CreateRect (stack ( \frac{D_2}{2} - \frac{c_{1\_arriba}}{2} + r_{ec\_col}; (D_2 + 1 \cdot n) - (1 \cdot d_{trans\_cola}); c_{1\_arriba} - (2 \cdot r_{ec\_col}); \phi_{trans\_cola}; "black"; 0.1; "green" )
  else
    for i in [1.. ( \frac{100 \text{ cm}}{d_{trans\_cola}} ]_1
      arr: trans_colm_i := CreateRect (stack ( \frac{D_2}{2} - \frac{c_{1\_arriba}}{2} + r_{ec\_col}; (D_2 + 1 \cdot n) - (1 \cdot d_{trans\_cola}); c_{1\_arriba} - (2 \cdot r_{ec\_col}); \phi_{trans\_cola}; "black"; 0.1; "green" )
    
```

Acero transversal del pedestal

```

if verf_23 == "COMPLET"
  arr: trans_ped := CreateRect (stack (0; 0; 0; 0); "black"; 0.1; "blue")
else
  for i in [1.. ( \frac{D_2 - (2 \cdot r_{ec\_col}) - \phi_{var,d} - \phi_{var,t} - \phi_{long\_col}}{d_{trans\_ped}} ]_1
    arr: trans_ped_i := CreateRect (stack ( \frac{D_2}{2} - \frac{b_1}{2} - r_{ec\_col} + D_2 - r_{ec\_col} - \phi_{trans\_ped} + \phi_{trans\_col} - (1 \cdot d_{long\_col}); D_2 - (2 \cdot r_{ec\_col}); \phi_{trans\_ped}; "black"; 0.1; "blue" )
    
```

Activacion de la longitud de desarrollo de la viga.

```

if varfz,z == "Colocar longitud de desarrollo con gancho."
    i_ext_viga = i_ext_viga
else
    i_ext_viga = 0
    
```

Acero longitudinal de la viga.

```

if i_long_viga ==
    CreateCircle (stack (L/2 - b_viga/2 + rec_min + phi_trans_viga - phi_long_viga/2; Dx - b_viga/2 + rec_min + phi_trans_viga + phi_long_viga/2; "black"; 0.1; "red")
    CreateCircle (stack (L/2 + b_viga/2 - rec_min - phi_trans_viga - phi_long_viga/2; Dx - b_viga/2 + rec_min + phi_trans_viga + phi_long_viga/2; "black"; 0.1; "red")
    CreateCircle (stack (L/2 - b_viga/2 + rec_min + phi_trans_viga + phi_long_viga/2; Dx - rec_min - phi_trans_viga - phi_long_viga/2; "black"; 0.1; "red")
    CreateCircle (stack (L/2 - b_viga/2 - rec_min - phi_trans_viga - phi_long_viga/2; Dx - rec_min - phi_trans_viga - phi_long_viga/2; "black"; 0.1; "red")
    
```

```

i_ext_viga_var =
    CreateRect (stack (L/2 - b_viga/2 + rec_min + phi_trans_viga; Dx - b_viga/2 + rec_min + phi_trans_viga + phi_long_viga/2; i_ext_viga; i_ext_viga); "black"; 0.1; "red")
    CreateRect (stack (L/2 + b_viga/2 - rec_min - phi_trans_viga - phi_long_viga/2; Dx - b_viga/2 + rec_min + phi_trans_viga + phi_long_viga/2; i_ext_viga; i_ext_viga); "black"; 0.1; "red")
    CreateRect (stack (L/2 - b_viga/2 + rec_min + phi_trans_viga; Dx - rec_min - phi_trans_viga - phi_long_viga/2; i_ext_viga; i_ext_viga); "black"; 0.1; "red")
    CreateRect (stack (L/2 - b_viga/2 - rec_min - phi_trans_viga - phi_long_viga/2; Dx - rec_min - phi_trans_viga - phi_long_viga/2; i_ext_viga; i_ext_viga); "black"; 0.1; "red")
    
```

```

if i_long_viga == 0
    CreateCircle (stack (L/2 - b_viga/2 + rec_min + phi_trans_viga + phi_long_viga/2; Dx - b_viga/2; "black"; 0.1; "red")
    CreateCircle (stack (L/2 + b_viga/2 - rec_min - phi_trans_viga - phi_long_viga/2; Dx - b_viga/2; "black"; 0.1; "red")
    CreateCircle (stack (L/2; Dx - rec_min - phi_trans_viga; "black"; 0.1; "red")
    CreateCircle (stack (L/2; Dx - b_viga/2 + rec_min + phi_trans_viga; "black"; 0.1; "red")
else
    [0]
    
```

```

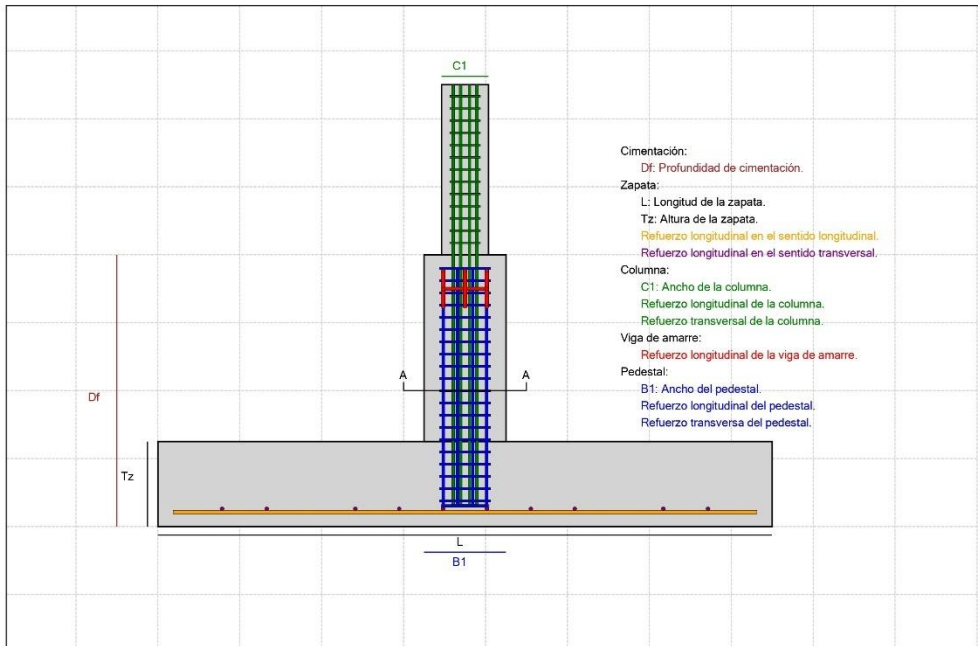
i_ext_viga_var =
    if i_long_viga == 0
        CreateRect (stack (L/2 - b_viga/2 + rec_min + phi_trans_viga + phi_long_viga/2; Dx - b_viga/2 - phi_long_viga/2; i_ext_viga; phi_long_viga); "black"; 0.1; "red")
        CreateRect (stack (L/2 + b_viga/2 - rec_min - phi_trans_viga - phi_long_viga/2 - i_ext_viga; Dx - b_viga/2 - phi_long_viga/2; i_ext_viga; phi_long_viga); "black"; 0.1; "red")
        CreateRect (stack (L/2 - phi_long_viga/2; Dx - b_viga/2 + rec_min + phi_trans_viga + phi_long_viga/2; i_ext_viga; i_ext_viga); "black"; 0.1; "red")
        CreateRect (stack (L/2 - phi_long_viga/2; Dx - rec_min - phi_trans_viga - phi_long_viga/2 - i_ext_viga; phi_long_viga/2; i_ext_viga); "black"; 0.1; "red")
    else
        [0]
    
```

Acero transversal de la columna.

```

if varfz,z == "CORONA"
    for i ∈ [1.. ⌊(Dy - 100 cm - rec_min - phi_ext_c - phi_ext_c - phi_long_cola) / phi_trans_cola ⌋ - 1]
        bufftrans_colai = CreateRect (stack (L/2 - Clarriza/2 + rec_cola; (Dy + 1) * i - (1 * phi_trans_cola); Clarriza - (2 * rec_cola); phi_trans_cola); "black"; 0.1; "green")
    else
        for i ∈ [1.. ⌊(100 cm) / phi_trans_cola ⌋ - 1]
            bufftrans_colai = CreateRect (stack (L/2 - Clarriza/2 + rec_cola; (Dy + 1) * i - (1 * phi_trans_cola); Clarriza - (2 * rec_cola); phi_trans_cola); "black"; 0.1; "green")
    
```





2. Programación.

```

CreateRect (pp; l0; w; l0) := out_1 := "rect" CreateLine (pp; l0; w) := out_2 := "line" CreateCircle (pp; l0; w; l0) := out_3 := "circle"
out_2 := ep out_3 := ep out_4 := "solid" out_5 := "solid" out_6 := "solid" out_7 := "solid"
out_4 := "solid" out_5 := w out_6 := w out_7 := w
out_8 := "none"
out_9 := "none"
out_10 := "none"
out_11 := "none"
out_12 := "none"
out_13 := "none"
out_14 := "none"
out_15 := "none"
out_16 := "none"
out_17 := "none"
out_18 := "none"
out_19 := "none"
out_20 := "none"
out_21 := "none"
out_22 := "none"
out_23 := "none"
out_24 := "none"
out_25 := "none"
out_26 := "none"
out_27 := "none"
out_28 := "none"
out_29 := "none"
out_30 := "none"
out_31 := "none"
out_32 := "none"
out_33 := "none"
out_34 := "none"
out_35 := "none"
out_36 := "none"
out_37 := "none"
out_38 := "none"
out_39 := "none"
out_40 := "none"
out_41 := "none"
out_42 := "none"
out_43 := "none"
out_44 := "none"
out_45 := "none"
out_46 := "none"
out_47 := "none"
out_48 := "none"
out_49 := "none"
out_50 := "none"
out_51 := "none"
out_52 := "none"
out_53 := "none"
out_54 := "none"
out_55 := "none"
out_56 := "none"
out_57 := "none"
out_58 := "none"
out_59 := "none"
out_60 := "none"
out_61 := "none"
out_62 := "none"
out_63 := "none"
out_64 := "none"
out_65 := "none"
out_66 := "none"
out_67 := "none"
out_68 := "none"
out_69 := "none"
out_70 := "none"
out_71 := "none"
out_72 := "none"
out_73 := "none"
out_74 := "none"
out_75 := "none"
out_76 := "none"
out_77 := "none"
out_78 := "none"
out_79 := "none"
out_80 := "none"
out_81 := "none"
out_82 := "none"
out_83 := "none"
out_84 := "none"
out_85 := "none"
out_86 := "none"
out_87 := "none"
out_88 := "none"
out_89 := "none"
out_90 := "none"
out_91 := "none"
out_92 := "none"
out_93 := "none"
out_94 := "none"
out_95 := "none"
out_96 := "none"
out_97 := "none"
out_98 := "none"
out_99 := "none"
out_100 := "none"
    
```

**Dibujo del terreno.** `CreateRect (stack (X1; Y1; X2; Y2); "black"; 1.5; "lightgray")`  
 terreno := [ CreateRect (stack (-0.2 m; -0.2 m; 4 + 0.4 m; 0 + 0.2 m); "black"; 1.5; "sandybrown") ]

**Dibujo de la zapata.**  
 zapata := [ CreateRect (stack (0; 0; L; Tz); "black"; 1.5; "lightgray") ]

**Dibujo de la columna.**  
 columna := [ CreateRect (stack (L/2 - C1/errfca/2; 0; L/2 + C1/errfca/2; Lz); "black"; 1.5; "lightgray") ]

**Dibujo de la columna o pedestal.**  
 coln\_ped := [ if verf28 = "columna" then [ CreateRect (stack (L/2 - C1/2; Lz; L/2 + C1/2; Pz - 1.5); "black"; 1.5; "lightgray") else [ CreateRect (stack (L/2 - B1/2; Lz; L/2 + B1/2; Pz - 1.5); "black"; 1.5; "lightgray") ] ] ]

$C_1 = 300 \text{ mm}$      $C_2 = 400 \text{ mm}$   
 $B_1 = 400 \text{ mm}$      $B_2 = 300 \text{ mm}$

**Acero longitudinal perpendicular a "B".**  
 br\_y := [ if verf28 = "columna" then [ CreateRect (stack (rcn\_min; rcn\_max; L - (2 \* rcn\_min); phi\_bar\_w); "black"; 0.1; "orange") else [ CreateRect (stack (rcn\_min; rcn\_max; L - (2 \* rcn\_min); phi\_bar\_b); "black"; 0.1; "orange") ] ] ]

**1.des.ext.B la columna cumple.** `I_des_ext_B_cumple := (if I_uB > L/2 - C1/2 - 2*rcn_min then I_max_D else 0) - 0`  
**1.des.ext.B la columna no cumple.** `I_des_ext_B_no_cumple := (if I_uB > L/2 - 2*rcn_min then I_max_D else 0) - 0`

Longitud de desarrollo del refuerzo perpendicular a "B".

```

l_desarrollo_perp := if varf2a == "COMPLETO"
  [
    CreateRect (stack (xcc_min: xcc_min + phi_var, x: l_desarrollo_perp); "black"; 0.1; "orange")
  ]
else
  [
    CreateRect (stack (x = xcc_min - phi_var, x: xcc_min + phi_var, y: l_desarrollo_perp); "black"; 0.1; "orange")
  ]
end

```

Separación del refuerzo longitudinal dentro de la franja.

$$s_{dist} \text{ dentro franja } s = \frac{b}{\frac{n_{barr\_franja}}{2} + 1} = 21.43 \text{ cm}$$

Acero longitudinal perpendicular a "L" dentro de la franja.

```

CreateCircle (stack (x: x; y: y; radio); "black"; 0.1; "green")
for i in [1..(n_barr_franja)]
  [
    CreateCircle (stack (x: ((x - b) / 2) + (1 - phi_var) * s_{dist} * i); (ycc_min + phi_var) + phi_var / 2; phi_var / 2); "black"; 0.1; "purple"
  ]
end

```

Acero longitudinal perpendicular a "L" fuera de la franja izquierdo.

```

for i in [1..(n_barr_fuera_franja_izq)]
  [
    CreateCircle (stack (x: (xcc_min + phi_var) + (1 - phi_var) * s_{dist} * i); (ycc_min + phi_var) + phi_var / 2; phi_var / 2); "black"; 0.1; "purple"
  ]
end

```

Acero longitudinal perpendicular a "L" fuera de la franja derecho.

```

for i in [1..(n_barr_fuera_franja_der)]
  [
    CreateCircle (stack (x: ((L - xcc_min - phi_var) - (1 - phi_var) * s_{dist} * i); (ycc_min + phi_var) + phi_var / 2; phi_var / 2); "black"; 0.1; "purple"
  ]
end

```

```

brr_long_col :=
  [
    CreateRect (stack (x: (L / 2) - phi_var / 2 + rcc_col + phi_err_col; (ycc_min + phi_var + phi_var); phi_long_col / (2 * (1 + phi_err_col) - rcc_col - phi_err_col)); "black"; 0.1; "green")
    CreateRect (stack (x: (L / 2) - phi_err_col + rcc_col + phi_err_col + phi_err_col; (ycc_min + phi_var - phi_err_col); phi_long_col); "black"; 0.1; "green")
    CreateRect (stack (x: (L / 2) - phi_err_col - rcc_col - phi_err_col - phi_err_col; (ycc_min + phi_err_col + phi_err_col); phi_long_col / (2 * (1 + phi_err_col) - rcc_col - phi_err_col)); "black"; 0.1; "green")
    CreateRect (stack (x: (L / 2) + phi_err_col - rcc_col - phi_err_col - phi_err_col; (ycc_min + phi_err_col + phi_err_col); phi_long_col); "black"; 0.1; "green")
  ]

```

```

n_long_col := if n_long_col == 4
  2
else if n_long_col == 8
  3
else if n_long_col == 12
  4
else if n_long_col == 16
  5
else if n_long_col == 20
  6
else if n_long_col == 24
  7
end

```

rcc\_col = 4 cm

$$s_{long_col} = \frac{phi_err_col - (2 * rcc_col) - (2 * phi_err_col)}{n_long_col - 1} = 4.3333 \text{ cm}$$

n\_long\_col = 12    phi\_long\_col = 5.4 cm    phi\_err\_col = 2 cm

Acero longitudinal de la columna.

```

if n_long_col == 4
  brr_long_col := [CreateRect (stack (0; 0; 0); "black"; 0.1; "green")]
else if n_long_col != 4
  for i in [1..(n_long_col - 2)]
    [
      CreateRect (stack (x: ((L / 2) - phi_err_col + rcc_col + phi_err_col - phi_err_col) - (1 - phi_err_col) * i; (ycc_min + phi_err_col + phi_err_col); phi_long_col / (2 * (1 + phi_err_col) - rcc_col - phi_err_col)); "black"; 0.1; "green")
    ]
  end
end

```

```

brr_long_ped := if varf2a == "COMPLETO"
  [
    CreateRect (stack (0; 0; 0); "black"; 0.1; "blue")
  ]
else
  [
    CreateRect (stack (x: (L / 2) - phi_err_col + rcc_col + phi_err_col; (ycc_min + phi_err_col + phi_err_col); phi_long_ped / (2 * (1 + phi_err_col) - rcc_col - phi_err_col)); "black"; 0.1; "blue")
    CreateRect (stack (x: (L / 2) - phi_err_col + rcc_col + phi_err_col; (ycc_min + phi_err_col + phi_err_col); phi_long_ped); "black"; 0.1; "blue")
    CreateRect (stack (x: (L / 2) + phi_err_col - rcc_col - phi_err_col - phi_err_col; (ycc_min + phi_err_col + phi_err_col); phi_long_ped / (2 * (1 + phi_err_col) - rcc_col - phi_err_col)); "black"; 0.1; "blue")
    CreateRect (stack (x: (L / 2) + phi_err_col - rcc_col - phi_err_col - phi_err_col; (ycc_min + phi_err_col + phi_err_col); phi_long_ped); "black"; 0.1; "blue")
  ]
end

```

```

n_long_ped := if n_long_ped == 4
  2
else if n_long_ped == 8
  3
else if n_long_ped == 12
  4
else if n_long_ped == 16
  5
else if n_long_ped == 20
  6
else if n_long_ped == 24
  7
end

```



$$d_{long\_bd} = \frac{D_f - (2 \cdot r_{cc\_min}) - (2 \cdot \phi_{trans\_ped})}{n_{long\_bd} - 1} = 7,5333 \text{ cm}$$

$$\phi_{long\_ped} = 1,2 \text{ cm} \quad \phi_{long\_ped} = 1,4 \text{ cm} \quad \phi_{trans\_ped} = 1,2 \text{ cm}$$

Acero longitudinal de la columna.

```

ii: verif_ag = "COLUMN"
arr_long_ped := [ CreateRect ( stack ( 0; 0; 0; 0; "black"; 0.1; "green" ) )
m: as
if n_long_ped = 4
D_f / long_ped := [ CreateRect ( stack ( 0; 0; 0; 0; "black"; 0.1; "green" ) )
else if n_long_ped != 4
for i in [ 1..( n_long_ped - 1 ) ]
arr_long_ped_i := CreateRect ( stack ( ( ( L / 2 - D_f / 2 + rcc_min + \phi_{trans\_ped} - \frac{\phi_{long\_ped}}{2} ) + ( i \cdot d_{long\_ped} ) ); ( rcc_min + \phi_{var,w} + \phi_{var,u} ); \phi_{long\_ped}; ( D_f - ( rcc_min \cdot 2 - \phi_{var,w} - \phi_{var,u} ) ); "black"; 0.1; "blue" ) )

```

Acero transversal de la columna.

```

ii: verif_ag = "COLUMN"
for i in [ 1.. ( \frac{D_f + 100 \text{ cm} - rcc_min - \phi_{var,w} - \phi_{var,u} - \phi_{long\_col}}{\phi_{trans\_col}} - 1 ) ]
arr_trans_col_n_i := CreateRect ( stack ( \frac{L}{2} - \frac{c_{1\_arriba}}{2} + rcc_col; ( D_f + 1 \text{ m} ) - ( i \cdot \phi_{trans\_col} ); c_{1\_arriba} - ( 2 \cdot rcc_col ); \phi_{trans\_col}; "black"; 0.1; "green" ) )
else
for i in [ 1.. ( \frac{100 \text{ cm}}{\phi_{trans\_col}} - 1 ) ]
arr_trans_col_n_i := CreateRect ( stack ( \frac{L}{2} - \frac{c_{1\_arriba}}{2} + rcc_col; ( D_f + 1 \text{ m} ) - ( i \cdot \phi_{trans\_col} ); c_{1\_arriba} - ( 2 \cdot rcc_col ); \phi_{trans\_col}; "black"; 0.1; "green" ) )

```

Acero transversal del pedestal

```

if verif_ag = "COLUMN"
arr_trans_ped_n := CreateRect ( stack ( 0; 0; 0; 0; "black"; 0.1; "blue" ) )
else
for i in [ 1.. ( \frac{D_f - ( 2 \cdot rcc_min ) - \phi_{var,w} - \phi_{var,u} - \phi_{long\_col}}{\phi_{trans\_col}} - 1 ) ]
arr_trans_ped_n_i := CreateRect ( stack ( \frac{L}{2} - \frac{D_f}{2} - rcc_ped; D_f - rcc_min - \phi_{trans\_ped} + \phi_{var,w} - ( i \cdot \phi_{trans\_col} ); D_f - ( 2 \cdot rcc_min ); \phi_{trans\_ped}; "black"; 0.1; "blue" ) )

```

Activacion de la longitud de desarrollo de la viga.

```

ii: verif_ag = "COLUMN" longitud de desarrollo con gancho.
d_ext_viga := 2 \cdot ext_viga
m: as
i: ext_viga := 0

```

Acero longitudinal de la viga.

```

arr_long_viga := [ CreateCircle ( stack ( \frac{L}{2} - \frac{D_viga}{2} + rcc_min + \phi_{trans\_viga}; D_f - D_viga + rcc_min + \phi_{trans\_viga} + \frac{\phi_{long\_viga}}{2}; "black"; 0.1; "red" ) )
CreateCircle ( stack ( \frac{L}{2} - \frac{D_viga}{2} - rcc_min - \phi_{trans\_viga} - \frac{\phi_{long\_viga}}{2}; D_f - D_viga + rcc_min + \phi_{trans\_viga} + \frac{\phi_{long\_viga}}{2}; "black"; 0.1; "red" ) )
CreateCircle ( stack ( \frac{L}{2} - \frac{D_viga}{2} + rcc_min + \phi_{trans\_viga} + \frac{\phi_{long\_viga}}{2}; D_f - rcc_min - \phi_{trans\_viga} - \frac{\phi_{long\_viga}}{2}; "black"; 0.1; "red" ) )
CreateCircle ( stack ( \frac{L}{2} - \frac{D_viga}{2} - rcc_min - \phi_{trans\_viga} - \frac{\phi_{long\_viga}}{2}; D_f - rcc_min - \phi_{trans\_viga} - \frac{\phi_{long\_viga}}{2}; "black"; 0.1; "red" ) )

```

```

i_ext_viga_start := [ CreateRect ( stack ( \frac{L}{2} - \frac{D_viga}{2} + rcc_min + \phi_{trans\_viga}; D_f - D_viga - rcc_min + \phi_{trans\_viga} - \frac{\phi_{long\_viga}}{2}; \phi_{long\_viga}; i_ext_viga; "black"; 0.1; "red" ) )
CreateRect ( stack ( \frac{L}{2} - \frac{D_viga}{2} - rcc_min - \phi_{trans\_viga} - \phi_{long\_viga}; D_f - D_viga + rcc_min + \phi_{trans\_viga} - \frac{\phi_{long\_viga}}{2}; \phi_{long\_viga}; i_ext_viga; "black"; 0.1; "red" ) )
CreateRect ( stack ( \frac{L}{2} - \frac{D_viga}{2} + rcc_min + \phi_{trans\_viga} - \frac{\phi_{long\_viga}}{2}; D_f - rcc_min - \phi_{trans\_viga} - \frac{\phi_{long\_viga}}{2} - i_ext_viga; \phi_{long\_viga}; i_ext_viga; "black"; 0.1; "red" ) )
CreateRect ( stack ( \frac{L}{2} - \frac{D_viga}{2} - rcc_min - \phi_{trans\_viga} - \phi_{long\_viga}; D_f - rcc_min - \phi_{trans\_viga} - \frac{\phi_{long\_viga}}{2} - i_ext_viga; \phi_{long\_viga}; i_ext_viga; "black"; 0.1; "red" ) )

```

```

arr_long_viga2 := if D_long_viga = 0
[ CreateCircle ( stack ( \frac{L}{2} - \frac{D_viga}{2} + rcc_min + \phi_{trans\_viga} + \frac{\phi_{long\_viga}}{2}; D_f - \frac{D_viga}{2} + \frac{\phi_{long\_viga}}{2}; "black"; 0.1; "red" ) )
CreateCircle ( stack ( \frac{L}{2} - \frac{D_viga}{2} - rcc_min - \phi_{trans\_viga} - \frac{\phi_{long\_viga}}{2}; D_f - \frac{D_viga}{2} + \frac{\phi_{long\_viga}}{2}; "black"; 0.1; "red" ) )
CreateCircle ( stack ( \frac{L}{2}; D_f - rcc_min - \phi_{trans\_viga} - \frac{\phi_{long\_viga}}{2}; "black"; 0.1; "red" ) )
CreateCircle ( stack ( \frac{L}{2}; D_f - D_viga + rcc_min + \phi_{trans\_viga} + \frac{\phi_{long\_viga}}{2}; "black"; 0.1; "red" ) )
]
else
[ 0 ]

```

```

i_ext_viga_start2 := if n_long_viga = 0
[ CreateRect ( stack ( \frac{L}{2} - \frac{D_viga}{2} + rcc_min + \phi_{trans\_viga} + \frac{\phi_{long\_viga}}{2}; D_f - \frac{D_viga}{2} - \frac{\phi_{long\_viga}}{2}; i_ext_viga; \phi_{long\_viga}; "black"; 0.1; "red" ) )
CreateRect ( stack ( \frac{L}{2} - \frac{D_viga}{2} - rcc_min - \phi_{trans\_viga} - \frac{\phi_{long\_viga}}{2} - i_ext_viga; D_f - \frac{D_viga}{2} - \frac{\phi_{long\_viga}}{2}; i_ext_viga; \phi_{long\_viga}; "black"; 0.1; "red" ) )
CreateRect ( stack ( \frac{L}{2} - \frac{\phi_{long\_viga}}{2}; D_f - D_viga + rcc_min + \phi_{trans\_viga} + \frac{\phi_{long\_viga}}{2}; i_ext_viga; i_ext_viga; "black"; 0.1; "red" ) )
CreateRect ( stack ( \frac{L}{2} - \frac{\phi_{long\_viga}}{2}; D_f - rcc_min - \phi_{trans\_viga} - \frac{\phi_{long\_viga}}{2} - i_ext_viga; \phi_{long\_viga}; i_ext_viga; "black"; 0.1; "red" ) )
]
else
[ 0 ]

```

```

mens_ped := if verif_2g == "COMPLET"
            ==
            else
            "pedestal:"

B1_ced := if verif_2g == "COMPLET"
            ==
            else
            concat("B1: "; var2str( $\frac{B_1}{cm}$ ); " cm.")

mens_ced_1era := if verif_2g == "COMPLET"
                 ==
                 else
                 concat(var2str( $D_{long\_ped}$ ); " @ "; var2str( $\frac{D_{long\_ced}}$ ); " cm.")

mens_ped_1era := if verif_2g == "COMPLET"
                 ==
                 else
                 concat("@"; var2str( $\frac{D_{long\_ced}}$ ); " cm"; " @ "; var2str( $\frac{D_{long\_ced}}$ ); " cm.")

B1_ped_1era := if verif_2g == "COMPLET"
                ==
                else
                "B1:"

col_m_bajo := if verif_2g == "COMPLET"
               ==
               else
               "Columna bajo el terreno."

C1_cola := if verif_2g == "COMPLET"
            ==
            else
            concat("C1.1: "; var2str( $\frac{C_1}{cm}$ ); " cm.")

C1_cola_marc := if verif_2g == "COMPLET"
                 ==
                 else
                 "C1.1:"
    
```

Títulos del corte "I".

$\frac{I}{2} - 3$ cm	$t_2 - 3$ cm	"B"	8 "black"
-19 cm	$t_2 - \frac{I_2}{3}$	"B"	8 "black"
$\frac{I}{2} - 7$ cm	$D_2 + 110$ cm	"G"	8 "green"
$I - \frac{I - B}{2}$	$t_2 + 145$ cm	"Zapata"	8 "black"
$I - \frac{I - B}{2} + 10$ cm	$t_2 + 145$ cm	concat("Z1: "; var2str( $\frac{I}{cm}$ ); " cm.")	8 "black"
$I - \frac{I - B}{2} + 10$ cm	$t_2 + 135$ cm	concat("Z2: "; var2str( $\frac{I}{cm}$ ); " cm.")	8 "black"
$I - \frac{I - B}{2} + 10$ cm	$t_2 + 125$ cm	concat(var2str( $num\_barr\_n$ ); " @ "; var2str( $\frac{D_{barr\_n}}$ ); " cm.")	8 "orange"
$I - \frac{I - B}{2} + 10$ cm	$t_2 + 115$ cm	concat(var2str( $num\_barr\_franja - num\_barr\_fondo\_franja$ ); " @ "; var2str( $\frac{D_{barr\_f}}$ ); " cm.")	8 "orange"
$I - \frac{I - B}{2}$	$t_2 + 105$ cm	"Columna"	8 "black"
$I - \frac{I - B}{2} + 10$ cm	$t_2 - 95$ cm	concat("C1: "; var2str( $\frac{C_1\_exterie}$ ); " cm.")	8 "green"
$I - \frac{I - B}{2} + 10$ cm	$t_2 - 85$ cm	concat(var2str( $D_{long\_cola}$ ); " @ "; var2str( $\frac{D_{long\_ced}}$ ); " cm.")	8 "green"
$I - \frac{I - B}{2} + 10$ cm	$t_2 - 75$ cm	concat("@"; var2str( $\frac{D_{long\_cola}$ ); " cm"; " @ "; var2str( $\frac{D_{long\_ced}}$ ); " cm.")	8 "green"
$I - \frac{I - B}{2}$	$t_2 + 65$ cm	"Viga de arriba"	8 "black"
$I - \frac{I - B}{2} + 10$ cm	$t_2 + 55$ cm	concat(var2str( $D_{long\_vig}$ ); " @ "; var2str( $\frac{D_{long\_vig}}$ ); " cm.")	8 "red"
$I - \frac{I - B}{2}$	$t_2 + 45$ cm	mens_ped	8 "black"
$I - \frac{I - B}{2} + 10$ cm	$t_2 + 35$ cm	B1_ped	8 "blue"
$I - \frac{I - B}{2} + 10$ cm	$t_2 + 25$ cm	mens_ped_long	8 "blue"
$I - \frac{I - B}{2} + 10$ cm	$t_2 + 15$ cm	mens_ped_1era	8 "blue"
$\frac{I}{2} - 7$ cm	-17 cm	B1_ped_marc	8 "blue"
$I - \frac{I - B}{2}$	$t_2 + 45$ cm	col_m_bajo	8 "black"
$I - \frac{I - B}{2} + 10$ cm	$t_2 + 35$ cm	C1_cola	8 "green"
$\frac{I}{2} - 12$ cm	-17 cm	C1_cola_marc	8 "green"
$I - \frac{I - B}{2}$	$t_2 + 175$ cm	"Contacto 1"	8 "black"
$I - \frac{I - B}{2} + 10$ cm	$t_2 + 165$ cm	concat("Bf: "; var2str( $\frac{D_2}{cm}$ ); " cm.")	8 "brown"
-35 cm	$\frac{B_2}{2}$	"Z"	8 "brown"

```

linea_ped := if verif_2g == "COMPLET"
              ==
              else
              CreateLine(stack(0; 0; 0); "blue"; 1)
              else
              CreateLine(stack( $\frac{I}{2} - \frac{B_1}{2}$ ; -15 cm;  $\frac{I}{2} + \frac{B_2}{2}$ ; -15 cm); "blue"; 1)

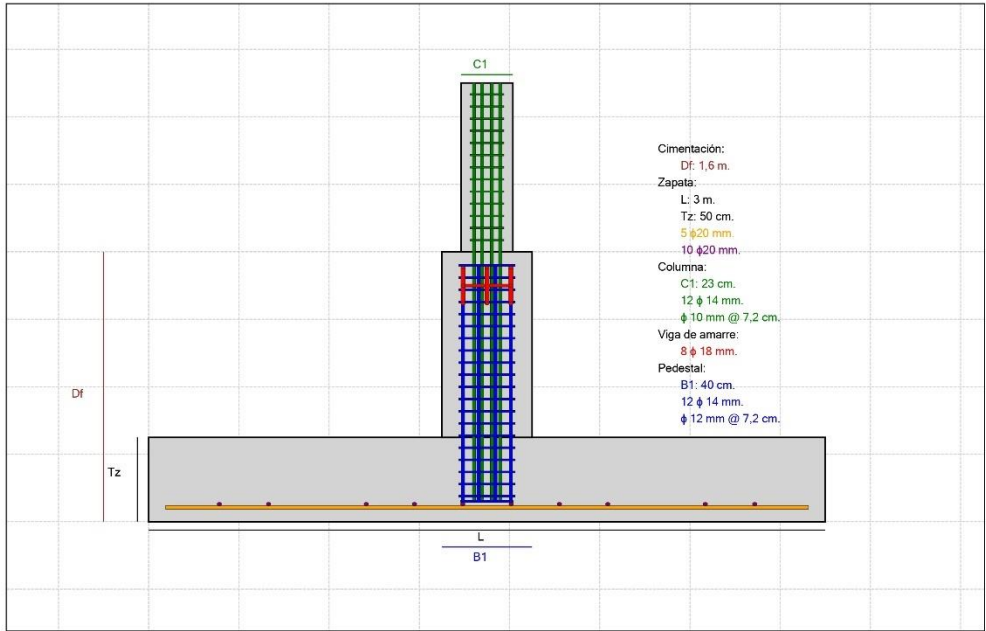
linea_cola_bajo := if verif_2g == "COMPLET"
                   ==
                   else
                   CreateLine(stack( $\frac{I}{2} - \frac{C_1}{2}$ ; -15 cm;  $\frac{I}{2} + \frac{C_2}{2}$ ; -15 cm); "green"; 1)
                   else
                   CreateLine(stack(0; 0; 0); "blue"; 1)
    
```

Líneas de los títulos del corte "I".

```

I_1 := CreateLine(
    CreateLine(stack(0; -5 cm; I_2 - 5 cm); "black"; 1)
    CreateLine(stack(-5 cm; 0; -5 cm; I_2); "black"; 1)
    CreateLine(
        stack( $\frac{I}{2} - \frac{C_1\_arriba}{2}$ ; D_2 + 1 m + 5 cm;  $\frac{I}{2} + \frac{C_1\_arriba}{2}$ ; D_2 + 1 m + 5 cm); "green"; 1)
        CreateLine(stack(-20 cm; 0; -20 cm; D_2); "brown"; 1)
    )
    
```

- zapata<sub>1</sub>
- columna<sub>1</sub>
- colm\_ped<sub>1</sub>
- barr<sub>1</sub>
- barr<sub>1</sub>\_franja
- barr<sub>1</sub>\_fondo\_franja\_izq
- barr<sub>1</sub>\_fondo\_franja\_der
- barr<sub>1</sub>\_long\_cola<sub>1</sub>
- barr<sub>1</sub>\_long\_cola<sub>2</sub>
- barr<sub>1</sub>\_long\_ped<sub>1</sub>
- barr<sub>1</sub>\_long\_ped<sub>2</sub>
- barr<sub>1</sub>\_long\_cola<sub>1</sub>
- barr<sub>1</sub>\_long\_ped<sub>2</sub>
- I<sub>1</sub>
- ext\_viga\_arf
- barr<sub>1</sub>\_long\_viga
- barr<sub>1</sub>\_long\_viga<sub>2</sub>
- ext\_viga\_cesf



Programación.

```

CreateRect (px1, py1, w, h) := out_1 := "rect"
                          out_2 := px
                          out_3 := py
                          out_4 := "width"
                          out_5 := w
                          out_6 := h
                          out

CreateLine (px1, py1, w) := out_1 := "line"
                          out_2 := px
                          out_3 := py
                          out_4 := "width"
                          out_5 := w
                          out

CreateCircle (px1, py1, r) := out_1 := "circle"
                          out_2 := px
                          out_3 := py
                          out_4 := "radius"
                          out_5 := r
                          if fc = "none"
                              out_6 := fc
                          else
                              out_6 := fc
                          out
    
```

Dibujo de la zapata.

```
zapata := [ CreateRect (stack (0, 0; B, C), "black", 1, b; "lightgray") ]
```

Dibujo de la columna o pedestal.

```

columna := if verif_23 = "COMPLE"
            [ CreateRect (stack (frac(c2, 2) - frac(c2_arriba, 2); D2; C2_arriba; 1 n), "black", 1, b; "lightgray") ]
            else
            [ CreateRect (stack (frac(b2, 2) - frac(c2_arriba, 2); D2; C2_arriba; 1 n), "black", 1, 5; "lightgray") ]
    
```

Dibujo de la columna o pedestal.

```

columna := if verif_23 = "COMPLE"
            [ CreateRect (stack (0, t_x; C2; (D2 - t_x)), "black", 1, 5; "lightgray") ]
            else
            [ CreateRect (stack (0, t_x; b2; (D2 - t_x)), "black", 1, 5; "lightgray") ]
    
```

$C_1 = 300 \text{ mm}$      $C_2 = 400 \text{ mm}$   
 $D_1 = 400 \text{ mm}$      $D_2 = 500 \text{ mm}$

Dibujo de la viga de amarre.

```

viga := if verif_23 = "COMPLE"
         [ CreateRect (stack (C2; (D2 - h_viga); B - C2; h_viga); "black", 1, b; "lightgray") ]
         else
         [ CreateRect (stack (b2; (D2 - h_viga); H - b2; h_viga); "black", 1, 5; "lightgray") ]
    
```

Reforzo longitudinal perpendicular a "B".

```
for i in [1..(num_barra)]
  barra_i := CreateRect(stack((rec_min)+(1*delta_col)); (rec_min + phi_var.B); (phi_var.B)/2); "black"; 0.1; "orange")
```

Reforzo longitudinal perpendicular a "L".

```
barra := CreateRect(stack(rec_min, rec_min + phi_var.B; B-(2*rec_min); phi_var.L); "black"; 0.1; "purple")
```

Longitud de desarrollo externa del refuerzo perpendicular a "L".

```
l_des_ext_L := if l_d > B-(2*rec_min) = 0
  then l
  else 0
```

Longitud de desarrollo del refuerzo perpendicular a "B".

```
l_des_ext_B := CreateRect(stack(rec_min, rec_min + phi_var.B; phi_var.L; phi_var.L); "black"; 0.1; "purple")
CreateRect(stack(B-rec_min-phi_var.L; rec_min+phi_var.B+phi_var.L; phi_var.L; l_des_ext_B); "black"; 0.1; "purple")
```

```
def long_col := if verif == "COMPLE"
  then
    if l = 1
      then
        CreateRect(stack((C2 - C2_estraba)/2 + rec_col + phi_trans_col; rec_min + phi_var.B + phi_var.L; phi_long_col*(D2 - rec_min - phi_var.B - phi_var.L) + 1); "black"; 0.1; "green")
        CreateRect(stack((C2 + C2_estraba)/2 - rec_col - phi_trans_col - phi_long_col; rec_min + phi_var.B + phi_var.L; phi_long_col*(D2 - rec_min - phi_var.B - phi_var.L) - 1); "black"; 0.1; "green")
      else
        CreateRect(stack(0; 0; 0); "black"; 0.1; "green")
    else
      if l = 3
        then
          CreateRect(stack((D2 - C2_estraba)/2 + rec_col + phi_trans_col; rec_min + phi_var.B + phi_var.L; phi_long_col*(D2 - rec_min - phi_var.B - phi_var.L) + 1); "black"; 0.1; "green")
          CreateRect(stack((D2 + C2_estraba)/2 - rec_col - phi_trans_col - phi_long_col; rec_min + phi_var.B + phi_var.L; phi_long_col*(D2 - rec_min - phi_var.B - phi_var.L) - 1); "black"; 0.1; "green")
        else
          CreateRect(stack(0; 0; 0); "black"; 0.1; "green")
```

```
n_long_col := if n_long_col = 4 = 4
  then 2
  else if n_long_col = 6 = 3
  else if n_long_col = 12 = 4
  else if n_long_col = 16 = 5
  else if n_long_col = 20 = 6
  else if n_long_col = 24 = 7
```

```
rec_col := 4 cm
```

$$s_{long_col} = \frac{C2_{estraba} - (2 \cdot rec_col) - (2 \cdot \phi_{trans_col})}{n_{long_col} - 1} = 1.6667 \text{ cm}$$

$n_{long_col} = 12$      $\phi_{trans_col} = 1.4 \text{ cm}$      $\phi_{var_col} = 1 \text{ cm}$

Acero longitudinal de la columna.

```
if n_long_col = 4
  then barra_long_col := CreateRect(stack(0; 0; 0); "black"; 0.1; "green")
  else if n_long_col != 4
    then
      if verif == "COMPLE"
        then
          for i in [1..(n_long_col-2)]
            barra_long_col_i := CreateRect(stack(((D2 - C2_estraba)/2 + rec_col + phi_trans_col - phi_long_col) + (1*delta_col); (rec_min + phi_var.B - phi_var.L); phi_long_col*(D2 + 1*delta_col - rec_min - phi_var.B - phi_var.L)); "black"; 0.1; "green")
          else
            for i in [1..(n_long_col-2)]
              barra_long_col_i := CreateRect(stack(((D2 - C2_estraba)/2 + rec_col + phi_trans_col - phi_long_col) + (1*delta_col); (rec_min + phi_var.B - phi_var.L); phi_long_col*(D2 + 1*delta_col - rec_min - phi_var.B - phi_var.L)); "black"; 0.1; "green")
```

```
def long_ped := if verif == "COMPLE"
  then CreateRect(stack(0; 0; 0); "black"; 0.1; "blue")
  else
    if l = 1
      then CreateRect(stack(rec_min + phi_trans_ped; rec_min + phi_var.B + phi_var.L; phi_long_ped*(D2 - (2*rec_min) - phi_var.B - phi_var.L)); "black"; 0.1; "blue")
      else CreateRect(stack(D2 - rec_min - phi_trans_ped - phi_long_ped; rec_min + phi_var.B + phi_var.L; phi_long_ped*(D2 - (2*rec_min) - phi_var.B - phi_var.L)); "black"; 0.1; "blue")
    else CreateRect(stack(0; 0; 0); "black"; 0.1; "green")
```

```
n_long_ped := if n_long_ped = 4 = 4
  then 2
  else if n_long_ped = 8 = 3
  else if n_long_ped = 12 = 4
  else if n_long_ped = 16 = 5
  else if n_long_ped = 20 = 6
  else if n_long_ped = 24 = 7
```

$$s_{long_ped} = \frac{D2 - (2 \cdot rec_min) - (2 \cdot \phi_{trans_ped})}{n_{long_ped} - 1} = 10.8667 \text{ cm}$$

Reforzo longitudinal del pedos

```
def long_ped := if verif == "COMPLE"
  then CreateRect(stack(0; 0; 0); "black"; 0.1; "blue")
  else
    if n_long_ped = 4
      then CreateRect(stack(0; 0; 0); "black"; 0.1; "blue")
      else CreateRect(stack(0; 0; 0); "black"; 0.1; "blue")
    else CreateRect(stack(0; 0; 0); "black"; 0.1; "green")
```

```

Acero longitudinal de la pedestal
if $long_ped = 4
  $ff_long_ped_m := CreateRect (stack (0; 0; 0); "black"; 0.1; "green")
else if $long_ped = 4
  if $verif_2 = "CORRECTO"
    $ff_long_ped_m := [ CreateRect (stack (0; 0; 0); "black"; 0.1; "green") ]
  else
    for i in [1..($long_ped-2)]
      $ff_long_ped_m := CreateRect (stack ( ( ( $c_m + $trans_ped - $long_ped / 2 ) + ( i * $long_ped ) ); ( $c_min + $var_m + $var_n ); $long_ped; ( $c - ( $c_min * 2 ) - $var_m - $var_n ) ); "black"; 0.1; "blue" )

```

```

Acero transversal de la columna.
if $verif_3 = "CORRECTO"
  for i in [1.. ( ( ( $c - 100 cm - $c_min - $var_m - $var_n - $trans_cola ) / $trans_cola ) - 1 ) ]
    $ff_trans_cola_m_i := CreateRect ( stack ( $c / 2 - $c_errata / 2 + $long_cola; ( $c + 1 m ) - ( i * $trans_cola ); ( $c_errata - ( 2 * $long_cola ) ); $trans_cola ); "black"; 0.1; "green" )
  else
    for i in [1.. ( ( ( 100 cm ) / $trans_cola ) - 1 ) ]
      $ff_trans_cola_m_i := CreateRect ( stack ( $c / 2 - $c_errata / 2 + $long_cola; ( $c + 1 m ) - ( i * $trans_cola ); ( $c_errata - ( $c_min - $trans_cola ) ); $trans_cola ); "black"; 0.1; "green" )

```

```

Acero transversal del pedestal
if $verif_3 = "CORRECTO"
  $ff_trans_ped_m := CreateRect (stack (0; 0; 0); "black"; 0.1; "blue")
else
  for i in [1.. ( ( ( $c - ( 2 * $c_min ) - $var_m - $var_n - $long_cola ) / $trans_cola ) - 1 ) ]
    $ff_trans_ped_m_i := CreateRect (stack ( $c_min; $c - $c_min - $trans_ped + $trans_cola - ( i * $trans_cola ); $c - ( 2 * $c_min ); $trans_ped ); "black"; 0.1; "blue" )

```

```

Activacion de la longitud de desarrollo de la viga.
if $verif_3,4 = "Colocar longitud de desarrollo con gancho." = 0.3643 m
  $l_viga := $l_2a_viga
else
  $l_viga := $l_2a_viga
  if $verif_3 = "CORRECTO"
    $b := $c_2
  else
    $b := $b_2

```

```

Acero longitudinal de la viga de amarro.
$ff_long_viga_m := [ [ CreateRect (stack ( $c_2 - $l_viga; $c - $c_min - $trans_viga - $long_viga; $b - $b + $l_viga; $long_viga ); "black"; 0.1; "red" ) ] ]
$ff_long_viga_m := [ [ CreateRect (stack ( $c_2 - $l_viga; $c - $b_viga + $c_min + $trans_viga; $b - $b + $l_viga; $long_viga ); "black"; 0.1; "red" ) ] ]
$ff_long_viga_m := [ [ CreateRect (stack ( $b_2 - $l_viga; $c - $c_min - $trans_viga - $long_viga; $b - $b + $l_viga; $long_viga ); "black"; 0.1; "red" ) ] ]
$ff_long_viga_m := [ [ CreateRect (stack ( $b_2 - $l_viga; $c - $b_viga + $c_min + $trans_viga; $b - $b + $l_viga; $long_viga ); "black"; 0.1; "red" ) ] ]

```

```

$ff_long_viga_m := [ [ if $verif_3 = "CORRECTO"
  if $b_2 = 3
    [ CreateRect (stack ( $c_2 - $l_viga; $c - $b_viga - $long_viga; $b - $b + $l_viga; $long_viga ); "black"; 0.1; "red" ) ]
  else
    [ 0 ]
  else
    if $b_2 = 3
      [ CreateRect (stack ( $b_2 - $l_viga; $c - $b_viga - $long_viga; $b - $b + $l_viga; $long_viga ); "black"; 0.1; "red" ) ]
    else
      [ 0 ]

```

```

Longitud de desarrollo de la viga.
$l_ext_viga := [ if $verif_3,4 = "Colocar longitud de desarrollo con gancho." = 0.216 m
  $l_ext_viga
else
  0

```

```

Longitud de desarrollo de la viga grafico.
$l_ext_viga_grafico := [ [ if $verif_3 = "CORRECTO"
  CreateRect (stack ( $c_2 - $l_viga; $c - $c_min - $trans_viga - $ext_viga; $long_viga; $ext_viga ); "black"; 0.1; "red" ) ] ]
$l_ext_viga_grafico := [ [ CreateRect (stack ( $c_2 - $l_viga; $c - $b_viga + $c_min + $trans_viga; $long_viga; $ext_viga ); "black"; 0.1; "red" ) ] ]
$l_ext_viga_grafico := [ [ CreateRect (stack ( $b_2 - $l_viga; $c - $c_min - $trans_viga - $ext_viga; $long_viga; $ext_viga ); "black"; 0.1; "red" ) ] ]
$l_ext_viga_grafico := [ [ CreateRect (stack ( $b_2 - $l_viga; $c - $b_viga + $c_min + $trans_viga; $long_viga; $ext_viga ); "black"; 0.1; "red" ) ] ]

```

**Aceros transversal de la viga de amarre.**

```

if verif_29 == "COMPLE"
for i in [1..(B - Max(c2, b2) / s_amarre_viga)]
DEF_amarre_viga_i := CreateRect (stack (c2 - s_amarre_viga + i * s_amarre_viga; D2 - b_viga - r_0_amar; s_amarre_viga; b_viga - (2 * r_0_amar)); "black"; 0, 1; "red")
else
for i in [1..(B - Max(c2, b2) / s_amarre_viga)]
DEF_amarre_viga_i := CreateRect (stack (b2 - s_amarre_viga + i * s_amarre_viga; D2 - b_viga + r_0_amar; s_amarre_viga; b_viga - (2 * r_0_amar)); "black"; 0, 1; "red")
    
```

**Líneas de los títulos del corte "B".**

```

i_8 := CreateLine (stack (0; -5 cm; B; -5 cm); "black"; 1)
CreateLine (stack (-5 cm; 0; -5 cm; c2); "black"; 1)
CreateLine (stack (-20 cm; 0; -20 cm; D2); "brown"; 1)
CreateLine (stack (-35 cm; D2 - b_viga; -35 cm; D2); "red"; 1)

linea_cola_0 := if verif_29 == "COMPLE"
CreateLine (stack (0; 0; 0; 0); "blue"; 1)
else
CreateLine (stack (0; -15 cm; D2; -15 cm); "blue"; 1)

linea_cola_bajo_0 := if verif_29 == "COMPLE"
CreateLine (stack (0; -15 cm; D2; -15 cm); "green"; 1)
else
CreateLine (stack (0; 0; 0; 0); "green"; 1)
    
```

**Títulos del corte "B".**

$\frac{B}{2} - 5 \text{ cm}$	$-5 \text{ cm}$	"B"	8	"black"
$-18 \text{ cm}$	$\frac{c_2}{2} - 6 \text{ cm}$	"D2"	8	"black"
$-34 \text{ cm}$	$\frac{D_2}{2}$	"DE"	8	"brown"
$-52 \text{ cm}$	$D_2 - \frac{b_{viga}}{3} - 3 \text{ cm}$	"B2"	8	"red"
$\frac{c_2}{3} - 5 \text{ cm}$	$-17 \text{ cm}$	mens_c2_colum	8	"green"
$\frac{c_2}{3}$	$D_2 + 1.17 \text{ m}$	mens_c2_colum	8	"green"
$\frac{b_2}{3}$	$D_2 + 1.17 \text{ m}$	mens_c2_colum	8	"green"
$\frac{b_2}{3}$	$-17 \text{ cm}$	mens_b2	8	"blue"
$B + 15 \text{ cm}$	$D_2 - 7 \text{ m}$	"Clasificación:"	8	"black"
$B + 25 \text{ cm}$	$D_2 - 7 \text{ m} - 10 \text{ cm}$	"D1: Profundidad de cimentación."	8	"brown"
$B + 15 \text{ cm}$	$D_2 - 1 \text{ m} - 20 \text{ cm}$	"Zapata:"	8	"black"
$B + 25 \text{ cm}$	$D_2 - 1 \text{ m} - 30 \text{ cm}$	"B: Ancho de la zapata."	8	"black"
$B + 25 \text{ cm}$	$D_2 - 1 \text{ m} - 90 \text{ cm}$	"H: Altura de la zapata."	8	"black"
$B + 25 \text{ cm}$	$D_2 - 1 \text{ m} - 50 \text{ cm}$	"Refuerzo longitudinal en el sentido longitudinal."	8	"orange"
$B + 25 \text{ cm}$	$D_2 - 1 \text{ m} - 60 \text{ cm}$	"Refuerzo longitudinal sentido transversal."	8	"purple"
$B + 15 \text{ cm}$	$D_2 - 1 \text{ m} - 70 \text{ cm}$	"Columna:"	8	"black"
$B + 25 \text{ cm}$	$D_2 - 1 \text{ m} - 80 \text{ cm}$	"C2: Ancho de la columna."	8	"green"
$B + 25 \text{ cm}$	$D_2 - 1 \text{ m} - 90 \text{ cm}$	"Refuerzo longitudinal de la columna."	8	"green"
$B + 25 \text{ cm}$	$D_2 + 1 \text{ m} - 130 \text{ cm}$	"Refuerzo transversal de la columna."	8	"green"
$B + 15 \text{ cm}$	$D_2 + 1 \text{ m} - 150 \text{ cm}$	"Viga de amarre:"	8	"black"
$B + 25 \text{ cm}$	$D_2 + 1 \text{ m} - 120 \text{ cm}$	"Refuerzo longitudinal de la viga de amarre."	8	"red"
$B + 25 \text{ cm}$	$D_2 + 1 \text{ m} - 130 \text{ cm}$	"Refuerzo transversal de la viga de amarre."	8	"red"
$B + 15 \text{ cm}$	$D_2 + 1 \text{ m} - 140 \text{ cm}$	cola_cola_0	8	"black"
$B + 25 \text{ cm}$	$D_2 + 1 \text{ m} - 150 \text{ cm}$	c2_cola_0	8	"green"
$B + 15 \text{ cm}$	$D_2 + 1 \text{ m} - 140 \text{ cm}$	mens_cola_0	8	"black"
$B + 25 \text{ cm}$	$D_2 + 1 \text{ m} - 150 \text{ cm}$	b2_cola_0	8	"blue"
$B + 25 \text{ cm}$	$D_2 + 1 \text{ m} - 160 \text{ cm}$	mens_ped_long_0	8	"black"
$B + 25 \text{ cm}$	$D_2 + 1 \text{ m} - 170 \text{ cm}$	mens_ped_trans_0	8	"blue"
$\text{Max}(c_2; b_2) + 15 \text{ cm}$	$D_2 - 15 \text{ cm}$	"B1"	8	"black"
$\text{Max}(c_2; b_2) + 15 \text{ cm}$	$D_2 - b_{viga} - 5 \text{ cm}$	"B2"	8	"black"

```

mens_c2_colum := if verif_29 == "COMPLE"
"02"
else
""

mens_c2_colum := if verif_29 == "COMPLE"
"C2.1"
else
""

mens_b2 := if verif_29 == "COMPLE"
""
else
"B2"

cola_cola_0 := if verif_29 == "COMPLE"
"C2.1: Ancho de la columna bajo el terreno."
else
""

mens_cola_0 := if verif_29 == "COMPLE"
""
else
"C2"

mens_ped_0 := if verif_29 == "COMPLE"
""
else
"Pedestal:"

b2_cola_0 := if verif_29 == "COMPLE"
""
else
"B2: Ancho del pedestal."

mens_ped_long_0 := if verif_29 == "COMPLE"
""
else
"Refuerzo longitudinal del pedestal."

mens_ped_trans_0 := if verif_29 == "COMPLE"
""
else
"Refuerzo transversal del pedestal."
    
```

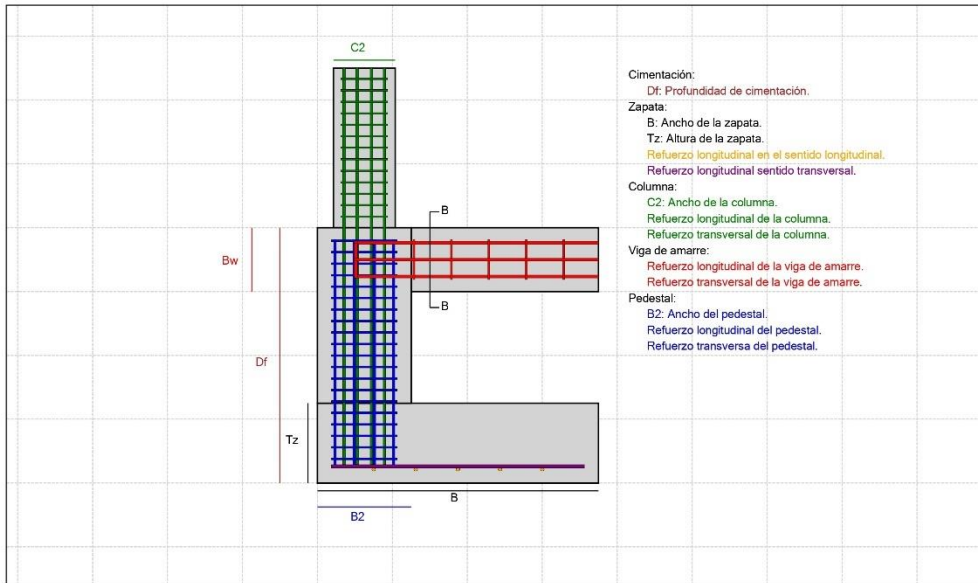
```

i := CreateLine (stack (Max (c2, b2) - 10 cm; D2 - b_viga - 10 cm; Max (c2, b2) + 10 cm; D2 + 10 cm); "black"; 1)
CreateLine (stack (Max (c2, b2) - 10 cm; D2 - b_viga - 10 cm; Max (c2, b2) + 10 cm + 5 cm; D2 - b_viga - 10 cm); "black"; 1)
CreateLine (stack (Max (c2, b2) + 10 cm; D2 + 10 cm; Max (c2, b2) - 10 cm + 5 cm; D2 + 10 cm); "black"; 1)
    
```

```

zapata_0
columna_0
cola_cola_0
mens_cola_0
mens_ped_0
mens_ped_long_0
mens_ped_trans_0
mens_b2
i_8
brr_long_cola_B1
DEF_long_cola_02
brr_trans_cola_B
brr_long_ped_B1
brr_long_ped_B2
brr_trans_ped_B
brr_2
i_02_02_cola_0_1
brr_long_viga_B
i_02_02_viga_02_cola_0
brr_trans_viga_B
    
```

[ barr\_long\_viga\_B ]



Cimentación:  
 Df: Profundidad de cimentación.  
 Zapata:  
 B: Ancho de la zapata.  
 Tz: Altura de la zapata.  
 Refuerzo longitudinal en el sentido longitudinal.  
 Refuerzo longitudinal sentido transversal.  
 Columna:  
 C2: Ancho de la columna.  
 Refuerzo longitudinal de la columna.  
 Refuerzo transversal de la columna.  
 Viga de amarre:  
 Refuerzo longitudinal de la viga de amarre.  
 Refuerzo transversal de la viga de amarre.  
 Pedestal:  
 B2: Ancho del pedestal.  
 Refuerzo longitudinal del pedestal.  
 Refuerzo transversa del pedestal.

Programacion.

Code

```

CreateRect (cp, lo, w, h) := out_1 := "rect"      CreateLine (po, lo, w) := out_1 := "line"      CreateCircle (ps, lo, w, h) := out_1 := "circle"
out_2 := pp      out_2 := pp      out_2 := pp
out_3 := lc      out_3 := lc      out_3 := lc
out_4 := "solid"      out_4 := "solid"      out_4 := "solid"
out_5 := w      out_5 := w      out_5 := w
out_6 := hc      if hc = "none"
out_6 := hc      else
out_6 := hc
out
    
```

Dibujo de la zapata.

```
zapata_B := [ CreateRect (stack (0; 0; B; Tz); "black"; 1.5; "lightgray") ]
```

Dibujo de la columna o pedestal.

```

colina_B := if verif_B = "COMPLE"
[ CreateRect (stack (C2/2 - C2_arriba/2; 0; C2; C2_arriba); "black"; 1.5; "lightgray") ]
else
[ CreateRect (stack (B2/2 - C2_arriba/2; 0; B2; C2_arriba); "black"; 1.5; "lightgray") ]
    
```

Dibujo de la columna o pedestal.

```

cola_cod_B := if verif_B = "COMPLE"
[ CreateRect (stack (0; Tz; C2; (Dz - Tz)); "black"; 1.5; "lightgray") ]
else
[ CreateRect (stack (0; Tz; B2; (Dz - Tz)); "black"; 1.5; "lightgray") ]
    
```

C1 = 300 mm    C2 = 400 mm  
 B1 = 400 mm    B2 = 500 mm

Dibujo de la viga de amarre.

```

viga_B := if verif_B = "COMPLE"
[ CreateRect (stack (c2; (Dz - h_viga); h - c2; h_viga); "black"; 1.5; "lightgray") ]
else
[ CreateRect (stack (B2; (Dz - h_viga); B - B2; h_viga); "black"; 1.5; "lightgray") ]
    
```

Refuerzo longitudinal perpendicular a "B".

```

for i in [1..(num_barr_B)]
[ barr_B_i := CreateCircle (stack (((rec_min) + (1 - s_ext_B)); (rec_min + phi_bar_B/2); phi_bar_B/2); "black"; 0.1; "orange") ]
    
```

Refuerzo longitudinal perpendicular a "D".

```
br_rj := [ CreateRect ( stack ( rcc_min, rcc_max + phi_var, B - (2 * rcc_min); phi_var ); "black"; 0.1; "purple" ) ]
```

Longitud de desarrollo externa del refuerzo perpendicular a "I".

```
l_des_ext_e := if l_d_e > 0 - (2 * rcc_min) = 0
              then l_ext_e
              else 0
```

Longitud de desarrollo del refuerzo perpendicular a "I".

```
l_des_ext_e := [ CreateRect ( stack ( rcc_min, rcc_max + phi_var, l_des_ext_e ); "black"; 0.1; "purple" )
               CreateRect ( stack ( B - rcc_min - phi_var, rcc_min + phi_var, l_des_ext_e ); "black"; 0.1; "purple" ) ]
```

```
brf_long_col_e := if var_col = "CONCRETE"
                 then [ if l = 1
                       then CreateRect ( stack ( (d2 - c2_arriba) / 2 + rcc_col + phi_ext_col; rcc_min + phi_var, phi_long_col_e / (d2 - rcc_min - phi_var, phi_ext_col) + 1 ); "black"; 0.1; "green" )
                       CreateRect ( stack ( (d2 + c2_arriba) / 2 - rcc_col - phi_ext_col - phi_long_col_e / rcc_min + phi_var, phi_ext_col / (d2 - rcc_min - phi_var, phi_ext_col) - 1 ); "black"; 0.1; "green" )
                       else CreateRect ( stack ( 0; 0; 0 ); "black"; 0.1; "green" )
                 ]
                 else [ if l = 1
                       then CreateRect ( stack ( (d2 - c2_arriba) / 2 + rcc_col - phi_ext_col; rcc_min + phi_var, phi_ext_col / (d2 - rcc_min - phi_var, phi_ext_col) + 1 ); "black"; 0.1; "green" )
                       CreateRect ( stack ( (d2 + c2_arriba) / 2 - rcc_col - phi_ext_col - phi_long_col_e / rcc_min + phi_var, phi_ext_col / (d2 - rcc_min - phi_var, phi_ext_col) - 1 ); "black"; 0.1; "green" )
                       else CreateRect ( stack ( 0; 0; 0 ); "black"; 0.1; "green" )
                 ]
```

```
n_long_col := if n_long_col = 4 then 4
              else if n_long_col = 8 then 3
              else if n_long_col = 12 then 4
              else if n_long_col = 16 then 5
              else if n_long_col = 20 then 6
              else if n_long_col = 24 then 7
```

rcc\_col = 4 cm

$$l_{long\_col} = \frac{c_2\_arriba - (2 * rcc\_col) - (2 * phi\_ext\_col)}{n_{long\_col} - 1} = 7.6667 \text{ cm}$$

n\_long\_col = 12      phi\_ext\_col = 1.4 cm      phi\_ext\_col = 1 cm

Acero longitudinal de la columna.

```
if n_long_col = 4
  brf_long_col_e := [ CreateRect ( stack ( 0; 0; 0 ); "black"; 0.1; "green" ) ]
else if n_long_col = 8
  if var_col = "CONCRETE"
    for i in [ 1..(n_long_col - 2) ]
      brf_long_col_e := CreateRect ( stack ( ( (d2 - c2_arriba) / 2 + rcc_col + phi_ext_col - phi_long_col_e / (d2 - rcc_min - phi_var, phi_ext_col) + 1 ); ( rcc_min + phi_var, phi_ext_col / (d2 - rcc_min - phi_var, phi_ext_col) ); "black"; 0.1; "green" )
    else
      for i in [ 1..(n_long_col - 2) ]
        brf_long_col_e := CreateRect ( stack ( ( (d2 + c2_arriba) / 2 - rcc_col - phi_ext_col - phi_long_col_e / (d2 - rcc_min - phi_var, phi_ext_col) - 1 ); ( rcc_min + phi_var, phi_ext_col / (d2 - rcc_min - phi_var, phi_ext_col) ); "black"; 0.1; "green" )
```

```
brf_long_ped := if var_col = "CONCRETE"
               then CreateRect ( stack ( 0; 0; 0 ); "black"; 0.1; "blue" )
               else
                 [ if l = 1
                   then CreateRect ( stack ( rcc_min + phi_ext_ped; rcc_min + phi_ext_ped + phi_ext_ped; phi_long_ped_e / (d2 - (2 * rcc_min) - phi_ext_ped - phi_ext_ped) ); "black"; 0.1; "blue" )
                   CreateRect ( stack ( d2 - rcc_min - phi_ext_ped - phi_long_ped_e / rcc_min + phi_var, phi_ext_ped / (d2 - (2 * rcc_min) - phi_ext_ped - phi_ext_ped) ); "black"; 0.1; "blue" )
                   else CreateRect ( stack ( 0; 0; 0 ); "black"; 0.1; "green" )
                 ]
```

```
n_long_ped := if n_long_ped = 4 then 2
              else if n_long_ped = 8 then 3
              else if n_long_ped = 12 then 4
              else if n_long_ped = 16 then 5
              else if n_long_ped = 20 then 6
              else if n_long_ped = 24 then 7
```

$$l_{long\_ped} = \frac{d_2 - (2 * rcc_min) - (2 * phi_ext_ped)}{n_{long\_ped} - 1} = 10.8667 \text{ cm}$$

n\_long\_ped = 12      phi\_ext\_ped = 1.4 cm      phi\_ext\_ped = 1.2 cm

Acero longitudinal de la pedestal.

```

if $long_ped = 1
  brf_long_ped_d1 := CreateRect (stack (0; 0; 0); "black"; 0.1; "green")
else if $long_ped ≠ 0
  if verfy3 = "COMPLE"
    brf_long_ped_d2 := CreateRect (stack (0; 0; 0); "black"; 0.1; "green")
  else
    for i ∈ [1..($long_ped - 2)]
      | brf_long_ped_d1_i := CreateRect (stack ( ( ( rcc_min + φ_trans_ped - φ_long_ped ) / 2 - ( i * φ_long_ped ) ); ( rcc_min + φ_voz_d + φ_voz_b ); φ_long_ped ( D2 - ( rcc_min * 2 ) - φ_voz_d - φ_voz_b ); "black"; 0.1; "blue"

```

Acero transversal de la columna.

```

if verfy3 = "COMPLE"
  for i ∈ [1.. ( ( D2 + 100 cm - rcc_min - φ_voz_e - φ_voz_b - φ_long_cola ) / φ_trans_cola ) - 1 ]
    | brf_trans_cola_e_i := CreateRect (stack ( C2 / 2 - C2_erriba / 2 | rcc_min ( D2 + 100 ) ( i * φ_trans_cola ); ( C2_erriba ( 2 * rcc_min ) ); φ_trans_cola ); "black"; 0.1; "green"
  else
    for i ∈ [1.. ( ( 100 cm ) / φ_trans_cola ) - 1 ]
      | brf_trans_cola_b_i := CreateRect (stack ( D2 / 2 - C2_erriba / 2 + rcc_min ( D2 + 100 ) - ( i * φ_trans_cola ); ( C2_erriba ( 2 * rcc_min ) ); φ_trans_cola ); "black"; 0.1; "green"

```

Acero transversal del pedestal.

```

if verfy3 = "COMPLE"
  brf_trans_ped_b := CreateRect (stack (0; 0; 0); "black"; 0.1; "blue")
else
  for i ∈ [1.. ( ( D2 - ( 2 * rcc_min ) - φ_voz_e - φ_voz_b - φ_long_cola ) / φ_trans_cola ) - 1 ]
    | brf_trans_ped_b_i := CreateRect (stack ( rcc_min ( D2 - rcc_min - φ_trans_cola ( i * φ_trans_cola ) ); b2 ( 2 * rcc_min ); φ_trans_ped ); "black"; 0.1; "blue"

```

Activacion de la longitud de desarrollo de la viga.

```

if verfy3_2_4 = "Colocar longitud de desarrollo con gancho." = 0.3043 m
  $ext_viga := $ext_viga
else
  $ext_viga := $ext_viga

```

Acero longitudinal de la viga de amarre.

```

brf_long_viga_d1 := if verfy3 = "COMPLE"
  | CreateRect (stack ( C2 - I_viga; D2 - rcc_min - φ_trans_viga - φ_long_viga; B - b - I_viga; φ_long_viga ); "black"; 0.1; "red"
  | CreateRect (stack ( C2 - I_viga; D2 - b_viga + rcc_min + φ_trans_viga; B - b - I_viga; φ_long_viga ); "black"; 0.1; "red"
  else
  | CreateRect (stack ( b2 - I_viga; D2 - rcc_min - φ_trans_viga - φ_long_viga; B - b - I_viga; φ_long_viga ); "black"; 0.1; "red"
  | CreateRect (stack ( b2 - I_viga; D2 - b_viga + rcc_min + φ_trans_viga; B - b - I_viga; φ_long_viga ); "black"; 0.1; "red"

brf_long_viga_d2 := if verfy3 = "COMPLE"
  | if $n_viga = 3
    | CreateRect (stack ( C2 - I_viga; D2 - b_viga - φ_long_viga; B - b - I_viga; φ_long_viga ); "black"; 0.1; "red"
    | [ 0 ]
  else
    | if $n_viga = 3
    | CreateRect (stack ( b2 - I_viga; D2 - b_viga - φ_long_viga; B - b - I_viga; φ_long_viga ); "black"; 0.1; "red"
    | [ 0 ]

```

Longitud de desarrollo de la viga.

```

$ext_viga := if verfy3_2_4 = "Colocar longitud de desarrollo con gancho." = 0.218 m
  $ext_viga
else
  0

```

Longitud de desarrollo de la viga grafico.

```

$des_viga_grafico := if verfy3 = "COMPLE"
  | CreateRect (stack ( C2 - I_viga; D2 - rcc_min - φ_trans_viga - φ_long_viga; $ext_viga; φ_long_viga ); "black"; 0.1; "red"
  | CreateRect (stack ( C2 - I_viga; D2 - b_viga + rcc_min + φ_trans_viga; φ_long_viga; $ext_viga ); "black"; 0.1; "red"
  else
  | CreateRect (stack ( b2 - I_viga; D2 - rcc_min - φ_trans_viga - φ_long_viga; $ext_viga; φ_long_viga ); "black"; 0.1; "red"
  | CreateRect (stack ( b2 - I_viga; D2 - b_viga + rcc_min + φ_trans_viga; φ_long_viga; $ext_viga ); "black"; 0.1; "red"

```

**Acero transversal de la viga de amarre.**

```

if veri_28 == "COMPLE"
  for i in [1..(int((H - Max(D1, D2)) / 2)) + 1]
    BFF_trans_viga_i := CreateRect (stack(D1 - 2*trans_viga + 2*trans_viga + (i-1)*trans_viga); D1 - 2*trans_viga + FRC_min; 2*trans_viga; D1 - 2*trans_viga + (2*i - FRC_min)); "black"; 0.1; "red"
  else
    for i in [1..(int((B - Max(D1, D2)) / 2)) + 1]
      BFF_trans_viga_i := CreateRect (stack(D1 - 2*trans_viga + 2*trans_viga + (i-1)*trans_viga); D1 - 2*trans_viga + FRC_min; 2*trans_viga; D1 - 2*trans_viga + (2*i - FRC_min)); "black"; 0.1; "red"

```

**Líneas de los titulos del corte "B".**

```

CreateLine (stack (D1 - 5 cm; H1 - 5 cm); "black"; 1)
CreateLine (stack (-5 cm; 0; -5 cm; 5); "black"; 1)
CreateLine (stack (-20 cm; 0; -20 cm; D2); "brown"; 1)
i_3 := CreateLine (stack (-35 cm; D1 - h_viga_i - 35 cm; D1); "red"; 1)
linea_col_2_8 :=
  linea_col_2_8 := if veri_28 == "COMPLE"
    CreateLine (stack (D2 - 2*trans_viga; D2 + 1.05 m; D2 - 2*trans_viga; D2 + 1.05 m); "green"; 1)
  else
    CreateLine (stack (D2 - 2*trans_viga; D2 + 1.05 m; D2 - 2*trans_viga; D2 + 1.05 m); "green"; 1)
linea_col_3_8 := if veri_28 == "COMPLE"
  CreateLine (stack (0; 0; 0); "blue"; 1)
else
  CreateLine (stack (0; -15 cm; 0; -15 cm); "blue"; 1)
linea_col_4_8 := if veri_28 == "COMPLE"
  CreateLine (stack (0; -15 cm; 0; -15 cm); "green"; 1)
else
  CreateLine (stack (0; 0; 0); "green"; 1)

```

```

MOND_col_corte := if veri_28 == "COMPLE"
  ""
else
  ""
MOND_col_1 := if veri_28 == "COMPLE"
  ""
else
  "B2"
COLA_bajo_8 := if veri_28 == "COMPLE"
  "Columna bajo el terreno."
else
  ""
D2_min_8 := if veri_28 == "COMPLE"
  concat ("D2.1: "; var2str (D2 / cm); " cm.")
else
  ""
MOND_poa_8 := if veri_28 == "COMPLE"
  ""
else
  "Podoliz:"
D_poa_8 := if veri_28 == "COMPLE"
  ""
else
  concat ("h1: "; var2str (D1 / cm); " cm.")
MOND_poa_ong_8 := if veri_28 == "COMPLE"
  ""
else
  concat (var2str (D1_ong_8) + " @ "; var2str (D1_ong_8 / cm); " mm.")
MOND_poa_trans_8 := if veri_28 == "COMPLE"
  ""
else
  concat ("@ "; var2str (D_trans_poa) + " mm"; " @ "; var2str (D_trans_poa / cm); " cm.")

```

**Titulos del corte "B".**

```

B / 2 - 5 cm - 5 cm "B" 8 "black"
-18 cm - 6 cm "Ea" 8 "black"
-34 cm D2 / 2 "Ea" 8 "brown"
-52 cm D1 - h_viga / 3 - 3 cm "D1" 8 "red"
D2 / 3 - 5 cm - 17 cm MOND_col_corte 8 "green"
D2 / 3 D1 + 1.17 m MOND_col_corte 8 "green"
D1 / 3 D1 + 1.17 m MOND_col_corte 8 "green"
h2 / 3 - 17 cm linea_col_2_8 8 "blue"
B = 15 cm D1 + 1 m "Orientación" 8 "black"
B + 25 cm D1 - 1 m - 10 cm concat ("h1: "; var2str (D1 / cm); " cm.") 8 "brown"
B = 15 cm D1 - 1 m - 20 cm "Apata:" 8 "black"
H = 25 cm D1 - 1 m - 30 cm concat ("h1: "; var2str (D1 / cm); " cm.") 8 "black"
B = 25 cm D1 - 1 m - 40 cm concat ("E2: "; var2str (D1 / cm); " cm.") 8 "black"
titulos := B = 25 cm D1 - 1 m - 50 cm concat (var2str (h_viga) + " @ "; var2str (D_trans_poa / cm); " mm.") 8 "orange"
B = 25 cm D1 - 1 m - 60 cm concat (var2str (h_viga + h_viga_trans) + " @ "; var2str (D_trans_poa / cm); " mm.") 8 "purple"
H = 15 cm D1 - 1 m - 70 cm "Columna:" 8 "black"
B = 25 cm D1 + 1 m - 80 cm concat ("D2: "; var2str (D2 / cm); " cm.") 8 "green"
B = 25 cm D1 + 1 m - 90 cm concat (var2str (D_ong_8) + " @ "; var2str (D_ong_8 / cm); " mm.") 8 "green"
B = 25 cm D1 + 1 m - 100 cm concat ("@ "; var2str (D_trans_poa) + " mm"; " @ "; var2str (D_trans_poa / cm); " cm.") 8 "green"
B = 15 cm D1 + 1 m - 110 cm "Viga de amarre:" 8 "black"
H = 25 cm D1 + 1 m - 120 cm concat ("@ "; " @ "; var2str (D_ong_viga) / cm); " mm.") 8 "red"

```



**Dibujo de la zapata.**

```
zapata := [ CreateRect (stack (0; 0; L; B); "black"; 1.5; "lightgray") ]
```

**Separacion del refuerzo longitudinal dentro de la franja.**

$$s_{cal\_dentro\_franja\_d} := \frac{B}{num\_barr\_franja + 1} = 21.43 \text{ cm}$$

**Refuerzo longitudinal perpendicular a "L" dentro de la franja.**

```
for i ∈ [ 1..(num_barr_franja) ]
  | barr_franja_i := CreateRect ( stack ( ( ( ( L - B ) / 2 ) - φ_var_L / 2 + ( i * s_cal_dentro_franja_d ); rec_min; φ_var_L; ( B - ( 2 * rec_min ) ) ); "black"; 0.1; "purple" )
```

**Longitud fuera de la franja, grafico.**

```
if ( des_cer_a_cumple = i_cer_a ) V ( des_cer_a_no_cumple = i_cer_a ) = 0.675 m
  Long_fuera_franja := ( L - B ) / 2 - rec_min - φ_var_B
else
  Long_fuera_franja := ( L - B ) / 2 - rec_min
```

**Separacion del refuerzo longitudinal fuera de la franja izquierda.**

$$s_{cal\_fuera\_franja\_d} := \frac{Long\_fuera\_franja}{num\_barr\_fuera\_franja + 1} = 22.5 \text{ cm}$$

**Posicion inicial del refuerzo longitudinal fuera de la franja.**

```
Pos_inj := if ( des_cer_a_cumple = i_cer_a ) V ( des_cer_a_no_cumple = i_cer_a ) = 0.5 cm
  rec_min + φ_var_B / 2
else
  rec_min - φ_var_B / 2
```

**Refuerzo longitudinal perpendicular a "L" fuera de la franja izquierda.**

```
for i ∈ [ 1..( num_barr_fuera_franja ) ]
  | barr_fuera_franja_izq_i := CreateRect ( stack ( Pos_inj - ( i * s_cal_fuera_franja_d ); rec_min; φ_var_L; ( B - ( 2 * rec_min ) ) ); "black"; 0.1; "purple" )
```

**Refuerzo longitudinal perpendicular a "L" fuera de la franja derecha.**

```
for i ∈ [ 1..( num_barr_fuera_franja ) ]
  | barr_fuera_franja_dex_i := CreateRect ( stack ( L - ( L - B ) / 2 - φ_var_B / 2 + ( i * s_cal_fuera_franja_d ); rec_min; φ_var_L; ( B - ( 2 * rec_min ) ) ); "black"; 0.1; "purple" )
```

**Refuerzo longitudinal perpendicular a "B".**

```
for i ∈ [ 1..( num_barr_B ) ]
  | barr_B_i := CreateRect ( stack ( rec_min; ( rec_min + ( i * s_cal_B ) ); ( L - ( 2 * rec_min ) ); φ_var_B ); "black"; 0.1; "orange" )
```

```
i := [
  CreateLine ( stack ( ( L - B ) / 2 - φ_var_B / 2; 0; ( L - B ) / 2; B ); "blue"; 2 )
  CreateLine ( stack ( ( L - B ) / 2 + φ_var_B / 2; 0; ( L - B ) / 2 + φ_var_B / 2; B ); "blue"; 2 )
  CreateLine ( stack ( 0; -5 cm; L; -5 cm ); "black"; 2 )
  CreateLine ( stack ( 4 cm; 0; 4 cm; B ); "black"; 2 )
  CreateLine ( stack ( ( L - B ) / 2; -14 cm; L - ( L - B ) / 2; -14 cm ); "blue"; 2 )
  CreateLine ( stack ( 0; -14 cm; ( L - B ) / 2; -14 cm ); "green"; 2 )
  CreateLine ( stack ( ( L - B ) / 2; -14 cm; ( L - B ) / 2; -14 cm ); "green"; 2 )
]
```

```
i_puntos_izq := [ "line" [ ( L - B ) / 2; ( L - B ) / 2 - 15 cm; ( L - B ) / 2; ( L - B ) / 2 ] "blue" "dashdot" 1 ]
```

```
i_puntos_dex := [ "line" [ ( L - B ) / 2; ( L - B ) / 2 + 15 cm; ( L - B ) / 2; ( L - B ) / 2 ] "blue" "dashdot" 1 ]
```

```
ifem := [ [ i_puntos_izq ]
  [ i_puntos_dex ] ]
```

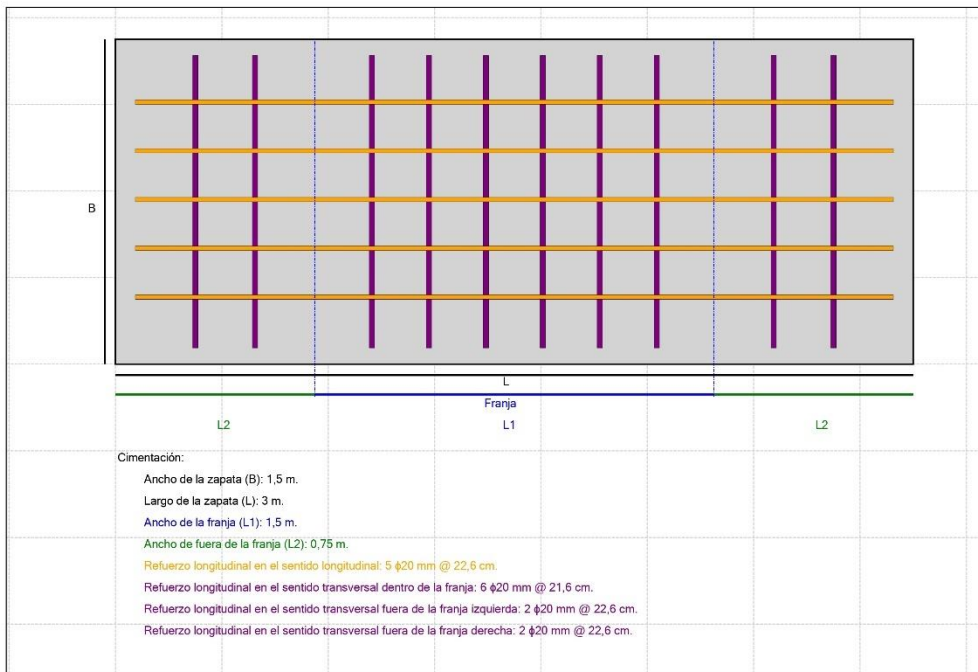
**Titulos del corte "B".**

```
titulos_punta := [
  ( L - B ) / 2 - 5 cm - 5 cm "1" 8 "black"
  -11 cm - B / 2 "5" 8 "black"
  ( L - B ) / 2 - 12 cm - 15 cm "Franja" 8 "blue"
  ( L - B ) / 2 - B / 2 - L - B / 2 - 25 cm "L2" 8 "green"
  ( L - B ) / 2 + B / 2 + L - B / 2 - 25 cm "L2" 8 "green"
  ( L - B ) / 2 - 5 cm - 25 cm "L1" 8 "blue"
]
```

```
j := [
  CreateLine ( stack ( 0; -5 cm; L; -5 cm ); "black"; 2 )
  CreateLine ( stack ( -4 cm; 0; -4 cm; B ); "black"; 2 )
  CreateLine ( stack ( ( L - B ) / 2; -14 cm; L - ( L - B ) / 2; -14 cm ); "blue"; 2 )
  CreateLine ( stack ( 0; -14 cm; ( L - B ) / 2; -14 cm ); "green"; 2 )
  CreateLine ( stack ( ( L - B ) / 2; -14 cm; ( L - B ) / 2; -14 cm ); "green"; 2 )
]
```

```
plot := [
  zapata
  barr_franja
  barr_fuera_franja_dex
  barr_fuera_franja_izq
  barr_B
  i
]
```

Títulos en planta:		
0 - 40 cm		"Cimentación:"
10 cm - 50 cm		concat("Ancho de la zapata (B): "; var2str( $\frac{B}{m}$ ); " m.")
10 cm - 60 cm		concat("Largo de la zapata (L): "; var2str( $\frac{L}{m}$ ); " m.")
10 cm - 70 cm		concat("Ancho de la franja (L1): "; var2str( $\frac{L1}{m}$ ); " m.")
10 cm - 80 cm		concat("Ancho de fuera de la franja (L2): "; var2str( $\frac{L2}{m}$ ); " m.")
10 cm - 90 cm		concat("Refuerso longitudinal en el sentido longitudinal: "; var2str( $\frac{\phi_{var2}}{mm}$ ); " @"; var2str( $\frac{\phi_{var2}}{mm}$ ); " mm "; " @ "; var2str( $\frac{\phi_{var2}}{cm}$ ); " cm.")
10 cm - 100 cm		concat("Refuerso longitudinal en el sentido transversal dentro de la franja: "; var2str( $\frac{\phi_{var2}}{mm}$ ); " @"; var2str( $\frac{\phi_{var2}}{mm}$ ); " mm "; " @ "; var2str( $\frac{\phi_{var2}}{cm}$ ); " cm.")
10 cm - 110 cm		concat("Refuerso longitudinal en el sentido transversal fuera de la franja izquierda: "; var2str( $\frac{\phi_{var2}}{mm}$ ); " @"; var2str( $\frac{\phi_{var2}}{mm}$ ); " mm "; " @ "; var2str( $\frac{\phi_{var2}}{cm}$ ); " cm.")
10 cm - 120 cm		concat("Refuerso longitudinal en el sentido transversal fuera de la franja derecha: "; var2str( $\frac{\phi_{var2}}{mm}$ ); " @"; var2str( $\frac{\phi_{var2}}{mm}$ ); " mm "; " @ "; var2str( $\frac{\phi_{var2}}{cm}$ ); " cm.")



```

CreateRect (pp; ic; w; ic) := out_1 := "rect"
                          out_2 := pp
                          out_3 := ic
                          out_4 := "solid"
                          out_5 := w
                          out_6 := ic
                          out

CreateLine (pp; ic; w) := out_1 := "line"
                        out_2 := pp
                        out_3 := ic
                        out_4 := "solid"
                        out_5 := w
                        out

CreateCircle (pp; ic; w; ic) := out_1 := "circle"
                               out_2 := pp
                               out_3 := ic
                               out_4 := "solid"
                               out_5 := w
                               if ic == "none"
                               2
                               else
                               out_6 := ic
                               out
    
```

Columna o pedestal on planta.

```

planta_colm_ped := if verif_28 == "CUMPLE"
                  [ CreateRect (stack (0; 0; c1; c2); "black"; 0.1; "lightgray") ]
                  else
                  [ CreateRect (stack (0; 0; b1; b2); "black"; 0.1; "lightgray") ]
    
```

Columna en planta.

```

planta_colm := if verif_28 == "CUMPLE"
               [ CreateRect (stack (0 +  $\frac{c_1}{2} - \frac{c_1\_arriba}{2}$ ;  $\frac{c_2}{2} - \frac{c_2\_arriba}{2}$ ; c1\_arriba; c2\_arriba); "black"; 0.1; "gray") ]
               else
               [ CreateRect (stack (0 +  $\frac{b_1}{2} - \frac{b_1\_arriba}{2}$ ;  $\frac{b_2}{2} - \frac{b_2\_arriba}{2}$ ; c1\_arriba; c2\_arriba); "black"; 0.1; "gray") ]
    
```

```

n_long_colm_corte := if n_long_colm == 4
                    2
                    else if n_long_colm == 8
                    3
                    else if n_long_colm == 12
                    4
                    else if n_long_colm == 16
                    5
                    else if n_long_colm == 20
                    6
                    else if n_long_colm == 24
                    7

n_long_colm_c1 :=  $\frac{c_1\_arriba - (\delta \cdot r_{long\_colm}) - \phi_{long\_colm}}{n\_long\_colm\_corte - 1} = 4.5333$  cm
n_long_colm_c2 :=  $\frac{c_2\_arriba - (\delta \cdot r_{long\_colm}) - \phi_{long\_colm}}{n\_long\_colm\_corte - 1} = 7.8667$  cm
    
```

```

n_long_colm_planta := if verif_28 == "CUMPLE"
                      [ CreateCircle (stack ( $\frac{c_1}{2} - \frac{c_1\_arriba}{2} + r_{long\_colm}$ ;  $\frac{c_2}{2} - \frac{c_2\_arriba}{2} + r_{long\_colm} + \frac{\phi_{long\_colm}}{2}$ ); "black"; 0.1; "green") ]
                      [ CreateCircle (stack ( $\frac{c_1}{2} - \frac{c_1\_arriba}{2} + r_{long\_colm}$ ;  $\frac{c_2}{2} + \frac{c_2\_arriba}{2} - r_{long\_colm} - \frac{\phi_{long\_colm}}{2}$ ); "black"; 0.1; "green") ]
                      [ CreateCircle (stack ( $\frac{c_1}{2} + \frac{c_1\_arriba}{2} - r_{long\_colm}$ ;  $\frac{c_2}{2} - \frac{c_2\_arriba}{2} + r_{long\_colm} + \frac{\phi_{long\_colm}}{2}$ ); "black"; 0.1; "green") ]
                      [ CreateCircle (stack ( $\frac{c_1}{2} - \frac{c_1\_arriba}{2} - r_{long\_colm}$ ;  $\frac{c_2}{2} - \frac{c_2\_arriba}{2} - r_{long\_colm} - \frac{\phi_{long\_colm}}{2}$ ); "black"; 0.1; "green") ]
                      else
                      [ CreateCircle (stack ( $\frac{b_1}{2} - \frac{b_1\_arriba}{2} + r_{long\_colm}$ ;  $\frac{b_2}{2} - \frac{b_2\_arriba}{2} + r_{long\_colm} + \frac{\phi_{long\_colm}}{2}$ ); "black"; 0.1; "green") ]
                      [ CreateCircle (stack ( $\frac{b_1}{2} - \frac{b_1\_arriba}{2} + r_{long\_colm}$ ;  $\frac{b_2}{2} + \frac{b_2\_arriba}{2} - r_{long\_colm} - \frac{\phi_{long\_colm}}{2}$ ); "black"; 0.1; "green") ]
                      [ CreateCircle (stack ( $\frac{b_1}{2} + \frac{b_1\_arriba}{2} - r_{long\_colm}$ ;  $\frac{b_2}{2} - \frac{b_2\_arriba}{2} + r_{long\_colm} + \frac{\phi_{long\_colm}}{2}$ ); "black"; 0.1; "green") ]
                      [ CreateCircle (stack ( $\frac{b_1}{2} - \frac{b_1\_arriba}{2} - r_{long\_colm}$ ;  $\frac{b_2}{2} - \frac{b_2\_arriba}{2} - r_{long\_colm} - \frac{\phi_{long\_colm}}{2}$ ); "black"; 0.1; "green") ]
    
```

Refuerzo longitudinal de la columna on planta.

```

if verif_28 == "CUMPLE"
if n_long_colm_corte == 2
n_long_colm_planta := CreateCircle (stack (0; 0; 0); "black"; 0.1; "green")
else
for i in [1..(n_long_colm_corte-2)]
n_long_colm_planta := CreateCircle (stack ( $(\frac{c_1}{2} - \frac{c_1\_arriba}{2} + r_{long\_colm} + \frac{\phi_{long\_colm}}{2}) + (i-1) \cdot n\_long\_colm\_c1$ );  $(\frac{c_2}{2} - \frac{c_2\_arriba}{2} + r_{long\_colm} + \frac{\phi_{long\_colm}}{2})$ ; "black"; 0.1; "green")
else
if n_long_colm_corte == 2
n_long_colm_planta := CreateCircle (stack (0; 0; 0); "black"; 0.1; "green")
else
for i in [1..(n_long_colm_corte-2)]
n_long_colm_planta := CreateCircle (stack ( $(\frac{b_1}{2} - \frac{b_1\_arriba}{2} + r_{long\_colm} + \frac{\phi_{long\_colm}}{2}) + (i-1) \cdot n\_long\_colm\_c2$ );  $(\frac{b_2}{2} - \frac{b_2\_arriba}{2} + r_{long\_colm} + \frac{\phi_{long\_colm}}{2})$ ; "black"; 0.1; "green")
    
```







$$s_{long\_ped\_el} = \frac{b_2 - (2 \cdot r_{rec\_min}) - \delta_{long\_ped}}{r_{long\_ped\_corra} - 1} = 7,8667 \text{ cm} \quad s_{long\_ped\_el} = \frac{b_2 - (2 \cdot r_{rec\_min}) - \delta_{long\_ped}}{r_{long\_ped\_corra} - 1} = 11,2 \text{ cm}$$

```

brr_trans_ped_plata2 := if r_long_ped = 6
  [ CreateLine (stack (b1, 0; b2, 0); "green"; 3); ]
else if r_long_ped = 8
  [ CreateLine (stack (rec_min / 2; b1 / 2; b2 - rec_min / 2); "blue"; 2); ]
  [ CreateLine (stack (rec_min / 2; b1 / 2; r_rec_min); "blue"; 2); ]
  [ CreateLine (stack (b1 - r_rec_min / 2; b1 / 2; b2 - r_rec_min / 2); "blue"; 2); ]
  [ CreateLine (stack (b1 - r_rec_min / 2; b1 / 2; r_rec_min); "blue"; 2); ]
else if r_long_ped = 12
  [ CreateLine (stack (rec_min + s_long_ped_el; r_rec_min; r_rec_min + s_long_ped_el; b2 - r_rec_min); "blue"; 2); ]
  [ CreateLine (stack (rec_min + (s_long_ped_el * 2) + \delta_{long_ped}; r_rec_min; r_rec_min + (s_long_ped_el * 2) + \delta_{long_ped}; b2 - r_rec_min); "blue"; 2); ]
  [ CreateLine (stack (rec_min; r_rec_min + s_long_ped_el; b1 - r_rec_min; r_rec_min + s_long_ped_el); "blue"; 2); ]
  [ CreateLine (stack (rec_min; r_rec_min + (s_long_ped_el * 2) + \delta_{long_ped}; b1 - r_rec_min; r_rec_min + (s_long_ped_el * 2) + \delta_{long_ped}); "blue"; 2); ]
else if r_long_ped = 16
  [ CreateLine (stack (rec_min + s_long_ped_el; r_rec_min; r_rec_min + s_long_ped_el; b2 - r_rec_min); "blue"; 2); ]
  [ CreateLine (stack (rec_min + (s_long_ped_el * 3) + \delta_{long_ped}; r_rec_min; r_rec_min + (s_long_ped_el * 3) + \delta_{long_ped}; b2 - r_rec_min); "blue"; 2); ]
  [ CreateLine (stack (rec_min; r_rec_min + s_long_ped_el; b1 - r_rec_min; r_rec_min + s_long_ped_el); "blue"; 2); ]
  [ CreateLine (stack (rec_min; r_rec_min + (s_long_ped_el * 3) + \delta_{long_ped}; b1 - r_rec_min; r_rec_min + (s_long_ped_el * 3) + \delta_{long_ped}); "blue"; 2); ]
else if r_long_ped = 20
  [ CreateLine (stack (rec_min + (s_long_ped_el * 2); r_rec_min; r_rec_min + (s_long_ped_el * 2); b2 - r_rec_min); "blue"; 2); ]
  [ CreateLine (stack (rec_min + (s_long_ped_el * 3) + \delta_{long_ped}; r_rec_min; r_rec_min + (s_long_ped_el * 3) + \delta_{long_ped}; b2 - r_rec_min); "blue"; 2); ]
  [ CreateLine (stack (r_rec_min; r_rec_min + (s_long_ped_el * 2); b1 - r_rec_min; r_rec_min + (s_long_ped_el * 2)); "blue"; 2); ]
  [ CreateLine (stack (rec_min; r_rec_min + (s_long_ped_el * 3) + \delta_{long_ped}; b1 - r_rec_min; r_rec_min + (s_long_ped_el * 3) + \delta_{long_ped}); "blue"; 2); ]
else if r_long_ped = 24
  [ CreateLine (stack (rec_min + (s_long_ped_el * 4); r_rec_min; r_rec_min + (s_long_ped_el * 4); b2 - r_rec_min); "blue"; 2); ]
  [ CreateLine (stack (rec_min + (s_long_ped_el * 4) + \delta_{long_ped}; r_rec_min; r_rec_min + (s_long_ped_el * 4) + \delta_{long_ped}; b2 - r_rec_min); "blue"; 2); ]
  [ CreateLine (stack (r_rec_min; r_rec_min + (s_long_ped_el * 2); b1 - r_rec_min; r_rec_min + (s_long_ped_el * 2)); "blue"; 2); ]
  [ CreateLine (stack (rec_min; r_rec_min + (s_long_ped_el * 4) + \delta_{long_ped}; b1 - r_rec_min; r_rec_min + (s_long_ped_el * 4) + \delta_{long_ped}); "blue"; 2); ]

```

```

i_cola_ped_el := if verif_28 = "CUMPLE"
  [ CreateLine (stack (-4 cm; 0; -4 cm; c2); "blue"; 1); ]
else
  [ CreateLine (stack (-4 cm; 0; -4 cm; b2); "blue"; 1); ]
i_cola_ped_el := if verif_28 = "CUMPLE"
  [ CreateLine (stack (0; -5 cm; c1; -5 cm); "blue"; 1); ]
else
  [ CreateLine (stack (0; -5 cm; b1; -5 cm); "blue"; 1); ]

```

```

i_cola_ped_el := if verif_28 = "CUMPLE"
  [ CreateLine (stack (c1 + 3 cm; \frac{c2}{2} - \frac{c1\_arriba}{2}; c1 + 3 cm; \frac{c2}{2} + \frac{c1\_arriba}{2}); "green"; 1); ]
else
  [ CreateLine (stack (b1 + 3 cm; \frac{b2}{2} - \frac{c1\_arriba}{2}; b1 + 3 cm; \frac{b2}{2} + \frac{c1\_arriba}{2}); "green"; 1); ]
i_cola_ped_el := if verif_28 = "CUMPLE"
  [ CreateLine (stack (\frac{c1}{2} - \frac{c1\_arriba}{2}; c1 + 3 cm; \frac{c1}{2} + \frac{c1\_arriba}{2}; c2 - 3 cm); "green"; 1); ]
else
  [ CreateLine (stack (\frac{b1}{2} - \frac{c1\_arriba}{2}; b2 + 3 cm; \frac{b1}{2} + \frac{c1\_arriba}{2}; b2 - 3 cm); "green"; 1); ]

```

example

```

i := [ i_cola_ped_el;
      i_cola_ped_el;
      i_cola_ped_el;
      i_cola_ped_el; ]

```

```

verif_28 := if verif_28 = "CUMPLE"
  [ \frac{c1}{2} - 3 cm - 6 cm * "01.1" & "blue" ]
else
  [ \frac{b1}{2} - 3 cm - 5 cm * "01" & "blue" ]
verif_28 := if verif_28 = "CUMPLE"
  [ -12 cm; \frac{c2}{2} + 2 cm * "02.1" & "blue" ]
else
  [ -10 cm; \frac{b2}{2} + 2 cm * "02" & "blue" ]

```

```

verif_28 := if verif_28 = "CUMPLE"
  [ \frac{c1}{2} - 3 cm; c2 + 10 cm * "01" & "green" ]
else
  [ \frac{b1}{2} - 3 cm; b2 + 10 cm * "01" & "green" ]
verif_28 := if verif_28 = "CUMPLE"
  [ c1 + 5 cm; \frac{c2}{2} + 2 cm * "02" & "green" ]
else
  [ b1 + 5 cm; \frac{b2}{2} + 2 cm * "02" & "green" ]

```

```

i_cola_ped := [ verif_28 = "CUMPLE"
  [ c1 - 15 cm; c2 + 10 cm; "Columna:"; 8 "black"; ]
  [ c1 - 19 cm; c2 + 10 cm; concat ("C1: "; var2str (\frac{c1\_arriba}{cm}); " cm."); 8 "green"; ]
  [ c1 - 19 cm; c2; concat ("C2: "; var2str (\frac{c2\_arriba}{cm}); " cm."); 8 "green"; ]
  [ c1 - 19 cm; c2 - 3 cm; concat ("Refuerzo longitudinal de la columna: "; var2str (s_long_ped_el); " cm "; var2str (\frac{s_long_ped_el}{cm}); " cm."); 8 "green"; ]
  [ c1 - 19 cm; c2 - 10 cm; concat ("Refuerzo transversal de la columna: "; " "; var2str (\frac{\delta_{trans_cola}}{cm}); " cm "; " "; var2str (\frac{\delta_{trans_cola}}{cm}); " cm."); 8 "green"; ]
  [ c1 - 15 cm; c2 - 15 cm; "Columna bajo el terreno:"; 8 "black"; ]
  [ c1 - 19 cm; c2 - 20 cm; concat ("01.1: "; var2str (\frac{c1}{cm}); " cm."); 8 "blue"; ]
  [ c1 - 19 cm; c2 - 23 cm; concat ("02.1: "; var2str (\frac{c2}{cm}); " cm."); 8 "blue"; ]
  [ c1 - 15 cm; c2 - 15 cm; "Corte A-A:"; 8 "black"; ]
else
  [ b1 - 15 cm; b2 + 10 cm; "Columna:"; 8 "black"; ]
  [ b1 - 19 cm; b2 - 5 cm; concat ("C1: "; var2str (\frac{c1\_arriba}{cm}); " cm."); 8 "green"; ]
  [ b1 - 19 cm; b2 - 5 cm; concat ("C2: "; var2str (\frac{c2\_arriba}{cm}); " cm."); 8 "green"; ]
  [ b1 - 19 cm; b2 - 5 cm; concat ("Refuerzo longitudinal de la columna: "; var2str (s_long_ped_el); " cm "; var2str (\frac{s_long_ped_el}{cm}); " cm."); 8 "green"; ]
  [ b1 - 19 cm; b2 - 5 cm; concat ("Refuerzo transversal de la columna: "; " "; var2str (\frac{\delta_{trans_cola}}{cm}); " cm "; " "; var2str (\frac{\delta_{trans_cola}}{cm}); " cm."); 8 "green"; ]
  [ b1 - 15 cm; b2 - 15 cm; "Columna bajo el terreno:"; 8 "black"; ]
  [ b1 - 19 cm; b2 - 20 cm; concat ("01.1: "; var2str (\frac{c1}{cm}); " cm."); 8 "blue"; ]
  [ b1 - 19 cm; b2 - 23 cm; concat ("02.1: "; var2str (\frac{c2}{cm}); " cm."); 8 "blue"; ]
  [ b1 - 15 cm; b2 - 15 cm; "Corte A-A:"; 8 "black"; ]

```



Acero longitudinal de la viga.

```

def long_viga := if h_long_viga = 0
  [
    CreateCircle (stack (ecc_min + phi_long_viga / 2, ecc_min + phi_long_viga / 2, phi_long_viga / 2), "black", 0.1, "red")
    CreateCircle (stack (h_viga - ecc_min - phi_long_viga / 2, ecc_min + phi_long_viga / 2, phi_long_viga / 2), "black", 0.1, "red")
    CreateCircle (stack (ecc_min + phi_long_viga / 2, h_viga - ecc_min - phi_long_viga / 2, phi_long_viga / 2), "black", 0.1, "red")
    CreateCircle (stack (h_viga - ecc_min - phi_long_viga / 2, h_viga - ecc_min - phi_long_viga / 2, phi_long_viga / 2), "black", 0.1, "red")
  ]
else
  [
    CreateCircle (stack (ecc_min + phi_long_viga / 2, ecc_min + phi_long_viga / 2, phi_long_viga / 2), "black", 0.1, "red")
    CreateCircle (stack (h_viga - ecc_min - phi_long_viga / 2, ecc_min + phi_long_viga / 2, phi_long_viga / 2), "black", 0.1, "red")
    CreateCircle (stack (ecc_min + phi_long_viga / 2, h_viga - ecc_min - phi_long_viga / 2, phi_long_viga / 2), "black", 0.1, "red")
    CreateCircle (stack (h_viga - ecc_min - phi_long_viga / 2, h_viga - ecc_min - phi_long_viga / 2, phi_long_viga / 2), "black", 0.1, "red")

    CreateCircle (stack (b_viga / 2, ecc_min + phi_long_viga / 2, phi_long_viga / 2), "black", 0.1, "red")
    CreateCircle (stack (b_viga / 2, h_viga - ecc_min - phi_long_viga / 2, phi_long_viga / 2), "black", 0.1, "red")
    CreateCircle (stack (ecc_min + phi_long_viga / 2, b_viga / 2, phi_long_viga / 2), "black", 0.1, "red")
    CreateCircle (stack (h_viga - ecc_min - phi_long_viga / 2, b_viga / 2, phi_long_viga / 2), "black", 0.1, "red")
  ]

```

Acero transversal de la viga.

```

def trans_viga := if h_long_viga = 0
  [
    CreateRect (stack (ecc_min, ecc_min, h_viga - (2 * ecc_min), phi_trans_viga), "black", 0.1, "red")
    CreateRect (stack (ecc_min, h_viga - ecc_min - phi_trans_viga, h_viga - (2 * ecc_min), phi_trans_viga), "black", 0.1, "red")
    CreateRect (stack (ecc_min, ecc_min, phi_trans_viga, h_viga - (2 * ecc_min)), "black", 0.1, "red")
    CreateRect (stack (h_viga - ecc_min - phi_trans_viga, ecc_min, phi_trans_viga, h_viga - (2 * ecc_min)), "black", 0.1, "red")
  ]
else
  [
    CreateRect (stack (ecc_min, ecc_min, h_viga - (2 * ecc_min), phi_trans_viga), "black", 0.1, "red")
    CreateRect (stack (ecc_min, h_viga - ecc_min - phi_trans_viga, h_viga - (2 * ecc_min), phi_trans_viga), "black", 0.1, "red")
    CreateRect (stack (ecc_min, ecc_min, phi_trans_viga, h_viga - (2 * ecc_min)), "black", 0.1, "red")
    CreateRect (stack (h_viga - ecc_min - phi_trans_viga, ecc_min, phi_trans_viga, h_viga - (2 * ecc_min)), "black", 0.1, "red")

    CreateLine (stack (b_viga / 2, ecc_min, ecc_min, b_viga / 2), "red", 2)
    CreateLine (stack (b_viga / 2, ecc_min, h_viga - ecc_min, b_viga / 2), "red", 2)
    CreateLine (stack (ecc_min, b_viga / 2, h_viga - ecc_min, b_viga / 2), "red", 2)
    CreateLine (stack (h_viga - ecc_min, b_viga / 2, h_viga - ecc_min, b_viga / 2), "red", 2)
  ]

```

Titulos del corte "I-I".

```

titulos := [
  (b_viga / 2 - 5 cm, -5 cm, "Bw", 8 "black"),
  (-17 cm, b_viga / 2, "Bw", 8 "black"),
  (h_viga + 25 cm, h_viga - 13 cm, concat ("Refuerzo longitudinal de la viga de amarre: ", varZeta (h_long_viga), " φ ", varZeta (phi_long_viga), " mm."), 8 "red"),
  (h_viga + 25 cm, h_viga - 23 cm, concat ("Refuerzo transversal de la viga de amarre: ", φ " ", varZeta (phi_trans_viga), " mm ", "φ ", varZeta (phi_trans_viga), " mm."), 8 "red"),
  (b_viga + 15 cm, h_viga + 13 cm, "Viga de amarre.", 8 "black"),
  (b_viga + 25 cm, h_viga, concat ("Bw: ", varZeta (b_viga), " cm."), 8 "black"),
  (h_viga + 15 cm, h_viga + 18 cm, "Corte B-B.", 8 "black")
]

```

Lineas de los titulos del corte "I-I".

```

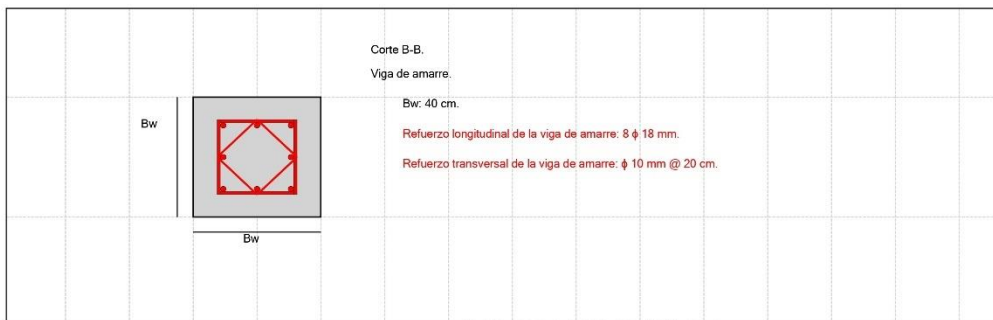
i := [
  CreateLine (stack (0, -5 cm, b_viga + 5 cm), "black", 1)
  CreateLine (stack (-5 cm, 0, -5 cm, h_viga), "black", 1)
]

```

```

plot := [
  viga,
  def: long_viga,
  def: trans_viga,
  i,
  titulos
]

```





El software presentado realiza el diseño automatizado del armado estructural y la geometría de una zapata medianera de hormigón armado aplicado a edificaciones de hasta 10 pisos. La programación del software fue realizada según los planteamientos propuestos por José Calavera, Luis Garza Vásquez y bajo las regulaciones dadas en la norma ACI 318-19 y NEC -12015.

El software fue desarrollado en el programa de uso libre SMath Studio, lo cual permite que se cree un archivo ejecutable el cual se distribuirá de forma gratuita y en el que podremos observar 6 ventanas principales, distribuidas de la siguiente manera.

#### S Tesis.

Datos de entrada. Parámetros de diseño. Verificaciones de diseño. Resultados. Planos de diseño. Guía para el usuario.

A continuación, se detallará el contenido de cada una de las ventanas anteriormente mencionadas.

#### Datos de entrada.

##### 1. Propiedades de los materiales.

**Nota:** Para la programación realizada se ha limitado los valores de  $f'c$  a 21 MPa y  $f_y$  a 420 MPa, esto debido a que en el programa solo se pretende trabajar con los valores mínimos establecidos en la norma.

- 1.1: Resistencia a la compresión del hormigón ( $f'c$ ) MPa.
- 1.2: Resistencia a la fluencia del refuerzo ( $f_y$ ) en MPa.

1. Propiedades de los materiales.	
1.1 Resistencia a la compresión del hormigón ( $f'c$ ).	21 MPa
1.2 Resistencia a la fluencia del refuerzo ( $f_y$ ).	420 MPa

##### 2. Datos obtenidos del análisis estructural.

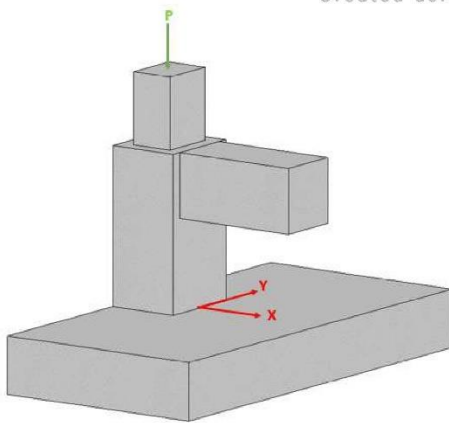
Los siguientes valores deberán ser obtenidos a partir de un análisis estructural, mediante la utilización de un software especializado de su preferencia. Ejemplo: SAP 2000, ROBOT STRUCTURAL, ETABS, etc.

**NOTA:** Se solicita únicamente los momentos en el sentido de "Y" debido a que en las zapatas de medianería este eje es el más solicitado, por lo que se considerara únicamente las solicitaciones más críticas que se generan a lo largo del eje "Y".

##### Nomenclatura:

- 2.1: Carga axial máxima en estado de servicio (KN).
- 2.2: Momento máximo en estado de servicio en el sentido de "Y" (KN\*m).
- 2.3: Carga axial máxima en estado último (KN).
- 2.4: Momento máximo en estado último en el sentido de "Y" (KN\*m).
- 2.5: Carga axial máxima en estado de sismo (KN).
- 2.6: Momento máximo en estado de sismo en el sentido de "Y" (KN).

2. Datos obtenidos del análisis estructural.	
2.1 Carga axial máxima en estado de servicio.	344 kN
2.2 Momento máximo en estado de servicio en el sentido de "Y".	-37.8 kN m
2.3 Carga axial máxima en estado último.	516 kN
2.4 Momento máximo en estado último en el sentido de "Y".	56.7 kN m
2.5 Carga axial máxima en estado de sismo.	534.6 kN
2.6 Momento máximo en estado de sismo en el sentido de "Y".	70 kN m



### 3. Datos obtenidos del estudio geotécnico.

Los siguientes valores deberán ser obtenidos a partir de un estudio geotécnico.

- 3.1: Esfuerzo admisible del suelo ( $\text{KN/m}^2$ ).
- 3.2: Profundidad recomendada de cimentación  $D_f$  (m).
- 3.3: Módulo de compresibilidad volumétrica ( $\text{mm}^2/\text{N}$ ).
- 3.4: Coeficiente de balasto ( $\text{N/mm}^3$ ).
- 3.5: Peso específico del terreno. ( $\text{KN/m}^3$ ).

**NOTA:** Para el cálculo del peso del terreno que se encuentra sobre la cimentación, no se considera el volumen de la cimentación, por lo que el peso de la cimentación no se toma en cuenta.

**NOTA:** En el caso de no conocer el valor del coeficiente de balasto, se muestra a continuación una tabla de valores del coeficiente de balasto en función del esfuerzo admisible del suelo obtenida del libro de **Cimentaciones Sísmo Resistentes Utilizando SAFE** del Ing. **Marcelo Guerra Avendaño**.

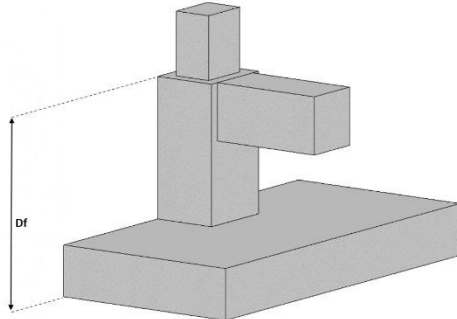
Ilustración para el apartado 3.4.

**Tabla 1** Valores del coeficiente de balasto (K)

Esf Adm ( $\text{t/m}^2$ )	K ( $\text{t/m}^3$ )	Esf Adm ( $\text{t/m}^2$ )	K ( $\text{t/m}^3$ )	Esf Adm ( $\text{t/m}^2$ )	K ( $\text{t/m}^3$ )
2.50	650	15.50	3190	28.50	5700
3.00	780	16.00	3280	29.00	5800
3.50	910	16.50	3370	29.50	5900
4.00	1040	17.00	3460	30.00	6000
4.50	1170	17.50	3550	30.50	6100
5.00	1300	18.00	3640	31.00	6200
5.50	1390	18.50	3730	31.50	6300
6.00	1480	19.00	3820	32.00	6400
6.50	1570	19.50	3910	32.50	6500
7.00	1660	20.00	4000	33.00	6600
7.50	1750	20.50	4100	33.50	6700
8.00	1840	21.00	4200	34.00	6800
8.50	1930	21.50	4300	34.50	6900
9.00	2020	22.00	4400	35.00	7000
9.50	2110	22.50	4500	35.50	7100
10.00	2200	23.00	4600	36.00	7200
10.50	2290	23.50	4700	36.50	7300
11.00	2380	24.00	4800	37.00	7400
11.50	2470	24.50	4900	37.50	7500
12.00	2560	25.00	5000	38.00	7600
12.50	2650	25.50	5100	38.50	7700
13.00	2740	26.00	5200	39.00	7800
13.50	2830	26.50	5300	39.50	7900
14.00	2920	27.00	5400	40.00	8000

14.50	3010	27.50	5500	40.50	8100
15.00	3100	28.00	5600	41.00	8200

Ilustración para el apartado 3.2.



**3. Datos obtenidos del estudio geotécnico.**

3.1 Esfuerzo admisible del suelo.   ▾

3.2 Profundidad recomendada de cimentación "Df".   ▾

3.3 Módulo de compresibilidad volumétrica.   ▾

3.4 Coeficiente de balasto.   ▾

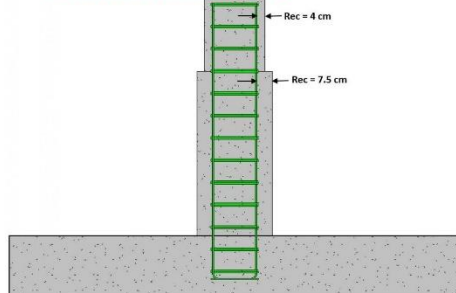
3.5 Peso específico del terreno.   ▾

**4. Geometría y armado de la zapata.**

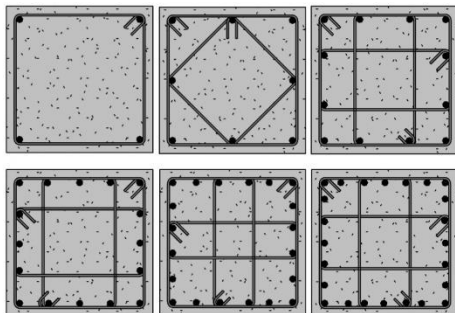
**Columna:**

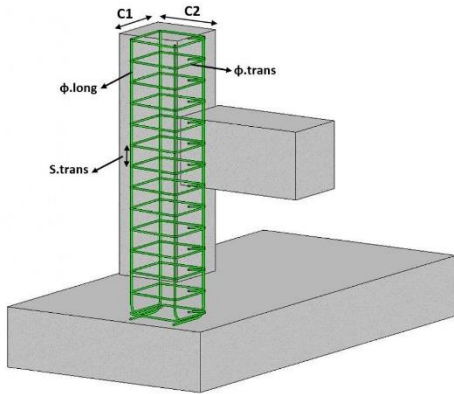
- 4.1: Ancho de la columna **C1 (cm)**.
- 4.2: Ancho de la columna **C2 (cm)**.
- 4.3: Diámetro del refuerzo longitudinal **φ<sub>long</sub> (mm)**.
- 4.4: Número de refuerzos longitudinales.
- 4.5: Diámetro del refuerzo transversal **φ<sub>trans</sub> (mm)**.
- 4.6: Separación entre el refuerzo transversal **S<sub>trans</sub> (cm)**.

**Nota:** La sección de la columna se ve incrementada, esto debido a que la columna cuando se encuentra sobre el terreno tiene un recubrimiento de **4 cm**, pero cuando entra en contacto con el suelo este debe de incrementar a **7.5 cm** según lo indica la norma **ACI 318-19**.



**Nota:** El número de refuerzo longitudinal se ha limitado únicamente a 4,8,12,16,20 y 24 varillas, a continuación, se define la configuración geométrica de los refuerzos para cada uno de los casos:





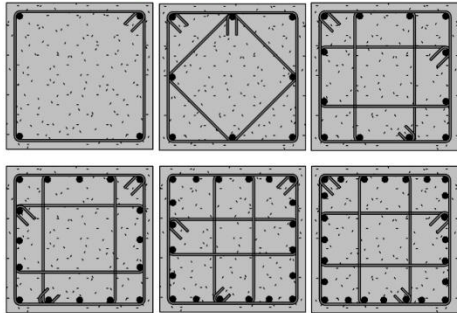
**Columna:**

4.1 Ancho de la columna "C1".	30	cm	▼
4.2 Ancho de la columna "C2".	40	cm	▼
4.3 Diámetro del refuerzo longitudinal.	14 mm		▼
4.4 Número de refuerzos longitudinales.	4		▼
4.5 Diámetro del refuerzo transversal.	12 mm		▼
4.6 Separación entre el refuerzo transversal.	7.2	cm	▼

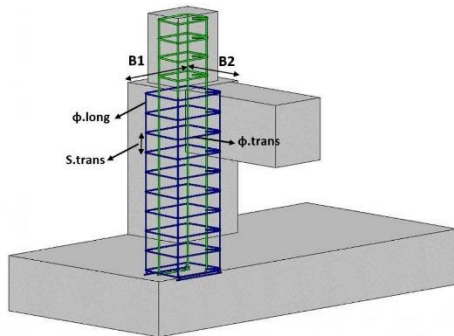
**Pedestal:**

- 4.7: Ancho del pedestal **B1 (cm)**.
- 4.8: Ancho del pedestal **B2 (cm)**.
- 4.9: Diámetro del refuerzo longitudinal **phi.long (mm)**.
- 4.10: Número de refuerzos longitudinales.
- 4.11: Diámetro del refuerzo transversal **phi.trans (mm)**.

**Nota:** El número de refuerzo longitudinales se ha limitado únicamente a 4,8,12,16,20 y 24 varillas, con lo cual a continuación se define la configuración geométrica de los refuerzos para cada uno de los casos:



**Nota:** Por temas constructivos y por mantener una uniformidad entre el armado estructural del pedestal y la columna, la separación entre el refuerzo transversal del pedestal se lo tomará igual al de la columna.



**Pedestal:**

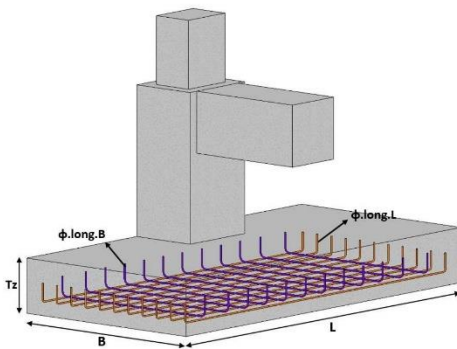
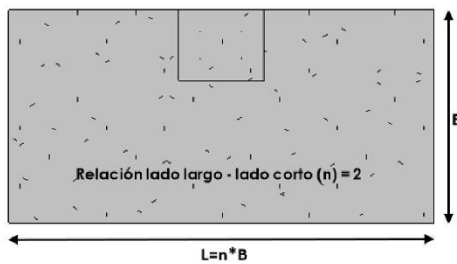
4.7 Ancho del pedestal "B1".	<input type="text" value="40"/>	cm
4.8 Ancho del pedestal "B2".	<input type="text" value="50"/>	cm
4.9 Diámetro del refuerzo longitudinal.	<input type="text" value="14 mm"/>	
4.10 Número de refuerzos longitudinales.	<input type="text" value="4"/>	
4.11 Diámetro del refuerzo transversal.	<input type="text" value="12 mm"/>	

**Zapata:**

- 4.12: Ancho de la zapata **B (m)**.
- 4.13: Altura de la zapata **Tz (cm)**.
- 4.14: Diámetro del refuerzo en el sentido transversal **φ.long.B (mm)**.
- 4.15: Diámetro del refuerzo en el sentido longitudinal **φ.long.L (mm)**.
- 4.16: Relación lado largo - lado corto.

**Nota:** La relación lado largo – lado corte de la zapata, representa que L va a ser n veces el valor de B.

Ilustración para el apartado 4.16.



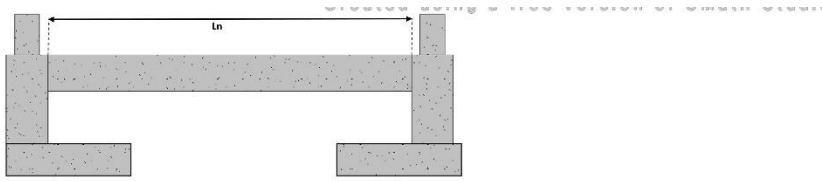
**Zapata:**

4.12 Altura de la zapata "Tz".	<input type="text" value="1.25"/>	m
4.13 Altura de la zapata "Tz".	<input type="text" value="60"/>	cm
4.14 Diámetro del refuerzo en el sentido transversal.	<input type="text" value="12 mm"/>	
4.15 Diámetro del refuerzo en el sentido longitudinal.	<input type="text" value="12 mm"/>	
4.16 Relación lado largo - lado corto.	<input type="text" value="2"/>	

**Viga de amarre:**

- 4.17: Alto y ancho de la viga de amarre **Bw (cm)**.
- 4.18: Luz libre a la columna mas lejana **Ln (m)**.
- 4.19: Coeficiente de aceleración pico efectiva para la zona de diseño **Z**.
- 4.20: Diámetro del refuerzo longitudinal **φ.long (mm)**.
- 4.21: Número de refuerzos longitudinales.
- 4.22: Diámetro del refuerzo transversal **φ.trans (mm)**.

Ilustración para el apartado 4.18.

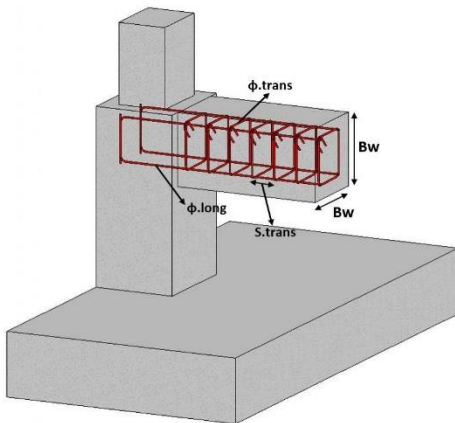
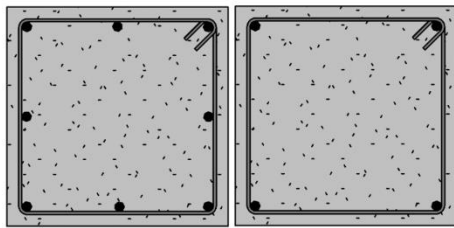


**Nota:** Los coeficientes de aceleración para el caso del Ecuador se los puede encontrar en el apartado 10.2 de la NEC-SE-DS (2015). A continuación se expone un ejemplo de los coeficientes que se puede encontrar.

**10.2. Poblaciones ecuatorianas y valor del factor Z.**

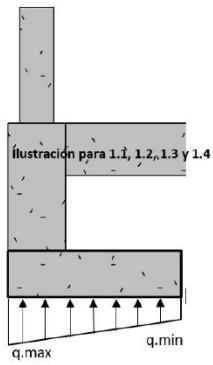
POBLACION	PARROQUIA	CANTON	PROVINCIA	Z
CUENCA	CUENCA	CUENCA	AZUAY	0.25
CHORDELEG	CHORDELEG	CHORDELEG	AZUAY	0.25
GUALACEO	GUALACEO	GUALACEO	AZUAY	0.25
SEVILLA DE ORO	SEVILLA DE ORO	SEVILLA DE ORO	AZUAY	0.25
EL PAN	EL PAN	EL PAN	AZUAY	0.25
PAUTE	CHICAN (GUILLERMO ORTEGA)	PAUTE	AZUAY	0.25
GUARANDA	GUARANDA	GUARANDA	BOLIVAR	0.35

**Nota:** El número de refuerzo longitudinal se ha limitado únicamente a 8 o 4 varillas, a continuación, se define la configuración geométrica de los refuerzos para cada uno de los casos:



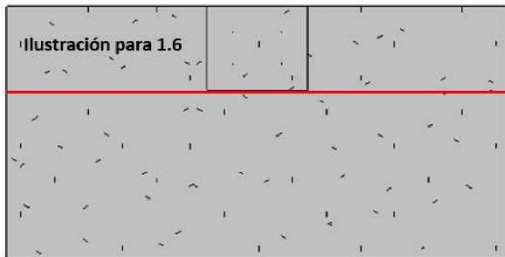
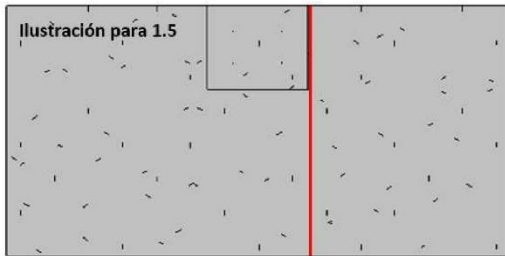
**Parámetros de diseño.**

1. Zapata.
  - 1.1 Presión máxima en estado de servicio que se genera por acción del terreno bajo la zapata y la cual se utiliza para realizar las verificaciones geotécnicas.
  - 1.2 Presión mínima en estado de servicio que se genera por acción del terreno bajo la zapata y la cual se utiliza para realizar las verificaciones geotécnicas.
  - 1.3 Presión máxima en estado ultimo que se genera por acción del terreno bajo la zapata y la cual se utiliza para calcular los momentos de diseño para el cálculo del refuerzo longitudinal.
  - 1.4 Presión mínima en estado ultimo que se genera por acción del terreno bajo la zapata y la cual se utiliza para calcular los momentos de diseño para el cálculo del refuerzo longitudinal.

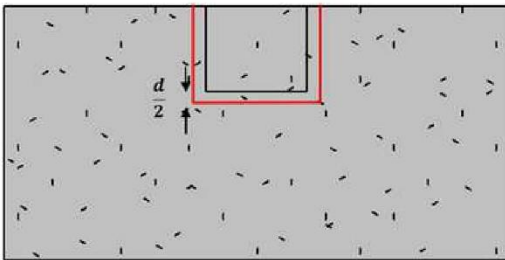


1.5 Momento en estado último en el sentido longitudinal utilizado para el cálculo del acero de refuerzo longitudinal de la zapata.

1.6 Momento en estado último en el sentido transversal utilizado para el cálculo del acero de refuerzo transversal de la zapata.



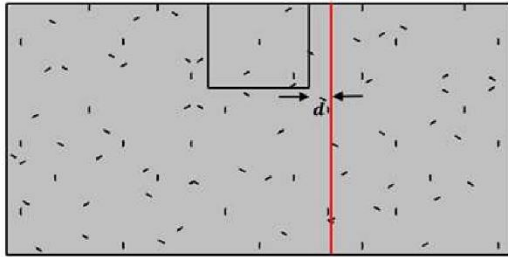
1.7 Esfuerzo cortante último por punzonamiento de diseño de la zapata.



1.8 Esfuerzo cortante último de diseño en el sentido longitudinal de la zapata.

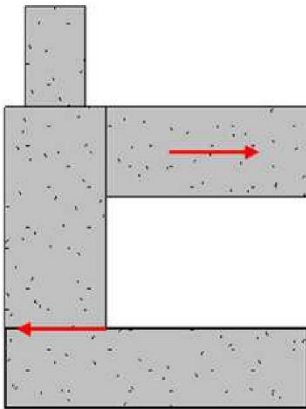


1.9 Esfuerzo cortante último de diseño en el sentido transversal de la zapata.

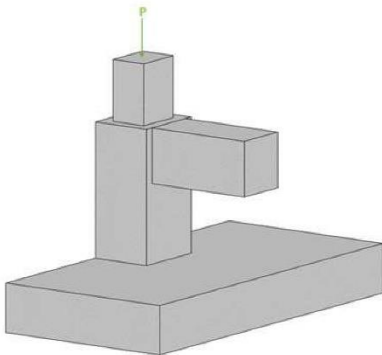


**2. Column.**

2.1 Fuerza cortante que ejerce la viga aérea sobre la cara de la columna y la cara de la zapata.

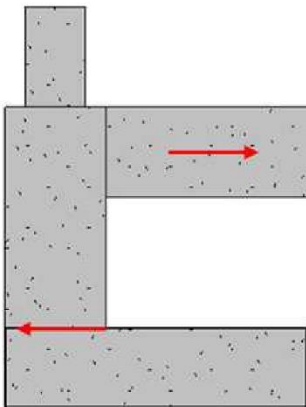


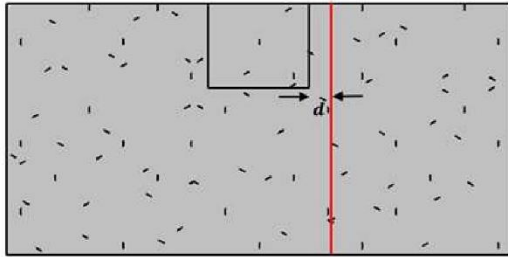
2.2 Fuerza axial de diseño actuante sobre la columna.



**3. Pedestal.**

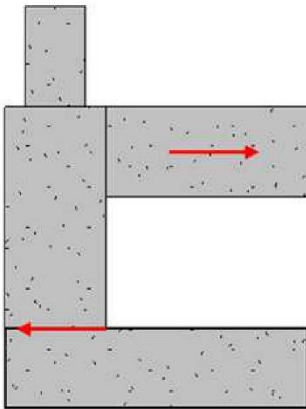
3.1 Fuerza cortante que ejerce la viga aérea sobre la cara del pedestal y la cara de la zapata.



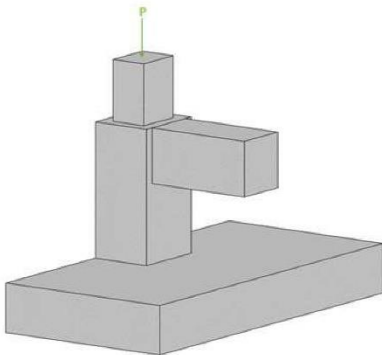


**2. Column.**

2.1 Fuerza cortante que ejerce la viga aérea sobre la cara de la columna y la cara de la zapata.

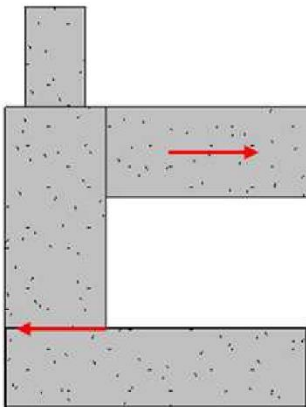


2.2 Fuerza axial de diseño actuante sobre la columna.

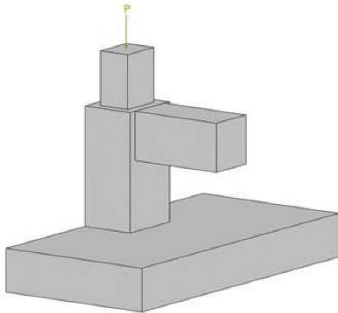


**3. Pedestal.**

3.1 Fuerza cortante que ejerce la viga aérea sobre la cara del pedestal y la cara de la zapata.



- 3.2 Fuerza axial de diseño actuante sobre el pedestal.
- 3.3 Momento de diseño en estado ultimo actuante sobre el pedestal.



- 4. **Viga aérea.**
- 4.1 Tensión crítica que se genera en la viga aérea.

Parámetros de diseño.		
1. Zapata.	1.1 Presión máxima en estado de servicio.	77,63 KN/m2
	1.2 Presión mínima en estado de servicio.	75,26 KN/m2
	1.3 Presión máxima en estado ultimo.	116,45 KN/m2
	1.4 Presión mínima en estado ultimo.	112,89 KN/m2
	1.5 Momento ultimo en el sentido longitudinal.	145,34 KN m
	1.6 Momento ultimo en el sentido transversal.	170,52 KN m
	1.7 Esfuerzo cortante ultimo por punzonamiento.	0,49 MPa
	1.8 Esfuerzo cortante ultimo en el sentido longitudinal.	0,17 MPa
	1.9 Esfuerzo cortante ultimo en el sentido transversal.	0,25 MPa
2. Columna.	2.1 Fuerza cortante de diseño.	101,86 KN
	2.2 Fuerza axial de diseño.	534,6 KN
3. Pedestal.	3.1 Fuerza cortante de diseño.	101,86 KN
	3.2 Fuerza axial de diseño.	534,6 KN
	3.3 Momento de diseño.	70 KN m
4. Viga aérea.	4.1 Tensión crítica de la viga aérea.	101,86 KN

**Verificaciones de diseño.**

En esta ventana se ve a presentar 7 tablas de verificación de diseño, donde en cada una de ellas se detalla el tema que esta analizando, los parámetros con los que se está trabajando, en algunos casos se detallara el apartado de la norma ACI 318-19 a la cual hace referencia el parámetro analizado y finalmente se presenta un mensaje de cumplimiento y no cumplimiento.

**Nota:** En todas las tablas expuestas a continuación, deberán de estar con el mensaje de "CUMPLE" o "FLUYE", exceptuando la verificación 4.1.8 y 4.1.9 donde se puede indicar el mensaje **NO CUMPLE** y se requiere la colocación de un pedestal. Para que el programa trabaje de forma correcta y se pueda obtener resultados correctos se debe de cumplir con lo antes mencionado.

En la tabla 0. **Datos de entrada** se verifica que los valores de C1, C2, B1, B2, Bw y B sean ingresados de tal manera que sean múltiplos de 5 cm, por otra parte, Iz deberá de ser ingresados de tal manera que sean múltiplos múltiplo de 10 cm. Esto debido a que se recomienda usar este tipo de valores por temas constructivos.

0. Datos de entrada.		
0.1 Ancho de la columna "C1".	35 cm	CUMPLE
0.2 Ancho de la columna "C2".	65 cm	CUMPLE
0.3 Ancho del pedestal "B1".	45 cm	CUMPLE
0.4 Ancho del pedestal "B2".	75 cm	CUMPLE
0.5 Ancho de la zapata "B".	1,25 m	CUMPLE
0.6 Altura de la zapata "Iz".	60 cm	CUMPLE
0.7 Alto y ancho de la viga de amarre "Bw".	35 cm	CUMPLE

**1. Pre dimensionamiento:**

- 1.1 Se controla que la altura colocada (**Iz.col**) de la zapata sea mayor o igual a la calculada (**Iz.cal**).
- 1.2 Se verifica que el ancho colocado de la zapata (**B.col**) sea mayor o igual al ancho calculado (**B.cal**), tambien se verifica que el (**B.col**) sea mayor o igual a la siguiente expresión, obtenida a partir del planteamiento realizado por **Meyerhof (1953)**.

$$B \geq \frac{P_s}{2 \cdot (B - 2 \cdot e) \cdot q_u}$$

- 1.3 Se revisa que la excentricidad de la zapata cumpla con la siguiente condición.

$$e \leq \frac{B}{6}$$

- 1.4 Se comprueba que la presión máxima generado por el suelo en la cara inferior de la zapata sea menor o igual al esfuerzo admisible del suelo.

$$q_{max} \leq q_u$$

1.5 Se comprueba que la presión mínima generada por el suelo en la cara inferior de la zapata sea mayor a cero.  
 $q_{min} > 0$

1. Pre dimensionamiento.			
1.1 Altura colocada.	tz.cal: 40 cm	tz.col: 60 cm	CUMPLE
1.2 Ancho de la zapata.	B.col: 1,25 m $\geq$ B.cal: 1,25 m		CUMPLE
	B: 1,25 m $\geq$ 1,15 m		CUMPLE
1.3 Excentricidad de la zapata.	e: 0,17 m $\leq$ 0,21 m		CUMPLE
1.4 Esfuerzo máximo.	$q_{s,max} \leq q_a$		CUMPLE
	328,32 KN/m <sup>2</sup> $\leq$ 485 KN/m <sup>2</sup>		
1.5 Esfuerzo mínimo.	$q_{s,min} > 0$		CUMPLE
	330,57 KN/m <sup>2</sup> $>$ 0 KN/m <sup>2</sup>		

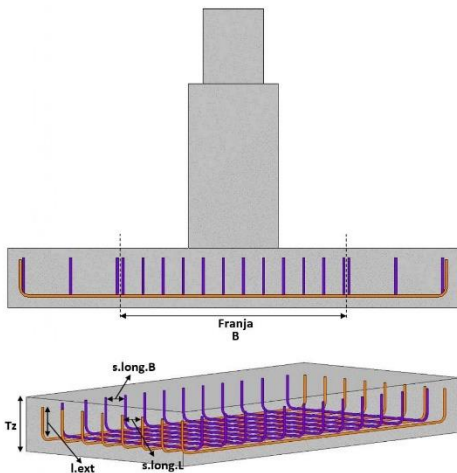
2. Diseño del acero longitudinal de la zapata:

2.1 Refuerzo en el sentido longitudinal.

- 2.1.1 Se verifica que el refuerzo longitudinal se encuentre en el rango correcto de fluencia, según lo establecido en el apartado 21.2.2 de la ACI 318-19.
- 2.1.2 Se verifica que el espaciamiento calculado  $s_{long,L}$  entre los refuerzos longitudinales cumpla con lo establecido en los apartados 25.2.1, 24.4.3.3 y 24.3.2 de la ACI 318-19.
- 2.1.3 Se verifica que la altura  $t_z$  sea lo suficientemente alta para que la longitud externa  $l_{ext}$  del gancho del refuerzo longitudinal se desarrolle sin incumplir el recubrimiento de la zapata.

2.2 Refuerzo en el sentido transversal.

- 2.2.1 Se verifica que el refuerzo longitudinal se encuentre en el rango correcto de fluencia, según lo establecido en el apartado 21.2.2 de la ACI 318-19.
- 2.2.2 Se verifica que el espaciamiento calculado  $s_{long,B}$  entre los refuerzos longitudinales dentro de la franja cumpla con lo establecido en los apartados 25.2.1, 24.4.3.3 y 24.3.2 de la ACI 318-19.
- 2.2.3 Se verifica que el espaciamiento calculado  $s_{long}$  entre los refuerzos longitudinales fuera de la franja cumpla con lo establecido en los apartados 25.2.1, 24.4.3.3 y 24.3.2 de la ACI 318-19.
- 2.2.4 Se verifica que la altura  $t_z$  sea lo suficientemente alta para que la longitud externa  $l_{ext}$  del gancho del refuerzo longitudinal se desarrolle sin incumplir el recubrimiento de la zapata.



2. Diseño del acero longitudinal de la zapata.			
2.1 Refuerzo en el sentido longitudinal.	Parámetros.	ACI 318-19.	Verificación.
2.1.1 Fluencia del acero.	$0,005 \leq \epsilon_s \leq 0,09$	21.2.2	FLUYE
	$0,005 \leq 0,03 \leq 0,09$		
2.1.2 Espaciamiento del refuerzo longitudinal.	$s_{min} \leq s_{cal} \leq s_{max}$	25.2.1	CUMPLE
	$5 \text{ cm} \leq 0,75 \text{ cm} \leq 19,25 \text{ cm}$	24.4.3.3	
		24.3.2	
2.1.3 Altura en función de la longitud de desarrollo con gancho del refuerzo longitudinal.	$l_{ext,B} \leq t_z$	27,1 cm $\leq$ 50 cm	CUMPLE
2.2 Refuerzo en el sentido transversal.	Parámetros.	ACI 318-19.	Verificación.
2.2.1 Fluencia del acero.	$0,005 \leq \epsilon_s \leq 0,09$	21.2.2	NO FLUYE
	$0,005 \leq 0,092 \leq 0,09$		
2.2.2 Espaciamiento del refuerzo longitudinal dentro de la franja.	$s_{min} \leq s_{cal} \leq s_{max}$	25.2.1	CUMPLE
	$5 \text{ cm} \leq 0,75 \text{ cm} \leq 19,25 \text{ cm}$	24.4.3.3	
		24.3.2	

2.2.3 Espaciamiento del refuerzo longitudinal fuera de la franja.	$s_{min} \leq s_{cal} \leq s_{max}$	25.2.1	CUMPLE
	$5 \text{ cm} \leq 17,04 \text{ cm} \leq 19,25 \text{ cm}$	24.4.3.3 24.3.2	
2.2.4 Altura en función de la longitud de desarrollo con gancho del refuerzo longitudinal.	$f_{ext} L \leq t_z$	.....	CUMPLE
	$27,1 \text{ cm} \leq 50 \text{ cm}$		

**3. Cortante en la zapata:**

**3.1 Cortante por punzonamiento (2D).**

3.1.1 Se verifica que la sección seleccionada cumpla con el cortante por punzonamiento en la sección crítica ubicada a  $d/2$  de la cara la columna o pedestal, según lo establecido en el apartado **22.6.5.2** de la **ACI 318-19**.

**3.2 Cortante directo (1D).**

**3.2.1 Sentido longitudinal (L).**

3.2.1.1 Se verifica que las dimensiones de la sección transversal colocada minimice la posibilidad de una falla por compresión diagonal en el concreto y limite la fisuración, según lo establecido en el apartado **22.5.1.2** de la **ACI 318-19**.

3.2.1.2 Se verifica que la resistencia al cortante de la zapata cumpla con lo establecido en el apartado **22.5.5.1** de la **ACI 318-19**.

**3.2.2 Sentido longitudinal (B).**

3.2.2.1 Se verifica que las dimensiones de la sección transversal colocada minimice la posibilidad de una falla por compresión diagonal en el concreto y limite la fisuración, según lo establecido en el apartado **22.5.1.2** de la **ACI 318-19**.

3.2.2.2 Se verifica que la resistencia al cortante de la zapata cumpla con lo establecido en el apartado **22.5.5.1** de la **ACI 318-19**.

Ilustración para la verificación 3.1.1.

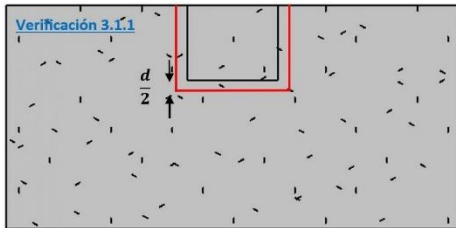
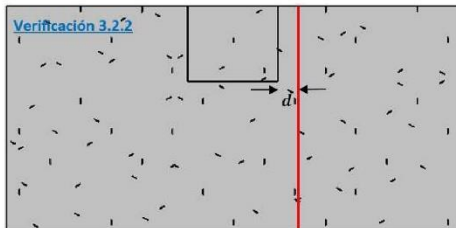
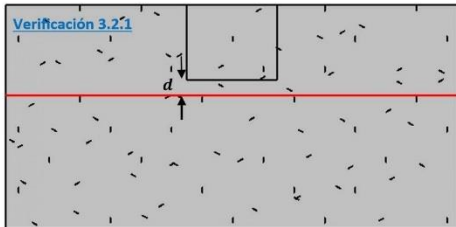


Ilustración para la verificación 3.2.1.



3. Cortante en la zapata.			
3. Cortante en la zapata.	Parámetros.	ACI 318-19	Verificación.
3.1 Cortante por punzonamiento (2D).			
3.1.1 Esfuerzo cortante en (2D).	$V_{up} \leq \phi_v \cdot V_c \cdot 2D$ $0,71 \text{ MPa} \leq 1,14 \text{ MPa}$	22.6.5.2	CUMPLE
3.2 Cortante directo (1D).			
3.2.1 Sentido longitudinal (L).			
3.2.1.1 Sección transversal.	$214,86 \text{ KN} \leq 2403,75 \text{ KN}$	22.5.1.2.	CUMPLE
3.2.1.2 Resistencia al cortante.	$V_{ud.L} \leq \phi_v \cdot V_c \cdot L$ $0,24 \text{ MPa} \leq 0,33 \text{ MPa}$	22.5.5.1	CUMPLE
3.2.2 Sentido transversal (B).			
3.2.2.1 Sección transversal.	$165,66 \text{ KN} \leq 1261,98 \text{ KN}$	22.5.1.2.	CUMPLE
3.2.2.2 Resistencia al cortante.	$V_{ud.B} \leq \phi_v \cdot V_c \cdot B$ $0,36 \text{ MPa} \leq 0,46 \text{ MPa}$	22.5.5.1	CUMPLE

#### 4.1 Revisión del cortante en la columna:

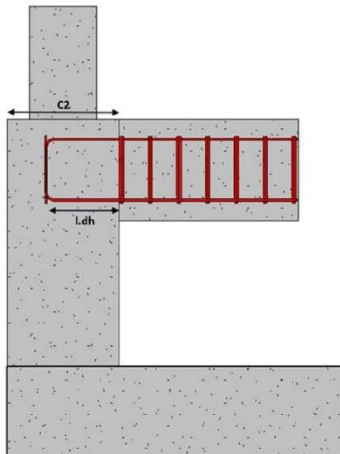
- 4.1.1 Se verifica que la menor dimensión de la sección transversal de la columna cumpla con lo establecido en el apartado 18.7.2.1 (a) de la ACI 318-19.
- 4.1.2 Se verifica que la relación entre la dimensión menor de la sección transversal y la dimensión perpendicular cumpla con lo establecido en el apartado 18.7.2.1 (b) de la ACI 318-19.
- 4.1.3 Se verifica que el área de acero longitudinal colocado  $A_{s.col}$  sea menor o igual al área de acero longitudinal máxima  $A_{s.max}$  de la columna, según lo establecido en el apartado 18.7.4.1 de la ACI 318-19.
- 4.1.4 Se verifica que el área de acero longitudinal colocado  $A_{s.col}$  sea mayor o igual al área de acero longitudinal mínima  $A_{s.min}$  de la columna, según lo establecido en el apartado 16.3.4.1 y 10.6.1.1 de la ACI 318-19.
- 4.1.5 Se verifica que el espaciamiento horizontal  $H_{x.colm}$  entre los ramales del refuerzo transversal no excedan el espaciamiento horizontal máximo  $H_{x.max}$ , según lo establecido en el apartado 18.7.5.2 (e) y 18.7.5.2 (e) de la ACI 318-19.
- 4.1.6 Se verifica que el espaciamiento entre el refuerzo longitudinal de la columna  $s_{col}$  sea mayor o igual al espaciamiento mínimo  $s_{min}$  del refuerzo longitudinal, según lo establecido en el apartado y 25.2.1 de la ACI 318-19.
- 4.1.7 Se verifica que el espaciamiento colocado  $s_{col}$  entre los refuerzos transversales de la columna sea mayor o igual al espaciamiento mínimo  $s_{min}$  y menor o igual al espaciamiento máximo  $s_{max}$ , según lo establecido en el apartado 18.7.5.3 de la ACI 318-19.
- 4.1.8 Se verifica que la cantidad de acero transversal colocado  $A_{s.col}$  de la columna sea mayor o igual a la cantidad de acero  $A_{s.h}$  exigido en el apartado 18.7.5.4 de la ACI 318-19.
- 4.1.9 Se verifica que el ancho de la columna C2 sea lo suficientemente grande como para que el acero longitudinal de la viga de amarre de desarrolle correctamente.
- 4.1.10 Se recomienda adoptar los valores sugeridos en la tabla de verificación, para que el programa no interprete que se esta colocando un pedestal cuando no se requiere.

**NOTA:** La tabla de verificación 4.1 se va a presentar dependiendo de los dos diferentes casos expuestos a continuación:

**CASO 1:** En este caso la columna colocada soporta el cortante actuante producido por la viga aérea y su sección es lo suficientemente grande para que el acero longitudinal de la viga de amarre de desarrolle correctamente, por lo que no se requiere la colocación de un pedestal.

4.1. Revisión del cortante en la columna.			
4.1. Columna.	Parámetros.	ACI 318-19	Verificación
4.1.1 Sección mínima.	$55 \text{ cm} \geq 30 \text{ cm}$	18.7.2.1 (a)	CUMPLE
4.1.2 Relación dimensional de la sección transversal.	$0,74 \geq 0,4$	18.7.2.1 (b)	CUMPLE
4.1.3. Área de acero longitudinal máxima.	$A_{s.col} \leq A_{s.max}$ $2261,95 \text{ mm}^2 \leq 12375 \text{ mm}^2$	18.7.4.1	CUMPLE
4.1.4. Área de acero longitudinal mínima.	$A_{s.col} \geq A_{s.min}$ $2261,95 \text{ mm}^2 \geq 2062,5 \text{ mm}^2$	16.3.4.1 10.6.1.1	CUMPLE
4.1.5. Espaciamiento máximo entre el refuerzo longitudinal.	$H_{x.colm} \leq H_{x.max}$ $11,12 \text{ cm} \leq 35 \text{ cm}$	18.7.5.2 (e) 18.7.5.2 (f)	CUMPLE
4.1.6. Espaciamiento mínimo entre el refuerzo longitudinal.	$s_{col} \geq s_{min}$ $5,12 \text{ cm} \geq 5 \text{ cm}$	25.2.1	CUMPLE
4.1.7. Espaciamiento entre el refuerzo transversal.	$s_{min} \leq s_{col} \leq s_{max}$ $5 \text{ cm} \leq 7,2 \text{ cm} \leq 7,2 \text{ cm}$	18.7.5.3	CUMPLE
4.1.8. Área del acero transversal.	$A_{s.col} \geq A_{s.h}$ $804,25 \text{ mm}^2 \geq 310,5 \text{ mm}^2$	18.7.5.4	CUMPLE
4.1.9 Ancho C2 en función de la longitud de desarrollo la viga.	$C2 \geq l_{dh}$ $75 \text{ cm} \geq 25,51 \text{ cm}$	.....	CUMPLE
4.1.10. Datos de entrada del pedestal.	Colocar. B1: 55 cm B2: 75 cm $\phi_{long}$ : 12 mm n.long: 20 $\phi_{trans}$ : 16 mm	Colocado B1: 55 cm B2: 75 cm $\phi_{long}$ : 12 mm n.long: 20 $\phi_{trans}$ : 16 mm	..... CUMPLE

Ilustración para la verificación 4.1.9



**CASO 2:** En este caso la columna colocada no soporta el cortante actuante producido por la viga aérea y se requiere la colocación de un pedestal.

4.1. Revisión del cortante en el columna.			
4.1 Columna.	Parámetros.	ACI 318-19	Verificación
4.1.1 Sección mínima.	$55 \text{ cm} \geq 30 \text{ cm}$	18.7.2.1(a)	CUMPLE
4.1.2 Relación dimensional de la sección transversal.	$1 \geq 0.4$	18.7.2.1(b)	CUMPLE
4.1.3. Área de acero longitudinal máxima.	$A_{s.col} \leq A_{s.max}$ $2261,95 \text{ mm}^2 \leq 9075 \text{ mm}^2$	18.7.4.1	CUMPLE
4.1.4. Área de acero longitudinal mínima.	$A_{s.col} \geq A_{s.min}$ $2261,95 \text{ mm}^2 \geq 1512,5 \text{ mm}^2$	16.3.4.1 10.6.1.1	CUMPLE
4.1.5. Espaciamiento máximo entre el refuerzo longitudinal.	$H_{x.col} \leq H_{x.max}$ $7,36 \text{ cm} \leq 35 \text{ cm}$	18.7.5.2 (e) 18.7.5.2 (f)	CUMPLE
4.1.6. Espaciamiento mínimo entre el refuerzo longitudinal.	$s.col \geq s.min$ $5,36 \text{ cm} \geq 5 \text{ cm}$	25.2.1	CUMPLE
4.1.7. Espaciamiento entre el refuerzo transversal.	$s.min \leq s.col \leq s.max$ $5 \text{ cm} \leq 7,2 \text{ cm} \leq 7,2 \text{ cm}$	18.7.5.3	CUMPLE
4.1.8. Área del acero transversal.	$A_{s.col} \geq A_{s.h}$ $314,16 \text{ mm}^2 \geq 304,75 \text{ mm}^2$	18.7.5.4	NO CUMPLE Colocar pedestal.

#### 4.2 Revisión del cortante en el pedestal:

- 4.2.1 Se verifica que la relación geométrica que existe entre el pedestal y la columna sea igual, de tal manera que se asegure que la distancia entre las caras de la columna y pedestal sean iguales en las dos direcciones.
- 4.2.2 Se verifica que el área de acero longitudinal colocado  $A_{s.col}$  sea menor o igual al área de acero longitudinal máxima  $A_{s.max}$  del pedestal, según lo establecido en el apartado 18.7.4.1 de la ACI 318-19.
- 4.2.3 Se verifica que el área de acero longitudinal colocado  $A_{s.col}$  sea mayor o igual al área de acero longitudinal mínima  $A_{s.min}$  del pedestal, según lo establecido en el apartado 16.3.4.1 y 10.6.1.1 de la ACI 318-19.
- 4.2.4 Se verifica que el espaciamiento horizontal  $H_{x.ped}$  entre los ramales del refuerzo transversal no excedan el espaciamiento horizontal máximo  $H_{x.max}$ , según lo establecido en el apartado 18.7.5.2 (e) y 18.7.5.2 (e) de la ACI 318-19.
- 4.2.5 Se verifica que el espaciamiento entre el refuerzo longitudinal del pedestal  $s.col$  sea mayor o igual al espaciamiento mínimo  $s.min$  del refuerzo longitudinal, según lo establecido en el apartado 25.2.1 de la ACI 318-19.
- 4.2.6 Se verifica que el espaciamiento colocado  $s.col$  entre los refuerzos transversales del pedestal sea mayor o igual al espaciamiento mínimo  $s.min$  y menor o igual al espaciamiento máximo  $s.max$ , según lo establecido en el apartado 18.7.5.3 de la ACI 318-19.
- 4.2.7 Se verifica que las dimensiones de la sección transversal colocada minimice la posibilidad de una falla por compresión diagonal en el concreto y limite la fisuración, según lo establecido en el apartado 22.5.1.2 de la ACI 318-19.
- 4.2.8 Se verifica que el armado estructural seleccionado para el pedestal resista el cortante actuante producto de la viga aérea, según lo establecido en el apartado 22.5.8.1 de la ACI 318-19.
- 4.2.9 Se verifica que la altura de la zapata  $I_x$  sea lo suficientemente alta para que la longitud de desarrollo  $L_{dh}$  del refuerzo del pedestal se desarrolle sin incumplir el recubrimiento de la zapata.

4.2.10 Se verifica que el pedestal cumpla el efecto biaxial.

4.2.11 Se verifica que el ancho del pedestal B2 sea lo suficientemente grande como para que el acero longitudinal de la viga de amarre de desarrolle correctamente.

Ilustración para la verificación 4.2.1.

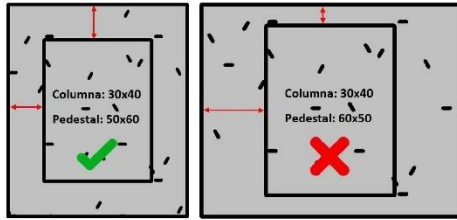


Ilustración para la verificación 4.2.9.

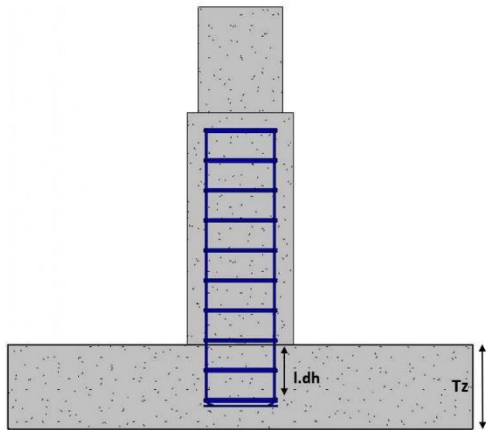
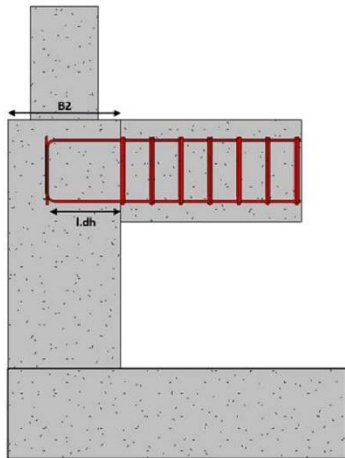


Ilustración para la verificación 4.2.11



**NOTA:** La tabla de verificación 4.2 se va a presentar dependiendo de los dos diferentes casos expuestos a continuación:

**CASO 1:** En este caso la columna colocada soporta el cortante actuante producido por la viga aérea y no se requiere la colocación de un pedestal.

**4.2. Revisión del cortante en el pedestal.**  
**NO SE NECESITA PEDESTAL.**

**CASO 2:** En este caso la columna colocada no soporta el cortante actuante producido por la viga aérea y se requiere la colocación de un pedestal.

4.2. Revisión del cortante en el pedestal.			
4.2. Pedestal.	Parámetros .	ACI 318-19	Verificación
4.2.1. Relación geométrica entre la columna y pedestal.	rel.colm = rel.ped	.....	CUMPLE
	-10 cm ≅ -10 cm		
4.2.2. Área de acero longitudinal máxima. .	As.col ≤ As.max	18.7.4.1	CUMPLE
	4523,9 mm <sup>2</sup> ≤ 10725 mm <sup>2</sup>		
4.2.3. Área de acero longitudinal mínima.	As.col ≥ As.min	16.3.4.1	CUMPLE
	4523,9 mm <sup>2</sup> ≥ 1787,5 mm <sup>2</sup>	10.6.1.1	
4.2.4. Espaciamiento máximo entre el refuerzo longitudinal.	Hx.ped ≤ Hx.max	18.7.5.2 (e)	CUMPLE
	9,12 cm ≤ 35 cm	18.7.5.2 (f)	
4.2.5. Espaciamiento mínimo entre el refuerzo longitudinal.	s.col ≥ s.min	25.2.1	CUMPLE
	9,12 cm ≥ 5 cm		
4.2.6. Espaciamiento entre el refuerzo transversal.	s.min ≤ s.col ≤ s.max	18.7.5.3	CUMPLE
	5 cm ≤ 7,2 cm ≤ 7,2 cm		
4.2.7. Sección transversal.	-100,55 KN ≤ 689,93 KN	22.5.1.2	CUMPLE
4.2.8. Resistencia de la sección a corte.	φv · Vs.ped ≥ Vu	22.5.8.1	CUMPLE
	1945,78 KN ≥ -100,55 KN		
4.2.9. Altura de la zapata en función de la longitud de desarrollo con gancho del pedestal.	ldh.ped ≤ lz	.....	CUMPLE
4.2.10 Efecto biaxial.		0,89 ≤ 1	CUMPLE
4.2.11 Ancho B2 en función de la longitud de desarrollo la viga.	B2 ≥ ldh	.....	CUMPLE
	65 cm ≥ 25,51 cm		

5. Diseño de la viga de amarre.:

5.1 Dimensionamiento de la sección.

- 5.1.1 Se verifica que el ancho de la viga de amarre **Bw** sea mayor o igual al ancho mínimo calculado **Bw.min** y al mismo tiempo sea menor o igual al ancho máximo calculado **Bw.max**.
- 5.1.2 Se verifica que la luz libre de la viga sea mayor a lo establecido en el apartado **18.6.2.1 (a)** de la **ACI 318-19**.
- 5.1.3 Se verifica que el ancho de la columna **C1** o el ancho del pedestal **B1** sea igual o mayor al ancho de la viga **Bw**, de tal manera que viga no sobresalga de la columna o pedestal.

5.2 Refuerzo longitudinal.

- 5.2.1 Se verifica que el área de acero longitudinal colocado **As.col** sea mayor o igual al área de acero longitudinal mínima **As.min** y a su vez sea menor o igual al área de acero longitudinal máxima **As.max**, según lo establecido en los apartados **16.3.4.1**, **10.6.1.1** y **18.7.4.1** de la **ACI 318-19**.
- 5.2.2 Se verifica que el espaciamiento entre el refuerzo longitudinal de la viga de amarre **s.col** sea mayor o igual al espaciamiento mínimo **s.min** del refuerzo longitudinal, según lo establecido en el apartado y **25.2.1** de la **ACI 318-19**.
- 5.2.3 Se verifica que la sección y el armado de la viga de amarre sea lo suficiente para poder soportar la compresión y tracción generada en la viga.
- 5.2.4 Se verifica que la altura **Bw** sea lo suficientemente alta para que la longitud externa **Lext** del gancho del refuerzo longitudinal se desarrolle sin incumplir el recubrimiento de la biga de amarre.

Ilustración para la verificación 5.1.3.

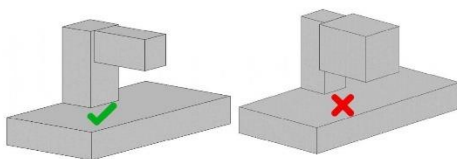
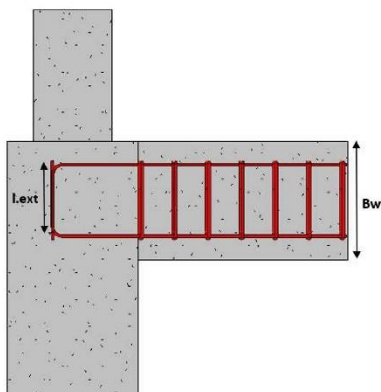
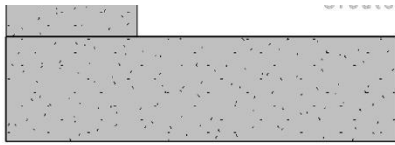


Ilustración para la verificación 5.2.4.





5. Diseño de la viga de amarre.				
5.1 Dimensionamiento de la sección .	Parámetros.		ACI 318-19.	Verificación.
5.1.1 Ancho y alto colocado.	$B_w.min \leq B_w.col \leq B_w.max$		.....	CUMPLE
5.1.2 Luz libre.	$3 m \geq l_{23} m$		18.6.2.1 (a)	CUMPLE
5.1.3 Ancho de diseño.	$B1 \geq Bw$		.....	CUMPLE
5.2 Refuerzo longitudinal.	Parámetros.		ACI 318-19.	Verificación.
5.2.1 Área del acero longitudinal.	$As.col \geq As.min$	$1608,5 mm^2 \geq 1600 mm^2$	16.3.4.1	CUMPLE
	$As.col \leq As.max$	$1608,5 mm^2 \leq 4800 mm^2$	10.6.1.1	
			18.7.4.1	
5.2.2 Espaciamiento mínimo entre el refuerzo longitudinal.	$s.long \geq s.min$		25.2.1	CUMPLE
5.2.3 Viga aérea.	$9,1 cm \geq 5 cm$		.....	CUMPLE
5.2.4 Altura en función de $l_{ext}$ .	$Bw \geq l_{ext}$		.....	CUMPLE
	$40 cm \geq 19,2 cm$		.....	

#### Resultados.

En esta venta se puede observar los resultados obtenidos del diseño, estos resultados se presentan en dos tablas diferentes, una de ellas resume la parte geométrica y la otra el armado estructural de la cimentación.

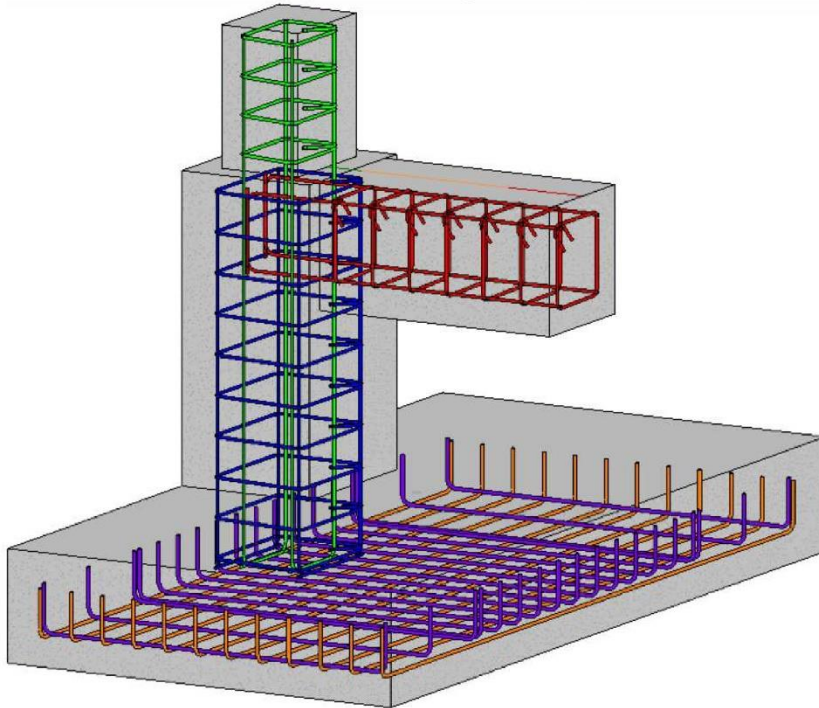
**NOTA:** Se va a presentar las siguientes tablas de resultados dependiendo en el caso que se analiza, el primer caso es cuando se requiere la colocación de un pedestal.

#### CASO 1:

Resultados geométricos.		
1. Zapata.	Ancho (B):	1,45 m
	Largo (L):	2,9 m
	Alto (Tz):	40 cm
2. Columna.	Ancho (C1):	23 cm
	Ancho (C2):	33 cm
3. Pedestal.	Ancho (B1):	40 cm
	Ancho (B2):	50 cm
4. Viga de amarre.	Ancho y alto (Bw):	40 cm

Armado estructural.			
1. Zapata.	Refuerzo longitudinal perpendicular a B:	11 $\phi$ 12 mm @ 10,9 cm	
	Refuerzo longitudinal perpendicular a L:	Fuera de la franja:	2 $\phi$ 12 mm @ 21,3 cm
		Dentro de la franja:	8 $\phi$ 12 mm @ 16,2 cm
2. Columna.	Refuerzo longitudinal:	4 $\phi$ 14 mm	
	Refuerzo transversal:	$\phi$ 12 mm @ 7,2 cm	
3. Pedestal.	Refuerzo longitudinal:	4 $\phi$ 14 mm	
	Refuerzo transversal:	$\phi$ 12 mm @ 7,2 cm	
4. Viga de amarre.	Refuerzo longitudinal:	8 $\phi$ 16 mm	
	Refuerzo transversal:	$\phi$ 10 mm @ 20 cm	

Ilustración para el caso 1.



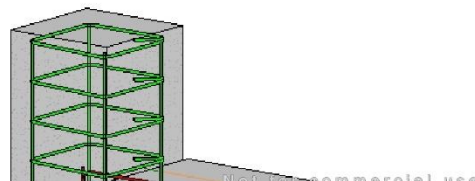
**CASO 2:**

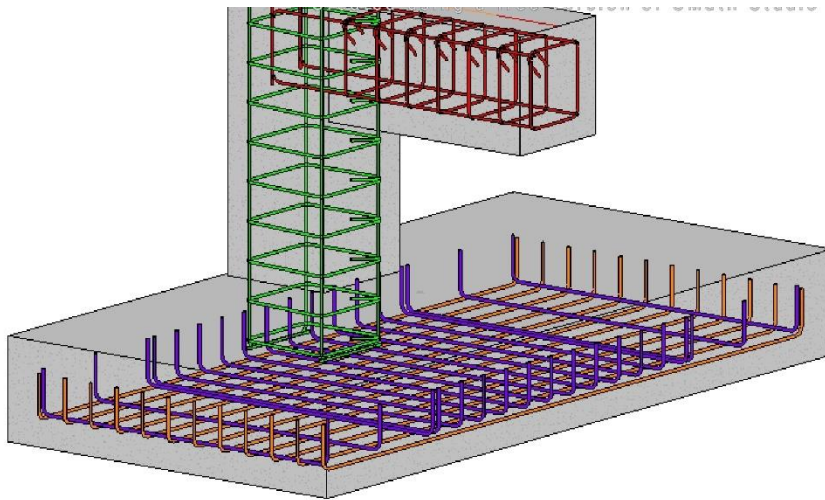
**NOTA:** El segundo caso es cuando no se requiere la colocación de un pedestal.

Resultados geométricos.		
1. Zapata.	Ancho (B):	1,45 m
	Largo(L):	2,9 m
	Alto (Tz):	40 cm
2. Columna.	Ancho (C1):	23 cm
	Ancho(C2):	33 cm
	Ancho bajo el terreno (C1.1):	30 cm
	Ancho bajo el terreno (C2.1):	40 cm
3. Viga de amarre.	Ancho y alto (Bw):	40 cm

Armado estructural.			
1. Zapata.	Refuerzo longitudinal perpendicular a B:	11 $\phi$ 12 mm @ 10,9 cm	
	Refuerzo longitudinal perpendicular a L:	Fuera de la franja:	2 $\phi$ 12 mm @ 21,3 cm
		Dentro de la franja:	8 $\phi$ 12 mm @ 16,2 cm
2. Columna.	Refuerzo longitudinal:	4 $\phi$ 14 mm	
	Refuerzo transversal:	$\phi$ 16 mm @ 7,2 cm	
3. Viga de amarre.	Refuerzo longitudinal:	8 $\phi$ 16 mm	
	Refuerzo transversal:	$\phi$ 10 mm @ 20 cm	

Ilustración para el caso 2.



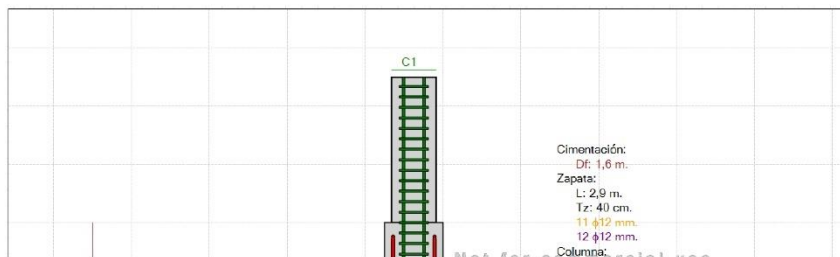
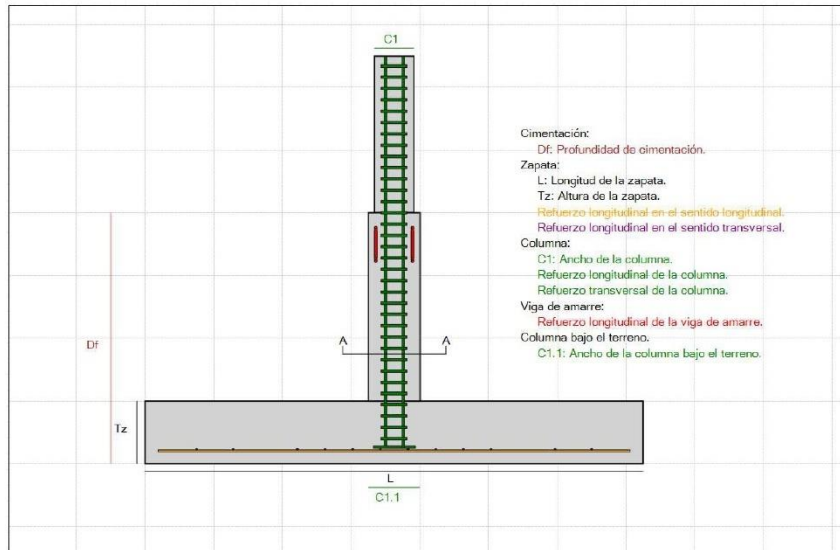


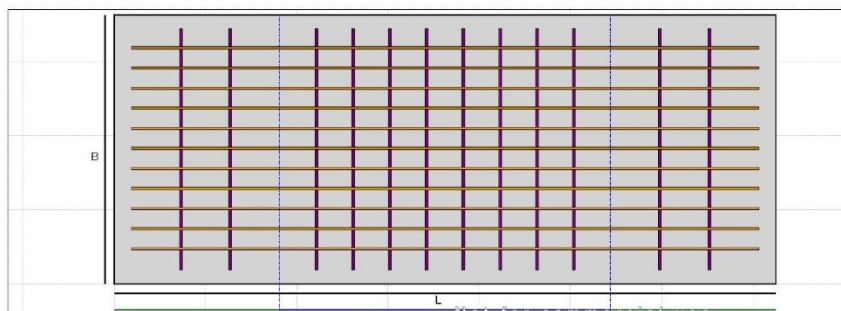
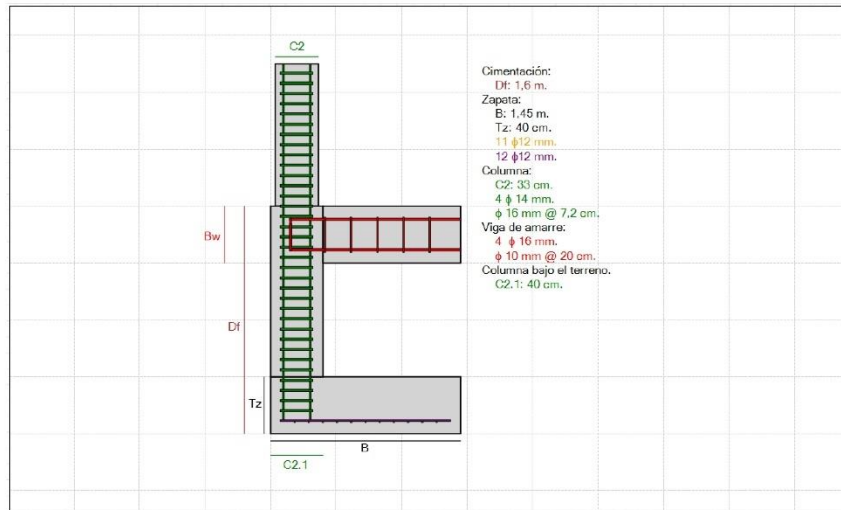
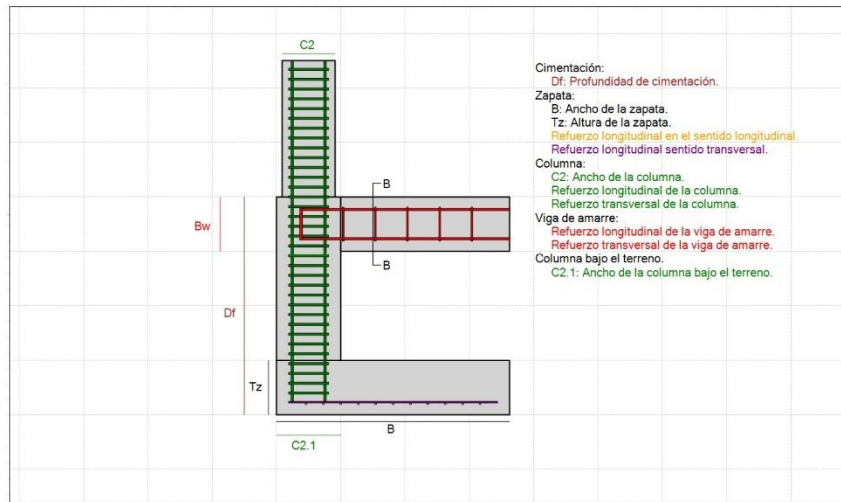
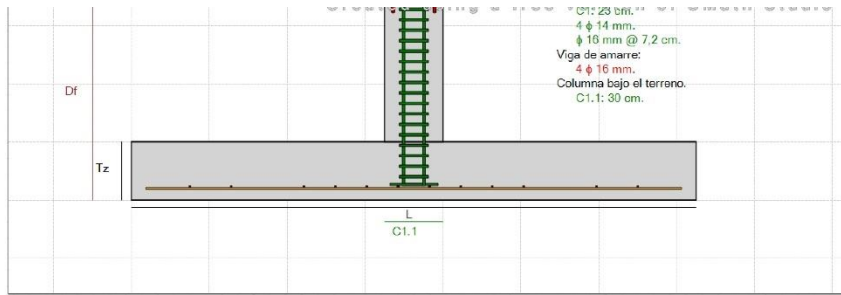
Planes de diseño.

En esta ventana se puede observar el gráfico dinámico de los resultados obtenidos del diseño de la zapata de medianería.

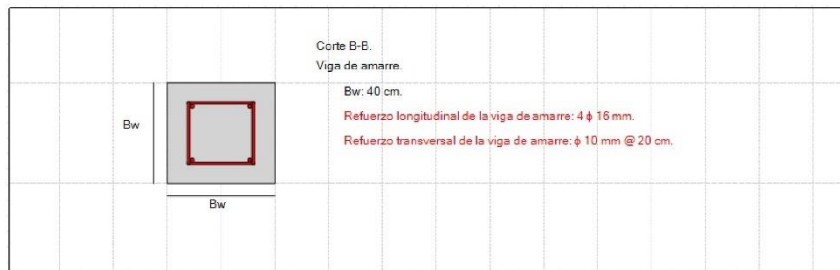
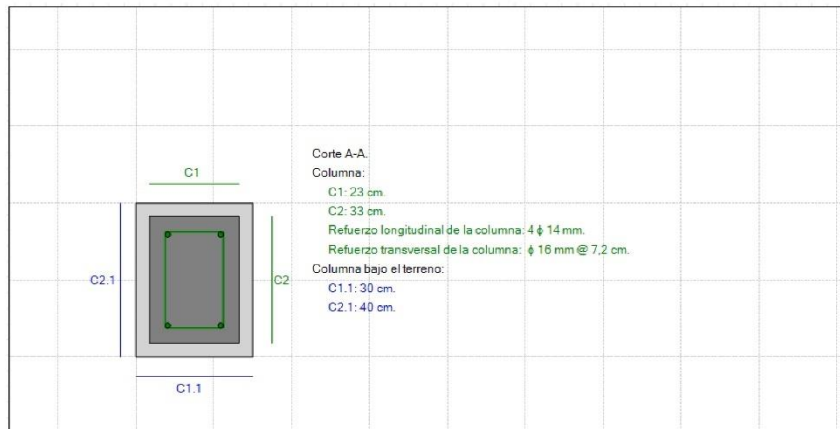
**NOTA:** Los siguiente gráficos se van a presentar dependiendo de los dos diferentes casos expuestos a continuación:

**CASO 1:** En este caso la columna colocada soporta el cortante actuante producido por la viga aérea y no se requiere la colocación de un pedestal.

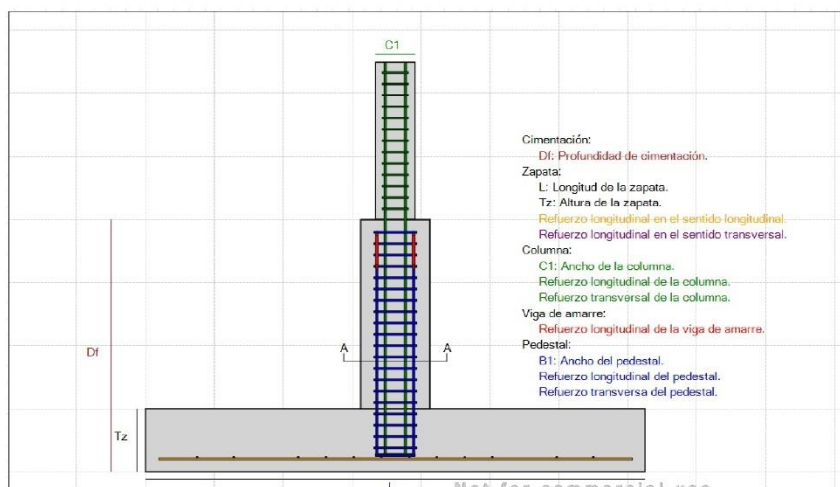


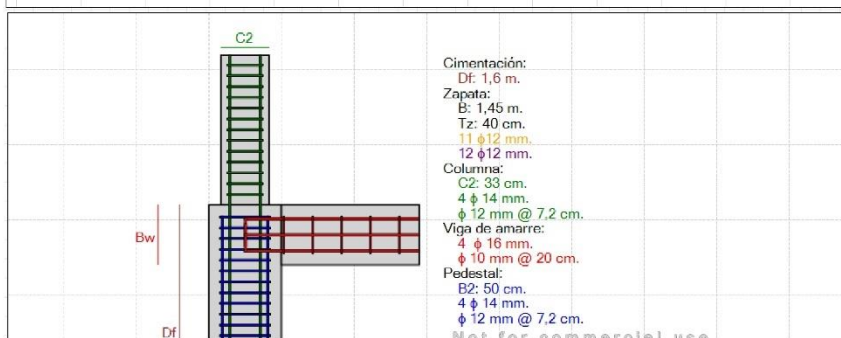
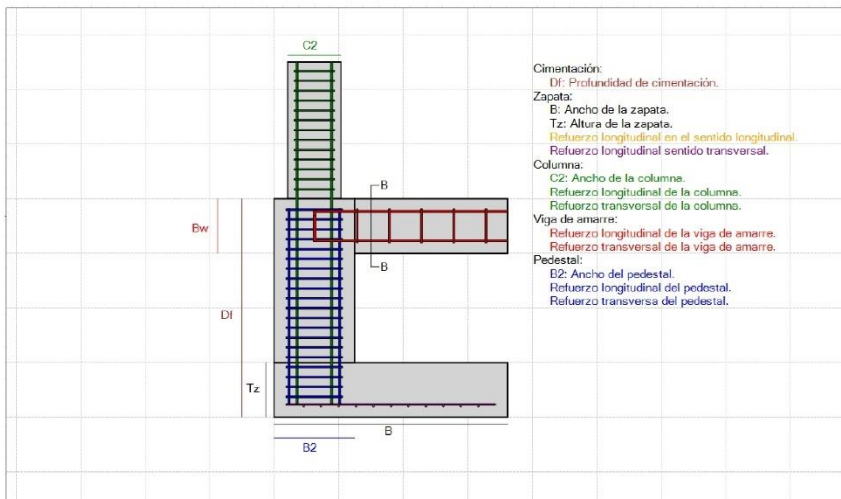
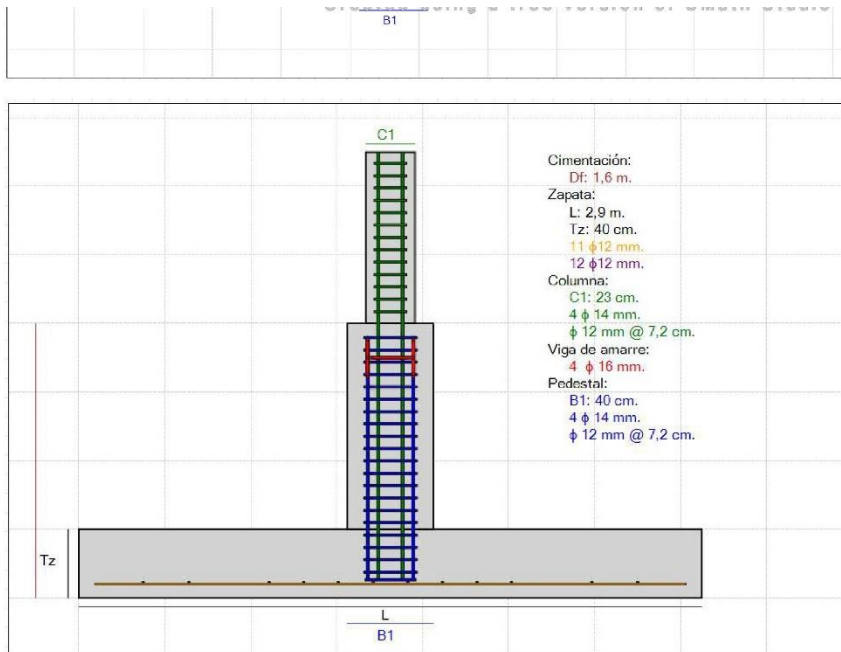


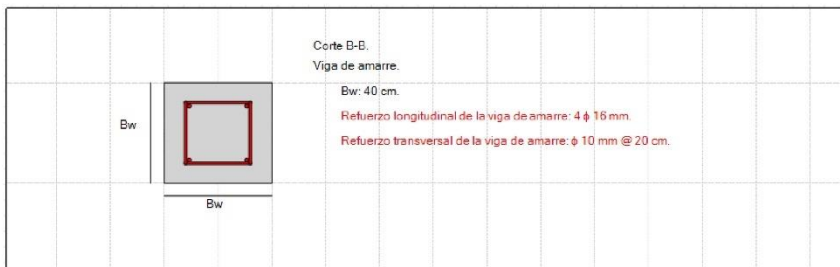
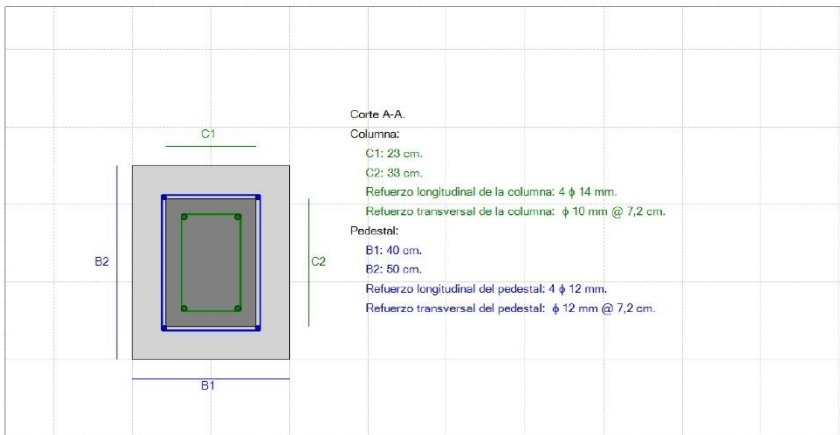
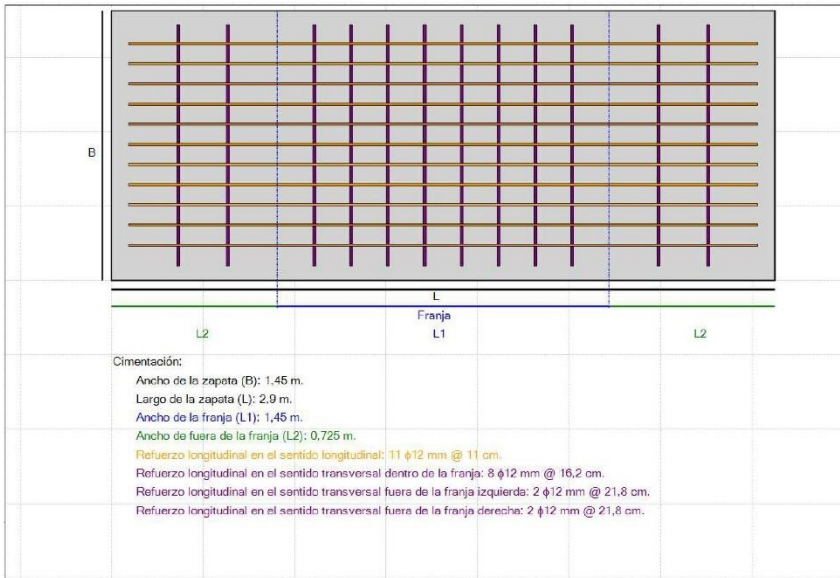
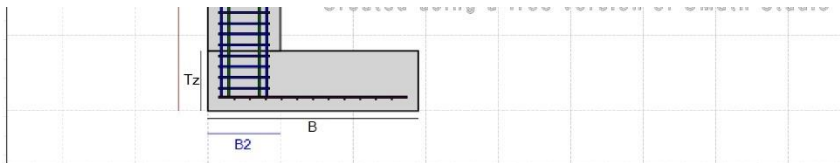
L2	Franja L1	L2
<p>Cimentación:</p> <p>Ancho de la zapata (B): 1,45 m.</p> <p>Largo de la zapata (L): 2,9 m.</p> <p>Ancho de la franja (L1): 1,45 m.</p> <p>Ancho de fuera de la franja (L2): 0,725 m.</p> <p>Refuerzo longitudinal en el sentido longitudinal: 11 <math>\phi</math> 12 mm @ 11 cm.</p> <p>Refuerzo longitudinal en el sentido transversal dentro de la franja: 8 <math>\phi</math> 12 mm @ 16,2 cm.</p> <p>Refuerzo longitudinal en el sentido transversal fuera de la franja izquierda: 2 <math>\phi</math> 12 mm @ 21,8 cm.</p> <p>Refuerzo longitudinal en el sentido transversal fuera de la franja derecha: 2 <math>\phi</math> 12 mm @ 21,8 cm.</p>		



**CASO 2:** En este caso la columna colocada no soporta el cortante actuante producido por la viga aérea y se requiere la colocación de un pedestal.







**Anexo 3: Validación del ejemplo 1 con Robot Structural.**

Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2022		Archivo : <b>Ejemplo 1 Eddy.rtd</b>	
Autor :		Proyecto : Ejemplo 1 Eddy	
Dirección :			

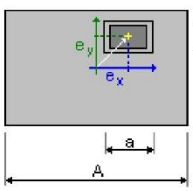
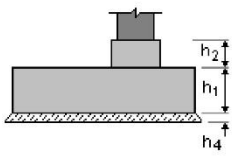
## 1 Cimentación aislada: Cimentación1

### 1.1 Datos básicos

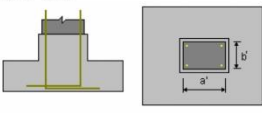
#### 1.1.1 Hipótesis

- Norma para los cálculos geotécnicos : ACI
- Norma para los cálculos de hormigón armado: ACI 318-14
- Forma de la cimentación : libre

#### 1.1.2 Geometría:

A	= 1,45 (m)	a	= 0,50 (m)
B	= 2,90 (m)	b	= 0,40 (m)
h1	= 0,40 (m)	ex	= -0,48 (m)
h2	= 1,20 (m)	ey	= 0,00 (m)
h4	= 0,05 (m)		



a'	= 30,0 (cm)		
b'	= 40,0 (cm)		
c1	= 7,5 (cm)		
c2	= 7,5 (cm)		

#### Número de elementos idénticos: 1

#### 1.1.3 Materiales

- Hormigón: : horm-21mpa peso 0; resistencia característica = 21,00 MPa  
Densidad = 0,00 (kG/m3)
- Armaduras longitudinales : tipo Grade 420 resistencia característica = 420,00 MPa
- Armaduras transversales : tipo Grade 420 resistencia característica = 420,00 MPa
- Armadura adicional: : tipo Grade 420 resistencia característica = 420,00 MPa

#### 1.1.4 Cargas:

**Cargas sobre la cimentación:**

Caso	Naturaleza	Grupo	N (kN)	Fx (kN)	Fy (kN)	Mx (kN*m)	My (kN*m)

Fecha : 19/02/24	Página : 1
------------------	------------

Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2022		Archivo : <b>Ejemplo 1 Eddy.rtd</b>					
Autor :		Proyecto : <b>Ejemplo 1 Eddy</b>					
Dirección :							
1.2D+1.6L	de cálculo	----	516,00	-0,00	0,00	0,00	56,70
D+L	de cálculo	----	344,00	-0,00	0,00	0,00	37,80
<b>Cargas sobre el talud:</b>							
Caso	Natura	Q1	(kN/m2)				
<b>1.1.5 Lista de combinaciones</b>							
1/	ELU : 1.2D+1.6L N=516,00 My=56,70						
2/	ELS : D+L N=344,00 My=37,80						
3/*	ELU : 1.2D+1.6L N=516,00 My=56,70						
4/*	ELS : D+L N=344,00 My=37,80						
<b>1.2 Diseño geotécnico</b>							
<b>1.2.1 Hipótesis</b>							
Dimensionado de la cimentación para:							
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad de carga</li> <li>• Vuelco</li> <li>• Alzamiento</li> <li>• Hundimiento medio</li> </ul>							
• Considerar la redistribución plástica de las tensiones admisibles							
<b>1.2.2 Suelo:</b>							
Nivel del suelo:		$N_1$	=	0,00	(m)		
Nivel max. de la cimentación:		$N_a$	=	0,00	(m)		
Nivel del fondo del excavado:		$N_f$	=	-1,60	(m)		
<b>well graded gravelly sands</b>							
• Nivel del suelo: 0.00 (m)							
• Peso volumétrico: 0.00 (kG/m3)							
• Densidad del sólido: 0.00 (kG/m3)							
• Angulo de rozamiento interno: 35.0 (Deg)							
• Cohesión: 0.00 (MPa)							
<b>1.2.3 Estados límites</b>							
<b>Cálculo de las tensiones</b>							
<u>Considerar la redistribución plástica de las tensiones admisibles</u>							
Tipo de suelo debajo de la cimentación: uniforme							
Combinación dimensionante: <b>ELS : D+L N=344,00 My=37,80</b>							
Coeficientes de carga: <b>1.00</b> * peso de la cimentación							
<b>1.00</b> * peso del suelo							
Resultados de cálculos: en el nivel del asiento de la cimentación							
Peso de la cimentación y del suelo superpuesto: Gr = 0,00 (kN)							
Carga de diseño:							
Nr = 344,00 (kN)		Mx = -0,00 (kN*m)		My = -36,42 (kN*m)			
Tensión en el suelo: 0.10 (MPa)							
Resistencia de cálculo del suelo 0.10 (MPa)							
Coeficiente de seguridad: 1.044 > 1							
<b>Alzamiento</b>							

Alzamiento en ELS

Combinación dimensionante: **ELS : D+L N=344,00 My=37,80**  
 Coeficientes de carga: **1.00** \* peso de la cimentación  
**1.00** \* peso del suelo  
 Superficie de contacto: s = 1,57  
 s<sub>lim</sub> = 1,00

**Hundimiento medio**

Tipo de suelo debajo de la cimentación: uniforme  
 Combinación dimensionante: **ELS : D+L N=344,00 My=37,80**  
 Coeficientes de carga: **1.00** \* peso de la cimentación  
**1.00** \* peso del suelo  
 Peso de la cimentación y del suelo superpuesto: Gr = 0,00 (kN)  
 Tensión media debida a la carga de dimensionado: q = 0,08 (MPa)  
 Espesor del suelo con hundimiento activo: z = 13105,83 (m)  
 Tensión en el nivel z:  
 - adicional: **σ<sub>zd</sub> = -0,00 (MPa)**  
 - debida al peso del suelo: **σ<sub>zY</sub> = 0,00 (MPa)**  
 Hundimientos:  
 - primario s' = 0,1 (cm)  
 - secundario s'' = 0,0 (cm)  
 - TOTAL S = 0,1 (cm) < S<sub>adm</sub> = 5,1 (cm)  
 Coeficiente de seguridad: 55.1 > 1

**Diferencia de hundimientos**

Combinación dimensionante: **ELS : D+L N=344,00 My=37,80**  
 Coeficientes de carga: **1.00** \* peso de la cimentación  
**1.00** \* peso del suelo  
 Diferencia de hundimientos: S = 0,1 (cm) < S<sub>adm</sub> = 5,1 (cm)  
 Coeficiente de seguridad: 62.88 > 1

**Vuelco**Alrededor del eje OX

Combinación dimensionante: **ELS : D+L N=344,00 My=37,80**  
 Coeficientes de carga: **1.00** \* peso de la cimentación  
**1.00** \* peso del suelo  
 Peso de la cimentación y del suelo superpuesto: Gr = 0,00 (kN)  
 Carga de diseño:  
 Nr = 344,00 (kN) Mx = -0,00 (kN\*m) My = -36,42 (kN\*m)  
 Momento estabilizador: M<sub>stab</sub> = 498,80 (kN\*m)  
 Moment de vuelco: M<sub>renv</sub> = 0,00 (kN\*m)  
 Estabilidad al vuelco: ∞

Alrededor del eje OY

Combinación dimensionante: **ELS : D+L N=344,00 My=37,80**  
 Coeficientes de carga: **1.00** \* peso de la cimentación  
**1.00** \* peso del suelo  
 Peso de la cimentación y del suelo superpuesto: Gr = 0,00 (kN)  
 Carga de diseño:  
 Nr = 344,00 (kN) Mx = -0,00 (kN\*m) My = -36,42 (kN\*m)  
 Momento estabilizador: M<sub>stab</sub> = 412,80 (kN\*m)  
 Moment de vuelco: M<sub>renv</sub> = 37,80 (kN\*m)  
 Estabilidad al vuelco: 10.92 > 1

### 1.3 Diseño de hormigón armado

#### 1.3.1 Hipótesis

- Hormigón expuesto a la acción del medio ambiente : no

#### 1.3.2 Análisis de una cizalla unidireccional y bidireccional

##### Cizalla unidireccional

Combinación dimensionante: **ELU : 1.2D+1.6L N=516,00 My=56,70**  
 Coeficientes de carga: **0.90** \* peso de la cimentación  
**0.90** \* peso del suelo

Carga de diseño:  
 Pn = 516,00 (kN) Mnx = -0,00 (kN\*m) Mny = -54,64  
 (kN\*m)

Esfuerzo cortante: Vu = 166,28 (kN)  
 Anchura de la sección crítica: bw = 1,45 (m)  
 Profundidad de sección: d = 0,32 (m)  
 Tensión de la cizalla unidireccional de cálculo: Vu = 0,36 (MPa)  
 Tensión en el hormigón equivalente: vc = 0,76 (MPa)  
 Coeficiente de reducción de la resistencia: φ = 0,75  
 Resistencia: φvc = 0,57 (MPa)  
 resistencia límite de la sección eficaz a cortante: Vc = φvc \* bw \* d = 166,28 (kN)  
 Coeficiente de seguridad: φVc/Vu = 1.57 > 1

#### 1.3.3 Armadura teórica

##### Cimentación aislada:

Armaduras inferiores:

ELU : 1.2D+1.6L N=516,00 My=56,70  
 My = 120,96 (kN\*m) Asx = 7,09 (cm2/m)

ELU : 1.2D+1.6L N=516,00 My=56,70  
 Mx = 139,01 (kN\*m) Asy = 8,30 (cm2/m)

$$A_{s \min} = 7,09 \text{ (cm2/m)}$$

Armaduras superiores:

$$A'_{sx} = 0,00 \text{ (cm2/m)}$$

$$A'_{sy} = 0,00 \text{ (cm2/m)}$$

$$A_{s \min} = 0,00 \text{ (cm2/m)}$$

##### Fuste:

Armaduras longitudinales A = 20,00 (cm2) A<sub>min.</sub> = 20,00 (cm2)  
A = 2 \* (Asx + Asy)  
Asx = 10,00 (cm2) Asy = 0,00 (cm2)

### 1.3.4 Armadura real

#### 2.3.1 Cimentación aislada:

##### Armaduras inferiores:

Dirección X:

16 Grade 420 13 l = 1,30 (m)

e = 1\*-1,14 + 2\*0,19 + 11\*0,14 + 2\*0,19

Dirección Y:

10 Grade 420 13 l = 2,75 (m)

e = 1\*-0,57 + 9\*0,13

##### Superiores:

#### 2.3.2 Fuste

##### Armaduras longitudinales

Dirección X:

2 Grade 420 #5 l = 3,43 (m)

e = 1\*-0,61 + 1\*0,26

Dirección Y:

6 Grade 420 #5 l = 3,69 (m)

e = 1\*-0,08 + 5\*0,03

##### Armaduras transversales

6 Grade 420 10 l = 1,32 (m)

e = 1\*0,60 + 3\*0,20 + 2\*0,13

## 2 Cuantitativo:

- Volumen del hormigón = 1,92 (m3)
- Superficie de encofrado = 5,64 (m2)
- Acero Grade 420
  - Peso total = 100,32 (kG)
  - Densidad = 52,19 (kG/m3)
  - Diámetro medio = 13,7 (mm)
  - Lista según diámetros:

Diámetro	Longitud (m)	Número de elementos idénticos:
10	1,32	6
13	1,30	16
13	2,75	10
#5	3,43	2
#5	3,69	6

### Anexo 4: Validación del ejemplo 2 con Robot Structural.

Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2022

Autor :  
Dirección :Archivo : **Ejemplo 2 Eddy.rtd**  
Proyecto : Ejemplo 1 Eddy

## 1 Cimentación aislada: Cimentación1

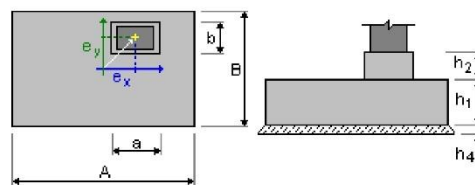
Número de  
elementos idénticos: 1

### 1.1 Datos básicos

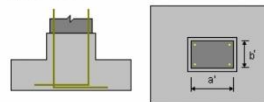
#### 1.1.1 Hipótesis

- Norma para los cálculos geotécnicos : ACI
- Norma para los cálculos de hormigón armado: ACI 318-14
- Forma de la cimentación : libre

#### 1.1.2 Geometría:



A	= 1,20 (m)	a	= 0,75 (m)
B	= 2,40 (m)	b	= 0,45 (m)
h1	= 0,60 (m)	ex	= -0,22 (m)
h2	= 0,60 (m)	ey	= 0,00 (m)
h4	= 0,05 (m)		



a'	= 75,0 (cm)
b'	= 45,0 (cm)
c1	= 7,5 (cm)
c2	= 7,5 (cm)

#### 1.1.3 Materiales

- Hormigón: : horm-21mpa peso 0; resistencia  
característica = 21,00 MPa Densidad = 0,00 (kG/m3)
- Armaduras longitudinales : tipo Grade 420 resistencia  
característica = 420,00 MPa
- Armaduras transversales : tipo Grade 420 resistencia  
característica = 420,00 MPa
- Armadura adicional: : tipo Grade 420 resistencia  
característica = 420,00 MPa

#### 1.1.4 Cargas:

##### Cargas sobre la cimentación:

Caso	Natura	Grupo	N (kN)	Fx (kN)	Fy (kN)	Mx (kN*m)	My (kN*m)
------	--------	-------	-----------	------------	------------	--------------	--------------

Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2022				Archivo : <b>Ejemplo 2 Eddy.rtd</b>			
Autor :				Proyecto : <b>Ejemplo 1 Eddy</b>			
Dirección :							
1.2D+1.6L	de cálculo	----	1420,00	0,00	-0,00	-0,00	248,50
D+L	de cálculo	----	950,00	0,00	-0,00	-0,00	166,25
<b>Cargas sobre el talud:</b>							
Caso	Natura	Q1	(kN/m2)				
<b>1.1.5 Lista de combinaciones</b>							
1/	ELU : 1.2D+1.6L N=1420,00 My=248,50						
2/	ELS : D+L N=950,00 My=166,25						
3/*	ELU : 1.2D+1.6L N=1420,00 My=248,50						
4/*	ELS : D+L N=950,00 My=166,25						
<b>1.2 Diseño geotécnico</b>							
<b>1.2.1 Hipótesis</b>							
Dimensionado de la cimentación para:							
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad de carga</li> <li>• Vuelco</li> <li>• Alzamiento</li> <li>• Hundimiento medio</li> </ul>							
• Considerar la redistribución plástica de las tensiones admisibles							
<b>1.2.2 Suelo:</b>							
Nivel del suelo:		$N_1$	=	0,00 (m)			
Nivel max. de la cimentación:		$N_a$	=	0,00 (m)			
Nivel del fondo del excavado:		$N_f$	=	-1,20 (m)			
<b>well graded gravels</b>							
• Nivel del suelo:		0.00 (m)					
• Peso volumétrico:		0.00 (kG/m3)					
• Densidad del sólido:		0.00 (kG/m3)					
• Angulo de rozamiento interno:		0.0 (Deg)					
• Cohesión:		0.00 (MPa)					
<b>1.2.3 Estados límites</b>							
<b>Cálculo de las tensiones</b>							
<u>Considerar la redistribución plástica de las tensiones admisibles</u>							
Tipo de suelo debajo de la cimentación: uniforme							
Combinación dimensionante:		<b>ELS : D+L N=950,00 My=166,25</b>					
Coeficientes de carga:		<b>1.00</b> * peso de la cimentación					
		<b>1.00</b> * peso del suelo					
Resultados de cálculos: en el nivel del asiento de la cimentación							
Peso de la cimentación y del suelo superpuesto: Gr = 0,00 (kN)							
Carga de diseño:							
$N_r = 950,00$ (kN)		$M_x = -0,00$ (kN*m)		$M_y = -47,50$ (kN*m)			
Tensión en el suelo:		0.36 (MPa)					
Resistencia de cálculo del suelo		0.48 (MPa)					
Coeficiente de seguridad:		1.334 > 1					
<b>Alzamiento</b>							

Alzamiento en ELS

Combinación dimensionante: **ELS : D+L N=950,00 My=166,25**  
 Coeficientes de carga: **1.00** \* peso de la cimentación  
**1.00** \* peso del suelo  
 Superficie de contacto: s = 1,26  
 s<sub>lim</sub> = 1,00

**Hundimiento medio**

Tipo de suelo debajo de la cimentación: uniforme  
 Combinación dimensionante: **ELS : D+L N=950,00 My=166,25**  
 Coeficientes de carga: **1.00** \* peso de la cimentación  
**1.00** \* peso del suelo  
 Peso de la cimentación y del suelo superpuesto: Gr = 0,00 (kN)  
 Tensión media debida a la carga de dimensionado: q = 0,33 (MPa)  
 Espesor del suelo con hundimiento activo: z = 10845,00 (m)  
 Tensión en el nivel z:  
 - adicional: **σ<sub>zd</sub> = -0,00 (MPa)**  
 - debida al peso del suelo: **σ<sub>zY</sub> = 0,00 (MPa)**  
 Hundimientos:  
 - primario s' = 0,3 (cm)  
 - secundario s'' = 0,0 (cm)  
 - TOTAL S = 0,3 (cm) < S<sub>adm</sub> = 5,1 (cm)  
 Coeficiente de seguridad: 19.77 > 1

**Diferencia de hundimientos**

Combinación dimensionante: **ELS : D+L N=950,00 My=166,25**  
 Coeficientes de carga: **1.00** \* peso de la cimentación  
**1.00** \* peso del suelo  
 Diferencia de hundimientos: S = 0,1 (cm) < S<sub>adm</sub> = 5,1 (cm)  
 Coeficiente de seguridad: 39.54 > 1

**Vuelco**Alrededor del eje OX

Combinación dimensionante: **ELS : D+L N=950,00 My=166,25**  
 Coeficientes de carga: **1.00** \* peso de la cimentación  
**1.00** \* peso del suelo  
 Peso de la cimentación y del suelo superpuesto: Gr = 0,00 (kN)  
 Carga de diseño:  
 N<sub>r</sub> = 950,00 (kN) M<sub>x</sub> = -0,00 (kN\*m) M<sub>y</sub> = -47,50 (kN\*m)  
 Momento estabilizador: M<sub>stab</sub> = 1140,00 (kN\*m)  
 Moment de vuelco: M<sub>renv</sub> = 0,00 (kN\*m)  
 Estabilidad al vuelco: ∞

Alrededor del eje OY

Combinación dimensionante: **ELS : D+L N=950,00 My=166,25**  
 Coeficientes de carga: **1.00** \* peso de la cimentación  
**1.00** \* peso del suelo  
 Peso de la cimentación y del suelo superpuesto: Gr = 0,00 (kN)  
 Carga de diseño:  
 N<sub>r</sub> = 950,00 (kN) M<sub>x</sub> = -0,00 (kN\*m) M<sub>y</sub> = -47,50 (kN\*m)  
 Momento estabilizador: M<sub>stab</sub> = 783,75 (kN\*m)  
 Moment de vuelco: M<sub>renv</sub> = 166,25 (kN\*m)  
 Estabilidad al vuelco: 4.714 > 1

### 1.3 Diseño de hormigón armado

#### 1.3.1 Hipótesis

- Hormigón expuesto a la acción del medio ambiente : no

#### 1.3.2 Análisis de una cizalla unidireccional y bidireccional

##### Cizalla unidireccional

Combinación dimensionante: **ELU : 1.2D+1.6L N=1420,00 My=248,50**  
 Coeficientes de carga: **0.90** \* peso de la cimentación  
**0.90** \* peso del suelo

Carga de diseño:  
 Pn = 1420,00 (kN) Mnx = -0,00 (kN\*m) Mny = -71,00  
 (kN\*m)

Esfuerzo cortante: Vu = 271,89 (kN)  
 Anchura de la sección crítica: bw = 1,20 (m)  
 Profundidad de sección: d = 0,52 (m)  
 Tensión de la cizalla unidireccional de cálculo: Vu = 0,44 (MPa)  
 Tensión en el hormigón equivalente: vc = 0,76 (MPa)  
 Coeficiente de reducción de la resistencia: φ = 0,75  
 Resistencia: φvc = 0,57 (MPa)  
 resistencia límite de la sección eficaz a cortante: Vc = φvc \* bw \* d = 271,89 (kN)  
 Coeficiente de seguridad: φVc/Vu = 1,299 > 1

#### 1.3.3 Armadura teórica

##### Cimentación aislada:

Armaduras inferiores:

ELU : 1.2D+1.6L N=1420,00 My=248,50  
 My = 97,35 (kN\*m) Asx = 10,64 (cm2/m)

ELU : 1.2D+1.6L N=1420,00 My=248,50  
 Mx = 281,23 (kN\*m) Asy = 12,38 (cm2/m)

$$A_{s \min} = 10,64 \text{ (cm2/m)}$$

Armaduras superiores:

$$A'_{sx} = 0,00 \text{ (cm2/m)}$$

$$A'_{sy} = 0,00 \text{ (cm2/m)}$$

$$A_{s \min} = 0,00 \text{ (cm2/m)}$$

##### Fuste:

Armaduras longitudinales A = 33,75 (cm2) A<sub>min.</sub> = 33,75 (cm2)  
A = 2 \* (Asx + Asy)  
Asx = 16,88 (cm2) Asy = 0,00 (cm2)

### 1.3.4 Armadura real

#### 2.3.1 Cimentación aislada:

##### Armaduras inferiores:

Dirección X:

21 Grade 420 13 l = 1,05 (m)

e = 1\*-1,07 + 3\*0,15 + 14\*0,09 + 3\*0,15

Dirección Y:

12 Grade 420 13 l = 2,25 (m)

e = 1\*-0,41 + 11\*0,08

##### Superiores:

#### 2.3.2 Fuste

##### Armaduras longitudinales

Dirección X:

2 Grade 420 #5 l = 2,73 (m)

e = 1\*-0,48 + 1\*0,51

Dirección Y:

9 Grade 420 #5 l = 3,39 (m)

e = 1\*-0,11 + 8\*0,03

##### Armaduras transversales


6 Grade 420 10 l = 1,92 (m)

e = 1\*0,20 + 3\*0,20 + 2\*0,13

## 2 Cuantitativo:

- Volumen del hormigón = 1,93 (m3)
- Superficie de encofrado = 5,76 (m2)
- Acero Grade 420
  - Peso total = 114,17 (kG)
  - Densidad = 59,14 (kG/m3)
  - Diámetro medio = 13,7 (mm)
  - Lista según diámetros:

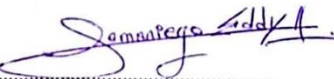
Diámetro	Longitud (m)	Número de elementos idénticos:
10	1,92	6
13	1,05	21
13	2,25	12
#5	2,73	2
#5	3,39	9

 <p>Universidad Católica de Cuenca</p>	<p><b>AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b></p>	<p>CÓDIGO: F – DB – 30 VERSION: 01 FECHA: 2024-03-08 Página 1 de 1</p>
---	---	--

**AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL**

Eddy Alexander Samaniego Samaniego portador(a) de la cédula de ciudadanía N° 0106479314. En calidad de autor/a y titular de los derechos patrimoniales del proyecto de titulación **“OPTIMIZACIÓN PARA EL PRE DIMENSIONAMIENTO DE ZAPATAS DE BORDE, MEDIANTE EL SOFTWARE SMATH STUDIO”** de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos y no comerciales. Autorizo además a la Universidad Católica de Cuenca, para que realice la publicación de éste proyecto de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 08/03/2024

  
F: .....

Eddy Alexander Samaniego Samaniego

C.I. 0106479314

[www.ucacue.edu.ec](http://www.ucacue.edu.ec)