



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 PREDIMENSIONAMIENTO DE
ZAPATAS AISLADAS DE ESQUINA UTILIZANDO SMATH
STUDIO**

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

AUTOR: CARLOS ANDRES RODRÍGUEZ MOLINA

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 DE INGENIERÍA,
INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**OPTIMIZACIÓN PARA EL PREDIMENSIONAMIENTO DE ZAPATAS
AISLADAS DE ESQUINA UTILIZANDO SMATH STUDIO**

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

AUTOR: CARLOS ANDRES RODRÍGUEZ MOLINA

DIRECTOR: MSC. ING. EDUARDO DONEY PALMA ZAMBRANO

CUENCA - ECUADOR

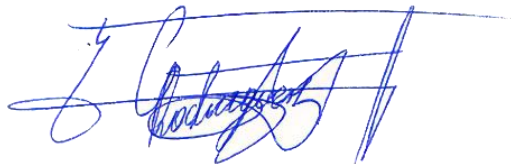
2024

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO

DECLARATORIA DE AUTORÍA Y RESPONSABILIDAD

Carlos Andres Rodríguez Molina portador de la cédula de ciudadanía N° 0105485767. Declaro ser el autor de la obra: “Optimización para el pre dimensionamiento de zapatas aisladas de esquina utilizando 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, 22 de octubre de 2024



F:

Carlos Andres Rodríguez Molina

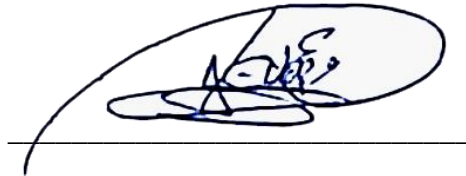
0105485767

CERTIFICADO

Certifico que el presente trabajo de titulación con el tema “**OPTIMIZACIÓN PARA EL PREDIMENSIONAMIENTO DE ZAPATAS AISLADAS DE ESQUINA UTILIZANDO SMATH STUDIO**”, fue desarrollado por **Carlos Andres Rodríguez Molina**, bajo mi supervisión.

Atentamente,

DIOS, PATRIA CULTURA Y DESARROLLO

A handwritten signature in blue ink, enclosed in a large, loopy oval shape. The signature appears to be 'E. Palma'.

Ing. Eduardo Palma Zambrano
C.I. 1716685191
DOCENTE – TUTOR

Dedicatoria

A mi padre, Carlos y madre Margarita, por su incondicional apoyo durante cada momento de mi vida.

Agradecimientos

A toda mi familia, por su respaldo y aliento brindado todo el tiempo sobre todo en mis etapas académicas.

A la Universidad Católica de Cuenca, por proporcionarme el entorno y los conocimientos fundamentales para mi desarrollo como profesional.

Al Ing. Eduardo Palma, cuya instrucción contribuyo para el desarrollo de este trabajo.

A la vida y su creador por haberme permitido, aprender, conocer e instruirme en esta etapa de formación académica.

Resumen

Este trabajo aborda el diseño optimizado de zapatas aisladas de esquina con vigas de conexión, elementos fundamentales en la construcción de edificaciones. La investigación surge de la necesidad de automatizar y mejorar el proceso de diseño de estas estructuras, tradicionalmente realizado de forma manual y propensa a errores.

La metodología empleada incluyó una exhaustiva revisión bibliográfica, el desarrollo de algoritmos y diagramas de flujo, y su implementación en Smath Studio. El modelo de programación se basa en los métodos propuestos por José Calavera y Pablo Galletero, e incorporando innovadoramente regresiones polinomiales basadas en modelos computacionales de SAFE en la solución de las vigas de conexión.

El resultado principal es un software que automatiza el diseño de zapatas aisladas de esquina con vigas de conexión, ofreciendo cálculos precisos y eficientes. El programa incluye una interfaz intuitiva para el ingreso de datos y genera gráficos detallados de las dimensiones y distribución del acero de refuerzo. La validación del software se realizó comparando sus resultados con ejemplos de la literatura y modelos en SAFE, mostrando un error promedio de 6.05%.

En conclusión, este software representa una solución innovadora para el diseño de zapatas aisladas de esquina, reduciendo significativamente el tiempo de cálculo y minimizando errores. La herramienta beneficiará a estudiantes y profesionales en ingeniería civil, mejorando la precisión y eficiencia en el diseño de cimentaciones. Además, la metodología aplicada sienta las

bases para futuras investigaciones en el campo de las cimentaciones y el uso de machine learning en el diseño estructural.

Palabras clave: zapata de esquina, Smath Studio, Cimentación, automatización, Pre dimensionamiento

Abstract

This work analyzes the optimized design of isolated corner footings with connecting beams, which are fundamental elements in building construction. The research is based on the need to automate and improve the design process of these structures, which is traditionally conducted manually and prone to errors.

The methodology used included a literature review, the development of algorithms and flowcharts, and their implementation in SMath Studio. The programming model is based on the methods proposed by José Calavera and Pablo Galletero, which innovatively incorporate polynomial regressions based on SAFE computational models in the solution of the connecting beams.

The main result is software that automates the design of isolated corner footings with connecting beams, providing accurate and efficient calculations. The program features an intuitive interface for data entry and generates detailed graphs of the dimensions and distribution of reinforcing steel. The software was validated by comparing its results with examples from the literature and models in SAFE, showing an average error of 6.05%.

In conclusion, this software represents an innovative solution for designing isolated corner footings, significantly reducing calculation time and minimizing errors. The tool will benefit students and professionals in civil engineering, improving precision and efficiency in foundation design. Furthermore, the applied methodology lays the groundwork for future research in the field of foundations and the use of machine learning in structural design.

Keywords: corner footing, SMath Studio, foundation, automation, pre-sizing

Tabla de Contenidos

Dedicatoria.....	iii
Agradecimientos.....	iv
Resumen.....	v
Abstract.....	vii
Tabla de Contenidos	viii
Lista de tablas.....	x
Lista de figuras.....	xi
Capítulo 1 Introducción	13
1.1 Formulación del Problema Estudiado.....	14
1.2 Aporte del Trabajo	15
1.3 Alcance de la investigación	15
1.4 Objetivos	17
General.....	17
Específicos.....	17
Capítulo 2 Revisión de la literatura.	18
2.1 Estado del Arte.....	18
2.2 Marco Teórico.....	23
2.2.1 Conceptos claves.....	23
Capacidad Portante del suelo	23
Cargas	24
Hormigón	25
Resistencia a compresión del hormigón	25
Peso Específico del Hormigón.....	25
Acero de Refuerzo	25
Resistencia a la fluencia del acero	26
Módulo de elasticidad.....	26
Suelo	27
Módulo o coeficiente de balasto	28
SMath Studio	28
Python.....	29
Cimentaciones Superficiales.....	29
Zapata Aislada Central.....	30
Zapata Aislada Medianera	31
Viga de equilibrio	32
Viga de Cimentación.....	33
Zapata de Esquina.....	34
2.2.2 Bases Teóricas	35
Hipótesis de la teoría flexión – Cortante.....	35
Diseño de secciones rectangulares reforzadas a tracción	36
Diseño de secciones rectangulares a Esfuerzos Cortantes.....	39
Cortante Unidireccional	40
Diseño a Corte Bidireccional.....	41
Interacción Suelo – Cimentación en SAFE	44

Regresión Polinómica	53
2.2.3 Normativas Empleadas	58
Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC 15)	58
American Concrete Institute (ACI) 318-19	58
Capítulo 3 Materiales y métodos.	59
3.1 Metodología Propuesta	59
3.2 Metodología para validar la Herramienta Informática.....	88
3.2 Metodología para laborar la guía de usuario.....	95
Principales aspectos del programa Creado	96
Guía de Usuario.....	102
Capítulo 4 Resultados y Discusión.....	108
4.1 Validación 1	109
4.2 Validación 2	113
4.3 Validación 3	116
Capítulo 5 Conclusiones y recomendaciones.....	119
5.1 Conclusiones	119
5.2 Recomendaciones	122
Capítulo 6 Referencias Bibliográficas.....	123
Capítulo 7 Anexos	126
Anexo 1 Vigas de Equilibrio.....	126
Anexo 2 Código del programa.....	137
Anexo 3 Resultados en SAFE ejemplo José Calavera.....	260
Anexo 4 Resultados Safe Ejemplo propuesto por el Autor	268
Anexo 5 Programación método de Moreno Hernandez, M., Luévanos Rojas, A., López Chavarría, S., & Medina Elizondo, M.	274
Anexo 6 Creación de Modelo en SAFE CSI	294
Anexo 7 Programación de regresión polinomial en Python	301

Lista de tablas

Tabla 1	Tabla de Resumen de los softwares comerciales.....	22
Tabla 2	Valores orientativos K30	49
Tabla 3	Valores del módulo de deformación y coeficiente de Balasto.....	49
Tabla 4	Datos validación J.Calavera.....	109
Tabla 5	Tabla de resultados Validación 1	111
Tabla 6	Datos validación 2	113
Tabla 7	Resultados Validación 2	114
Tabla 8	Datos del ejemplo para la validación 3	116
Tabla 9	Resultados validación 3	117
Tabla 10	Coeficientes para Zapatas Cuadradas	133
Tabla 11	Coeficientes Relación Base - Altura.....	134
Tabla 12	Coeficientes para momentos y cortantes en zapatas rectangulares.....	135

Lista de figuras

Ilustración 1 Zapata Central.....	31
Ilustración 2 Zapata Medianera	32
Ilustración 3 Viga de equilibrio aplicación en zapatas	33
Ilustración 4 Viga de Cimentación	34
Ilustración 5 Zapata de Esquina.....	35
Ilustración 6 Comportamiento y resistencia nominal de secciones tipo viga	39
Ilustración 7 Sección crítica dirección “Y”	40
Ilustración 8 Cálculo del esfuerzo cortante.....	40
Ilustración 9 Gráfica Punzonamiento.....	42
Ilustración 10 Modelo Computacional del enfoque de análisis de los resortes de Winkler	45
Ilustración 11 Ensayo de placa de Carga in situ	47
Ilustración 12 Coeficiente de Balasto	48
Ilustración 13 Ejemplo de regresión polinomial de la radiación solar vs temperatura	54
Ilustración 14 Modelo propuesto por José Calavera.....	60
Ilustración 15 Esquema de ejes y distancias propuesto por José Calavera.....	61
Ilustración 16 Modelo de cimentación propuesto por Galletero.....	62
Ilustración 17 Esquema de ejes y distancias propuesto por Galletero	63
Ilustración 18 Modelo del Sistema de cimentación solucionado	64
Ilustración 19 Ecuaciones de Equilibrio estático cargas de Servicio.....	67
Ilustración 20 Ecuaciones de resultantes en estado limite último.....	68
Ilustración 21 Sistema de ejes de la zapata de esquina.....	69
Ilustración 22 Diagrama de flujo del ingreso de datos	74
Ilustración 23 Pre dimensionamiento de la zapata en planta	75
Ilustración 24 Diagrama de flujo del pre dimensionamiento de las dimensiones en planta de la zapata.	76
Ilustración 25 Diagrama de flujo Análisis de la cortante dirección Y según la altura de la zapata	78
Ilustración 26 Diagrama de flujo del análisis por punzonamiento de la zapata.....	79
Ilustración 27 Diagrama de Flujo para los Factores de ajuste para el cálculo de momentos y cortantes en vigas resultantes de las ecuaciones de regresión polinomial.	81
Ilustración 28 Diagrama de flujo del diseño a flexión de la viga 1	83
Ilustración 29 Diagrama de flujo del Diseño a cortante de la viga 1	84
Ilustración 30 Diagrama de flujo de la presentación de resultados	85
Ilustración 31 Diagrama de flujo de gráficas.....	86
Ilustración 32 Diagrama de flujo de guía de usuario	87
Ilustración 33 Sistema propuesto por J. Calavera.....	91
Ilustración 34 Solución de vigas centradoras de J. Calavera	92
Ilustración 35 Sistema de zapata combinada de correa en esquina	93
Ilustración 36 Diagrama de presiones debajo del sistema de cimentación	94
Ilustración 37 Factores de ajuste Viga 2 para momentos	97
Ilustración 38 Programación de simplificación de unidades	98
Ilustración 39 Momentos Resultantes.....	101
Ilustración 40 Cortantes Resultantes.....	101

Ilustración 41	Interfaz del programa.....	103
Ilustración 42	Unidades admitidas.....	103
Ilustración 43	Gráfica de dimensiones del sistema de cimentación.	105
Ilustración 44	Gráfica del sistema de cargas.....	106
Ilustración 45	Gráfica de posición y dirección del acero de refuerzo.....	107
Ilustración 46	Verificación de separaciones del acero de refuerzo.....	108
Ilustración 47	Verificación de Altura de Zapata Calculada.....	108
Ilustración 48	Comparación de diagramas de cortantes y momentos en las vigas de conexión	127
Ilustración 49	Propuesta de método analítico para la solución de vigas.....	128
Ilustración 50	Diagramas de flexión.....	129
Ilustración 51	Diagramas de cortante	129

Capítulo 1 Introducción

En el ámbito de la ingeniería civil, el diseño de cimentaciones es un aspecto fundamental para garantizar la estabilidad y seguridad de las estructuras. Entre los diversos tipos de cimentaciones, las zapatas aisladas de esquina representan un desafío particular debido a su ubicación y las cargas que deben soportar. Este trabajo de fin de grado se centra en el desarrollo de una herramienta informática para optimizar el pre-dimensionamiento de zapatas aisladas de esquina utilizando el software SMath Studio.

La importancia de este estudio radica en la necesidad de contar con métodos eficientes y precisos para el diseño de cimentaciones, especialmente en un contexto donde la optimización de recursos y tiempo es crucial. Las zapatas de esquina, al estar sometidas a cargas excéntricas y momentos en dos direcciones, requieren un análisis detallado que considere diversos factores como la capacidad portante del suelo, las cargas aplicadas, y las normativas de construcción vigentes.

El objetivo principal de este trabajo es crear una herramienta que automatice y optimice el proceso de pre-dimensionamiento de zapatas aisladas de esquina. Para lograr esto, se ha desarrollado un algoritmo basado en las normativas ACI 318-19 y NEC 2015, que incorpora cálculos de equilibrio estático y considera la interacción suelo-estructura. La herramienta, implementada en SMath Studio, busca proporcionar una solución accesible y fácil de usar para estudiantes y profesionales de la ingeniería civil.

A lo largo de este documento, se presentará el marco teórico que fundamenta el diseño de zapatas de esquina, se describirá detalladamente la metodología empleada para el desarrollo de la herramienta, y se analizarán los resultados obtenidos mediante validaciones con ejemplos de la literatura y comparaciones con software comercial especializado. Finalmente, se discutirán las implicaciones de este trabajo y se propondrán futuras líneas de investigación en el campo del diseño de cimentaciones.

1.1 Formulación del Problema Estudiado

El trabajo de fin de grado aborda la optimización del pre-dimensionamiento de zapatas aisladas de esquina con vigas de conexión utilizando el software SMath Studio. El problema central radica en la complejidad y el tiempo requerido para diseñar este tipo de cimentaciones, especialmente cuando se busca una solución que combine seguridad y economía.

Los desafíos específicos incluyen:

- La necesidad de automatizar cálculos complejos para reducir errores y tiempo de diseño.
- La integración de normativas ecuatorianas (NEC 15) e internacionales (ACI 318-19) en el proceso de diseño.
- La optimización de dimensiones y refuerzo de la zapata y vigas de conexión.
- La validación de resultados comparándolos con software comercial y ejemplos de la literatura.

1.2 Aporte del Trabajo

El aporte principal de este trabajo es el desarrollo de una herramienta informática en SMath Studio que:

- Automatiza el proceso de predimensionamiento de zapatas aisladas de esquina, incluyendo el diseño de vigas de conexión.
- Implementa un algoritmo que optimiza las dimensiones y el refuerzo, considerando criterios de seguridad y economía.
- Integra las normativas NEC 15 y ACI 318-19, asegurando el cumplimiento de estándares locales e internacionales.
- Proporciona una interfaz de usuario amigable con guías de uso integradas.
- Genera resultados verificables y comparables con software comercial como SAFE de CSI.

Este trabajo no solo simplifica y agiliza el proceso de diseño de zapatas de esquina, sino que también proporciona una base para futuros desarrollos en el campo de la ingeniería estructural y geotécnica, ofreciendo una alternativa accesible y eficiente comparada con los costos de software comerciales.

1.3 Alcance de la investigación

Esta investigación se enfoca en el desarrollo de una herramienta innovadora para optimizar el diseño de zapatas aisladas de esquina con vigas de conexión o equilibrio, construidas en hormigón armado. La metodología de cálculo se basa en el principio de equilibrio estático, cumpliendo con los requisitos de diseño establecidos

por la Normativa Ecuatoriana de la Construcción NEC 15 y el American Concrete Institute ACI318-19.

Características principales de la herramienta:

- Permite el ingreso de cargas, momentos, propiedades de materiales, capacidad admisible del suelo, diámetros de varillas, dimensiones de columnas y dimensiones iniciales de zapatas.
- Admite el diseño de zapatas de geometría cuadrada o rectangular.
- Realiza cálculos automáticos mediante iteraciones, ajustando las dimensiones (base, largo y altura) de zapatas y vigas para garantizar el cumplimiento de las verificaciones necesarias.

Limitaciones del sistema

- No es aplicable a cimentaciones a diferentes niveles de profundidad.
- Requiere que los ejes de las columnas sean perpendiculares entre sí.
- La base máxima de las vigas de equilibrio está limitada a la dimensión de la columna.
- No contempla el uso de recubrimientos epóxicos en los materiales.
- Excluye el análisis de torsión y momentos que puedan causarla en el diseño de vigas.
- No considera desplazamientos en los ejes X e Y.
- Las caras de las columnas en la dirección de conexión deben ser iguales, debido a las restricciones del análisis de equilibrio estático.

- El análisis se centra en la reacción de la zapata de esquina, mientras que las fuerzas equilibrantes en zapatas medianeras o de borde deben considerarse en un diseño separado.
- El diseño de la armadura en zapatas y vigas se limita a un solo nivel de distribución de varillas.

Esta herramienta representa un avance significativo en el diseño de cimentaciones, ofreciendo una solución eficiente y precisa para configuraciones específicas de zapatas aisladas de esquina con vigas de conexión.

1.4 Objetivos

General

Desarrollar una herramienta informática con el software Smath Studio para optimizar el pre dimensionamiento de zapatas aisladas de esquina.

Específicos

- Crear los algoritmos y escribir el código correspondiente para conocer y facilitar la comprensión del funcionamiento de la herramienta.
- Validar la herramienta informática y sus resultados con resultados del modelo computacional en software comercial y ejemplos planeados en el material bibliográfico.
- Elaborar un manual guía que explique que facilite el uso de la herramienta informática para el usuario.

Capítulo 2 Revisión de la literatura.

2.1 Estado del Arte

En la actualidad, el proceso de predimensionamiento de zapatas ha avanzado significativamente. La importancia de utilizar un ordenador radica en que facilita los cálculos, y estos avances se reflejan en diversas herramientas que van desde simples hojas de cálculo hasta programas altamente sofisticados para el diseño de cimentaciones.

Las hojas de cálculo, como las elaboradas en Excel y MathCad, son útiles para simplificar el diseño; sin embargo, el proceso iterativo no está completamente automatizado y carecen de validaciones o comparaciones con otros programas. Además, el procedimiento de resolución no siempre sigue un orden óptimo y, en muchos casos, los resultados no se verifican adecuadamente.

La optimización del pre dimensionamiento de zapatas aisladas mediante software y herramientas digitales ha avanzado considerablemente. Sin embargo, la mayoría de los estudios se centran en zapatas centrales, como la investigación de Jonnathan Criollo Chimbo (Criollo, 2023), y en el caso del autor Eddy Samaniego con zapatas aisladas medianeras o de borde (Samaniego, 2024). No obstante, las zapatas de esquina, debido a sus condiciones de carga más complejas, requieren diferentes consideraciones que aún no han sido completamente abordadas. Aunque la aplicación de normativa y programación presenta ciertas similitudes, las especificidades de las zapatas de esquina necesitan un análisis más profundo.

Los estudios aplicables que existen para zapatas de esquina, no están implementados en herramientas digitales, mientras que en los programas como Robot Structural, ETABS, SAP2000, CYPECAD o STAAD.Pro, que, si permiten el análisis estructural para zapatas de esquina, utilizan métodos como el de elementos finitos.

Las especificaciones de algunos programas para la solución de zapatas de esquina son las siguientes:

STAAD Foundation Advanced creado por la compañía de software de ingeniería de infraestructura Bentley Systems, es una herramienta de software que permite el análisis y diseño de una variedad de estructuras. Este software ofrece un interfaz de modelado flexible que permite la creación de diversas formas de losas, zapatas y regiones con aberturas. Utiliza un modelo matemático de elementos finitos para su análisis, generando automáticamente soportes tipo resortes de compresión para suelos. Permite la creación de diferentes tipos de cargas físicas, incluyendo cargas de área irregulares, cargas circulares, cargas cuadrilaterales, cargas de línea recta y cargas puntuales en el espacio. STAAD Foundation Advanced realiza verificaciones de flexión y corte por punzonamiento, sugiere diámetros y espaciamientos para el acero refuerzo, y realiza verificaciones de capacidad según el acero de refuerzo asignado por el usuario. Además, produce dibujos para vistas de planta, elevación y sección con marcas de barras del acero de refuerzo y proporciona informes detallados de salida y cálculo con esquemas de cimentación, gráficos y referencias a secciones relevantes de códigos de diseño. El precio de software por un año es de \$2319 sin incluir impuestos, incluye 3 llaves que

son créditos que se pueden canjear por servicios expertos y capacitación personalizada (Bentley, 2024).

SAFE de la empresa CSI Spain es un programa de cálculo, comprobación y dimensionamiento de losas y cimentaciones en general. Permite calcular la deformación a largo plazo, el ancho de fisuras en estados límites de servicio, así como simular zapatas, losas de cimentación, pilotes y encepados con comportamiento no lineal de contacto con el terreno. Adicional, presenta la opción de edición de pretensado, comprobación de punzonamiento, generación de gráficos con definiciones geométricas y armaduras, el programa también permite la integración con otros programas como, Revit, SAP2000 y ETABS. El precio de la licencia vitalicia es de \$2100 más un pago anual por mantenimiento de \$350 (CSI, 2024).

RFEM es un software de análisis en ingeniería en estructuras desarrollado por la empresa Dlubal, que basa el análisis a través de método de los elementos finitos en 3D se puede modelar cualquier estructura y tipos de cimentaciones, teniendo en cuenta materiales, cargas estáticas y dinámicas, así también como consideraciones geotécnicas para cimentaciones se puede decir que es similar a SAFE. El Software ofrece herramientas avanzadas para la visualización de resultados, la generación de informes y la exportación de datos a otros programas de la misma empresa como a programas BIM. Al ser un programa de estructuras y adicional disponer del análisis de cimentaciones el costo del software es \$4019 sin IVA, por un año, el tipo de licencia para un único usuario (Dlubal, 2023).

El software de diseño de cimentaciones de SkyCiv es una aplicación web creada por SkyCiv, una compañía australiana especializada en software de ingeniería. Esta plataforma está orientada a asistir a los ingenieros civiles y estructurales en la creación y evaluación de una variedad de cimentaciones, tales como zapatas aisladas, cimentaciones corridas, cimentaciones combinadas, así como cimentaciones profundas como pilotes y micropilotes. El software posee diferentes características y funcionalidades, como verificar el diseño de la cimentación según los estándares y códigos de diseño internacionales, como el ACI, y el Eurocódigo según los parámetros que ingresa el usuario. Proporciona informes detallados de los resultados del análisis y diseño, que pueden ser utilizados para documentar y comunicar los resultados del proyecto. El costo del servicio ofrece diferentes planes que van desde \$69, \$109 y \$5000 mensual el contrato mínimo es de 12 meses (SkyCiv, 2023).

GEO5 es un software desarrollado por la empresa Fine Software, con un enfoque especial en geotecnia. Este software asiste a los profesionales en el análisis y diseño de diversas estructuras, como la estabilización de taludes, muros de contención, análisis de asentamientos y cimentaciones. Dentro del módulo de cimentaciones superficiales, se pueden diseñar diferentes tipos de cimentaciones como losas, placas, franjas y zapatas aisladas. El programa puede calcular asentamientos, la capacidad portante del suelo y el diseño del refuerzo longitudinal y de corte requerido (Fine Software, 2024).

La función de visualización, junto con la generación de informes, facilita el análisis de los resultados por parte de los profesionales. El costo de

la suscripción al paquete de cimentaciones es de \$2000 por un año o de \$5000 para una licencia perpetua. (Fine Software, 2024)

En resumen, el estado actual de los software y herramientas para el diseño de zapatas aisladas ha experimentado una evolución considerable, brindando opciones avanzadas y seguras. Sin embargo, su utilización requiere práctica, y, además, el costo de las licencias puede resultar poco accesible para muchos profesionales.

Tabla 1

Tabla de Resumen de los softwares comerciales

Software	Características Principales	Precio
STAAD Foundation Advanced	<ul style="list-style-type: none"> - Análisis y diseño de cimentaciones (zapatas, losas con aberturas, etc.) - Interfaz de modelado flexible - Análisis por elementos finitos - Verificación de flexión y corte - Generación automática de soportes de suelos - Generación de dibujos y reportes detallados - Soporte para diferentes tipos de cargas físicas. - Cálculo de losas y cimentaciones - Simulación de contacto no lineal con el terreno - Edición de pretensado 	<p>\$2,319/año (sin impuestos) Incluye 3 llaves para servicios expertos y capacitación personalizada</p>
SAFE (CSI Spain)	<ul style="list-style-type: none"> - Comprobación de punzonamiento - Integración con Revit, SAP2000 y ETABS - Generación de gráficos con definiciones geométricas y armaduras. 	<p>\$2,100/licencia vitalicia + \$350 de mantenimiento anual</p>

RFEM (Dublal)	<ul style="list-style-type: none"> - Análisis estructural 3D con elementos finitos - Modelado de cualquier estructura y cimentación - Soporte para cargas estáticas y dinámicas - Herramientas avanzadas para visualización de resultados - Consideraciones geotécnicas - Exportación de datos a programas BIM 	\$4,019/año (sin IVA) para un único usuario
SkyCiv	<ul style="list-style-type: none"> - Aplicación web para diseño de cimentaciones - Análisis de zapatas, cimentaciones combinadas y profundas (pilotes) - Verificación de diseño según estándares internacionales - Informes detallados de resultados 	Planes de \$69, \$109 y \$5000/mes (mínimo contrato 12 meses)
GEO5	<ul style="list-style-type: none"> - Especializado en geotecnia - Diseño de cimentaciones, estabilización de taludes, muros de contención - Cálculo de capacidad portante del suelo - Diseño de refuerzo longitudinal y de corte - Generación de informes detallados 	\$2,000/año o \$5,000/licencia perpetua

Fuente Autor

2.2 Marco Teórico

2.2.1 Conceptos claves

Capacidad Portante del suelo

La capacidad portante del suelo es la presión que el suelo puede soportar sin sufrir desplazamientos o asentamientos excesivo que comprometan la estabilidad de las estructuras sobre él. En la ingeniería civil y geotécnica para el diseño de cimientos la capacidad portante es el concepto que asegura el buen desempeño de la estructura (Das, 2013). Los factores que

influyen en la capacidad portante última del suelo son, tipo de suelo, profundidad del cimiento, nivel freático, tipo de cimentación y dimensiones. Entre las alternativas de la obtención de la capacidad de carga última están los métodos analíticos, ensayos de campo, ensayos y ensayos de laboratorio.

En el cálculo de la capacidad admisible o permisible se debe aplicar una reducción a la capacidad de carga última mediante un factor de seguridad (FS). Realizar este procedimiento garantiza la seguridad contra fallos. (Das, 2013)

Cargas

Las cargas son las fuerzas específicas que actúan en una estructura y deben ser soportadas por la misma (Hassoun & Al-Manaseer, 2015), es decir, las cargas que se consideran en el diseño de la estructura se clasifican en:

Cargas muertas: Se incluye el peso de la propia estructura y cualquier material permanente que se coloque sobre ella como materiales usados en el techado y revestimientos de paredes y pisos. Estas cargas se calculan a partir de las dimensiones y peso unitario de los materiales (Hassoun & Al-Manaseer, 2015).

Cargas vivas: Son todas las cargas no consideradas como muertas, pueden ser constantes o variables móviles o en movimiento su dirección de aplicación varía y esta aplicación puede ser lenta o repentina. Entre las cargas más comunes está la generada por las ocupaciones a causa del peso de bienes y personas; fuerzas resultantes generadas por ejemplo por el viento o la temperatura, el peso de granizo. (Hassoun & Al-Manaseer, 2015).

Cargas Sísmicas: Son las fuerzas dinámicas resultantes de cargas en movimiento generadas por sismos (Hassoun & Al-Manaseer, 2015).

Hormigón

Al realizar la mezcla de los compuestos cemento, agua y agregados (arena y grava) se obtiene concreto u hormigón. Esta mezcla se caracteriza por su estado líquido inicial lo que facilita la colocación en moldes, cuando se fragua se transforma en un material sólido con alta resistencia a la compresión. La adecuada dosificación garantiza las óptimas propiedades mecánicas y durabilidad en aplicaciones estructurales (Fanella, 2015).

Resistencia a compresión del hormigón

Es la medida que evalúa la capacidad del material para soportar fuerzas de compresión sin fallar. Es un parámetro esencial para el diseño de estructuras de hormigón armado. El proceso de prueba se determina mediante cilindros de hormigón simple que se han curado por un periodo determinado usualmente 28 días. El ensayo consiste en colocar un cilindro en una maquina precisamente para este ensayo que va aplicar una carga axial hasta que el cilindro falla presenciando grietas. También se podrá visualizar que la relación entre el esfuerzo y la deformación del hormigón pasa de lineal a no lineal conforme aumentan las cargas (Fanella, 2015).

Peso Específico del Hormigón

El peso específico o densidad del hormigón depende de la dosificación y características de los agregados, esta medida de la masa por unidad de volumen para hormigón normal se considera 2400kg/m^3 (Fanella, 2015).

Acero de Refuerzo

El acero de refuerzo es uno de los componentes fundamentales en el hormigón armado. Son barras disponibles en múltiples diámetros que se posicionan dentro del concreto, principalmente en zonas de tensión

proporcionando la resistencia a tracción y también puede aumentar la resistencia a compresión (Hassoun & Al-Manaseer, 2015).

Al tener una resistencia de fluencia aproximadamente diez veces mayor a la resistencia del hormigón a compresión, hace que este material sea más costoso. La dirección para la distribución del acero cumple funciones de refuerzo principal y de refuerzo secundario, el acero también puede colocarse de forma transversal para aumentar la resistencia de esfuerzos cortantes, en vigas se conocen como estribos (Hassoun & Al-Manaseer, 2015).

Resistencia a la fluencia del acero

Esta medida indica la capacidad del acero para soportar cargas hasta el punto en el que el acero comienza a deformarse permanentemente a causa de estas cargas el acero no puede regresar a su estado inicial. Este valor se obtiene de la gráfica de curva tensión deformación para barras de acero los valores más comunes son 240MPa, 350MPa y 420MPa (Hassoun & Al-Manaseer, 2015).

Módulo de elasticidad

También conocido como módulo de Young es una medida de la rigidez que proviene de la relación de los esfuerzos de tracción y la deformación unitaria en barras de acero de refuerzo $E_s = 200000\text{MPa}$ es fundamental considerar este parámetro en el diseño de una estructura para garantizar la integridad de una estructura evitando deformaciones excesivas en los elementos estructurales (Hassoun & Al-Manaseer, 2015). Mientras que el módulo de elasticidad del hormigón relaciona el esfuerzo de la deformación elástica del hormigón en su zona elástica (Park & Paulay, 2012), es decir

cuando el hormigón no ha alcanzado su límite de fractura, la ecuación que presentadas por las normativas son las siguientes.

Ecuación 1 Módulo de Elasticidad del Hormigón según la NEC15

$$E_{c1} = 4.7 \cdot \left(\sqrt{\frac{f'c}{MPa}} \right) \cdot GPa \quad (1)$$

Ecuación 2 Módulo de Elasticidad del Hormigón según la ACI318-19

$$E_{c2} = 4700 \cdot \left(\sqrt{\frac{f'c}{MPa}} \right) \cdot MPa \quad (2)$$

Suelo

Los procesos de intemperismo físico (mecánico) y intemperismo químico actúan de manera conjunta sobre las rocas de la corteza terrestre, dando origen al suelo. El primero, a través de agentes como el agua, el viento y los cambios de temperatura, fragmenta las rocas en partículas cada vez más pequeñas. El segundo, por su parte, descompone los minerales constituyentes de las rocas, alterando su composición química (Das, 2013).

Módulo o coeficiente de balasto

Relación entre la tensión aplicada a una superficie y el desplazamiento resultante. También conocido como módulo de reacción o módulo de Winkler. (Ministerio de Fomento, 2019)

SMath Studio

SMath Studio es un programa matemático creado por Andrey Ivashov, similar a una hoja matemática, diseñado para la ejecución y documentación de cálculos técnicos. Ofrece versiones gratuitas y de pago (Liengme, 2015). Sus características más destacadas incluyen:

1. Interfaz sencilla: Facilita la edición y comprensión de expresiones matemáticas.
2. Soporte para múltiples cálculos: Permite operaciones aritméticas, trigonométricas, álgebra, ecuaciones diferenciales, cálculo, operaciones con matrices y funciones de programación.
3. Unidades: Trabaja con unidades físicas en cualquier sistema de medida y realiza conversiones automáticas.
4. Gestor de extensiones: Permite agregar plugins, snippets, ejemplos y aplicaciones adicionales.
5. Gráficos: Admite gráficos en 2D y 3D para una mejor representación de datos.
6. Multiplataforma: Disponible para Windows, Linux, Android, plataforma universal de Windows y como aplicación web en la nube.
7. Exportación: Permite exportar proyectos en formatos como PDF, JPG, HTML, LaTeX y crear archivos ejecutables.

8. Comunidad: Usuarios y desarrolladores colaboran constantemente para mejorar el programa y resolver problemas a través de foros.

Python

Python es un lenguaje de programación avanzado y sencillo de aprender. Aplicable para cualquier propósito en general es multiparadigma, es decir soporta programación estructurada, orientada a objetos y funcional. Las bibliotecas y frameworks disponibles en Python ofrecen opciones para desarrollo web, ciencia de datos y hasta machine learning. La multiplataforma disponible para diferentes sistemas operativos permite ejecutar el mismo código en cualquiera de las opciones. Su función interactiva permite realizar pruebas en tiempo real (El tutorial de Python, 2024). Además, Python cuenta con una comunidad extensa y activa que ofrece una gran cantidad de recursos y asistencia, disponible en documentación oficial, comunidades en línea, foros, grupos de discusión, repositorios de código, cursos en línea, tutoriales, libros, publicaciones meetups y conferencias.

Cimentaciones Superficiales

La cimentación o subestructura es el elemento estructural que se ubica bajo la superficie del terreno y se encarga de transmitir las cargas al suelo o roca subyacente. Todos los suelos se comprimen cuando reciben una carga en muchos casos se producen asentamientos, controlar y limitar los asentamientos diferenciales o totales es crucial para prevenir daños estructurales (Nilson, 2001).

Para limitar los asentamientos se requiere que la carga de la estructura primero se distribuya en un área amplia para minimizar las presiones de

contacto y segundo que esta carga se transmita a un suelo con la resistencia adecuada, según la capacidad del suelo se pueden utilizar cimentaciones profundas cuando los suelos de alta capacidad portante están a grandes profundidades, caso contrario se utilizan cimentaciones superficiales, a continuación, se tratan algunos tipos (Nilson, 2001).

Zapata Aislada Central

Son las cimentaciones superficiales para columnas que suelen ser cuadradas, aunque pueden ser rectangulares si hay restricciones de espacio o si una dimensión de la columna es significativamente mayor. La forma básica es una losa como se muestra en la Ilustración 1, con variantes como la losa con pedestal (zapata escalonada) y la zapata piramidal, cada una con diferentes grados de dificultad y costo de construcción (Nilson, 2001).

Este tipo de zapata se utiliza en estructuras con fines residenciales, comerciales e industriales, estructuras para torres, antenas, tanques y puentes etc.

Ilustración 1

Zapata Central



Fuente Autor

Zapata Aislada Medianera

La zapata aislada medianera, conocida como lateral, de borde, o de lindero, se utilizan por las limitaciones de colindancia con propiedades adyacentes con el objetivo de no sobrepasar el límite o lindero, en este tipo de zapatas la columna se ubica en el centro de uno de los bordes de la zapata según se visualiza en la Ilustración 2. Se estructura por una losa con acero de refuerzo en la parte inferior de la zapata y en algunos casos también en el superior (Vasquez, 2010).

Ilustración 2

Zapata Medianera



Fuente Autor

Viga de equilibrio

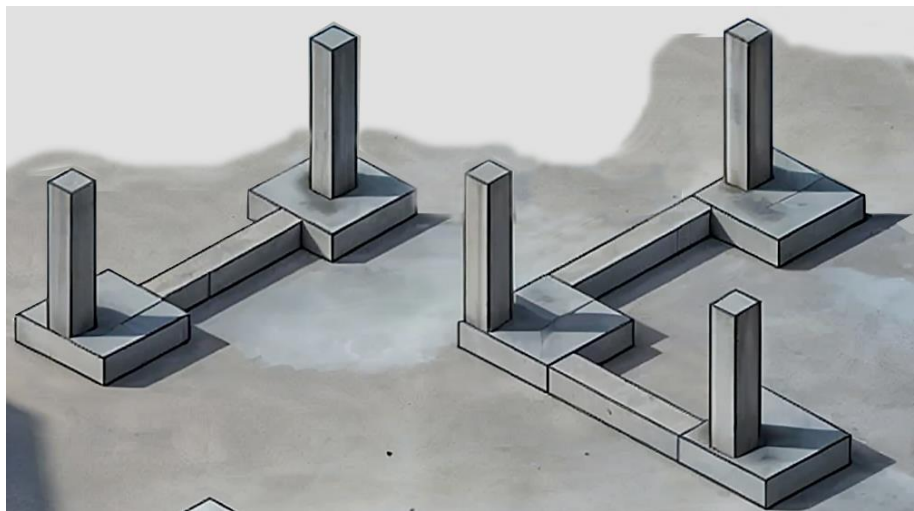
La viga de equilibrio, también conocida como viga centradora, conectora, de amarre o de conexión, es un elemento estructural utilizado para unir dos zapatas. Su finalidad es proporcionar estabilidad a la estructura mediante un análisis de equilibrio en dos o tres dimensiones, considerando las cargas y momentos que actúan sobre la misma (Nilson, 2001). Al cumplir con el equilibrio, se consigue redistribuir uniformemente las presiones generadas por el suelo como se puede ver en la Ilustración 3. Además de aportar estabilidad, esta viga minimiza los desplazamientos y asentamientos diferenciales.

El diseño de la viga depende de los momentos y cortantes que actúan en ella. La resolución se lleva a cabo de igual manera a la de una viga convencional. Esta viga no se implementa para soportar cargas distribuidas de

gran magnitud tampoco se apoya en el suelo. Se utilizan en sistemas o modelos que unen zapatas centrales, medianeras y de esquina. Su construcción incorpora acero de refuerzo, y el hormigón debe ser monolíticamente fundido con la zapata.

Ilustración 3

Viga de equilibrio aplicación en zapatas



Fuente Autor

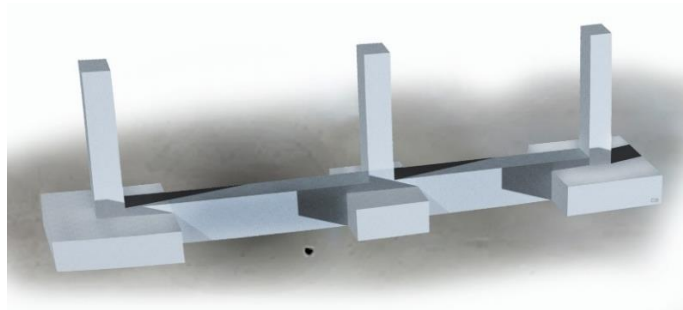
Viga de Cimentación

Una viga de cimentación se puede utilizar como un tipo de cimentación o como elemento estructural dentro de un sistema de cimentación. En el primer caso al ser utilizada como cimentación se diseñan para al menos tres columnas que se asientan sobre la viga (Calavera, 2000) tal como se observa en la Ilustración 4; en el segundo caso cuando cumple una función similar que una viga de equilibrio, esta viga si puede soportar cargas provenientes por ejemplo de muros construidos sobre estas vigas, y también puede usarse enlazando a pilas o pilotes. La diferencia principal con una viga

de equilibrio es que una de cimentación si interactúa con el suelo por lo tanto si se generan presiones o tensiones en la viga.

Ilustración 4

Viga de Cimentación



Fuente Autor

Zapata de Esquina

Una zapata de esquina se utiliza para las columnas ubicadas en las esquinas de una estructura. Debido a los límites de la propiedad, está sujeta a restricciones en dos direcciones como se visualiza en la Ilustración 5, lo que provoca que tenga doble excentricidad. El diseño de esta zapata comprende un grado complejo de solución por efectos negativos que se presentan como el asentamiento excesivo, la magnitud de las tensiones en la esquina de la zapata producto del suelo, la inestabilidad y giros producto de las cargas y momentos que trasmite la estructura, a causa de este efecto es habitual incorporar otros elementos estructurales como vigas que buscan garantizar la seguridad de la estructura. Al incorporar vigas de equilibrio la solución general se realiza en un análisis estático tridimensional que consigue centrar las reacciones que actúa en la zapata de esquina y zapatas adyacentes (Vasquez, 2010). Para realizar el diseño a flexión y a corte de la zapata se utiliza el método de

solución aplicado en la zapata medianera y la verificación del punzonamiento depende de lo propuesto según la normativa aplicada.

Ilustración 5

Zapata de Esquina



Fuente Autor

2.2.2 Bases Teóricas

Hipótesis de la teoría flexión – Cortante

En cualquier sección transversal de una viga, las fuerzas internas pueden dividirse en dos tipos: fuerzas normales y fuerzas tangenciales a la sección. Las fuerzas normales, conocidas como esfuerzos de flexión, generan tensión en un lado del eje neutro y compresión en el otro. Estas fuerzas tienen como función resistir el momento flector que actúa sobre la sección (Nilson, 2001).

Por otro lado, las fuerzas tangenciales se denominan esfuerzos cortantes y tienen el propósito de resistir las fuerzas transversales que actúan sobre la sección. Los esfuerzos cortantes distribuyen la carga a lo largo de la

altura de la sección, de manera que su magnitud depende tanto de la geometría de la sección como del diagrama esfuerzo-deformación unitaria.

Entre las hipótesis fundamentales que sustentan la teoría de la flexión, una de las más importantes es que una sección transversal plana permanece plana después de que se aplican cargas. Esto implica que las deformaciones son proporcionales a la distancia desde el eje neutro, tanto en la parte superior como en la inferior de la sección (Park & Paulay, 2012).

Además, para una deformación unitaria específica en una viga, el esfuerzo en cualquier punto coincide con el valor correspondiente del diagrama de esfuerzo-deformación para esa misma deformación. Esto permite estimar la respuesta del material bajo diferentes condiciones de carga, con lo que se garantiza un análisis más preciso de las deformaciones y esfuerzos presentes en la estructura (Bazant & Planas, 2018).

La distribución de los esfuerzos cortantes a lo largo de la altura de la sección no es uniforme, sino que depende de la forma de la sección transversal y del diagrama de esfuerzo-deformación del material. Además, según la teoría de la elasticidad, los esfuerzos cortantes en planos perpendiculares en cualquier punto son equivalentes, lo que garantiza la consistencia de los resultados al analizar la respuesta estructural (Timoshenko & Goodier, 2020)

Diseño de secciones rectangulares reforzadas a tracción

Para garantizar que una sección reforzada de concreto alcance el estado hipotético de carga sin fallar, es necesario calcular su resistencia nominal. Este cálculo se basa en el conocimiento actual sobre el comportamiento de los materiales y los elementos estructurales. La resistencia nominal, que

representa la capacidad máxima de la sección bajo carga, se ajusta utilizando un coeficiente de reducción de resistencia, denotado como ϕ . Este factor es siempre menor que uno, con el objetivo de incorporar un margen de seguridad y así obtener la resistencia de diseño (Nilson, 2001).

En caso de sobrecarga o Estado Límite Último, la resistencia requerida se calcula aplicando factores de mayoración, que son mayores que uno. Estos factores permiten cubrir situaciones de cargas extremas o imprevistas, como las cargas muertas (peso propio de la estructura) y las cargas vivas (personas, equipos, etc.), de acuerdo con las normativas vigentes. Estos factores aseguran que la estructura pueda soportar combinaciones de carga que superen los valores de servicio habituales (Park & Paulay, 2012).

Al emplear el método de resistencia, basado en principios teóricos y experimentales, es posible reevaluar la resistencia de elementos de concreto armado. Esto implica tener en cuenta la distribución real de esfuerzos de compresión en el concreto, cuyo análisis se basa en los estudios de Charles S. Whitney. La hipótesis de Whitney propone una distribución rectangular equivalente para simplificar el cálculo, permitiendo modelar la distribución de esfuerzos de compresión en la sección (Bazant & Planas, 2018).

La intensidad de estos esfuerzos de compresión se aproxima a un valor de $0.85f'_c$, donde f'_c es la resistencia característica del concreto a la compresión. La profundidad de la zona comprimida, representada por la variable a , se calcula usando la relación $a = \beta_1 * c$, donde c es la distancia al eje neutro y β_1 es un factor que depende de la resistencia del concreto (Nilson, 2001) revisar Ilustración 6.

De esta forma, la fuerza total de compresión C se obtiene mediante la ecuación 3:

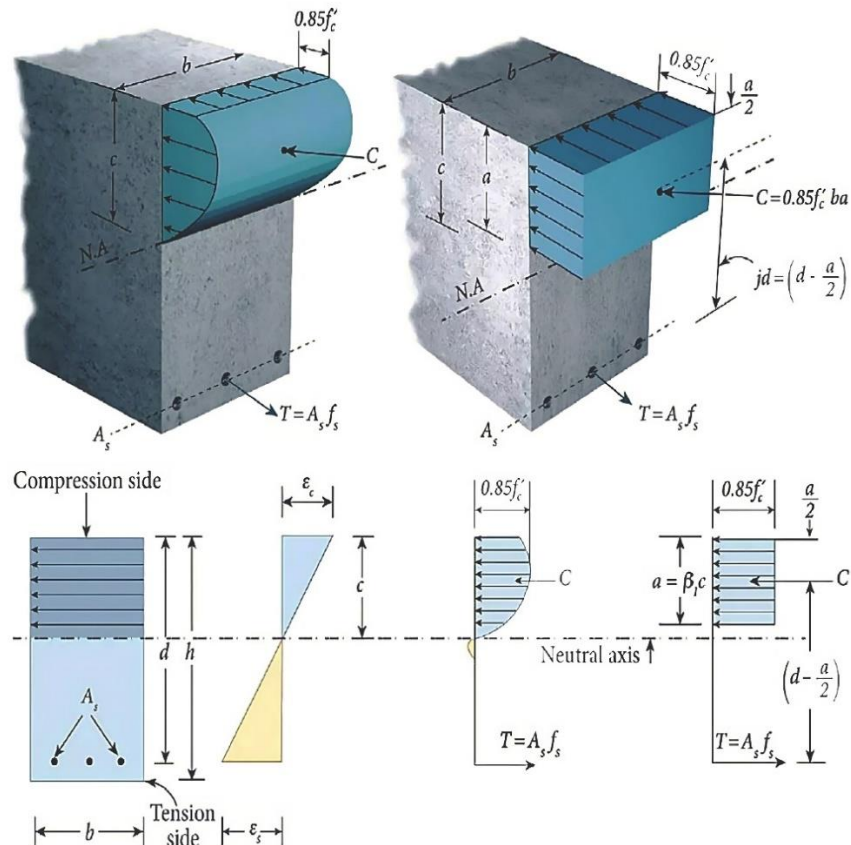
Ecuación 3

$$C = 0.85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b \quad (3)$$

donde b es el ancho de la sección y a la profundidad de la zona de compresión. Esta fuerza es fundamental para evaluar la capacidad de la sección, ya que debe igualarse a la resistencia a la tracción proporcionada por las armaduras de acero, garantizando el equilibrio entre esfuerzos. A partir de este equilibrio, y considerando las deformaciones y la compatibilidad entre materiales, se deduce la resistencia nominal a momento de la sección, que es esencial para garantizar un diseño seguro y eficiente (Timoshenko & Goodier, 2020)

Ilustración 6

Comportamiento y resistencia nominal de secciones tipo viga



Bloque de esfuerzo rectangular equivalente Fuente: (Guzmán, 2020)

Diseño de secciones rectangulares a Esfuerzos Cortantes

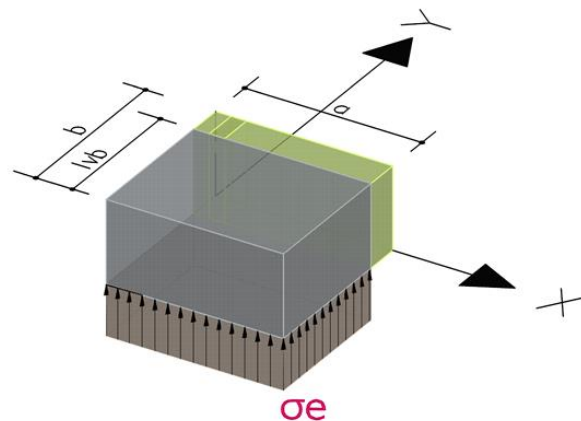
El cortante es el esfuerzo interno que actúa en el plano paralelo a la dirección de la carga aplicada. Las cargas transversales aplicadas en una sección de hormigón armado tienden a deslizar las secciones transversales unas con respecto a otras, lo que además provoca grietas diagonales con respecto al eje longitudinal en el hormigón. El diseño de la sección de hormigón depende de la capacidad del hormigón sin refuerzo y del refuerzo transversal a cortante que aportan los estribos, siendo las varillas verticales colocadas a lo largo de la longitud de la sección (Nilson, 2001).

Cortante Unidireccional

En el diseño de cortante unidireccional, la ACI318-19 en el apartado 9.4.3.2b señala que la sección crítica que se analiza se localiza a la distancia d , desde la cara de la columna.

Ilustración 7

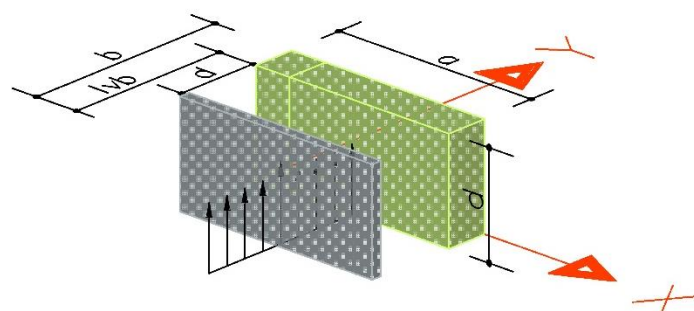
Sección crítica dirección “Y”



Fuente (Autor)

Ilustración 8

Cálculo del esfuerzo cortante



Fuente (Autor)

La presión del suelo se convierte en una carga distribuida multiplicándose por la dimensión de la zapata guiándose en la Ilustración 7 y 8 la fuerza cortante en Y se obtiene multiplicando la presión por la dimensión “a”. La carga distribuida obtenida se multiplica por la longitud del volado “lvb” menos el peralte de la zapata “d” ($lvb -$

d) obteniendo la fuerza cortante que al ser dividida por el área resistente ($a \times d$) obtenemos el esfuerzo cortante último V_u (Vasquez, 2010).

El cortante que aporta el concreto de la zapata se calcula

Ecuación 4

$$V_c = \phi v * \left(8 * \lambda * p_w^{\frac{1}{3}} * \sqrt{f'_c} + \frac{N_u}{6 * A_g} \right) * b_w * d \quad (4)$$

Donde:

ϕv : Factor de reducción de resistencia Cortante

λ : Factor de modificación Peso del concreto

p_w : Cuantía del área de refuerzo

f'_c : Resistencia a la compresión del hormigón

N_u : Carga Axial

A_g : Área bruta de la sección de concreto

b_w : Ancho de la sección

d : Distancia de la fibra extrema en compresión hasta el centroide del refuerzo longitudinal en tracción

El diseño a corte de la zapata debe cumplir el requerimiento de $\phi V_c \geq V_u$

Diseño a Corte Bidireccional

Cuando una columna transmite una carga concentrada a una zapata, puede generar un esfuerzo cortante concentrado alrededor de la columna. Este esfuerzo puede provocar una falla por punzonamiento, similar a un "perforado" del concreto en la zona de contacto. Para prevenir este tipo de falla, el código ACI 318-19 establece que la sección crítica a verificar se encuentra a una distancia igual a la mitad de la altura efectiva del elemento de refuerzo ($d/2$) de las caras de la columna (Vasquez, 2010).

El esfuerzo máximo por punzonamiento se obtiene aplicando la siguiente ecuación.

Ecuación 5

$$V_{UPZ} = \frac{P_U - (\sigma_u \cdot A_C)}{b_o \cdot d} \quad (5)$$

Donde:

P_U : Carga Axial en estado limite último

σ_u : Presión del suelo producto de las cargas en estado límite último.

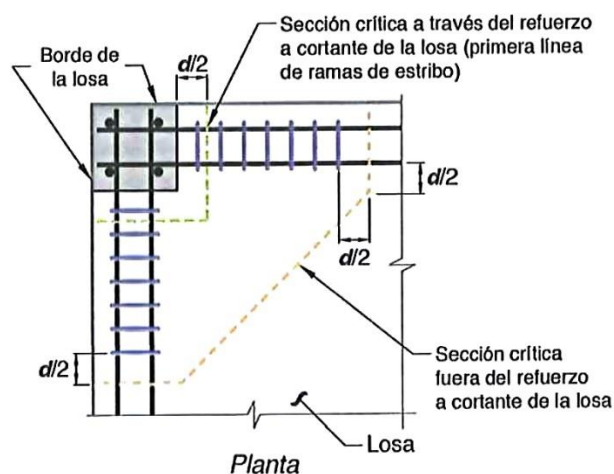
A_C : Área crítica

d : Distancia de la fibra extrema en compresión hasta el centroide del refuerzo longitudinal en tracción.

b_o : Perímetro crítico

Ilustración 9

Gráfica Punzonamiento



Fuente (ACI 318, 2019)

El esfuerzo resistente V_{cp} del hormigón en la zapata se calcula según la ACI 318-19 apartado 22.6.5.2, de acuerdo a este apartado el cortante se evalúa en las siguientes ecuaciones y se selecciona el menor valor (ACI 318, 2019).

Ecuación 6

$$Vc1a = (4 \cdot \lambda \cdot \lambda_s \cdot \sqrt{f'c}) \quad (6)$$

Ecuación 7

$$Vc1b = \left(2 + \frac{4}{\beta}\right) \cdot \lambda \cdot \lambda_s \cdot \sqrt{f'c} \quad (7)$$

Ecuación 8

$$Vc1c = \left(2 + \frac{\alpha_s \cdot d}{b_o}\right) \cdot \lambda \cdot \lambda_s \cdot \sqrt{f'c} \quad (8)$$

Donde:

λ_s : Factor de modificación por efecto del tamaño

λ : Factor de modificación Peso del concreto

$f'c$: Resistencia a la compresión del hormigón

α_s : Factor alfa s igual a 20 columna de esquina

β : Relación dimensión larga, dimensión corta de columna

b_o : Perímetro de la sección crítica

d : Distancia de la fibra extrema en compresión hasta el centroide del refuerzo longitudinal en tracción

El requerimiento de este diseño debe cumplir la condición $\frac{V_{UPZ}}{\phi V_{cp}} \leq 1$.

La siguiente teoría abordará la interacción suelo-cimentación. La importancia de esta teoría radica en explicar el funcionamiento de los modelos de elementos finitos que simulan el suelo en el software SAFE CSI, software que fue utilizado para la validación del programa desarrollado. Comprender su funcionamiento ayuda a

identificar diferencias con un modelo analítico con el fin de proponer correcciones en la solución de la problemática.

Interacción Suelo – Cimentación en SAFE

La interacción entre el suelo, la cimentación y la estructura es compleja debido a la variabilidad de las propiedades del suelo, el tipo de cimentación y los materiales de construcción utilizados (Cueva, 2008). Esta complejidad requiere el uso de ecuaciones y herramientas avanzadas, como métodos analíticos, análisis de elementos finitos, modelado experimental, simulaciones y técnicas modernas como la optimización y el machine learning.

En el pasado, los cálculos manuales limitaban el análisis global de estas interacciones, pero con el avance de la computación, ahora es posible combinar métodos analíticos y de elementos finitos para obtener soluciones más precisas y en menos tiempo. En esta investigación, se ha utilizado el software SAFE de CSI (Computers and Structures, Inc.) para el análisis y diseño de cimentaciones, permitiendo verificar los cálculos realizados de manera eficiente y fiable.

El análisis de la interacción suelo-cimentación en SAFE se realiza a través de un proceso estructurado. El primer paso consiste en crear un modelo que incluya la definición de los casos de carga, las propiedades de los materiales, y las secciones de los elementos. Posteriormente, se definen las “Spring Properties” o “Propiedades de Resorte”, que simulan el comportamiento del suelo bajo la cimentación (CSI, 2024).

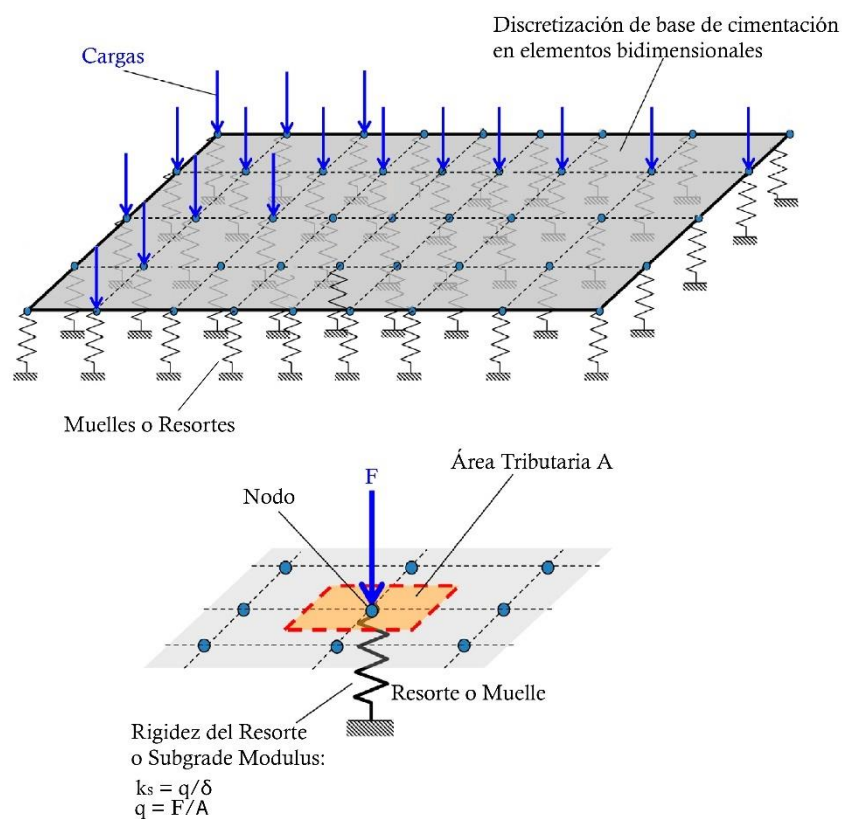
Dentro de esta funcionalidad, se pueden utilizar resortes puntuales, lineales o de área. Los resortes de área, en particular, son útiles para modelar el comportamiento de grandes superficies, ya que se basa en la discretización del área total en una malla de pequeñas áreas, generalmente cuadradas. En cada nodo de la malla, se asigna un resorte cuya rigidez se calcula en función del área tributaria, es decir, la porción del

área total que influencia ese nodo específico (Computers & Structures.Inc, 2022) según se indica en la Ilustración 10.

La rigidez de los resortes varía dependiendo de la posición del nodo en la estructura. Un nodo ubicado en el interior de la cimentación suele ser más rígido que uno en una esquina, debido a las diferencias en las áreas tributarias y las condiciones de borde. Esta variabilidad es crucial para modelar correctamente la distribución de cargas y deformaciones en el suelo, logrando un análisis más realista del comportamiento del sistema suelo-cimentación (Computers & Structures.Inc, 2022).

Ilustración 10

Modelo Computacional del enfoque de análisis de los resortes de Winkler



Fuente: (Loukidis & Tamiolakis, 2017)

La presión de contacto entre elementos estructurales se relaciona con la deformación de los resortes en los nodos y su desplazamiento. Para calcular esta

presión, se multiplica la constante de rigidez del resorte por el desplazamiento del nodo al que están conectados (Freire, 2000) cómo se visualiza en la Ilustración 10.

Ecuación 9

$$q = k \times \delta \quad (9)$$

Donde:

q= Presión o carga por unidad de área

k= Constante de rigidez (kgf/cm^2)/ cm

δ =Asentamiento o deformación vertical del suelo por incremento de carga.

El funcionamiento mencionado tiene su origen de la teoría desarrollada por Winkler en 1867, que en los posteriores años el método fue impulsado aplicándose en el estudio de vías férreas y utilizado en los trabajos de Terzaghi (Freire, 2000)

El coeficiente de balasto se puede obtener tras realizar un análisis geotécnico, el cual puede complementarse con el uso de software especializado que trabaje con las dimensiones reales de la cimentación. Este análisis permite calcular la capacidad de carga actuante y el asentamiento de la cimentación. Al dividir estos dos parámetros, se obtiene el coeficiente de balasto (Fine Software, 2024).

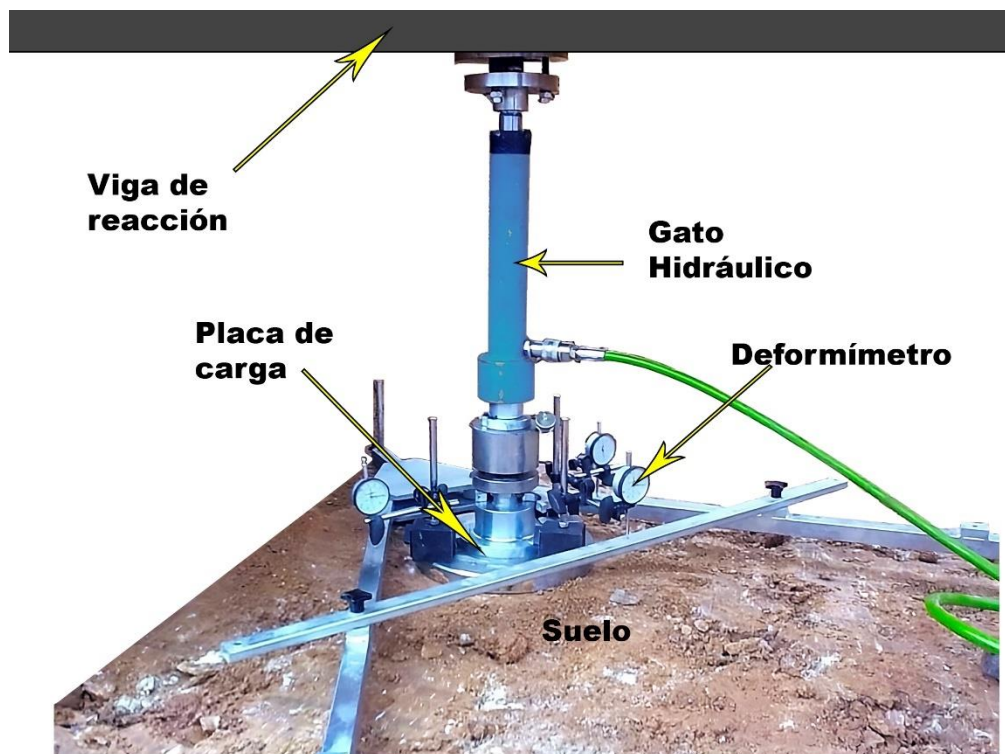
Este coeficiente puede determinarse mediante un ensayo de placa de carga o a través de tablas que requieren conocer ciertos parámetros, como el tipo de suelo, la capacidad última de carga, el módulo de deformación, el coeficiente de Poisson y el número de golpes del ensayo de penetración estándar (SPT). Sin embargo, al obtener el coeficiente de balasto, es necesario ajustarlo a las dimensiones reales de la zapata,

utilizando ecuaciones propuestas por autores como Terzaghi o Aleksander Vesic (Freire, 2000).

En el ensayo de placa de carga sobre el terreno (Ilustración 11), se coloca una placa rígida sobre la superficie del suelo y se aplica una carga progresiva, midiendo el asentamiento resultante. Si la placa es cuadrada, suele medir 30 cm de lado (1 pie); si es circular, debe tener la misma área. El módulo k_{30} se obtiene a partir de un gráfico que relaciona la tensión con la deformación. Se toma como referencia el valor de tensión que genera una deformación de 1.27 mm (0.05 pulgadas). En otras palabras, el módulo k_{30} corresponde a la pendiente de la recta que conecta el origen de coordenadas con el punto de la curva "tensión-deformación" en ese valor de deformación (Cueva, 2008) como se muestra en la Ilustración 12.

Ilustración 11

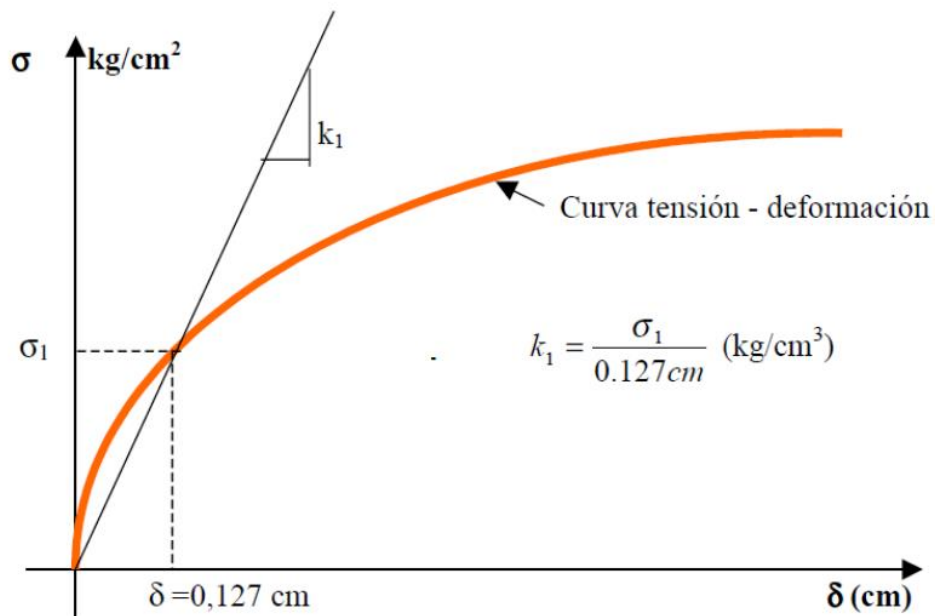
Ensayo de placa de Carga in situ



Fuente (Zuloaga, 2023)

Ilustración 12

Coefficiente de Balasto



Fuente (Cueva, 2008)

En tablas, a partir de parámetros como el tipo de suelo tenemos valores del coeficiente de balastos K30 propuestos por la norma española en el documento básico SE-C (Seguridad estructural- Cimientos) (Ministerio de Fomento, 2019) véase tabla 2, mientras que autores como José Jiménez Salas (Salas, 1975) en la tabla que propone hay casos que se debe considerar la capacidad admisible o el número de golpes del

ensayo SPT tabla 3. Si se utiliza cualquiera de las tablas se debe aplicar un ajuste de coeficiente con base a las dimensiones reales de la zapata.

Tabla 2

Valores orientativos K30

Valores Orientativos del Coeficiente de Balasto, K30	
Tipo de Suelo	$K_{30} (MN/m^3)$
Arcilla blanda	15 - 30
Arcilla media	30 - 60
Arcilla dura	60 - 200
Limo	15 - 45
Arena floja	10 - 30
Arena media	30 - 90
Arena compacta	90 - 200
Grava arenosa floja	70 - 120
Grava arenosa compacta	120 - 300
Margas arcillosas	200 - 400
Rocas algo alteradas	300 - 5000
Rocas sanas	> 5000

Fuente: (Ministerio de Fomento, 2019)

Tabla 3

Valores del módulo de deformación y coeficiente de Balasto

Tipo de Suelo	Módulo de deformación E_o (kgf/cm ²)	Coeficiente de balasto Placa 1ft ² K_s (kgf/cm ³)
* Suelo Fangoso	11 a 33	0.5 a 1.5
* Arena seca o húmeda, suelta (N SPT 3 a 9)	0.16H a 0.48 H	1.2 a 3.6
* Arena seca o húmeda, media (N SPT 9 a 30)	0.48H a 1.60 H	3.6 a 12
* Arena seca o húmeda, densa (N SPT 30 a 50)	1.60H a 3.20 H	12 a 24
* Grava fina con arena fina	1.07H a 1.33 H	8 a 10
* Grava media con arena fina	1.33H a 1.60 H	10 a 12
* Grava media con arena gruesa	1.60H a 2.00 H	12 a 15
* Grava gruesa con arena gruesa	2H a 2.66 H	15 a 20

* Grava gruesa firmemente estratificada	2.66H	a	5.32 H	20	a	40
** Arcilla blanda qu (0.25 a 0.50 kgf/cm ²)	15	a	30	0.65	a	1.3
** Arcilla media qu (0.50 a 2.00 kgf/cm ²)	30	a	90	1.3	a	4
** Arcilla compacta qu (2.00 a 4.00 kgf/cm ²)	90	a	180	4	a	8
Arcilla margosa dura qu (4.00 a 10.00 kg/cm ²)	180	a	480	8	a	21
Marga arenosa rígida	480	a	1000	21	a	44
Arena de miga y tosco	500	a	2500	22	a	110
Marga	500	a	50000	22	a	2200
Caliza margosa alterada	3500	a	5000	150	a	220
Caliza sana	20000	a	800000	885	a	36000
Granito Meteorizado	700	a	200000	30	a	9000
Granito Sano	40000	a	800000	1700	a	3600

H = profundidad del pozo de cimentación en cm
 * = Terrenos granulares si están sumergidos se tomarán con un E_o o K_s igual a los de la tabla multiplicados por 0.60
 ** = Los valores considerados corresponden a cargas de corta duración. Si se consideran cargas permanentes que produzcan Q y M y a de tener lugar la consolidación se multiplicarán los valores de E_o y K_s de la tabla por 0.25

Fuente (Valencia, 2014)

El método para ajustar el coeficiente de balasto a las dimensiones reales de zapata se fundamenta en formulaciones obtenidas por Karl Terzaghi una para terrenos granulares y otra para terrenos cohesivos en zapatas cuadradas mientras que para zapatas rectangulares se utiliza una única fórmula que requiere un previo cálculo utilizando las fórmulas de zapatas cuadradas (Valencia, 2014).

Cimentación cuadrada ancho = largo = B

$$\begin{array}{l}
 \text{Terreno} \\
 \text{Granular}
 \end{array}
 K_{BB} = K_{30} \left(\frac{B (m) + 0.3 (m)}{2 B (m)} \right)^2 \quad (10)$$

Terreno
Cohesivo

$$K_{BB} = K_{30} \left(\frac{0.3(m)}{B (m)} \right) \quad (11)$$

Cimentación Rectangular ancho = B, largo = L

Terreno
Granular
Cohesivo

$$K_{BL} = \frac{2}{3} K_{BB} \left(\frac{kgf}{m^3} \right) \left(1 + \frac{B (m)}{2 L (m)} \right) \quad (12)$$

Existen diferentes alternativas para el cálculo entre ellas la formulación de Vesic

$$k = 0.65^{12} \sqrt{\frac{E_S B^4}{E_F I_F} \frac{E_S}{B(1 - \mu_S^2)}} \quad (13)$$

Cuya aproximación practica es:

$$k = \frac{E_S}{B(1 - \mu_S^2)} \quad (14)$$

Donde:

E_S Módulo de elasticidad del suelo.

B Ancho de la cimentación.

E_F Módulo de elasticidad del material de la cimentación.

μ_S Coeficiente de Poisson del suelo.

I_F Coeficiente de Poisson del suelo.

El uso del coeficiente de balasto se usa en SAFE asignándose a la propiedad del suelo siendo el módulo de reacción del suelo se utilizado para la verificación y validación del programa creado.

En resumen, el análisis por elementos finitos (FEM) de elementos (vigas y losas) apoyados sobre una base elástica, el módulo de rigidez del suelo, coeficiente de Balasto k_{30} , es fundamental ya que representa la resistencia del terreno ante las deformaciones de los elementos. En este método, la viga o losa se divide en pequeños elementos, y para cada uno se crea una matriz de rigidez que relaciona las fuerzas internas con los desplazamientos. El módulo k_{30} se añade como un término extra en la matriz de rigidez del elemento, afectando las ecuaciones de equilibrio al introducir una fuerza de restauración proporcional a la deflexión del elemento en cada punto. Esto simula la resistencia del suelo contra el hundimiento de la viga.

Por tanto, k_{30} afecta directamente a la rigidez global de la estructura al modificar las entradas correspondientes de la matriz de rigidez del sistema, haciendo que el suelo y los elementos (losa o viga) trabajen de manera integrada.

La deformación de la viga en FEM se obtiene resolviendo el sistema de ecuaciones global derivado de la matriz de rigidez, que incluye tanto los efectos del material de la viga (a través del momento de inercia y módulo de elasticidad) como la

interacción con el suelo elástico (a través de k_{30}). Las relaciones de compatibilidad aseguran que las deflexiones sean continuas y coherentes en los nodos donde se conectan los diferentes elementos de la viga, lo que da una representación más precisa de las deformaciones y esfuerzos en comparación con los métodos tradicionales de análisis estático.

El concepto que se aborda a continuación es de suma importancia, ya que describe la regresión polinómica. Este método se empleó para proporcionar una solución más precisa, con resultados similares a los generados por los modelos de elementos finitos implementados en el software SAFE CSI, para el cálculo de los momentos y cortantes máximos de diseño de las vigas de conexión.

Regresión Polinómica

La regresión polinómica es una técnica de modelado estadístico utilizada para describir la relación una variable dependiente (variable de salida) y variables independientes (variables de entrada), dicho en otros términos es una forma de ajustar la variable dependiente a un polinomio de grado n o ecuación polinomial. A diferencia de una regresión lineal que puede ser simple cuando los datos se pueden ajustar a una línea recta, o puede ser una relación lineal múltiple cuando tiene más de una variable independiente ajustando los datos a una ecuación lineal. La ventaja de utilizar estas técnicas se fundamenta en permitir un análisis predictivo (Rojas, 2021).

La regresión polinómica se usa para capturar patrones complejos el grado de la variable permite ajustar la ecuación a diferentes tipos de curvatura como el ejemplo en la Ilustración 13. La ecuación de la regresión polinómica de grado n se expresa como (Rojas, 2021) visualizar la

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X + \beta_2 X^2 + \dots \dots \dots + \beta_n X^n + \epsilon \quad (15)$$

Y es la variable dependiente.

X es la variable independiente.

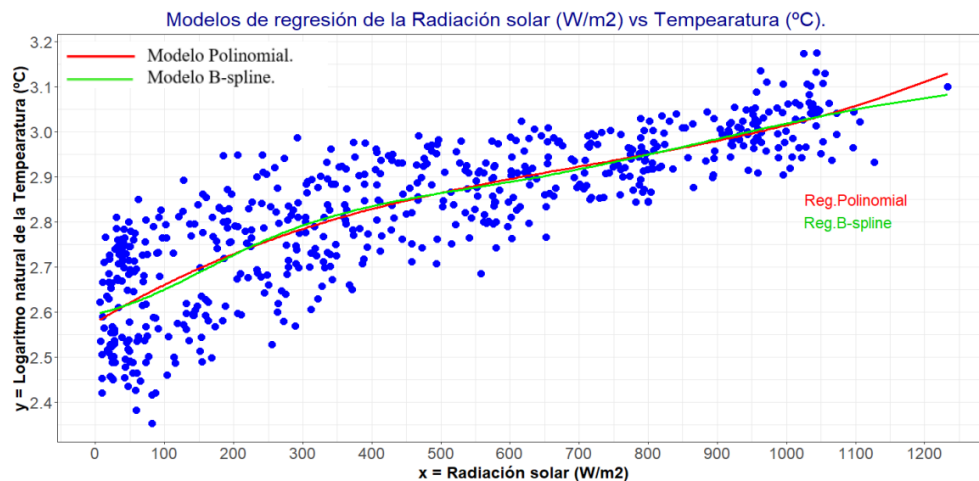
X^2, X^3, \dots, X^n son los términos polinomiales.

ϵ es el término de error.

Hay que mencionar que esta ecuación es la base utilizada para crear nuevas características a partir del conjunto de datos con el objetivo de mejorar el rendimiento del modelo predictivo, este proceso se conoce como Feature Engineering, las características creadas son nuevos términos polinómicos como X^2, X^3 , e interacciones como el producto de variables independientes $X_1 \cdot X_2$, este proceso este encargo por las bibliotecas que se utilicen en el lenguaje de programación (Rojas, 2021).

Ilustración 13

Ejemplo de regresión polinomial de la radiación solar vs temperatura



Nota esta ilustración presenta una regresión lineal en el plano X – Y Fuente (Rojas, 2021)

Una alternativa cuando cualquier tipo de regresión no genera los resultados adecuados es optar por árboles de decisión y bosque aleatorios.

La relación con el Machine Learning, es directa considerándose como un algoritmo básico y fundamental (Chanchí, Camapo, & Sierra, 2020), las características con las que se relaciona son:

- Modelo de aprendizaje supervisado, esto significa que se proporcionan las variables independientes y dependientes, para que el modelo aprenda una función para predecir los valores.
- El ajuste del modelo se realiza mediante el error cuadrático medio para comparar los valores predichos con los valores reales, este ajuste se conoce como minimización de función de costo.
- La generalización mediante técnicas de regularización se busca que aparte de que el modelo se ajuste a los datos debe ser capaz de generalizar a nuevos datos inicialmente no incluidos, este concepto dentro del machine learning se traduce en evitar un sobreajuste.
- Sus aplicaciones prácticas comprenden desde predicción de precios de bienes, ventas, ingresos gastos, patrones climáticos, predicción de fallas en sistemas, análisis de deflexiones en elementos estructurales, estudiar la relación de variables psicológicas y sociológicas, incluso en resultados de tratamientos médicos.

Los comandos, funciones y bibliotecas utilizadas en la creación de las ecuaciones para la obtención de momentos y cortantes máximos de las vigas de conexión revisar anexo 7:

from google.colab import files:

Este comando importa el módulo "files" de Google Colab, que permite interactuar con archivos en el entorno de Google Colab. Por ejemplo, se puede cargar archivos desde la computadora o descargarse desde Google Colab.

import pandas as pd:

Este comando importa la biblioteca "Pandas", que es muy útil para trabajar y analizar datos en Python. Ofrece herramientas como DataFrames y Series, que permiten organizar y analizar datos de manera eficiente, así como funciones para limpiar y transformar los datos (Scikit-learn developers, nd).

from sklearn.linear_model import LinearRegression:

Este comando importa la clase "LinearRegression" de Scikit-learn, que se usa para realizar regresión lineal. Este método estadístico sirve para encontrar la relación entre una variable dependiente y una o más variables independientes (Scikit-learn developers, nd).

from sklearn.preprocessing import PolynomialFeatures:

Este comando importa la clase "PolynomialFeatures" de Scikit-learn. Se utiliza para generar nuevas variables a partir de las existentes, lo que es útil cuando las relaciones entre las variables no son lineales (Scikit-learn developers, nd).

from sklearn.metrics import mean_squared_error, r2_score:

Importa las funciones mean_squared_error y r2_score de Scikit-learn: Estas funciones se utilizan para evaluar el rendimiento de un modelo de regresión (Scikit-learn developers, nd).

Este comando importa dos funciones de Scikit-learn:

mean_squared_error: mide la diferencia promedio entre los valores predichos por el modelo y los valores reales, llamado error cuadrático medio (Scikit-learn developers, nd).

r2_score: mide qué tan bien el modelo explica la variabilidad de los datos, conocido como el coeficiente de determinación (Scikit-learn developers, nd) Revisar Anexo 7.

2.2.3 Normativas Empleadas

Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC 15)

La Normativa Ecuatoriana de la Construcción (NEC) es el conjunto integral de reglamentos y estándares que regulan la construcción en Ecuador establece los requisitos técnicos y de seguridad para el diseño, construcción, mantenimiento y demolición de edificaciones e infraestructuras, con el objetivo de garantizar la seguridad, funcionalidad y durabilidad de las construcciones. La NEC es sus documentos establece requisitos mínimos para instalaciones (eléctricas, sanitarias, mecánicas), criterios de sostenibilidad y eficiencia energética este trabajo, se centrará específicamente en los capítulos NEC-SE-HM (Estructuras de Hormigón Armado) y NEC-SE-GC (Geotecnia y Cimentaciones), relacionados con la seguridad estructural de las edificaciones. El cumplimiento de La Normativa Ecuatoriana de la Construcción es obligatorio para todos los proyectos de construcción en el país (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2015).

American Concrete Institute (ACI) 318-19

El American Concrete Institute (ACI) 318-19 es un código de regulaciones o normas que establece los requisitos para el diseño y construcción de estructuras de concreto, es utilizado en su país de origen Estados Unidos, pero tiene el reconocimiento y aceptación a nivel internacional al punto de ser considerada en la elaboración de normativas para algunos países. El documento contiene especificaciones sobre materiales, métodos de análisis y diseño estructural, incluyendo vigas, columnas, losas, muros y fundaciones, así como detalles del acero de refuerzo y conexiones.

Abarca procedimientos de construcción, control de calidad, inspección y pruebas de materiales, y considera cargas permanentes, variables, de impacto y sísmicas. Además, incluye pautas para la durabilidad, sostenibilidad, y diseño sísmico, así como la evaluación, reparación y refuerzo de estructuras existentes. Este código es fundamental para profesionales como ingenieros, arquitectos y constructores, proporcionando la información técnica para asegurar la integridad y seguridad de las estructuras de concreto (ACI 318, 2019).

Capítulo 3 Materiales y métodos.

3.1 Metodología Propuesta

Este trabajo se fundamenta en una investigación bibliográfica exhaustiva sobre el análisis estructural de zapatas de esquina con vigas de conexión. La revisión de la literatura existente reveló una escasez de información específica sobre estos elementos estructurales. Habitualmente, la solución empleada en este tipo de cimentaciones superficiales implica el uso de vigas de conexión, que vinculan la zapata de esquina con zapatas adyacentes, generalmente medianeras o de lindero. El equilibrio de este sistema se consigue gracias a la interacción entre las columnas en las zapatas medianeras y el trabajo a flexión de las dos vigas conectoras.

El Ingeniero José Calavera (Calavera, 2000) propone un enfoque donde un sistema de cimentación con cuatro columnas se analiza separando, por un lado, la zapata de esquina y sus dos vigas de conexión, y por otro, las zapatas medianeras equilibradas con una cuarta columna ubicada en una zapata interior. En este esquema, el equilibrio de las zapatas medianeras se logra mediante una viga de conexión que une estas con la zapata interior.

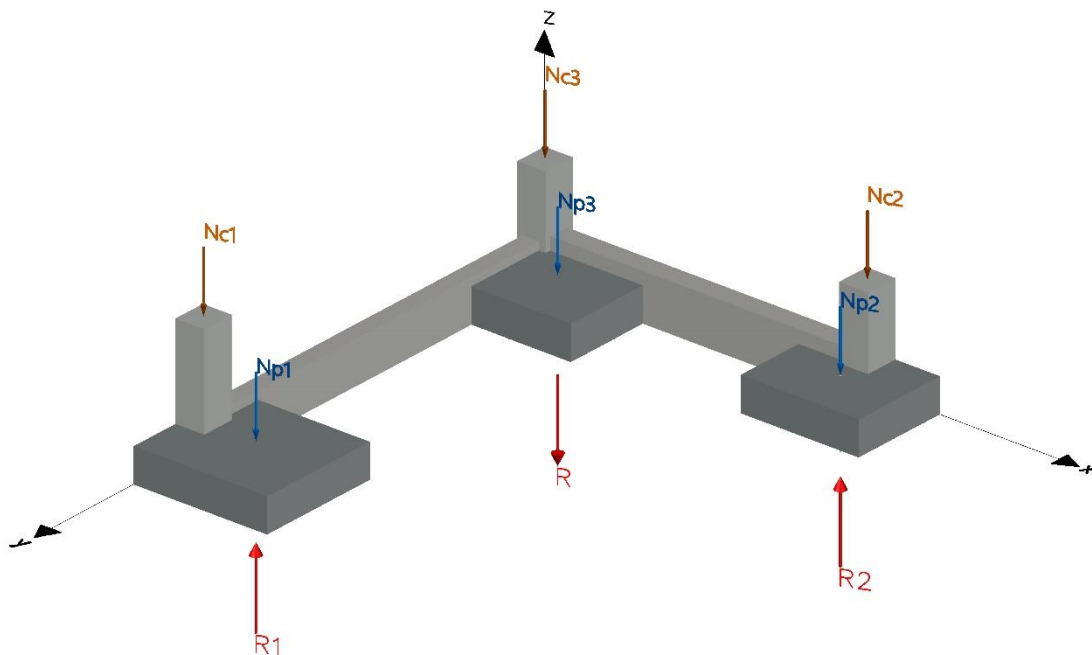
Equilibrio de Zapatas de Esquina

Calavera propone una solución basada en una distribución uniforme de tensiones, lograda a través de dos vigas centradoras. Su esquema considera las cargas axiales en las tres columnas, el peso propio de las cimentaciones y las reacciones ascendentes en las zapatas medianeras, causadas por la reacción centrada en la zapata de esquina como se muestra en la Ilustración 14. Las ecuaciones de equilibrio se aplican al sistema, sumando las fuerzas en el eje Z y los momentos respecto a los ejes X' y Y', paralelos a X y Y (Calavera, 2000) revisar Ilustración 15.

- N_{c1} , N_{c2} , N_{c3} : Cargas axiales.
- N_{p1} , N_{p2} , N_{p3} : Pesos de las cimentaciones.
- R , R_1 , R_2 : Reacciones.

Ilustración 14

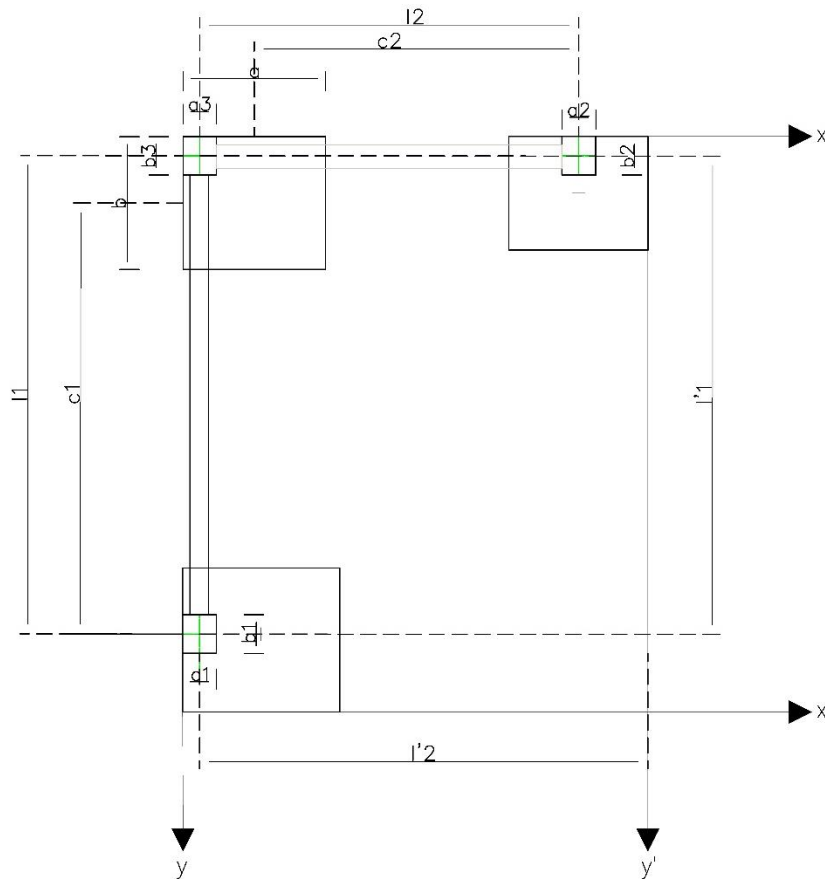
Modelo propuesto por José Calavera



Fuente (Calavera, 2000)

Ilustración 15

Esquema de ejes y distancias propuesto por José Calavera



Fuente (Calavera, 2000)

Arq. Pablo Galletero Moreno amplió el método de José Calavera, considerando las acciones sobre la cimentación. Estas incluyen los pesos propios de la zapata de esquina (P_{ze}), las vigas centradoras (P_{vc1} , P_{vc2}) y las tierras o soleras (P_{se} , P_{sc1} , P_{sc2}), incluyendo posibles sobrecargas. Respecto al pilar de esquina, se consideran esfuerzos axiales, momentos flectores y cortantes en tres dimensiones (Galletero, 2016).

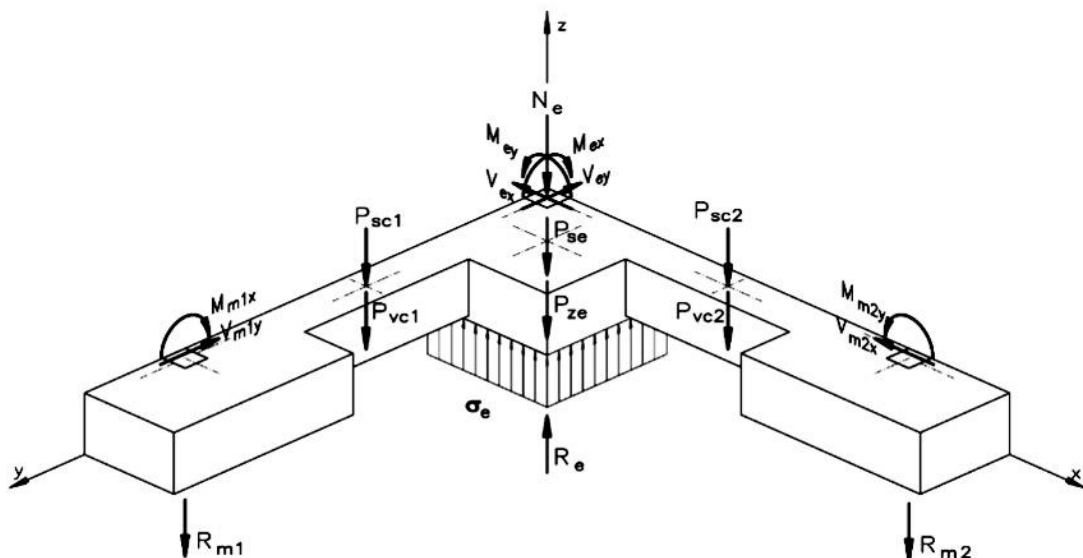
Para simplificar el análisis, se excluyen el peso y las tensiones de contacto de las zapatas de medianería auxiliares, al generar un desequilibrio que obligaría a un

análisis más complejo de torsión. Solo se consideran los momentos y cortantes en los pilares de medianería, junto con las fuerzas R_{m1} y R_{m2} , que representan el efecto estabilizador de las zapatas auxiliares sobre la de esquina (Galletero, 2016).

El equilibrio de las cargas se logra mediante las tensiones de contacto entre la zapata de esquina y el terreno. El modelo convencional asume una distribución uniforme de tensiones, nula bajo las vigas centradoras. Esto reduce el problema a tres incógnitas: la resultante R_e de las tensiones en la zapata de esquina y las fuerzas R_{m1} y R_{m2} (Galletero, 2016).

Ilustración 16

Modelo de cimentación propuesto por Galletero

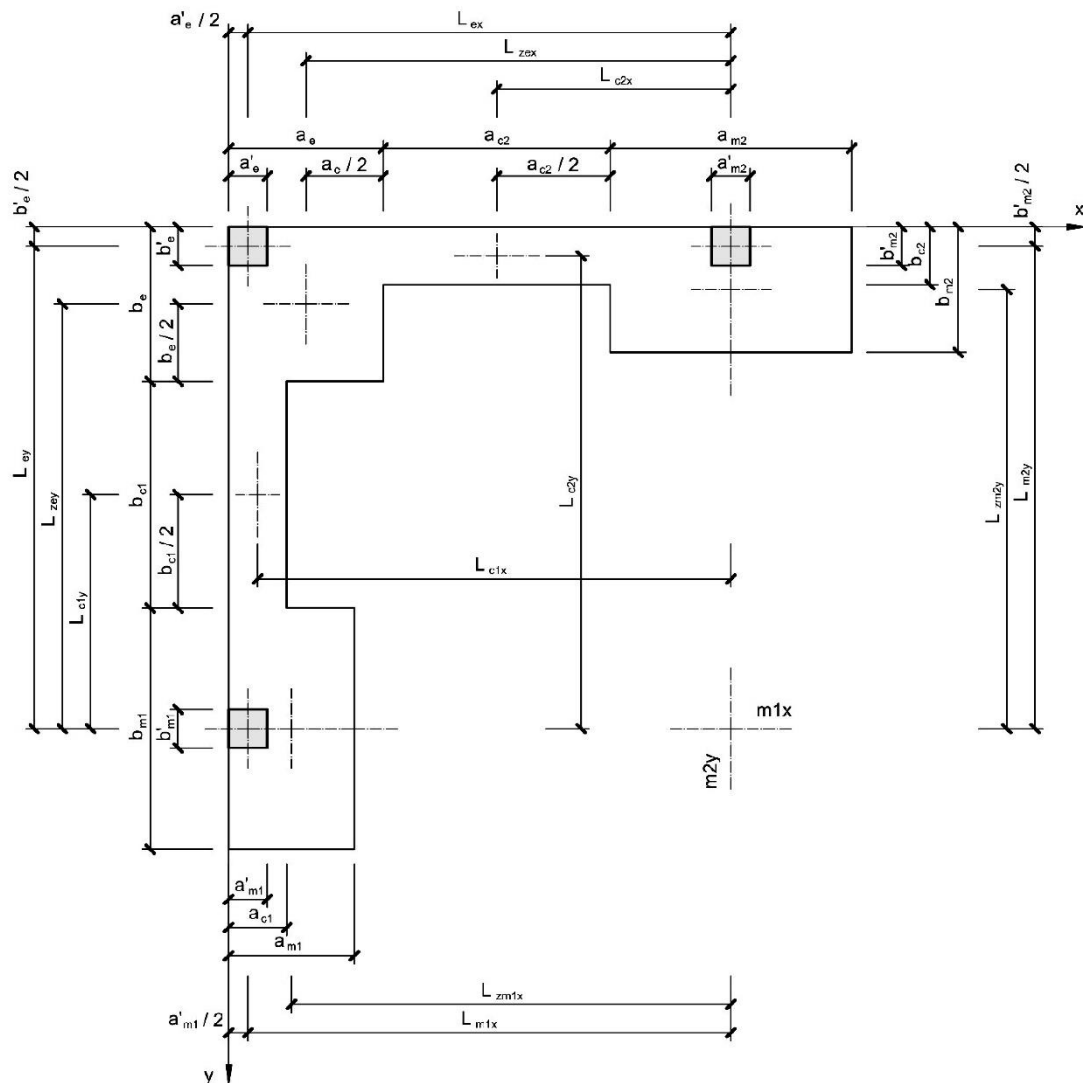


Fuente (Galletero, 2016)

Para resolver estas incógnitas, se plantean tres ecuaciones de equilibrio: una para las fuerzas verticales y dos para los momentos respecto a los ejes $m1x$ y $m2y$, que pasan por los centros de gravedad de las zapatas de medianería (Galletero, 2016).

Ilustración 17

Esquema de ejes y distancias propuesto por Galletero



Fuente (Galletero, 2016)

Aplicación del Método

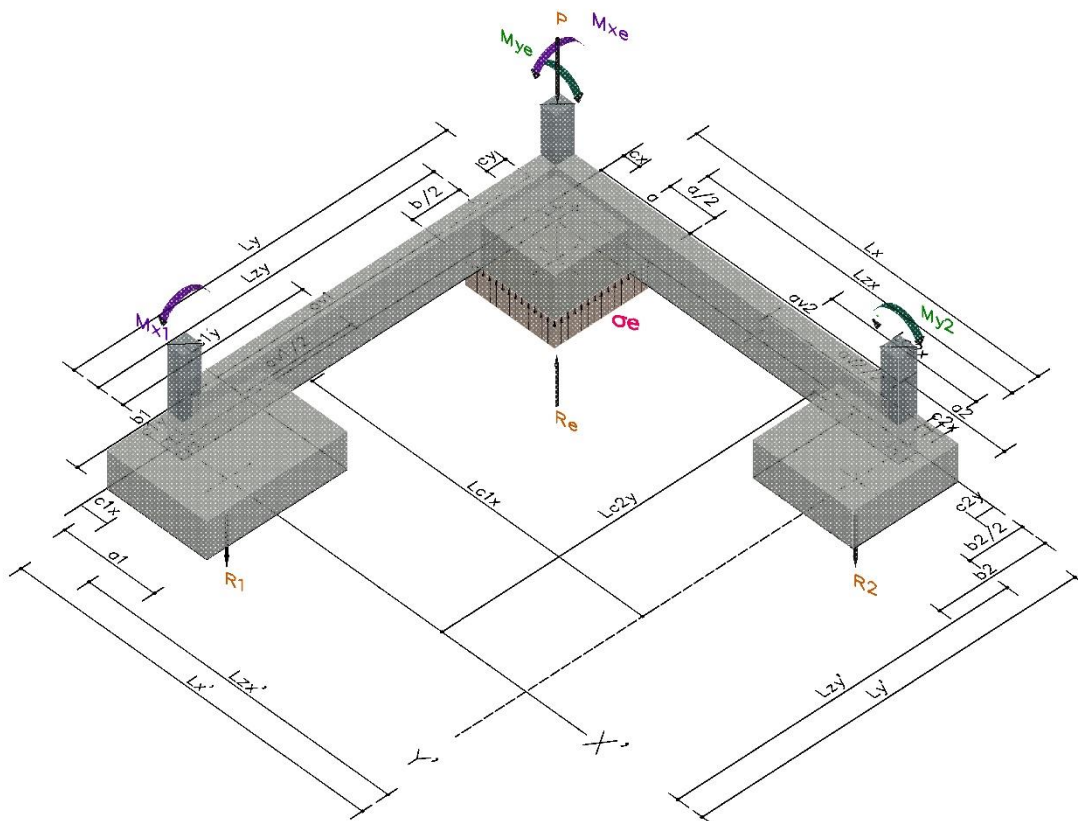
En esta investigación, se adopta la metodología de Pablo Galletero, replicando los criterios tomados en cuenta en su análisis es decir no se consideran las cargas transmitidas a las columnas de las zapatas medianeras y calculándose las resultantes

R_1 y R_2 , fuerzas equilibrantes que provienen de los momentos y cargas del sistema de cimentación. Una modificación que se realizó fue no considerar las fuerzas cortantes por su influencia en el cálculo de presiones resultantes. El diseño de este sistema de cimentación es un proceso iterativo: una vez que se diseña el sistema de zapatas medianeras, se procede con el diseño de la zapata de esquina. Si R_1 y R_2 pueden anularse en el análisis estático, el diseño se considera finalizado. De lo contrario, se recalcula el diseño hasta equilibrar el sistema.

El principal objetivo de este método es asegurar que las vigas de equilibrio produzcan una distribución uniforme de presiones bajo las zapatas.

Ilustración 18

Modelo del Sistema de cimentación solucionado



Fuente: Autor

Solución de Vigas de Conexión

Tanto Calavera como Galletero proponen el uso del método de secciones o cortes. Este implica realizar un análisis de equilibrio estático para calcular las reacciones en los apoyos de la viga y, posteriormente, efectuar cortes a lo largo de la viga para determinar las ecuaciones de momento flector y fuerza cortante. Sin embargo, en este estudio no se empleó dicho método con el fin de obtener resultados más cercanos al modelo computacional.

Por lo que se incorporó regresión lineal en el cálculo de momentos y cortantes para el diseño de vigas de conexión. El detalle de este proceso se encuentra en el Anexo 7.

Herramienta en SMATH Studio

El diseño de secciones, la selección del acero de refuerzo, las verificaciones de resistencia y la optimización de vigas y zapatas se realizó siguiendo las normativas NEC-15 y ACI 318-19. Todo este proceso fue programado en SMATH Studio, permitiendo la creación de gráficos y la presentación de resultados. Los diagramas de flujo desarrollados muestran el procedimiento utilizado para crear esta herramienta.

Las ecuaciones destacadas para la solución del método en el apartado de equilibrio estático se presentan en el estado límite de servicio para el cálculo de las dimensiones en planta de la zapata, mientras que las ecuaciones en estado límite último se utilizan para el diseño a corte y flexión de la zapata.

Re_1 Reacción zapata esquine

$R1$ Fuerza equilibrante zapata medianera 1

$R2$ Fuerza equilibrante zapata medianera 2

P Cargar Axial columna de zapata de esquina (ELS)

L_y Distancia desde eje de columna de esquina a columna zapata medianera 1

L_x Distancia desde eje de columna de esquina a columna zapata medianera 1

L_{zy} Distancia desde centro de zapata de esquina a centro de zapata medianera 1

L_{zy}' Distancia desde centro de zapata medianera 2 a centro de zapata medianera 1

L_{zx} Distancia desde centro de zapata de esquina a centro de zapata medianera 2

L_{zx}' Distancia desde centro de zapata medianera 1 a centro de zapata medianera 2

M_{x1} Momento en X zapata medianera 1 (ELS)

M_{y2} Momento en Y zapata medianera 2 (ELS)

M_{xe} Momento en X zapata de esquina (ELS)

M_{ye} Momento en Y zapata de esquina (ELS)

P_U Cargar Axial columna de zapata de esquina (ELU)

M_{X1_U} Momento en X zapata medianera 1 (ELU)

M_{Y2_U} Momento en Y zapata medianera 2 (ELU)

$M_{U_{Xe}}$ Momento en X zapata de esquina (ELS)

$M_{U_{Ye}}$ Momento en Y zapata de esquina (ELS)

Ilustración 19

Ecuaciones de Equilibrio estático cargas de Servicio

"EQUILIBRIO ESTÁTICO"

"Sumatoria de Fuerzas en Z"

$$Re_1 - R1 - R2 - P = 0$$

"Sumatoria de momentos Respecto X' (Horario Positivo)"

$$(Ly \cdot P) + (R2 \cdot Lzy') - (Re_1 \cdot Lzy) - Mx1 - Mxe = 0$$

"Despejando R2"

$$R2 = \frac{Mxe + Mx1 + Lzy \cdot Re_1 - Ly \cdot P}{Lzy'}$$

"Sumatoria de momentos Respecto Y' (Horario Positivo)"

$$-(Lx \cdot P) - (R1 \cdot Lzx') + (Re_1 \cdot Lzx) + My2 + Mye = 0$$

"Despejando R1"

$$R1 = \frac{Mye + My2 + Lzx \cdot Re_1 - Lx \cdot P}{Lzx'}$$

"Reemplazando R1 y R2, y despejando Re1"

$$Re_1 = \frac{((Lzx' - Lx) \cdot Lzy' - Ly \cdot Lzx') \cdot P + Lzy' \cdot Mye + Lzy' \cdot My2 + Lzx' \cdot Mxe + Lzx' \cdot Mx1}{(Lzx' - Lzx) \cdot Lzy' - Lzx' \cdot Lzy}$$

Fuente Autor

Ilustración 20

Ecuaciones de resultantes en estado limite último

"Presión del Suelo – CARGA ULTIMAS O FACTORIZADAS"

$$Re_u := \frac{\left((Lz_x' - Lx) \cdot Lzy' - Ly \cdot Lzx' \right) \cdot P_U + Lzy' \cdot (MU_{Ye} + MY2_U) + Lzx' \cdot (MU_{Xe} + MX1_U)}{(Lz_x' - Lzx) \cdot Lzy' - Lzx' \cdot Lzy}$$

$$\sigma_U := \frac{Re_u}{a \cdot b}$$

$$R2_U := \frac{MU_{Xe} + MX1_U + Lzy \cdot Re_u - Ly \cdot P_U}{Lzy'}$$

$$\sigma_{UR2} := \frac{R2_U}{a \cdot b}$$

$$R1_U := \frac{MU_{Ye} + MY2 + Lzx \cdot Re_u - Lx \cdot P_U}{Lzx'}$$

$$\sigma_{UR1} := \frac{R1_U}{a \cdot b}$$

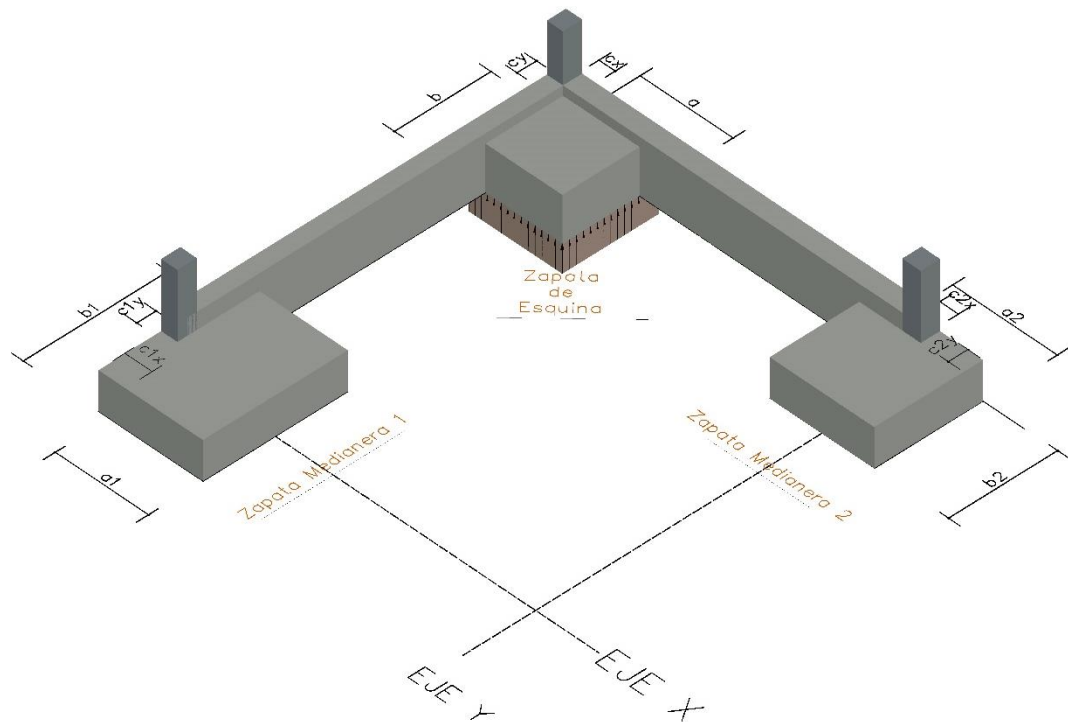
Fuente Autor

Los diagramas de flujo describen las instrucciones en Smath Studio para optimizar y automatizar, en la mayor medida posible el proceso de diseño estructural. Este proceso se materializa en algoritmos, cuya representación gráfica se muestra en los diagramas de flujo presentados a continuación. Cabe mencionar que, por el requerimiento de validación con SAFE, para simplificar los cálculos y verificaciones, en una primera instancia se realizaron los cálculos sin el peso propio de los elementos. Una vez verificados los resultados, se repitió la programación incorporando el peso propio de los materiales.

Además, el diseño de la zapata consideró un análisis tanto en la dirección X como en la Y ver Ilustración 22. En los diagramas presentados solo se muestra una dirección, ya que las ecuaciones o formulaciones son las mismas para ambas, lo que implica que solo se cambia el nombre de las variables según la dirección del análisis, mismo caso en el diseño de las vigas.

Ilustración 21

Sistema de ejes de la zapata de esquina



Fuente (Autor)

La metodología empleada en la creación del programa sigue el siguiente algoritmo:

a. Ingreso de datos (Ilustración 22)

b. Diseño geotécnico

b.1 Pre dimensionamiento de la zapata (Ilustración 23)

b.2 Dimensionamiento de la zapata (Ilustración 24)

c. Diseño Estructural

c.1 Diseño de La zapata

c.1.1 Cálculo de la altura de cimentación según el análisis en 2 direcciones (Ilustración 25)

c.1.2 Verificación de cortante unidireccional (Ilustración 25)

c.1.3 Verificación de cortante bidireccional (Ilustración 26)

c.2 Diseño de vigas de conexión

c.2.1 Cálculo de factores Resultantes (Ilustración 27)

c.2.2 Cálculo de Momentos y Cortantes de diseño (Ilustración 27)

c.2.3 Diseño a Flexión de vigas (Ilustración 28)

c.2.4 Diseño a Cortante de Vigas (Ilustración 29)

d. Resultados

d.1 Elaboración de tablas de resultados (Ilustración 30)

e. Graficas

e.1 Elaboración de graficas (Ilustración 31)

f. Guía de Usuario (Ilustración 32)

Notaciones:

- $f'c$: Resistencia del hormigón.
- γ_{hor} : Peso específico del hormigón.
- d_{agg} : Tamaño máximo del agregado.
- F_y : Resistencia del acero.
- E_s : Módulo de elasticidad del acero.
- h : Altura de la zapata.
- d_f : Profundidad de cimentación.
- rec : Recubrimiento en zapata.
- rec_V : Recubrimiento en vigas.
- dsl : Separación del nivel de fundación.
- $qadm$: Capacidad admisible del suelo.

- γ_{s_rell} : Peso específico del suelo de relleno.
- CX, CY, C1X, C1Y, C2X, C2Y: Secciones de columnas.
- Lx, Distancia entre eje de columna X y zapata medianera 2
- Ly, Distancia entre eje de columna Y y zapata medianera 1
- a1, b1, a2, b2: Dimensiones de zapatas medianeras.
- Cargas solicitantes para la columna de esquina:
 - PD: Carga de servicio muerta.
 - PL: Carga de servicio viva.
 - PE: Carga de servicio por sismo.
- Momentos solicitantes para la columna medianera 1:
 - Msx1D: Momento de servicio carga muerta en X.
 - Msx1L: Momento de servicio carga viva en X.
 - MEX1: Momento de servicio por sismo en X.
- Momentos solicitantes para la columna medianera 2:
 - Msy2D: Momento de servicio carga muerta en Y.
 - Msy2L: Momento de servicio carga viva en Y.
 - MEY2: Momento de servicio por sismo en Y.
- Momentos solicitantes para la columna de esquina:
 - MxED: Momento de servicio carga muerta en X.
 - MxEL: Momento de servicio carga viva en X.
 - Mxs: Momento de servicio por sismo en X.
 - MyED: Momento de servicio carga muerta en Y.
 - MyEL: Momento de servicio carga viva en Y.
 - Mys: Momento de servicio por sismo en Y.

- Factorización de cargas:

Combinaciones de cargas y momentos:

1.4 PD.

(1.2 PD) + (1.6 PL).

(1.2 PD) + (1.0 PE) + PL.

(0.9 PD) + (1.0 PE).

- a Dimensión en X de la zapata
- b Dimensión en Y de la zapata
- (Re1) Resultante de la zapata de esquina en Estado Limite de Servicio ELS
- Re_U Resultante de la zapata de esquina en Estado Limite de Último ELU
- (d) Distancia desde la fibra extrema en compresión al centroide del refuerzo longitudinal en tracción.
- (Vu) Esfuerzo cortante actuante
- (ϕV_c) Capacidad resistente al cortante de la zapata
- λ_s Factor de Modificación considerando efectos de altura.
- b_o Perímetro de Sección Crítica
- $\alpha_s = 20$ Relación dimensión larga, dimensión corta (ACI318-19 22.6.5.2)
- $A_c = \left(C_X + \frac{d}{2}\right) * \left(C_Y + \frac{d}{2}\right)$ Área de la sección crítica
- (Vupz) Cortante Solicitante para punzonamiento
- (Vcp) Cortante Resistente al punzonamiento
- (ϕ) Factor de Reducción de Resistencia
- (ϕVN) Cortante Nominal
- $PSR = \frac{V_{UPZ}}{\phi VN}$ Ratio de Punzonamiento
- bw * d Área Bruta de la Sección de Concreto

- λ Factor de Modificación
- Resistencia Límite a Cortante que Aporta el Concreto (ACI318-19 22.5.1.2)
- (V_{cmax}) Cortante máximo Resistente del Concreto (ACI318-19 22.5.5.1.1)
- (β_1) Factor que relaciona la profundidad del bloque rectangular equivalente de esfuerzos de compresión con la profundidad del eje neutro.
- (A_{scal}) Área de acero de refuerzo requerida
- (A_{smin}) Área de acero de refuerzo mínima
- (A_{smax}) Área de acero de refuerzo máxima

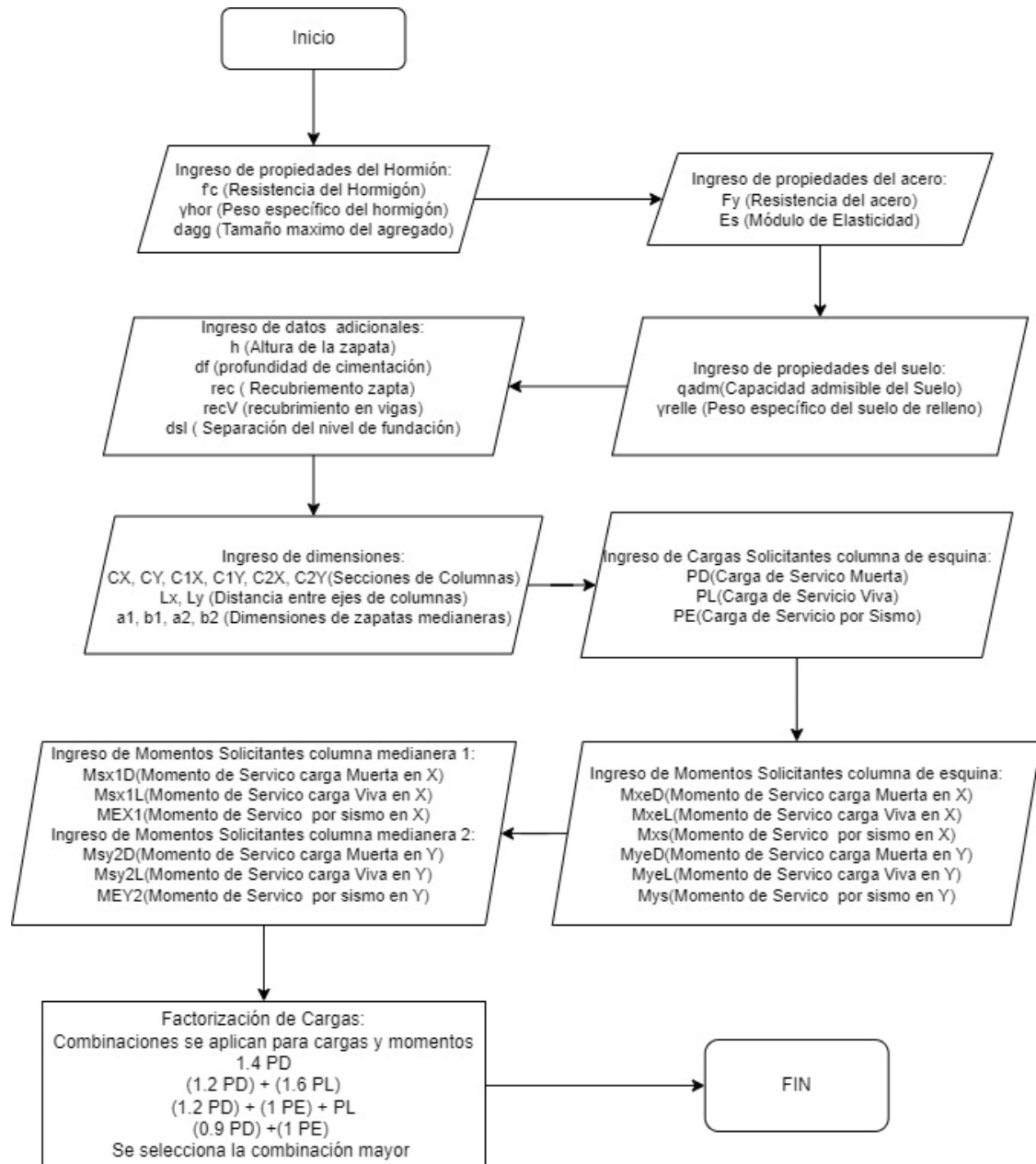
A continuación, se presentarán los diagramas de flujo para cada punto tratado en el algoritmo detallado.

a. Ingreso de datos

El diagrama de flujo de ingreso de datos admite primero propiedades de los materiales como hormigón, el acero de refuerzo y suelo. Después se continua con el ingreso de datos adicionales como profundidad de cimentación recubrimientos, etc. En el apartado de dimensiones se ingresan dimensiones de la columna de esquina, medidas de zapatas medianeras, y distancia entre ejes de columnas ver Ilustración 22. Como datos finales se ingresan cargas y momentos el valor positivo se considera según la Ilustración 44, en caso de definir momentos negativos llevan la dirección y sentido opuesto.

Ilustración 22

Diagrama de flujo del ingreso de datos

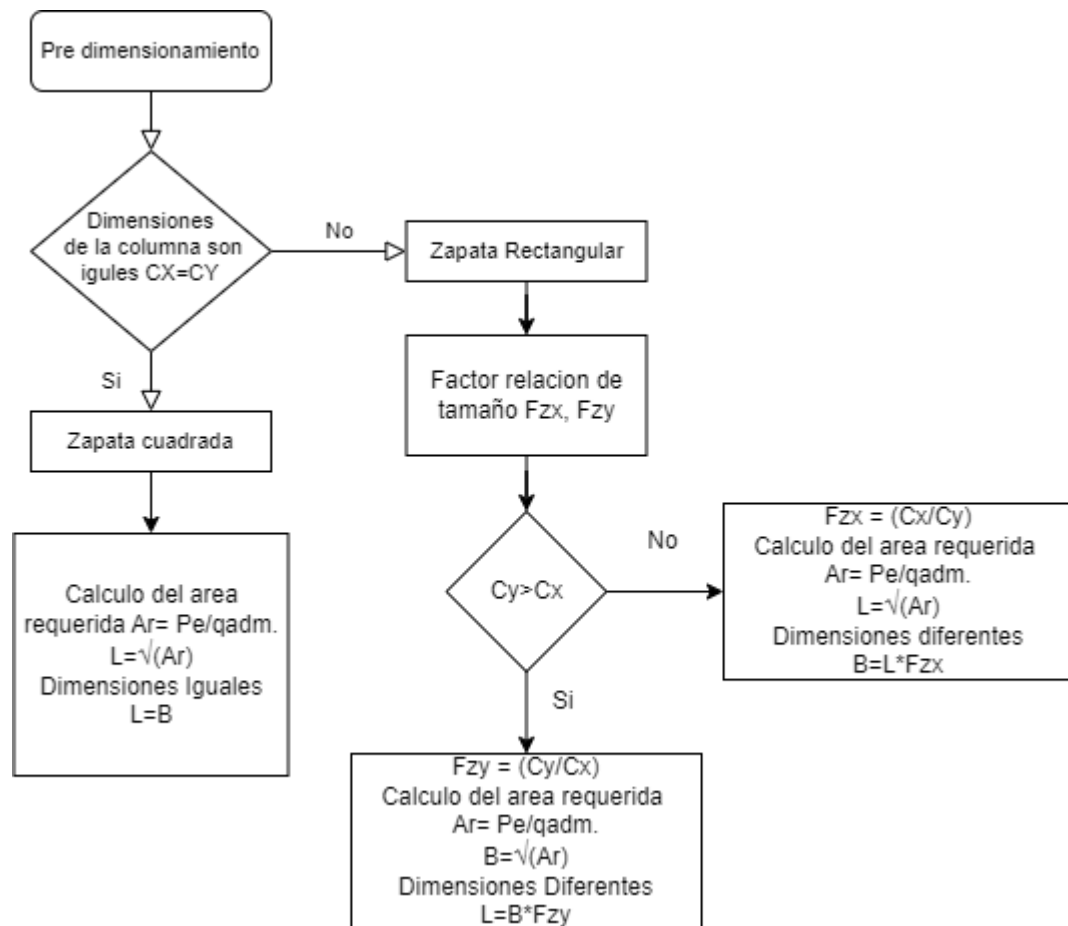
**b.Dise3o geot3cnico****b.1 Pre dimensionamiento de la zapata**

El pre dimensionamiento de la zapata se realiza calculando dimensiones de zapata en X y Y, utilizando las mismas formulaciones para una zapata cuadrada, en

este programa para zapatas rectangulares se define por la geometría de la columna como se muestra en la Ilustración 23.

Ilustración 23

Pre dimensionamiento de la zapata en planta

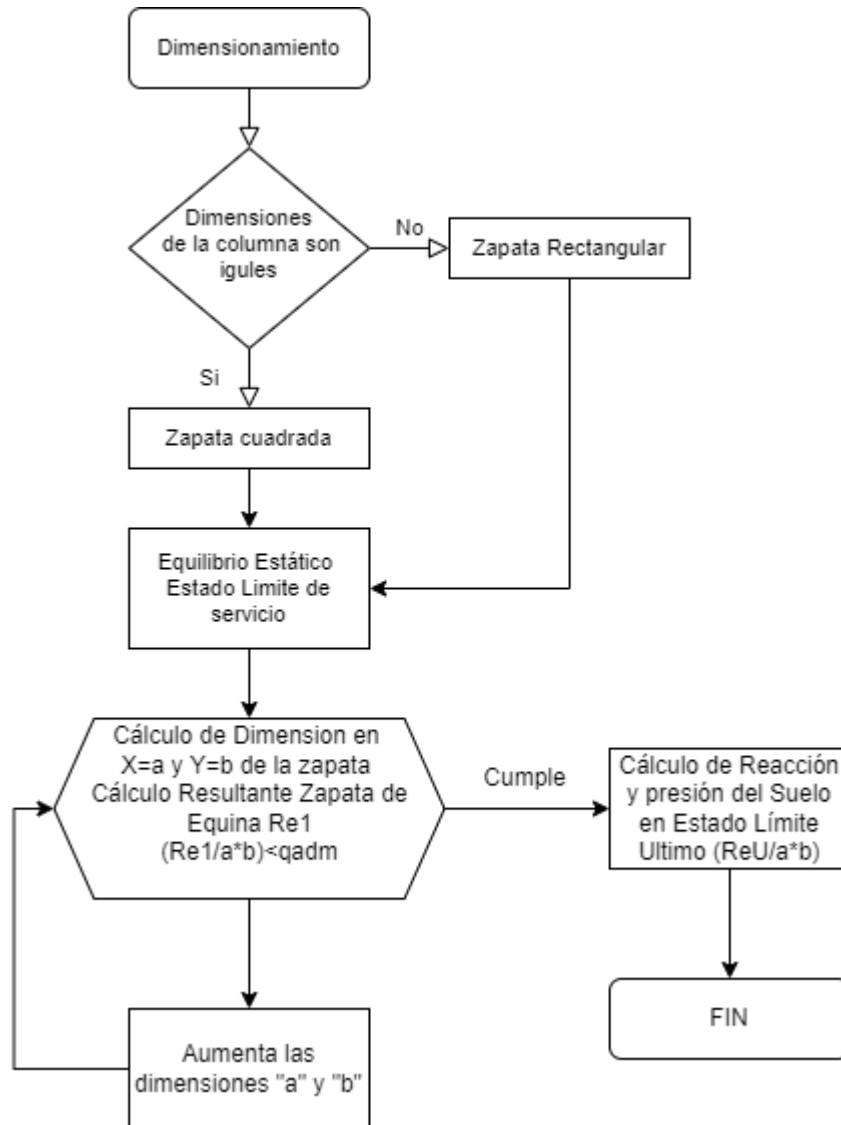


b.2 Dimensionamiento de la zapata

El dimensionamiento de la zapata se realiza de forma automática aumentando las dimensiones de la zapata hasta cumplir la condición donde la presión calculada sea menor a la presión admisible del suelo donde se construirá la cimentación visualizar Ilustración 24.

Ilustración 24

Diagrama de flujo del pre dimensionamiento de las dimensiones en planta de la zapata.



c. Diseño Estructural

c.1 Diseño de La zapata

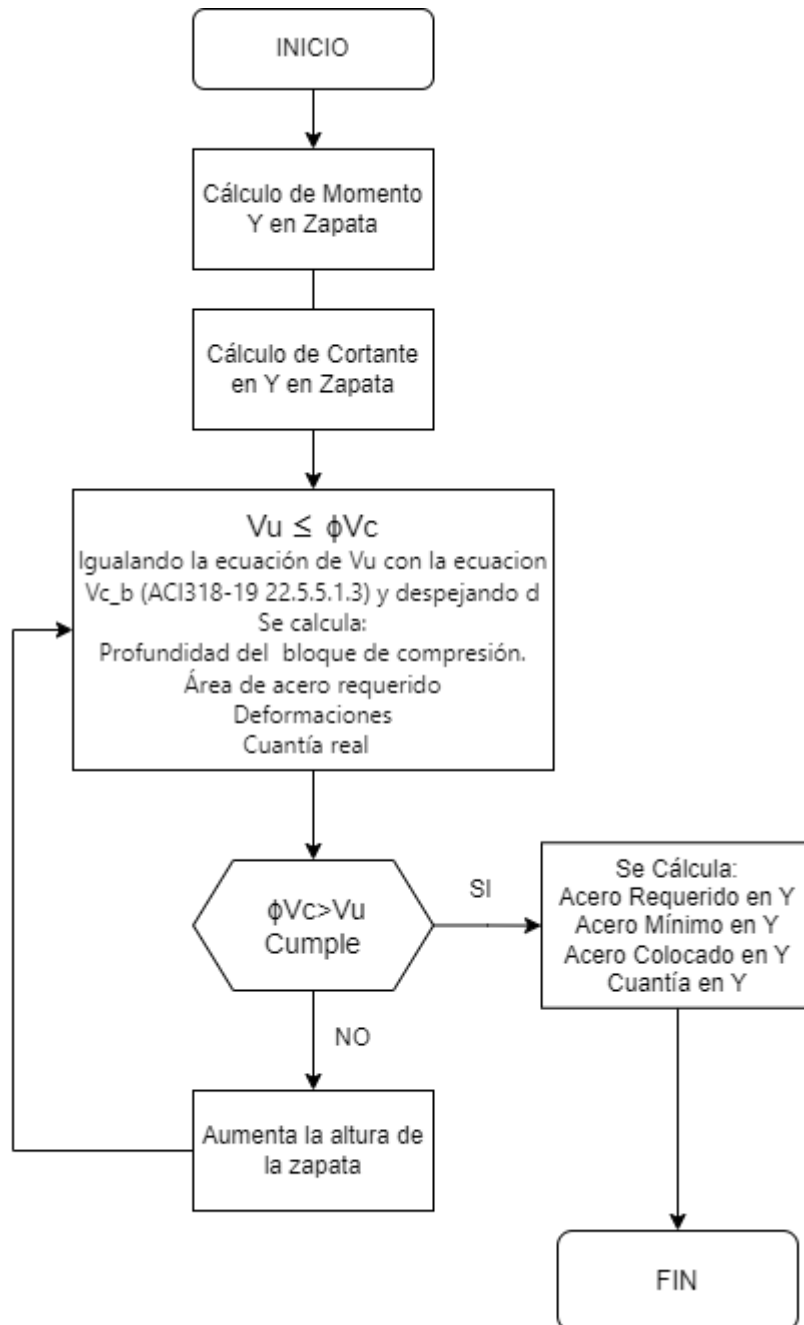
c.1.1 Cálculo de la altura de cimentación según el análisis en 2 direcciones y

Verificación al cortante Unidireccional

El análisis de altura y cortante unidireccional de la zapata, en el método desarrollado se soluciona de manera simultánea, obteniendo las fuerza cortante y momento (ver Ilustración 25) en la sección de la zapata, la altura se calcula empleando la fórmula de resistencia a corte de la ACI318-19 (22.5.5.1.3 b), esta fórmula se iguala al cortante actuante y despejando la variable requerida en este caso el peralte, se asegura de obtener una dimensión que resista el cortante.

Ilustración 25

Diagrama de flujo Análisis de la cortante dirección Y según la altura de la zapata

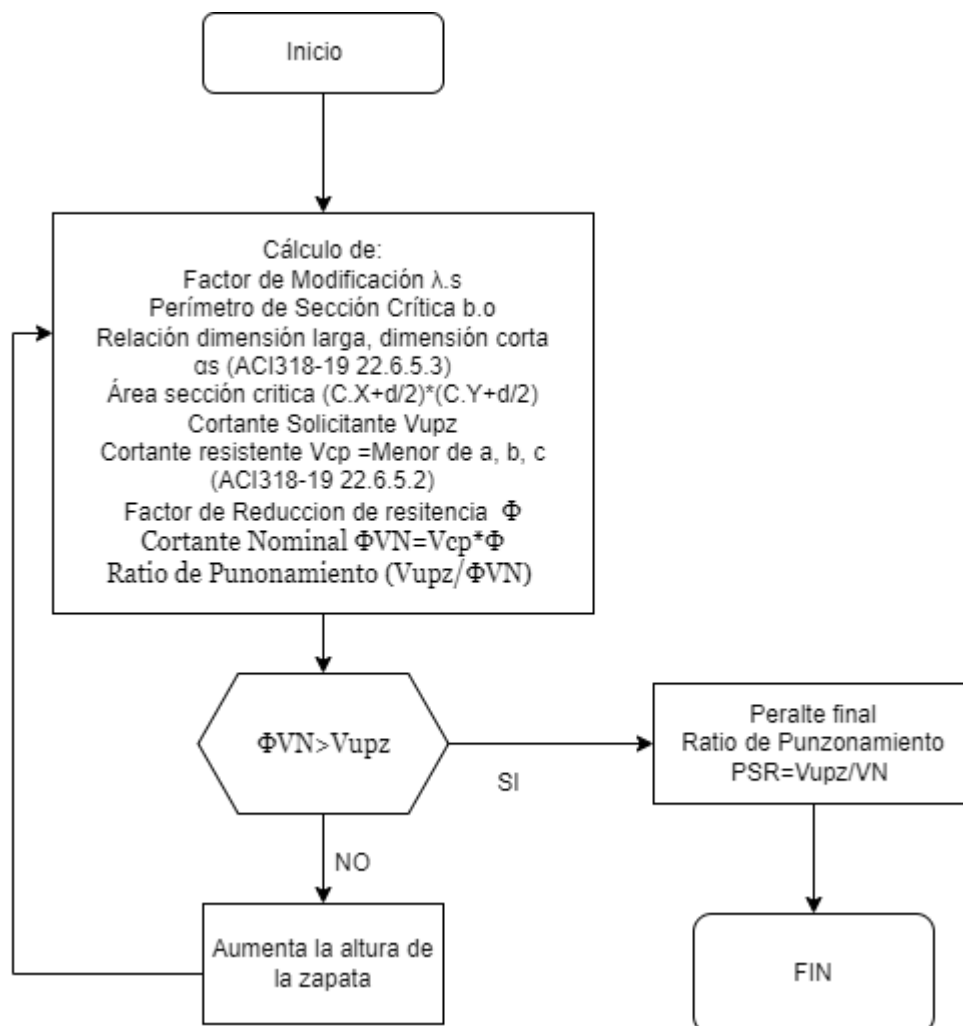


c.1.2 Verificación de cortante bidireccional

El análisis del punzonamiento se realiza considerando todos los aspectos que presenta la normativa ACI 318-19 en el apartado 22.6.5.2 como se muestra en la ilustración 26, es importante mencionar que el metodo empleado es diferente al que utiliza SAFE CSI, por lo que mas adelante se evidenciaran las diferencias entre resultados.

Ilustración 26

Diagrama de flujo del análisis por punzonamiento de la zapata



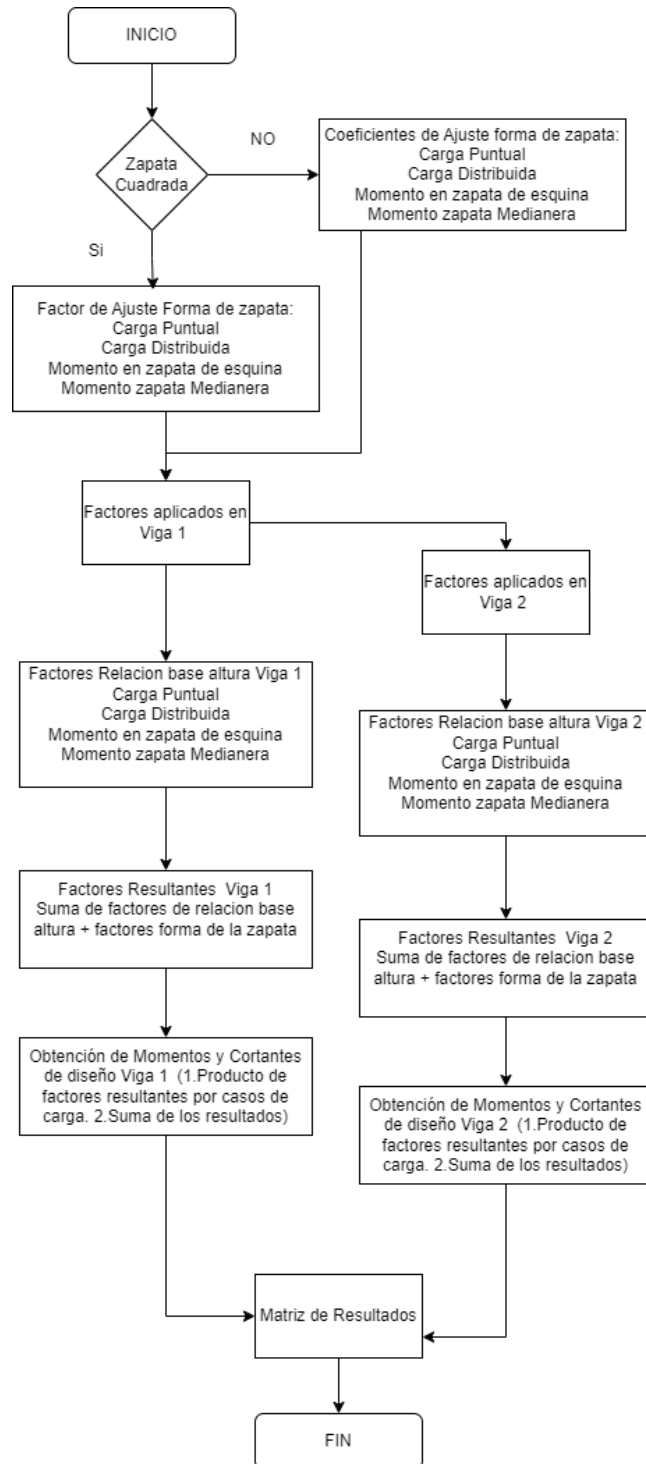
c.2 Diseño de vigas de conexión

c.2.1 Cálculo de factores Resultantes

El cálculo de los factores resultantes se representa en el diagrama de la Ilustración 27, en el Anexo 1 se puede encontrar más información sobre el cálculo de estos factores.

Ilustración 27

Diagrama de Flujo para los Factores de ajuste para el cálculo de momentos y cortantes en vigas resultantes de las ecuaciones de regresión polinomial.



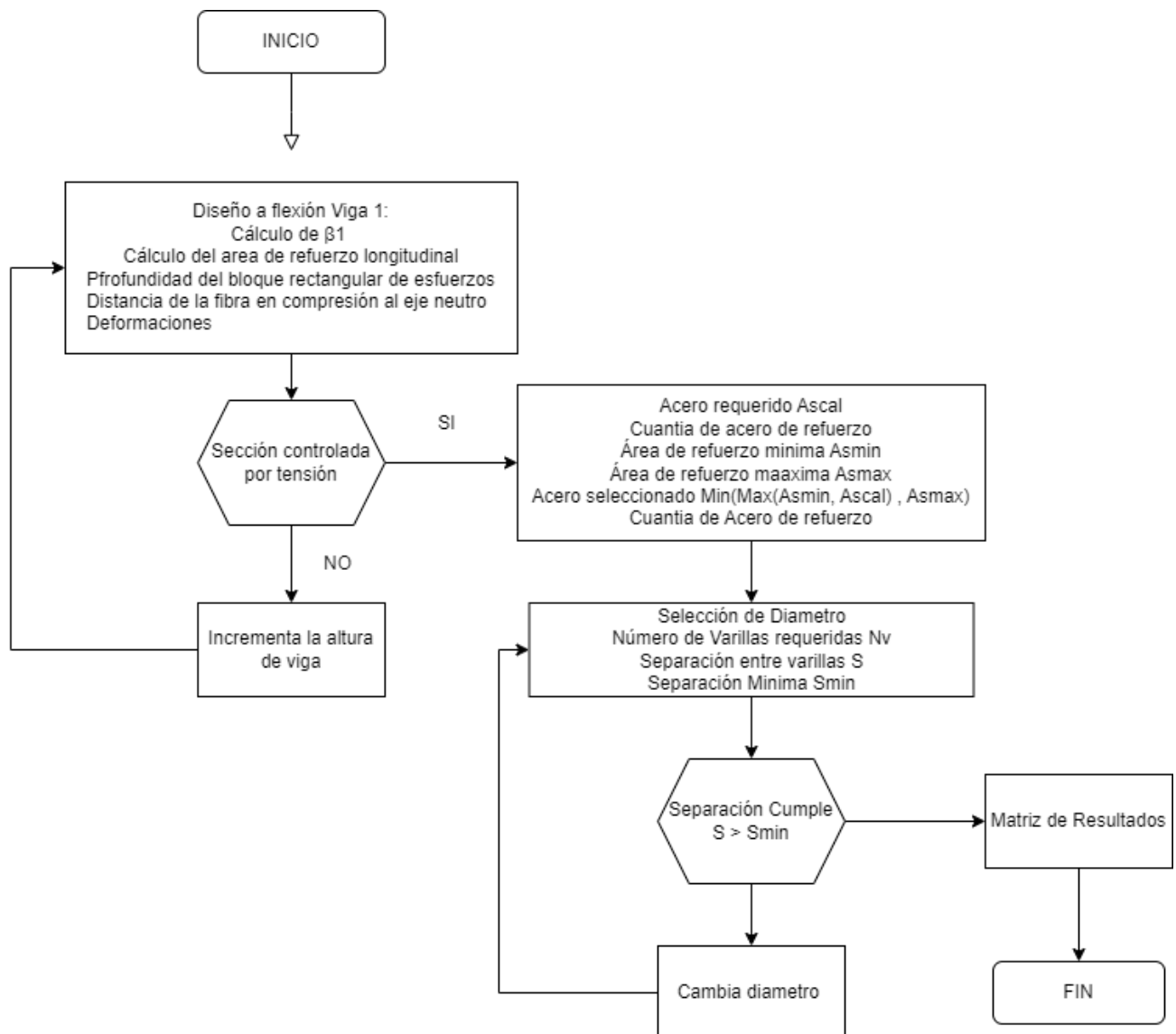
c.2.2 Cálculo de Momentos y Cortantes de diseño

c.2.3Diseño a Flexión de vigas

El diseño a flexión de vigas se realiza de forma que se cumplan todos los requerimientos que se establecen en la normativa ACI318-19, como una sección controlada por tensión, que el acero requerido sea menor que el máximo, pero mayor al mínimo y también se selecciona y diseña el armado del acero de refuerzo, como se muestra en la Ilustración 28.

Ilustración 28

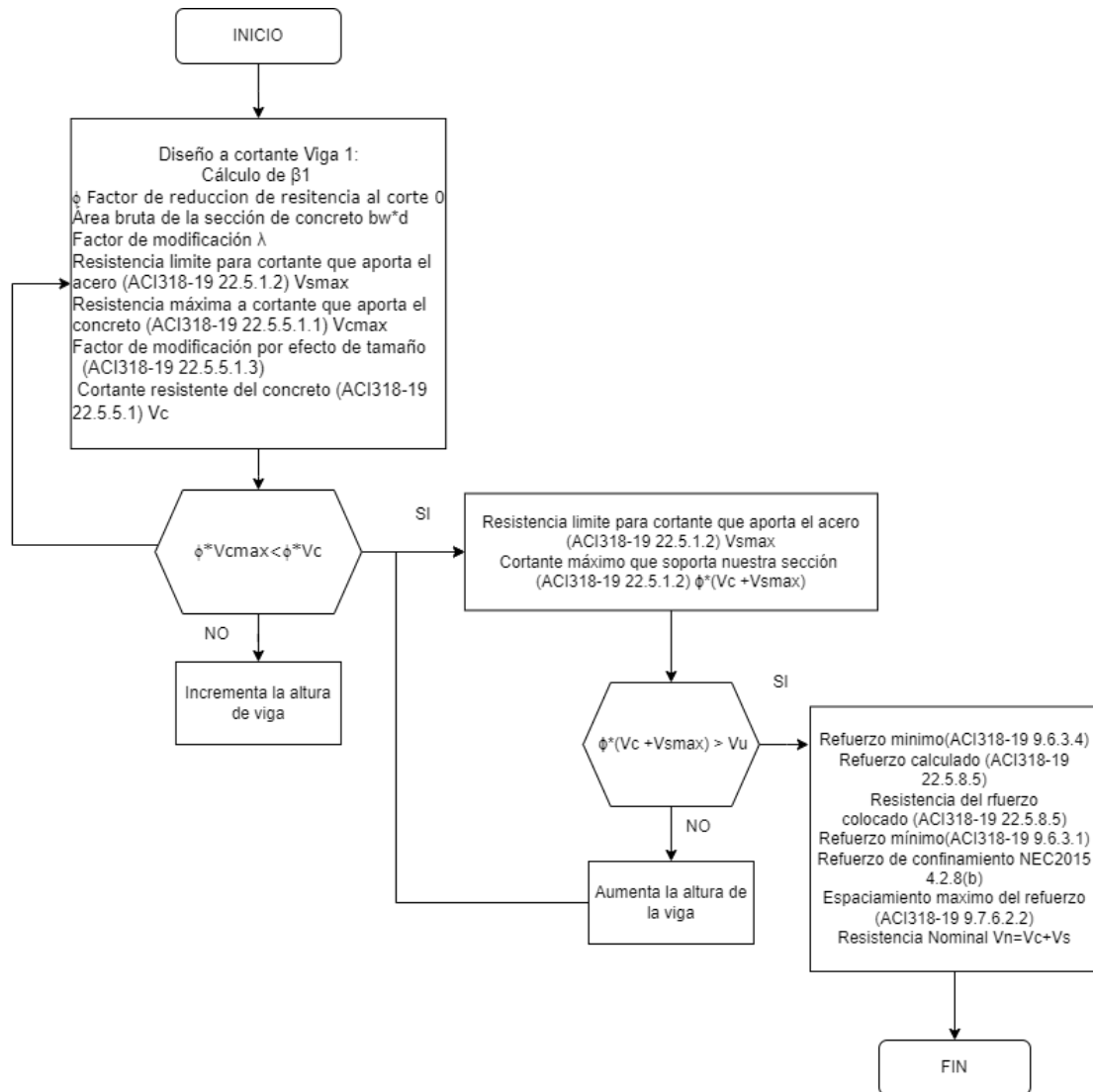
Diagrama de flujo del diseño a flexión de la viga 1

c.2.4 Diseño a Cortante de Vigas

En la Ilustración 29 se presenta el proceso que sigue el diseño por corte de las vigas, la programación analiza de forma automática que el cortante que aporta el concreto y el acero sea mayor al cortante de diseño, al no cumplirse esta condición el programa modifica la altura.

Ilustración 29

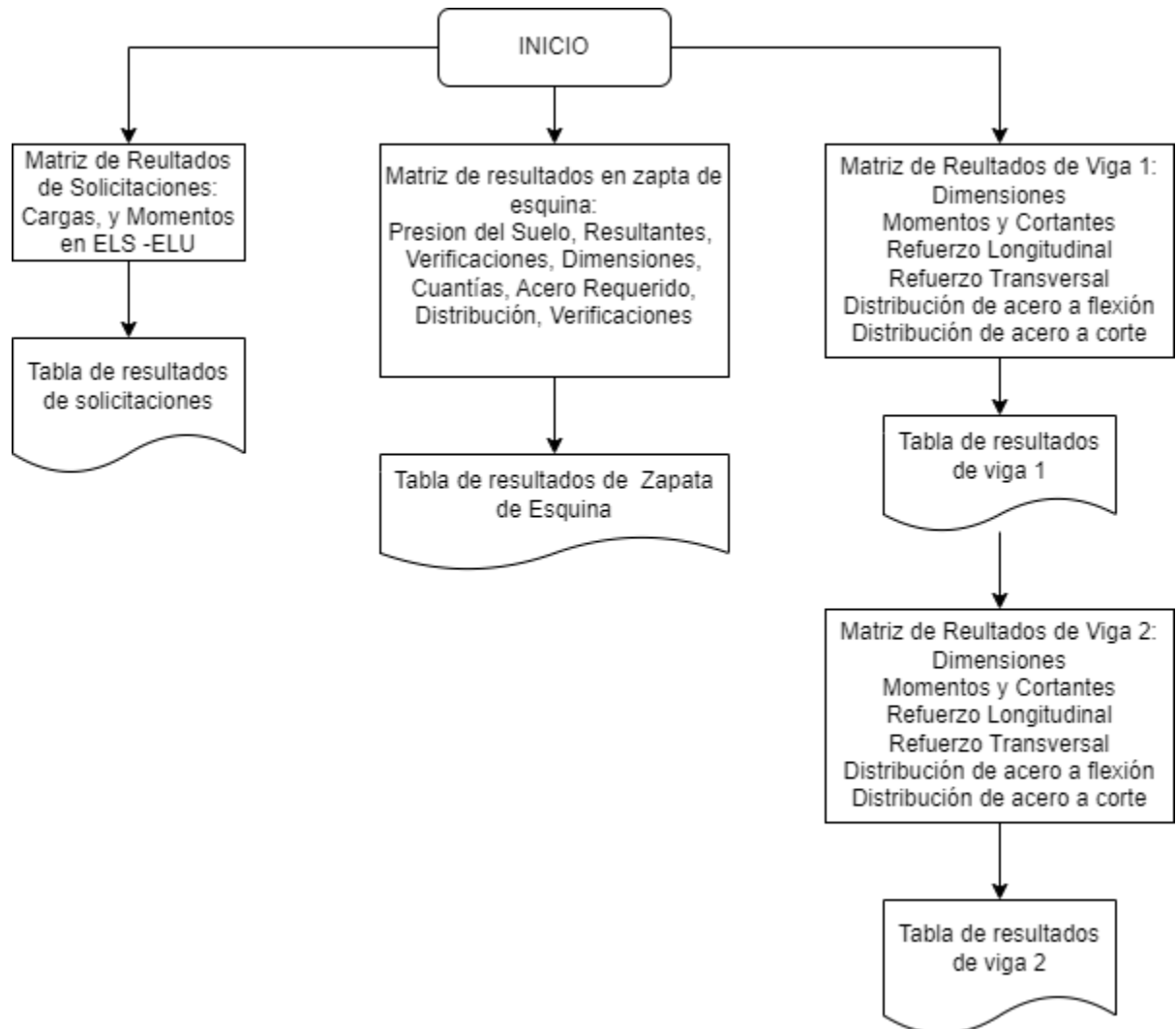
Diagrama de flujo del Diseño a cortante de la viga 1

**d. Resultados**d.1 Elaboración de tablas de resultados

Los resultados que se presentan se añaden en matrices, mostrando Cargas y momentos solicitantes, resultados del diseño de la zapata y resultados para las vigas de conexión a continuación en la Ilustración 30 se visualiza lo descrito.

Ilustración 30

Diagrama de flujo de la presentación de resultados



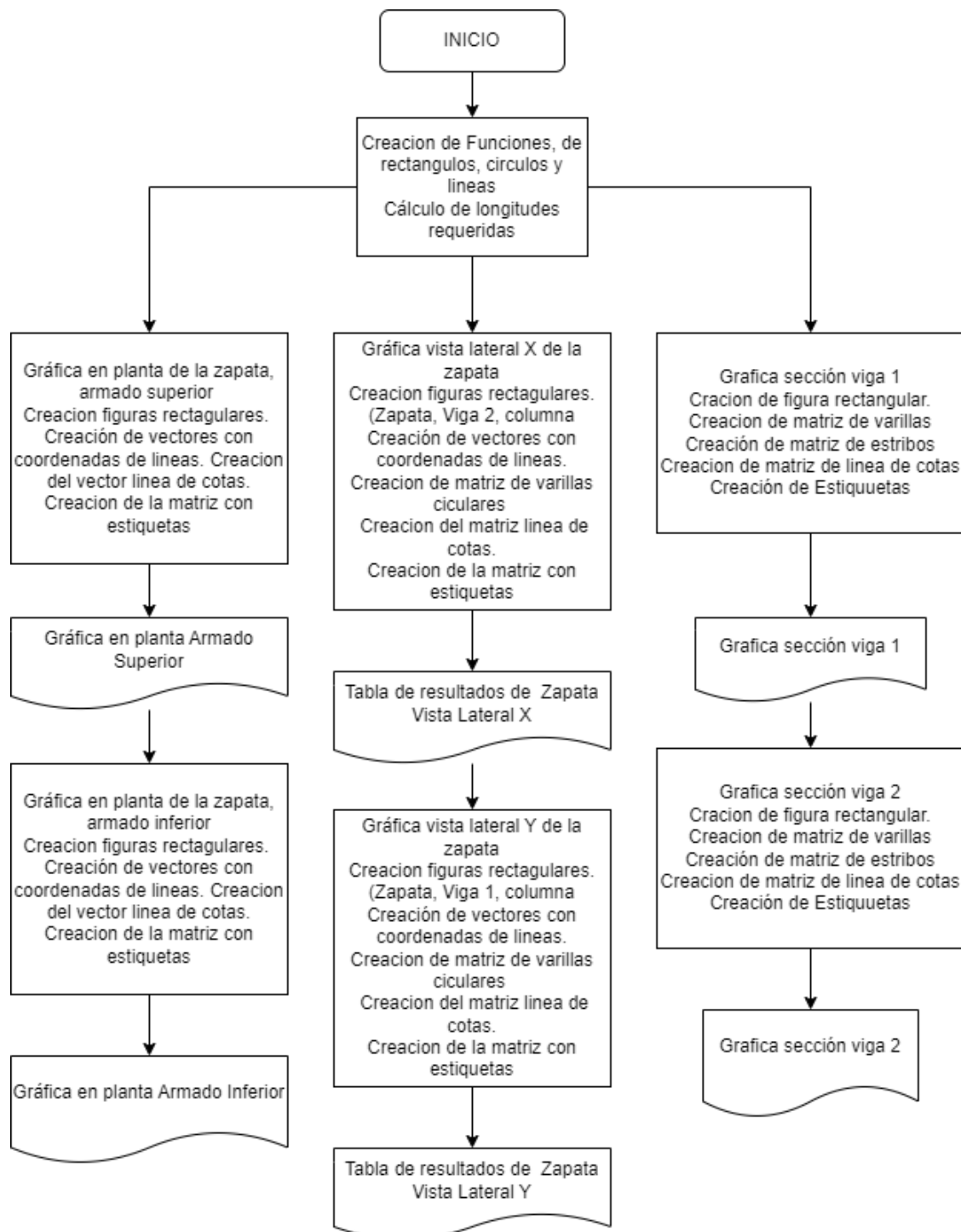
e. Gráficas

e.1 Elaboración de gráficas

Las gráficas fueron creadas mediante funciones, que fundamentalmente son círculos, rectángulos, y líneas. La graficas creadas presentan una vista en planta para el armado superior e inferior de la zapata, este mismo armado se visualiza también desde una perspectiva lateral, mientras que para las vigas de conexión se presenta una gráfica de sus secciones este diagrama se observa en la Ilustración 31.

Ilustración 31

Diagrama de flujo de gráficas

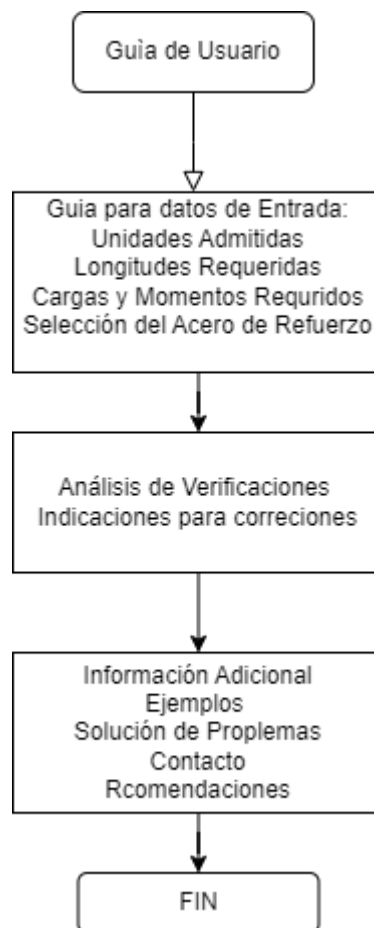


f. Guía de Usuario

En la Ilustración 32 se muestra el diagrama para la guía de usuario, pero se recomienda revisar la metodología para elaborar la guía del usuario en el apartado 3.2 ahí se encontrará información con mayor detalle.

Ilustración 32

Diagrama de flujo de guía de usuario



Toda la programación completa en SMath Studio se presenta en el Anexo 2, la programación sigue el mismo orden en el que se presentaron los diagramas anteriores.

3.2 Metodología para validar la Herramienta Informática

El programa usado SAFE CSI tiene un interfaz similar a la de sap2000 o ETABS por lo que su uso en la creación de modelos es similar, la selección de este programa recae en la especialización en el diseño y análisis de cimentaciones con un enfoque estructural. La importancia de validar la herramienta informática recae en conseguir la fiabilidad y precisión de resultados brindando seguridad a los usuarios de esta herramienta.

Metodología para SAFE CSI

A continuación, se muestra la metodología utilizada en el anexo 6 se presenta con mayor detalle el procedimiento seguido.

1. Iniciar el Modelo

- Definir las unidades de trabajo (métricas o imperiales).
- Seleccionar la normativa aplicable (p.ej., ACI 318, Eurocódigo).

2. Crear el Modelo

- Iniciar la geometría base del proyecto dentro del programa SAFE CSI.

3. Definir Propiedades

- 3.1 Materiales:
 - Definir las propiedades de hormigón (f_c , peso específico, módulo de elasticidad).
 - Definir las propiedades del acero de refuerzo (f_y , E_s).
- 3.2 Módulo de Subrasante:
 - Definir la rigidez de la subrasante según las condiciones del suelo.
- 3.3 Secciones de Elementos:
 - Definir secciones para vigas, zapatas y columnas.

- 3.4 Casos de Carga:
 - Definir los tipos de cargas que se aplicarán (muertas, vivas, sísmicas, etc.).
- 3.5 Combinaciones de Carga:
 - Crear combinaciones de cargas basadas en las normativas definidas.

4. Dibujo de Secciones

- 4.1 Dibujo de Zapatas y Columnas:
 - Dibujar y modelar las zapatas y columnas dentro de la interfaz gráfica.
- 4.2 Dibujo de Vigas:
 - Definir y dibujar las vigas necesarias.

5. Asignación de Propiedades

- 5.1 Asignación de Secciones:
 - Asignar las secciones definidas a cada elemento estructural (columnas, vigas, zapatas).
- 5.2 Asignación de Propiedades Materiales:
 - Asignar las propiedades de los materiales previamente definidas.

6. Diseño

- 6.1 Asignación de Códigos de Diseño:
 - Configurar el software para aplicar los códigos de diseño relevantes (ACI, Eurocódigo).
- 6.2 Parámetros de Diseño Específicos:
 - Definir parámetros como el diámetro de las varillas de refuerzo.

7. Análisis

- 7.1 Ejecución del Análisis:

- Ejecutar el análisis estructural para obtener deformaciones, esfuerzos, momentos, etc.
- 7.2 Visualización de Resultados:
 - Revisar los resultados de análisis (momentos, fuerzas axiales, deflexiones) y hacer ajustes si es necesario.

En el anexo 6 podemos encontrar capturas que sirven de guía para la creación del modelo computacional de SAFE basadas en la metodología mencionada.

Ejemplos de validación considerados de otros autores

Ejemplo para la validación 1

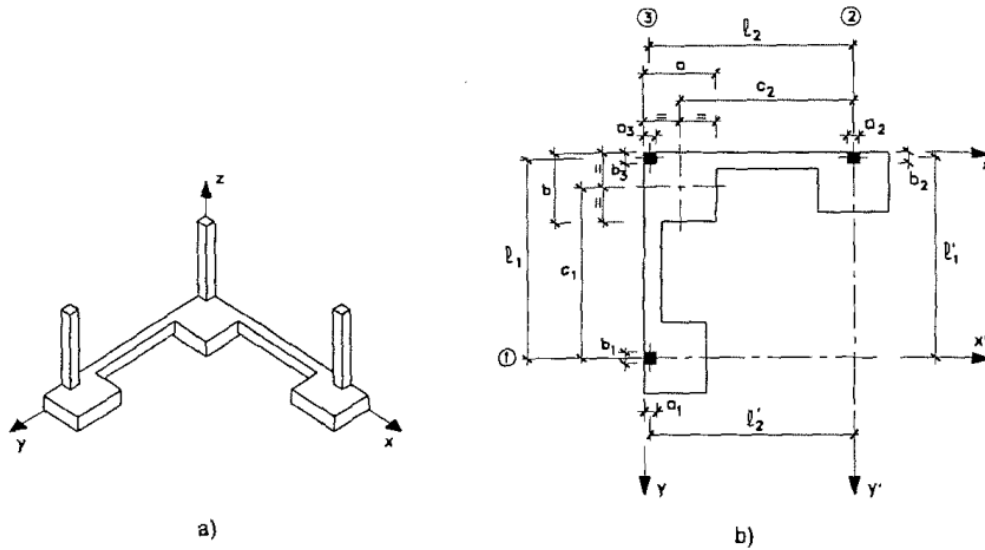
La primera validación se utiliza con el Ejemplo 5.2 del capítulo 5 “Zapatas de Esquina” del Libro Cálculo de Estructuras de Cimentación 4ª Edición del autor José Calavera Ruiz (Calavera, 2000). El proceso de solución se fundamenta en la

aplicación de ecuaciones de equilibrio en un sistema de 3 pilares (Ilustración 33)

considerando una distribución de presiones uniformes.

Ilustración 33

Sistema propuesto por J. Calavera

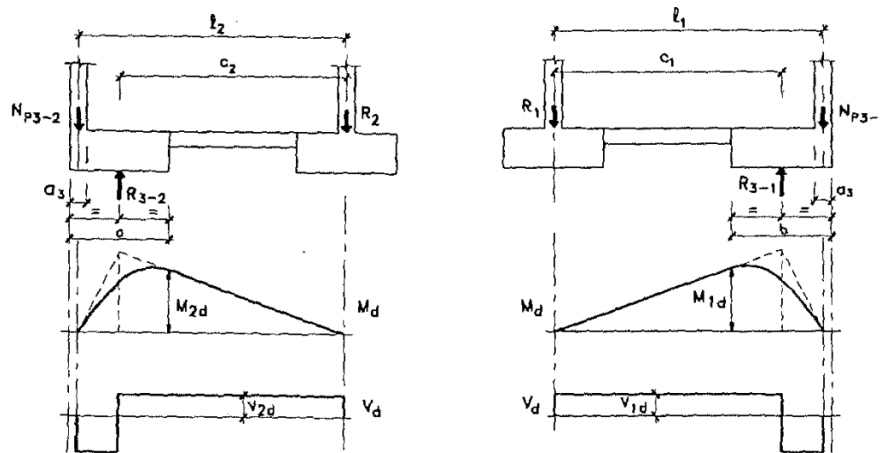


Fuente: (Calavera, 2000)

La solución al sistema presenta tres ecuaciones para calcular las fuerzas de reacción para cada zapata, mientras que la obtención de los momentos de diseño y cortante de vigas centradoras se basan también en equilibrio estático como se muestra en la Ilustración 34.

Ilustración 34

Solución de vigas centradoras de J. Calavera



Fuente: (Calavera, 2000)

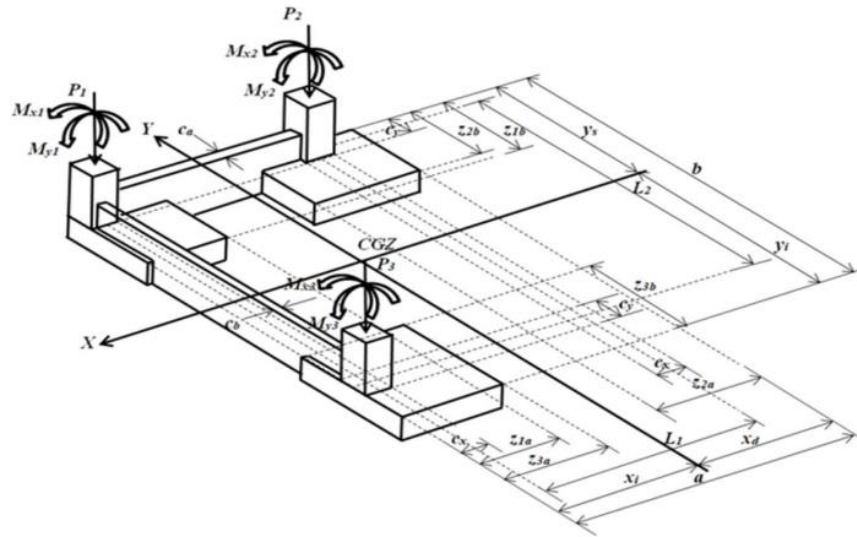
Ejemplo para la validación 2

En la segunda validación se compara con el método de Modelación matemática para zapatas combinadas de correa en esquina apoyadas sobre el terreno (Ilustración 35) desarrollado por María Azucena Moreno Hernandez, Arnulfo Luévanos Rojas, Sandra López Chavarría y Manuel Medina Elizondo. Los autores desarrollan un modelo analítico que considera la presión real del suelo bajo la zapata, aplicando el principio de integración de volúmenes de presión (Ilustración 36) en un área definida para obtener las fuerzas cortantes, las cuales se consideran un momento flexionante luego de ser integradas. Las ecuaciones analíticas derivan del equilibrio de fuerzas y momentos, teniendo en cuenta factores como la rigidez del sistema de

cimentación, las inercias, los momentos de inercia y los centroides (Moreno, Luévanos, López, & Medina, 2022).

Ilustración 35

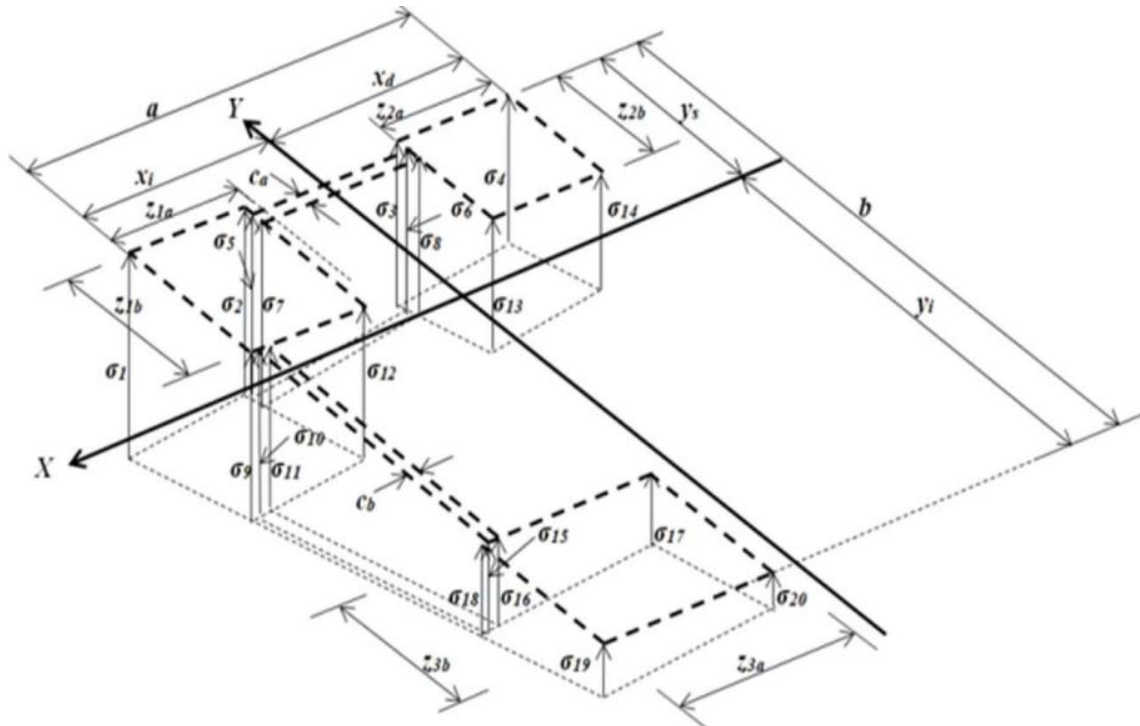
Sistema de zapata combinada de correa en esquina



Fuente: (Moreno, Luévanos, López, & Medina, 2022)

Ilustración 36

Diagrama de presiones debajo del sistema de cimentación



Fuente: (Moreno, Luévanos, López, & Medina, 2022)

El ejemplo que se considera es el primero, ya que se adapta a las condiciones utilizadas en el programa desarrollado. Esta metodología fue programada inicialmente casi en su totalidad en Smath Studio, porque al principio de la investigación se adoptó este método para la solución de zapatas de esquina. La misma programación será utilizada para garantizar una correcta solución con ese método, ya que se requiere modificar el problema propuesto a las soluciones del programa creado. Es decir, no se considerarán momentos en X en la columna 2; de igual forma, los momentos en Y no serán considerados en la columna 1. En la revisión de los resultados se evidenciará el porqué de la deserción de este método.

3.2 Metodología para laborar la guía de usuario

Revisión de guías similares

Como primera fase, se realizó una revisión exhaustiva de guías de usuario para archivos ejecutables similares en Smath Studio. Esto permitió identificar buenas prácticas en la redacción, estructura y contenido de este tipo de documentos. Se tomaron en cuenta aspectos como el orden lógico de las indicaciones, la presentación de ejemplos claros, y la inclusión de imágenes y capturas de pantalla que faciliten el uso del archivo ejecutable.

Capturas del ejecutable

Se generaron capturas de pantalla del archivo ejecutable desarrollado en Smath Studio. Estas capturas fueron fundamentales para la creación de una guía visual que permitiera al usuario identificar con claridad cada uno de los elementos que debe ingresar o verificar en el programa.

Creación de indicaciones basadas en capturas

Utilizando las capturas generadas, se elaboraron indicaciones que explican paso a paso el procedimiento para utilizar el ejecutable.

Imágenes guía

Con el fin de asegurar que el usuario comprenda la información que debe ingresar, se crearon varias imágenes guía. Entre ellas destacan:

- Una imagen que señala los nombres y direcciones de las cargas aplicadas, mostrando con precisión dónde y cómo debe el usuario introducir los datos correspondientes.
- Una imagen que señala el nombre de cada una de las distancias y ubicaciones requeridas para el diseño.

- Otra imagen que muestra la ubicación y dirección del acero de refuerzo en el sistema estructural. Estas imágenes se diseñaron con el objetivo de ser intuitivas y de fácil comprensión, proporcionando una referencia visual clara para el usuario.

Tabla de unidades permitidas

Se diseñó una tabla que limita las unidades en las que se deben ingresar los datos en el programa. Esta tabla proporciona al usuario una referencia clara sobre los tipos de unidades aceptadas, minimizando el riesgo de errores en el ingreso de información.

Revisión de la versión de Smath Studio

Se verificó la versión de Smath Studio en la que se creó el archivo ejecutable para garantizar la compatibilidad y el correcto funcionamiento del programa. Este dato se incluyó en la guía para que los usuarios puedan asegurarse de estar utilizando la versión adecuada del software.

Verificaciones y acciones correctivas

Finalmente, se incluyó una sección que describe cómo leer las verificaciones realizadas por el programa. Esta sección ofrece al usuario instrucciones sobre qué hacer en caso de que alguna verificación no sea cumplida, detallando los pasos que se deben seguir para corregir los datos o modificar el diseño hasta que todas las verificaciones sean satisfactorias.

Principales aspectos del programa Creado

Las expresiones utilizadas de la Normativa ACI 318-19 en Smath Studio fueron consideradas en el sistema Inglés porque el programa Safe CSI incorpora esta normativa en su idioma original y para la presentación de resultados únicamente realiza la conversión a unidades del sistema Internacional, esto se puede comprobar accediendo a la documentación de manuales y ejemplos que ofrece el programa SAFE 21.

Los factores resultantes se obtienen sumando los diferentes factores según el caso de carga habiendo dos opciones si la zapata es cuadrada o si la zapata es rectangular. La suma se realiza con los resultados de evaluar las ecuaciones, así por ejemplo para el momento de sobrecarga en una zapata cuadrada se obtiene el factor producto de una primera ecuación de regresión, que se suma con el factor de la aplicación de ecuación de la relación base – altura para el mismo caso de carga ver Ilustración 37. Con la suma de estos dos factores se obtiene un coeficiente o factor resultante que será multiplicado por la sobrecarga simplificada sus unidades como se muestra en la Ilustración 38. Obteniendo el momento de sobrecarga.

El factor de la relación base-altura fue considerado para la creación de una ecuación de regresión polinomial debido a su influencia en los momentos y cortantes resultantes los diferentes modelos revelaron que su consideración mejora la precisión con resultados obtenidos en SAFE.

En la siguiente ilustración se muestra el proceso de obtención de los factores resultantes para momentos y cortantes en la viga 2.

Ilustración 37

Factores de ajuste Viga 2 para momentos

"FACTORES VIGA 2"

"MOMENTOS"

"Factor de ajuste total para el momento producido por una carga puntual"

$M2_{PUNTUAL} := (f2_{Mpuntual} + M2_{puntual})$

"Factor de ajuste total para el momento producido por un momento en la zapata2"

$M2_{MOMENTO} := (f2_{Mmomento} + M2_{momento})$

"Factor de ajuste total para el momento producido por un momento en la zapata de esquina"

$M2_{MomentoZ} := (f2_{MmomentoZ} + M2_{momentoZ})$

"Factor de ajuste total para el momento producido por una carga distribuida sobre la viga"

$M2_{Distribuida} := (f2_{Mdistribuida} + M2_{distribuida})$

Nota: Este factor cumple la función de un porcentaje que al ser multiplicado por la magnitud de los casos de carga, los valores aumenta o reducen de acuerdo al factor.

Ilustración 38

Programación de simplificación de unidades

```

"Simplificación de Unidades"
"La función UnitsOf devuelve las unidades del argumento "
"Carga Puntual"
Pu := 
$$\frac{\left( \frac{P_U}{\text{UnitsOf}(P_U)} \right)}{1000}$$

Pe := 
$$\frac{\left( \frac{P_e}{\text{UnitsOf}(P_e)} \right)}{1000}$$

"Momento en la zapata2"
Muy2 := 
$$\frac{\left( \frac{MY2_U}{\text{UnitsOf}(MY2_U)} \right)}{1000}$$

Msy2 := 
$$\frac{\left( \frac{My2}{\text{UnitsOf}(My2)} \right)}{1000}$$

"Momento en la zapata1"
Mux1 := 
$$\frac{\left( \frac{MX1_U}{\text{UnitsOf}(MX1_U)} \right)}{1000}$$

Msx1 := 
$$\frac{\left( \frac{Mx1}{\text{UnitsOf}(Mx1)} \right)}{1000}$$

"Momento en la zapata de esquina"
Muye := 
$$\frac{\left( \frac{MU_{Ye}}{\text{UnitsOf}(MU_{Ye})} \right)}{1000}$$

Msye := 
$$\frac{\left( \frac{Mye}{\text{UnitsOf}(Mye)} \right)}{1000}$$


```

Nota: La simplificación de unidades cumple una función de que cargas y momentos, se transformen a un valor a dimensional, utilizando en unidades específicas.

Esta misma programación para simplificación de unidades se debe aplicar solo si el programa Smath Studio trabaja con las siguientes unidades por defecto:

Longitud = metros (m)

Fuerza = Newtons (N)

Energía = Julio (J)

Estas unidades se verifican cuando definida una variable es llamada posteriormente entonces, Smath Studio mostrara esta variable con las unidades por defecto del programa.

Esta simplificación y posterior asignación de unidades se utiliza porque las ecuaciones de regresiones polinómica se crearon a partir de momentos y cortantes en una unidad específica kN*m (kilonewton metro) en momentos y kN (kilonewton) en cortantes. A través de esta conversión se restringe las unidades para emplear y obtener los momentos y cortantes resultantes que son originados por la multiplicación el factor de ajuste resultante por la carga o momentos cuyas unidades fueron simplificadas (revisar Ilustración 39 y 40).

Ilustración 39

Momentos Resultantes

```

" MOMENTOS "
" Momentos de Servicio máximos que actúan en la viga al borde de la zapata "
" Viga2 "
MS2_Puntual := M2_PUNTUAL · Pe
MS2_Momento := M2_MOMENTO · Msy2
MS2_MomentoZ := M2_MomentoZ · Msye
" Momentos Ultimos máximos que actúan en la viga al borde de la zapata "
" Viga2 "
MU2_Puntual := M2_PUNTUAL · Pu
MU2_Momento := M2_MOMENTO · Muy2
MU2_MomentoZ := M2_MomentoZ · Muye
" Viga2 "
MS2_Resultante := ( MS2_Puntual + MS2_Momento + MS2_MomentoZ ) kN m
" Viga2 "
MU2_Resultante := ( MU2_Puntual + MU2_Momento + MU2_MomentoZ ) kN m

```

Ilustración 40

Cortantes Resultantes

```

" CORTANTES "
" Cortantes de Servicio máximos que actúan en la viga al borde de la zapata "
" Viga2 "
VS2_Puntual := V2_PUNTUAL · Pe
VS2_Momento := V2_MOMENTO · Msy2
VS2_MomentoZ := V2_MomentoZ · Msye
" Cortantes Ultimos máximos que actúan en la viga al borde de la zapata "
" Viga2 "
VU2_Puntual := V2_PUNTUAL · Pu
VU2_Momento := V2_MOMENTO · Muy2
VU2_MomentoZ := V2_MomentoZ · Muye
" Cambio de signos por la posición del momento vs cortante "
" Cortantes de resistencia estado Servicio "
" Viga2 "
VS2_Resultante := ( - VS2_Puntual + VS2_Momento - VS2_MomentoZ ) kN
" Cortantes de resistencia estado Último "
" Viga2 "
VU2_Resultante := ( - VU2_Puntual + VU2_Momento - VU2_MomentoZ ) kN

```

Guía de Usuario

La guía creada tiene como objetivo proporcionar instrucciones detalladas para utilizar un ejecutable en SMath Studio para el diseño de zapatas de esquina con vigas de conexión. Se busca optimizar el proceso de cálculo, asegurando que los usuarios puedan manejar la herramienta de forma eficiente, independientemente de su nivel de experiencia en ingeniería estructural o en el uso de software de cálculo.

El programa creado dispone de 4 ventanas, Datos de Entrada, Resultados y Verificaciones, Gráficas y Guía de Usuario como se muestra en la Ilustración 41, a continuación, se describe consideraciones que se debe tomar en cuenta durante su uso

Ilustración 41

Interfaz del programa

ZAPATA AISLADA DE ESQUINA CON VIGAS DE CONEXIÓN

NO SE OFRECE NINGÚN TIPO DE GRANTÍA EXPRESA O IMPLICÍCITA
 USTED UTILIZA EL PROGRAMA BAJO SU PROPIA RESPONSABILIDAD

Desarrollador: Carlos Andres Rodriguez Molina
 Supervisor: Ing. Eduardo Palma

Propiedades del Hormigón y Acero

Resistencia del Hormigón	210	kgf/(cm ²)
Peso específico del hormigón	2400	kgf/(m ³)
Resistencia del acero	420	MPa
Módulo de Elasticidad del acero	2.1 E6	kgf/(cm ²)
Tamaño máximo del agregado	19	mm

Propiedades del Suelo

Capacidad admisible neta del suelo	295	kN/(m ²)
Peso específico suelo o material de relleno	1.8	tonnef/(m ³)
Profundidad de cimentación	2.2	m

Datos de la Zapata

Espesor (Altura de la zapata)	25	cm
El espesor de las zapatas debe ser al menos 8 pulgadas = 20cm ACI 318-19 14.3.2.1		
La altura de las zapatas sobre el refuerzo inferior no debe ser menor de 15cm ACI 318-08 15.7		
Recubrimiento en Zapata	7.5	cm
Recubrimiento en vigas	5	cm
*Recubrimiento Mínimo Recomendado 7.5 cm ACI 318-19 (20.5.1.3.1) Para todos los elementos en contacto con el suelo y para todos los diámetros del refuerzo.		
*En casos específicos considerando estrictamente el diámetro puede usarse dimensiones menores Revisar ACI 318-19 (20.5.1.3.1).		

En la ventana de la guía del usuario se explicará el funcionamiento del programa, comenzando con el ingreso de datos. En esta sección, la guía se enfocará en la entrada de las unidades correspondientes a las propiedades de los materiales, los datos obtenidos del análisis estructural y la geometría del sistema de cimentación.

Las unidades asignadas y admitidas son las siguientes (Ilustración 42):

Ilustración 42

Unidades admitidas

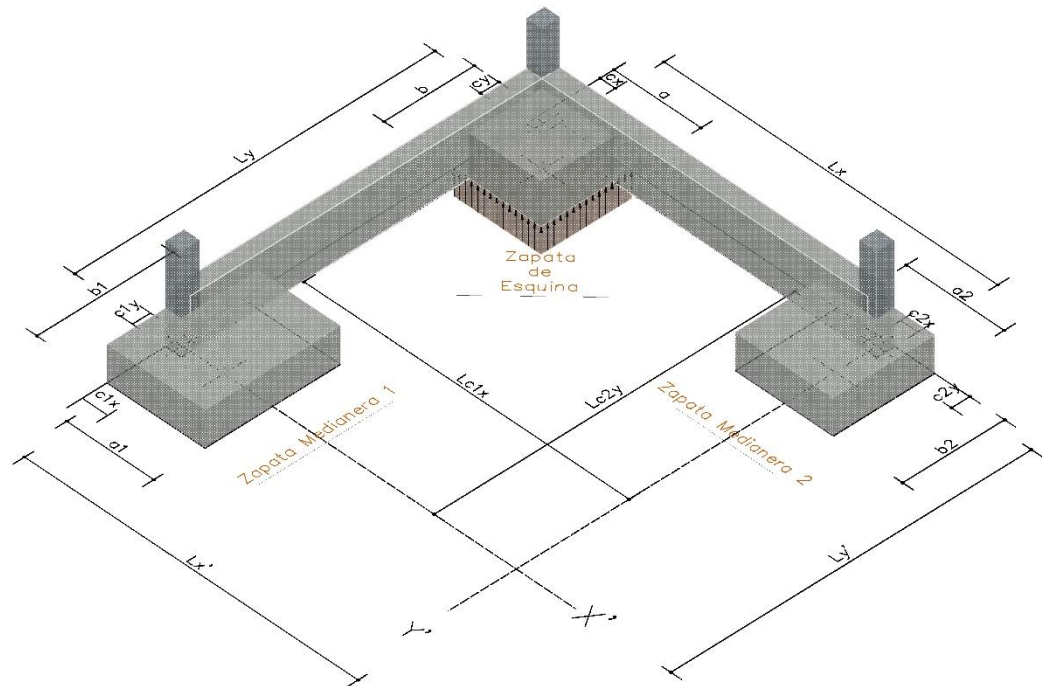
Longitud	m	ft	m
Longitud	cm	in	mm
Area	m ²	ft ²	m ²
Fuerza	kN	kip	tonnef
Fuerza	N	lbf	kgf
Momentos	kN m	kip ft	tonnef m
Esfuerzos de Tension Fy	MPa	ksi	MPa
Modulo	MPa	ksi	kgf/cm ²
Peso/Volumen	kN/m ³	lbf/m ³	kgf/m ³
Resistencia Compresion f'c	MPa	psi	kgf/m ²

Las unidades admitidas para la longitud, área, fuerza, momentos, esfuerzos de tensión, peso volumétrico etc., son las que se encuentran se presentan en la imagen anterior, si se tienen unidades diferentes a las de la tabla se debe realizar una conversión previa.

La geometría del sistema de cimentación se enfoca en las dimensiones de las zapatas medianeras, secciones de columnas, y distancia entre ejes de las columnas, la asignación de estas distancias se realiza en consideración de la Ilustración 43.

Ilustración 43

Gráfica de dimensiones del sistema de cimentación.



Fuente Autor

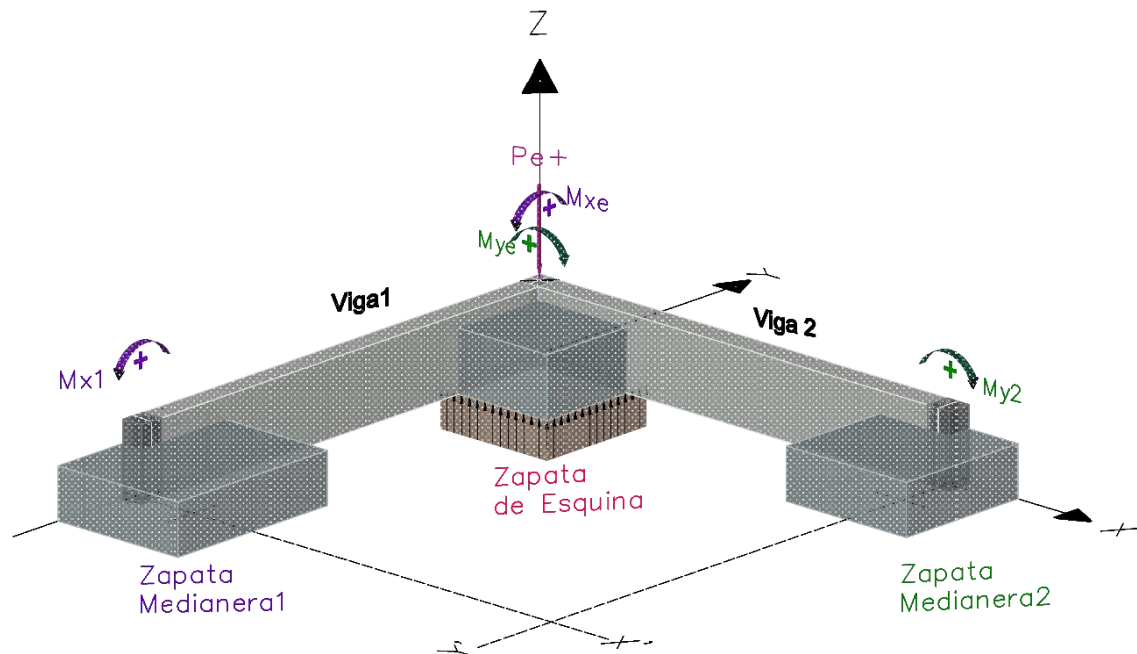
Cargas y Momentos

Es de suma importancia que los valores de cargas y momentos que provienen de un análisis estructural como del modelamiento computacional en softwares estructurales se ingresen de acuerdo a la ilustración 44, en esta ilustración las flechas indican los sentidos positivos que están actuando sobre los elementos estructurales. Las fuerzas horizontales aplicadas en las columnas no han sido tomadas en cuenta porque de acuerdo los modelos computacionales de las zapatas realizados en SAFE no influyen en las presiones del suelo, pero si generan desplazamientos horizontales de la zapata, así como efectos de momento y torsión en las vigas estabilizadoras en el eje z, al haber definido que estos casos están excluidos en el análisis en este proceso de solución quedan fuera del análisis.

En el ingreso de las solicitaciones también debe realizarse en referencia a la siguiente imagen.

Ilustración 44

Gráfica del sistema de cargas.



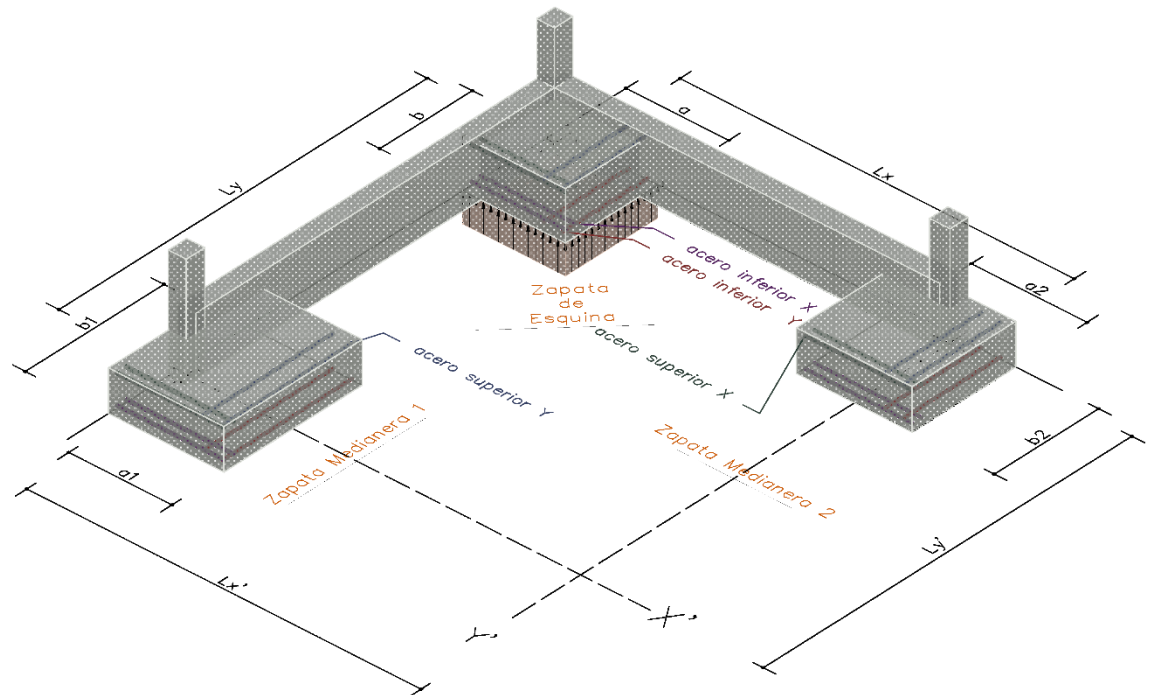
Fuente Autor

Es importante tener en cuenta que las flechas indican la dirección y el sentido para valores positivos de cargas y momentos.

La asignación del acero de refuerzo la especificación de la dirección y posición se referencia en la Ilustración 45. Los diámetros que se asignaran se encuentran en una lista desplegable al inicio del programa, se seleccionaron diámetros disponibles que van desde los 10mm hasta los 40mm.

Ilustración 45

Gráfica de posición y dirección del acero de refuerzo.



Fuente Autor

La guía para las verificaciones y el recálculo de resultados en este apartado final se centra en el único requisito de verificar la separación del acero de refuerzo en la zapata de esquina. Los bucles programados garantizan que el diseño cumpla con los criterios de flexión y cortante tanto en una como en dos direcciones de la zapata, lo que implica que el espesor de la zapata se recalcula automáticamente, aumentando la dimensión de la altura.

Los casos los mensajes que se presenta para la separación del acero de refuerzo son:

- Cumple
- Reduzca el diámetro de la varilla
- Aumente el diámetro de la varilla

En caso de cualquiera de los dos casos finales, se debe seguir el mensaje y asignar un nuevo diámetro para la dirección y posición del acero.

Ilustración 46

Verificación de separaciones del acero de refuerzo

Verificación de Separacion	Superior Direccion X	Aumente el Diametro de la varilla
	Superior Direccion Y	Cumple
	Inferior Direccion X	Cumple
	Inferior Direccion Y	Cumple

La verificación de la altura se refiere a la comparación de la altura inicial calculada sin el peso propio de los elementos con la altura final calculada con el peso propio de los elementos. Si la altura es diferente se requiere un recalcu total, para ello se debe asignar el valor de altura final en la ventana de ingreso de datos.

Ilustración 47

Verificación de Altura de Zapata Calculada

Verificacion Altura Calculada	No requiere recalcu	84.00cm
-------------------------------	---------------------	---------

Capítulo 4 Resultados y Discusión.

La validación del programa implica evaluar si este es efectivo y fiable para cumplir con los objetivos propuestos. Además, debe estar alineado con teorías y procesos aceptados. Este proceso se divide en dos fases: la primera es la revisión bibliográfica, que consiste en comparar e identificar las bases del programa con estudios o investigaciones previas.

La segunda fase es el análisis de los resultados, en el cual, a través de la literatura académica e investigaciones, se comparan los resultados obtenidos, validando su consistencia. En caso de discrepancias, se exponen las posibles causas que generan el error o la diferencia entre los resultados. Aquí se comparará los

resultados de la bibliografía, del programa desarrollado con los de un modelo computacional que implica una solución por el método de los elementos finitos MEF.

La validación se realizará de dos formas la primera involucra modificar el código exclusivamente para la comparación de los ejemplos así se consigue evaluar con las cargas y dimensiones tal cual se presentan en la bibliografía con el programa desarrollado y el software SAFE, la segunda forma se valida utilizando toda la capacidad de la herramienta creada es decir sigue un proceso de cálculo automático como la factorización de cargas y la modificación de dimensiones de la zapata y vigas cumplimiento los requerimientos de la normativas proponiendo una solución, los resultados obtenidos se comparan con el software SAFE, y que además se calcula el porcentaje de diferencia o error entre esta comparación

4.1 Validación 1

La primera validación se realiza con el Ejemplo 5.2 del capítulo 5 “Zapatas de Esquina” del Libro Cálculo de Estructuras de Cimentación 4ª Edición del autor José Calavera Ruiz los datos iniciales del programa se encuentran en la tabla 4.

Tabla 4

Datos validación J.Calavera

Datos Iniciales del Problema	
Distancia entre columnas Lx	5 m
Distancia entre columnas Ly	6 m
Dimensión X de zapata	1.5 m
Dimensión Y de zapata	1.5 m
Altura	80 cm
Peralte	72 cm
Dimensión Cx Columna	30 cm
Dimensión Cy Columna	30 cm
σ admisible	250 kN/m ²
f'c del hormigón	25 Mpa
Peso específico del hormigón	2545 kgf/m ³
Carga Axil Columna de esquina	360 kN

Diámetro de varillas	20 mm
----------------------	-------

Las observaciones que se pueden emitir para esta validación son las siguientes:

Tanto para resultantes como para la presión de la zapata de esquina la solución propuesta por José Calavera como la desarrollada en el programa son similares comparando los resultados con el programa Safe Csi, la diferencia entre los resultados de J. Calavera con los del programa desarrollado son que las ecuaciones simplificadas de J Calavera no son iguales que las del programa desarrollado y que las longitudes medidas de centro a centro de la zapatas son impuestas o pueden convellar un cálculo diferente.

Refiriéndose a la distribución del acero de refuerzo en la zapata la solución propuesta por J. Calavera proviene de otro ejemplo, mientras en la comparación adicional se valida con resultados idénticos entre Safe y el programa desarrollado.

Con respecto al análisis de los momentos y cortantes de las vigas se puede evidenciar la mayor diferencia entre los resultados de J. Calavera y las dos soluciones restantes, esta diferencia se debe a causa del análisis usado se sugiere revisar la teoría de vigas de equilibrio descrita en el capítulo anterior para comprender el error.

Si se compara las dimensiones de la zapata y viga no obtendremos valores iguales, con los del programa desarrollado porque en este se optimiza mediante incrementos de 5cm es decir la solución de dimensiones en planta de la zapata sería 1.35m x 1.35m y con una altura de 45cm sería la más adecuada. Por esta razón se usa los datos propuestos en la bibliografía. En el Anexo 3 encontraremos la documentación donde se presenta los resultados de SAFE.

Tabla 5

Tabla de resultados Validación 1

	José Calavera		Evaluación en el Programa		Safe		Solución Propuesta del Programa		Safe de Solución Propuesta		% ERROR
Resultante Zapata de Esquina ELS	506.5	kN	496.88	kN	N/A	kN	503.96	kN	N/A	kN	
Esfuerzo Zapata de Esquina ELS	225	kN/m ²	220.81	kN/m ²	218.66	kN/m ²	239.7	kN/m ²	229.942	kN/m ²	4.24
Resultante 1	55.4	kN	49.09	kN	47.09	kN	31.23	kN	33.54	kN	6.89
Resultante 2	46.1	kN	40	kN	39.7	kN	48.06	kN	45.63	kN	5.33
Momento de diseño Zapata X Superior	N/A		-237.55	kN*m	-196.9	kN*m	-317.1424	kN*m	-320.1028	kN*m	0.92
Momento de diseño Zapata Y Superior	N/A		-237.55	kN*m	-209.66	kN*m	-317.1424	kN*m	-310.4345	kN*m	2.16
Momento de diseño Zapata X Inferior	N/A		142.53	kN*m	117.85	kN*m	190.2855	kN*m	180.1149	kN*m	5.65
Momento de diseño Zapata Y Inferior	N/A		142.53	kN*m	125.53	kN*m	190.2855	kN*m	176.4052	kN*m	7.87
Armado Superior X	6φ20	mm	3φ20	mm	3φ20	mm	6φ20	mm	6φ20	mm	0
Armado Superior Y	6φ20	mm	3φ20	mm	3φ20	mm	6φ20	mm	6φ20	mm	0
Armado Inferior X	6φ20	mm	2φ20	mm	2φ20	mm	6φ20	mm	6φ20	mm	0
Armado Inferior Y	6φ20	mm	2φ20	mm	2φ20	mm	6φ20	mm	6φ20	mm	0
Longitud de desarrollo X Superior	18	cm	30cm	cm	N/A		0		N/A		
Longitud de desarrollo Y Superior	18	cm	30cm	cm	N/A		0		N/A		
Longitud de desarrollo X Inferior	14	cm	0cm	cm	N/A		0		N/A		
Longitud de desarrollo Y Inferior	14	cm	0cm	cm	N/A		0		N/A		
Ratio de Punzonamiento	N/A		0.198		0.175		0.53		0.656		19.207
Momento de Diseño Viga 2	256.4	kN*m	-127.91	kN*m	-135.15	kN*m	-194.14	kN*m	-199.28	kN*m	2.579
Cortante de Diseño Viga 2	78461.54	N	-35699.04	N	-37030	N	-64.3	kN	-69.2046	N	7.087
Momento de Diseño Viga 1	304.04	kN*m	-135.05	kN*m	-148.17	kN*m	-203.92	kN*m	-212.2415	kN*m	3.921

Cortante de Diseño Viga 1	65384.62	N	27505.2	N	31864	N	57.99	N	56.7728	N	2.144
Acero de Refuerzo Longitudinal Viga2	N/A		1318.99	mm ²	1432	mm ²	1592.33	mm ²	1527	mm ²	4.278
Acero de Refuerzo Transversal Viga2	N/A		250	mm ² /m	250	mm ² /m	250	mm ² /m	250	mm ² /m	0.000
Acero de Refuerzo Longitudinal Viga1	N/A		1143.93	mm ²	1425	mm ²	1427.21	mm ²	1515	mm ²	5.795
Acero de Refuerzo Transversal Viga1	N/A		250	mm ² /m	250	mm ² /m	250	mm ² /m	250	mm ² /m	0.000
Dimensión X de zapata	1.5	m	1.5	m	1.5	m	1.45	m	1.45	m	
Dimensión X de zapata	1.5	m	1.5	m	1.5	m	1.45	m	1.45	m	
Altura de zapata	80	cm	80	cm	80	cm	65	cm	65	cm	

Las observaciones que se pueden emitir para esta validación son las siguientes:

Tanto para resultantes como para la presión de la zapata de esquina la solución propuesta por Jose Calavera como la desarrollada en el programa son similares comparando los resultados con el programa Safe Csi, la diferencia entre los resultados de J. Calavera con los del programa desarrollado son que las ecuaciones simplificadas de J Calavera no son iguales que las del programa desarrollado y que las longitudes medidas de centro a centro de la zapatas son impuestas o pueden convellar un calculo diferente.

Refiriendose a la distribución del acero de refuerzo en la zapata la solución propuesta por J. Calavera proviene de otro ejemplo, mientras en la comparación adicional se valida con resultados idénticos entre Safe y el programa desarrollado.

Con respecto al análisis de los momentos y cortantes de las vigas se puede evidenciar la mayor diferencia entre los resultados de J. Calavera y las dos soluciones restantes, esta diferencia se debe a causa del análisis usado se sugiere revisar la teoria de vigas de equilibrio descrita en el capitulo anterior para comprender el error.

Al comparar las dimensiones de la zapata y viga no obtienen valores iguales, con los del programa desarrollado porque en este se optimiza mediante incrementos de 5cm y 10cm es decir la solución de dimesiones en planta de la zapta seria 1.35m x 1.35m y con una altura de 45cm seria la mas adecuada. Por esta razon se usa los datos propuestos en la bibliografía.

Cuando se revisan de la solución propuesta entre el programa creado y el software SAFE vemos porcentajes de error bajos, excepción del ratio de punzonamiento cuya diferencia radica el método de calculo mas complejo de este valor.

4.2 Validación 2

En esta validación se comparará con el método de Modelación matemática para zapatas combinadas de correa en esquina apoyadas sobre el terreno desarrollado por María Moreno Arnulfo Luévanos , Sandra López y Manuel Medina Elizondo los datos iniciales del programa se encuentran en la tabla 6.

Tabla 6 Datos validación 2

Datos Iniciales del Problema	
Distancia entre columnas Lx	8 m
Distancia entre columnas Ly	7 m
Dimensión X de zapata	2.1 m
Dimensión Y de zapata	2.1 m
Altura	65 cm
Peralte	57 cm
Dimensión Cx Columna	40 cm
Dimensión Cy Columna	40 cm
Base viga 2	30 cm
Base viga 1	30 cm
Altura viga 2	125 cm
Altura viga 1	125 cm
σ admisible	250 kN/m ²
f'c del hormigón	28 MPa
Carga Axil Columna de esquina Muerta	250 kN
Carga Axil Columna de esquina Viva	350 kN
Momento X Columna de esquina Muerta	70 kN*m
Momento Y Columna de esquina Muerta	90 kN*m
Momento X Columna de esquina Viva	80 kN*m
Momento Y Columna de esquina Viva	110 kN*m
Momento X Columna 1 Muerta	90 kN*m
Momento X Columna 1 Viva	110 kN*m
Momento Y Columna 2 Muerta	150 kN*m
Momento Y Columna 2 Viva	200 kN*m
Diámetro de varillas	25 mm

Tabla 7 Resultados Validación 2

	Artículo		Programa Smath Studio		Safe		Solución Propuesta del Programa		Safe de Solución Propuesta		% ERROR
Esfuerzo σ_1 Servicio	129.846	kN/m ²	N/A		246.17	kN/m ²	N/A	kN/m ²	325.274	kN/m ²	
Esfuerzo σ_2 Servicio	100.21	kN/m ²	N/A		169.324	kN/m ²	N/A	kN/m ²	224.986	kN/m ²	
Esfuerzo σ_3 Servicio	67.198	kN/m ²	N/A		83.719	kN/m ²	N/A	kN/m ²	113.859	kN/m ²	
Esfuerzo σ_4 Servicio	96.836	kN/m ²	N/A		165.193	kN/m ²	N/A	kN/m ²	218.354	kN/m ²	
Esfuerzo σ PROM ELS	98.522	kN/m ²	166.95	kN/m ²	165.168	kN/m ²	239.33	kN/m ²	218.43	kN/m ²	9.57
Esfuerzo σ PROM ELU	N/A		253.304	kN/m ²	238.562	kN/m ²	343.82	kN/m ²	318.58	kN/m ²	7.92
Momento Máximo a X	-1418.51	kN*m	-499.624	kN*m	-333.955	kN*m	548.2843	kN*m	494.2518	kN*m	10.93
Momento Máximo b Y	-600.65	kN*m	-614.487	kN*m	-442.520	kN*m	548.2843	kN*m	517.0523	kN*m	6.04
Cortante Máximo X	435.92	kN	380.3	kN	588.337	kN	429.6022	kN	531.608	kN	19.19
Cortante Máximo Y	422.35	kN	420.76	kN	468.91	kN	429.6022	kN	440.434	kN	2.46
Ratio Punzonamiento	0.726		0.72		0.75		0.58		0.76		23.68
Armado Superior X	8 ϕ 1"	in	6 ϕ 25	mm	3 ϕ 25	mm	6 ϕ 25	mm	6 ϕ 25	mm	0
Armado Superior Y	6 ϕ 1"	in	6 ϕ 25	mm	3 ϕ 25	mm	6 ϕ 25	mm	6 ϕ 25	mm	0
Armado Inferior X	N/A	in	3 ϕ 25	mm	2 ϕ 25	mm	6 ϕ 25	mm	6 ϕ 25	mm	0
Armado Inferior Y	N/A	in	3 ϕ 25	mm	2 ϕ 25	mm	6 ϕ 25	mm	6 ϕ 25	mm	0
Momento de Diseño Viga 2	827.213	kN*m	-467.24	kN*m	-511.210	kN*m	-679.94	kN*m	-662.02	kN*m	2.707
Cortante de Diseño Viga 2	110.830	N	112.97	N	122.120	N	-156.78	N	-184.57	N	15.057

Momento de Diseño Viga 1	299.232	kN*m	-400.94	kN*m	-647.432	kN*m	-456.2	kN*m	-430.7903	kN*m	5.898
Cortante de Diseño Viga 1	127.0225	N	199.14	N	184.247	N	-96.23	N	-85.41	N	12.668
Acero de Refuerzo Longitudinal Viga2	2384	mm ²	1181.96	mm ²	1192	mm ²	1152	mm ²	1484	mm ²	22.372
Acero de Refuerzo Transversal Viga2	529.63	mm ² /m	0	mm ² /m	0	mm ² /m	303.33	mm ² /m	250	mm ² /m	21.332
Acero de Refuerzo Longitudinal Viga1	857	mm ²	1181.95	mm ²	1543	mm ²	1152	mm ²	1152	mm ²	0.000
Acero de Refuerzo Transversal Viga1	426.13	mm ² /m	310	mm ² /m	250	mm ² /m	250	mm ² /m	250	mm ² /m	0.000
Dimensión X de zapata	2.1	m	2.1	m	2.1	m	1.85	m	1.85	m	
Dimensión X de zapata	2.1	m	2.1	m	2.1	m	1.85	m	1.85	m	
Altura	65	cm	65	cm	65	cm	80	cm	80	cm	

El método propuesto por (Moreno, Luévanos, López, & Medina, 2022) aunque representa una gran complejidad en su desarrollo y comprensión, al ser comparado con los resultados el programa realizado y con Safe no tienen el grado de fiabilidad adecuado, detallando estos resultados en cuanto a presiones resultantes no tiene una proximidad aceptable, asimismo esta diferencia se mantiene en momentos y cortantes.

Enfocándose en los resultados del programa desarrollado son próximos a los resultados de SAFE, sin embargo, la fundamental diferencia radica en los momentos máximos de la zapata esto se debe a que el método de cálculo de estos momentos en la zapata es diferente en SAFE, las particularidades de este ejemplo son que se ingresan momentos negativos y valores de cargas más grandes, siendo esta una causa por la cual difieren los resultados. En el Anexo 5 se encontrará la parte de la programación este método.

4.3 Validación 3

Ante la poca bibliografía de sistemas de solución o ejemplos propuestos, el siguiente ejemplo se ha propuesto con la intención de validar la aplicación y sistemas la zapata de esquina de geometría rectangular los datos iniciales del programa se encuentran en la tabla 8.

Tabla 8

Datos del ejemplo para la validación 3

Datos Iniciales del Problema	
Distancia entre columnas Lx	6 m
Distancia entre columnas Ly	8.5 m
Dimensión X de zapata	1.1 m
Dimensión Y de zapata	1.7 m
Altura	70 cm
Peralte	62.5 cm
Dimensión Cx Columna	35 cm
Dimensión Cy Columna	55 cm

σ admisible	390	kN/m ²
f'c del hormigón	280	kgf/m ²
Peso específico del hormigón	2400	kgf/m ³
Peso específico del relleno	1800	kgf/m ³
Carga Viva Columna de esquina	190	kN
Carga Muerta Columna de esquina	240	kN
Momento X Servicio Zapata 1 Muerta	12	kN*m
Momento X Servicio Zapata 1 Viva	7	kN*m
Momento Y Servicio Zapata 2 Muerta	9	kN*m
Momento Y Servicio Zapata 2 Viva	17	kN*m
Diámetro de varillas	20	mm

Tabla 9

Resultados validación 3

	Solución en el Programa		Solución en SAFE		% ERROR
Resultante Zapata de Esquina ELS	650.98	kN	N/A	kN	
Esfuerzo Zapata de Esquina ELS	348.12	kN/m ²	338.417	kN/m ²	2.87
Esfuerzo Zapata de Esquina ELU	475.33	kN/m ²	471.348	kN/m ²	0.84
Momento de diseño Zapata X Superior	-227.265	kN*m	- 247.1945	kN*m	8.06
Momento de diseño Zapata Y Superior	-345.741	kN*m	- 312.4121	kN*m	10.67
Momento de diseño Zapata X Inferior	129.5413	kN*m	141.9128	kN*m	8.72
Momento de diseño Zapata Y Inferior	197.0721	kN*m	183.07	kN*m	7.65
Armado Superior X	7 ϕ 20	mm	7 ϕ 20	mm	0
Armado Superior Y	5 ϕ 20	mm	5 ϕ 20	mm	0
Armado Inferior X	7 ϕ 20	mm	2 ϕ 20	mm	No impone mínimo
Armado Inferior Y	5 ϕ 20	mm	3 ϕ 20	mm	No impone mínimo
Longitud de desarrollo X Superior	32.89	cm	N/A	cm	
Longitud de desarrollo Y Superior	0	cm	N/A	cm	

Longitud de desarrollo X Inferior	30	cm	N/A	cm	
Longitud de desarrollo Y Inferior	0	cm	N/A	cm	
Ratio de Punzonamiento	0.2301		0.175		31.49
Momento de Diseño Viga 2	-145.36	kN*m	-178.213	kN*m	18.43
Cortante de Diseño Viga 2	-105.3	kN	-97.7584	kN	7.71
Momento de Diseño Viga 1	-227.56	kN*m	-238.08	kN*m	4.42
Cortante de Diseño Viga 1	96.5	kN	92.232	kN	4.63
Acero de Refuerzo Longitudinal Viga2	902.88	mm ²	1045	mm ²	13.60
Acero de Refuerzo Transversal Viga2	458.33	mm ² /m	458.33	mm ² /m	0.00
Acero de Refuerzo Longitudinal Viga1	1289.51	mm ²	1545	mm ²	16.54
Acero de Refuerzo Transversal Viga1	291.67	mm ² /m	291.67	mm ² /m	0.00
Dimensión X de zapata	1.1	m	1.1	m	
Dimensión Y de zapata	1.7	m	1.7	m	
Altura de zapata	70	cm	70	cm	

Los porcentajes de errores más grandes se presentan en el Ratio de punzonamiento la causa se debe a que SAFE analiza la inercia y el centroide del área de punzonamiento además obtiene momentos de balance para los vértices del perímetro crítico, resultando un método más completo y diferente al utilizado, de todas formas, un resultado de magnitud mayor presentado por el programa creado asegura que estemos de lado de seguridad.

Los momentos de diseño para la zapata en dirección X y Y presentan una variación porque del mismo modo la metodología aplicada no es igual, en ejemplos del

programa se puede visualizar una adaptación de las presiones o esfuerzo a una carga lineal, sin embargo, la información del proceso no está completa, no obstante, el método aplicado presenta resultados similares.

Con respecto a los momentos, cortantes y aceros requeridos la variación con los resultados de SAFE se producen por la precisión del método empleado, esta precisión se puede aumentar si se utilizan funciones más complejas para ajustes en la regresión polinomial, recordemos que ecuaciones y coeficientes de regresión polinomial son transcritas de Python a SMath Studio, si toda la programación se hubiera desarrollado en un lenguaje de programación las funciones disponibles reducirían el porcentaje de error sin embargo los resultados son fiables para un pre dimensionamiento. En el Anexo 4 se mostrará la documentación donde se presenta los resultados de SAFE.

Capítulo 5 Conclusiones y recomendaciones.

5.1 Conclusiones

- La herramienta informática o programa desarrollado en Smath Studio se presenta como una opción viable y precisa para optimizar el pre dimensionamiento de zapatas aisladas de esquina con vigas de conexión, con una metodología respaldada por principios de equilibrio estático y regresión polinomial, porque los resultados están validados con SAFE CSI software especializado en el diseño de zapatas.
- El uso de algoritmos bien definidos y acompañados de diagramas de flujo ha permitido el desarrollo de un código robusto y claro, que facilita tanto la comprensión como la implementación de la herramienta informática. Esta

metodología asegura la correcta automatización de los cálculos estructurales y la generación de resultados verificables de manera confiable y eficiente.

- En general la herramienta desarrollada en SMtha Studio ofrece resultados comparables a los obtenidos en SAFE CSI, con un promedio general de error del 6.05% lo cual indica una buena correlación en la mayoría de casos. Sin embargo, los casos con porcentajes de error elevados como los que se presentan en el punzonamiento, debido a al proceso de solución empleado en el programa SAFE CSI, siendo un proceso más complejo comparado con el método utilizado en SMath Studio.
- La consideración de la distribución de esfuerzos o presiones del suelo linealmente en la zapata es aplicable para este tipo de cimentación sobre todo al utilizar vigas de equilibrio.
- El modelo programado para el pre dimensionamiento y dimensionamiento de la zapata cumple adecuadamente estas funciones, ofreciendo resultados que cumplen verificaciones.
- La elaboración de la guía de usuario ha sido clave para facilitar el uso de la herramienta informática. Al ofrecer instrucciones precisas y bien explicadas, que consigue:
 - Mejorar la comprensión: Los usuarios ahora pueden manejar la herramienta de forma más efectiva, lo que reduce el tiempo de adaptación y disminuye los errores.
 - Fomentar la independencia: Con un recurso accesible y bien organizado, los usuarios pueden resolver dudas y problemas por su cuenta, sin requerir la ayuda del creador del programa.

En resumen, este manual no solo simplifica el uso de la herramienta, sino que también contribuye de manera significativa a la eficiencia operativa y la satisfacción de los usuarios.

- La integración de modelos de learning machine en el diseño estructural mejora los resultados en la obtención de solicitaciones estructurales, la dificultad radica en la obtención y procesamiento de la información sin embargo la probable aplicación dentro de la Ingeniería Civil es variada, en este caso aplicado en la obtención de momentos y cortantes máximos ofrece resultados adecuados para el diseño de las vigas de conexión.
- El programa matemático Smath Studio es una herramienta completa comprobada que ofrece la facilidad y correcta solución de cualquier problema analítico que utiliza ecuaciones o formulas.
- La metodología aplicada presenta una solución completa, que se puede utilizar como base para el desarrollo de la misma y creación de nuevas alternativas de solución. Considerando que no existe información relevante y verificada puede optarse con seguridad.
- El no considerar el peso de la cimentación, y relleno sobre las vigas de conexión conlleva a error afectando las dimensiones de la zapata, por esta razón el peso de estos elementos si se incorpora en los cálculos.
- Antes de definir el método utilizado en esta investigación se intentó trabajar con un método alternativo basado en la integración de volúmenes que lo plantea (Moreno, Luévanos, López, & Medina, 2022). Sin embargo, los resultados obtenidos al aplicar este método no mostraron una concordancia adecuada con los resultados proporcionados por el software de análisis

estructural Safe. Esta discrepancia sugiere que se requieren investigaciones adicionales para validar y refinar este método alternativo.

- Cuando se comparan los resultados de SAFE CSI con los resultados del modelo tradicional de cortes o secciones, las diferencias se presentan debido a las condiciones de apoyo. En SAFE, estos se modelan mediante resortes, considerándose un medio elástico, y se solucionan mediante una matriz de rigidez. Por otro lado, el método de secciones considera apoyos que restringen la traslación, siendo un problema de equilibrio estático puro. Además, debido a las condiciones de frontera y continuidad, el método mediante matrices de rigidez influye directamente en la distribución de fuerzas y momentos.

5.2 Recomendaciones

- Se recomienda leer la guía del usuario para que el programa genere resultados correctos.
- Cuando se realizan cálculos que serán comparados con software, se recomienda una comparación progresiva de resultados para validar cada etapa o sección de los cálculos. Esto permite identificar errores o descartar procesos incorrectos.
- Se recomienda como futura línea de investigación la solución para un sistema de cimentación integral de zapata de esquina, y zapatas medianeras con vigas de conexión o de equilibrio.
- Se sugiere considerar el uso de inteligencia artificial para la corrección y desarrollo del código durante su programación para optimización del proceso.

Capítulo 6 Referencias Bibliográficas

- ACI 318. (2019). *Building code requirements for structural concrete (ACI 318-19) and commentary (ACI 318R-19)*. American Concrete Institute.
- Bazant, Z. P., & Planas, J. (2018). *Fracture and Size Effect in Concrete and Other Quasibrittle Materials*. CRC Press.
- Bentley. (2024). Obtenido de STAAD Foundation Advanced Foundation Design Software: <https://www.bentley.com/software/staad-foundation-advanced/>
- Calavera, J. (2000). *Cálculo de Estructuras de Cimentación 4a Ed.* INTEMAC S.A.
- Chanchí, G., Camapo, W., & Sierra, L. M. (2020). Aplicación de la regresión polinomial para la caracterización de la curva del COVID-19, mediante técnicas de machine learning. *Investigación e Innovación en Ingenierías Universidad Simon Bolivar*, 18.
- Computers, & Structures.Inc. (2022). Validates the application of line and area springs. csiamerica.
- Criollo, J. (2023). *Optimización para el predimensionamiento de zapatas aisladas Centrales utilizando Smath Studio*. Cuenca: UCACUE.
- CSI, S. (2024). Obtenido de SAFE Programa para cálculo y dimensionamiento de losas y cimentaciones con postensado:
<https://www.csiespana.com/software/8/safe>
- Cueva, J. (2008). *Influencia de la discretización y del módulo de Winkler en el diseño de la cimentación*. Loja: Universidad Técnica Particular de Loja.
- Das, B. M. (2013). *Fundamentos de ingeniería de cimentaciones (8ª ed.)*. Cengage Learning.

- Dublal. (2023). *Software de análisis y dimensionamiento de estructuras Dublal*.
Obtenido de RFEM 6 | Software de análisis de estructuras por elementos finitos: <https://www.dlubal.com/es/productos/rfem-software-del-mef/que-es-rfem>
- Fanella, D. A. (2015). *Reinforced Concrete Structures: Analysis and Design (2.^a ed.)*. McGraw Hill Professional.
- Fine Software. (2024). *Fine*. Obtenido de GEO5 Cimentaciones Superficiales: <https://www.finesoftware.es/software-geotecnico/>
- Freire, M. T. (2000). *Interacción del Suelo, Cimiento y Estructura: El caso de las zapatas (1 Parte)*. Coruña: Informes de la Construcción revistas CSIC.
- Galletero, P. (2016). *Optimización de cimentaciones directas de medianera y esquina mediante modelos de elementos finitos*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.
- Guzmán, M. (2020). *Conceptos Generales. Flexión en secciones simplemente reforzadas*. Universidad Privada Del Norte.
- Hassoun, M. N., & Al-Manaseer, A. (2015). *Structural Concrete: Theory and Design (6th ed.)*. John Wiley & Sons.
- Liengme, B. V. (2015). *SMath for Physics*. Morgan & Claypool Publishers.
- Loukidis, D., & Tamiolakis, G. (2017). Spatial distribution of Winkler spring stiffness for rectangular mat. *Elsevier Ltd*, 17.
- Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2015). *Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC)*. Quito: MIDUVI.

- Ministerio de Fomento. (2019). *Documento Básico SE-C Seguridad estructural Cimientos*. Secretaria de Estado de Infraestructura, Transporte y Vivienda España.
- Montgomery, D. C., & Runger, G. C. (2014). *Applied Statistics and Probability for Engineers (6th ed.)*. John Wiley & Sons.
- Moreno, M., Luévanos, A., López, S., & Medina, M. (2022). Modelación matemática para zapatas combinadas de correa en esquina apoyadas sobre el terreno
PARTE 1. *ISSN PORTAL*, 14.
- Morrison, N. (1993). *Modulos de reacción del Suelo (conocido también como Coeficiente de Balasto o Modulo de Winkler)*. Cataluña: Morrison & Morrison Ingenieros.
- Nilson, A. H. (2001). *Diseño de Estructuras de Concreto (12va edición)*. McGraw Hill .
- Park, R., & Paulay, T. (2012). *Reinforced Concrete Structures*. Wiley.
- Python documentation*. (2024). Obtenido de <https://docs.python.org/es/3/tutorial/>
- Rojas, B. M. (2021). *Estudio de los Modelos de Regresión Paramétricos Polinomiales y Modelos de Regresión no paramétricos B-Spline. Aplicaciones en Ingeniería*. Ambato: Universidad Técnica de Ambato.
- Salas, J. J. (1975). *Geotecnia y Cimientos I 2ed*. Madrid: Editorial Rueda.
- Samaniego, E. (2024). *Optimización para el predimensionamiento de zapatas aisladas de Borde utilizando Smath Studio*. Cuenca: UCACUE.
- Scikit-learn developers. (nd). *Scikit-learn: Machine Learning in Python*. *Scikit-learn.org*. Obtenido de <https://scikit-learn.org/stable/>

- SkyCiv. (2023). *Software de Análisis y Diseño Estructural SkyCiv* . Obtenido de Diseño de la Fundación SkyCiv: <https://skyciv.com/es/structural-software/concrete-foundation-design/>
- Timoshenko, S. P., & Goodier, J. N. (2020). *Theory of Elasticity (3rd ed.)*. McGraw-Hill Education.
- Valencia, C. (2014). *Análisis de la Relación del coeficiente de balasto y su incidencia en la estabilidad estructural de un Edificio de 7 pisos de hormigón armado en la parroquia la Matriz cantón Ambato, provincia Tungurahua*. Universidad Técnica de Ambato.
- Vasquez, L. G. (2010). *Diseño de Estructuras de Cimentación de Acuerdo a NSR-10*. Universidad Nacional de Colombia.
- Zuloaga, I. (2023). *geotecnia.AI*. Obtenido de <https://geotecnia.ai/que-es-el-modulo-de-balasto-y-como-se-aplica-para-el-calculo-de-cimentaciones/>

Capítulo 7 Anexos

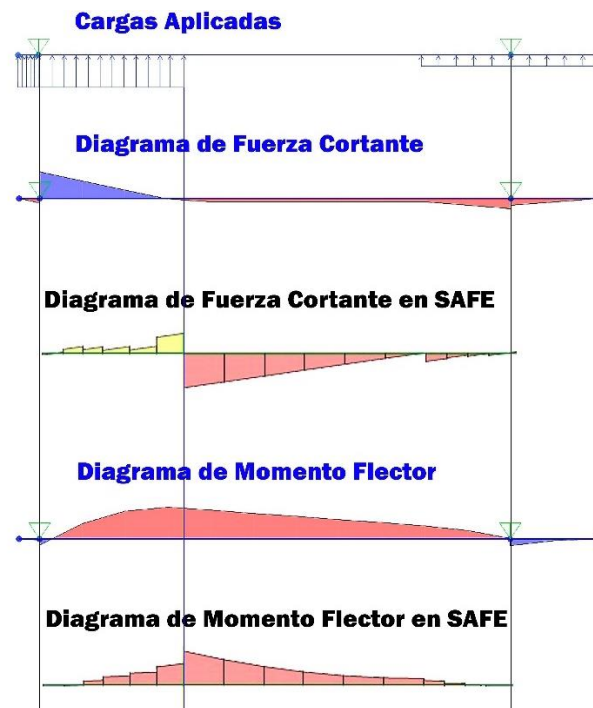
Anexo 1 Vigas de Equilibrio

Dentro de esta investigación, el análisis de las vigas ha requerido un mayor esfuerzo que cualquier otro punto. La dificultad radica en la comparación de los resultados obtenidos del modelo computacional con los del modelo analítico. En la ilustración 48, se pueden observar los diagramas de cortante y momento. Aunque ambos modelos se han desarrollado en un software, uno de ellos se basa en las propuestas de diferentes autores, entre ellos Pablo Galletero. Este modelo consiste en obtener las presiones o tensiones que actúan en las zapatas para transformarlas en cargas distribuidas que actúan sobre la viga de diseño. Al invertir el modelo, los apoyos se

colocan en lugar de las columnas. Por otro lado, el segundo modelo, realizado en SAFE, se basa en un análisis mediante el método de elementos finitos.

Ilustración 48

Comparación de diagramas de cortantes y momentos en las vigas de conexión

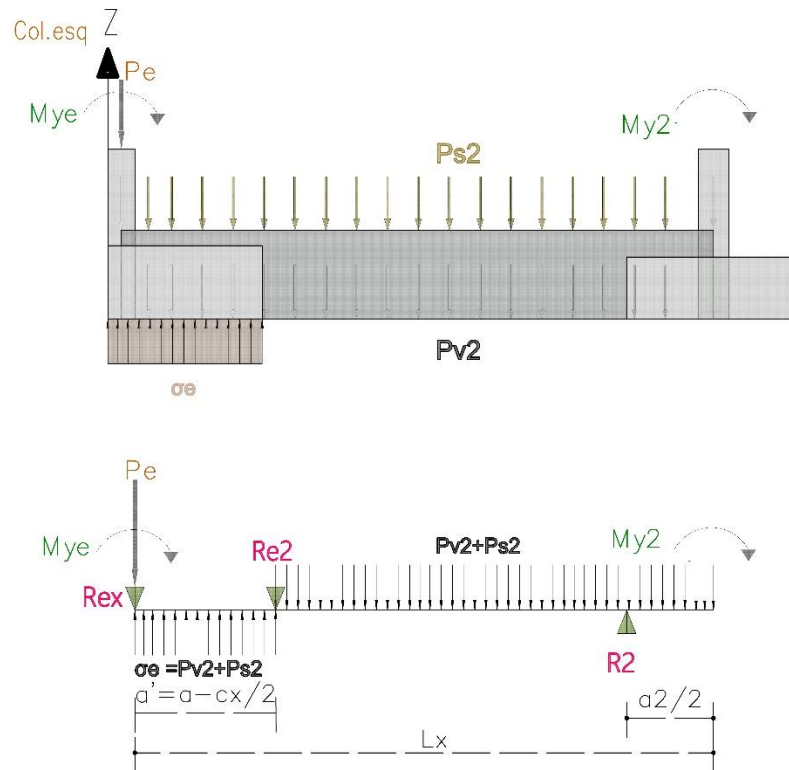


Fuente Autor

En primera instancia con el análisis de los diagramas al realizar diferentes configuraciones de apoyos se encontró la siguiente:

Ilustración 49

Propuesta de método analítico para la solución de vigas



Fuente Autor

Para la solución de esta configuración de apoyos y cargas existen diferentes métodos, el que fue empleado en esta investigación fue el de trabajos virtuales centrandó el análisis en el apoyo R_{e2} , el siguiente método empleado fue el de la doble integración para crear el diagrama de cortante y momento a continuación los resultados:

Ilustración 50

Diagramas de flexión

Diagrama de flexión obtenido en SMATH Studio

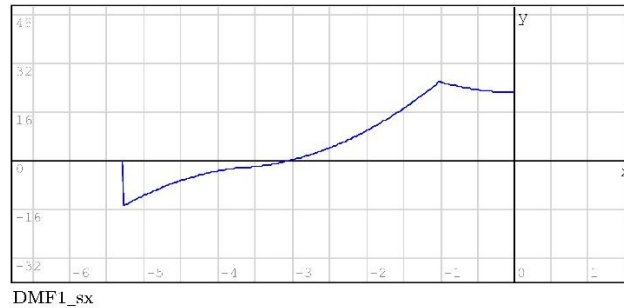
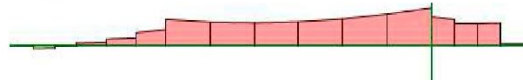


Diagrama de flexión obtenido en SAFE



Fuente Autor

Ilustración 51

Diagramas de cortante

Diagrama de cortante obtenido en SMATH Studio

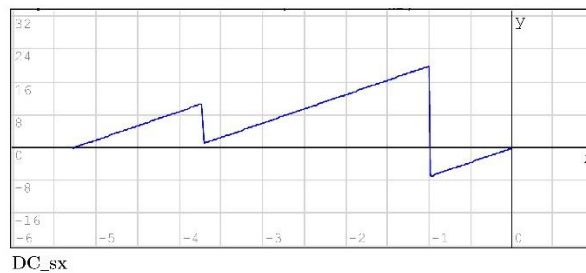
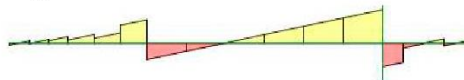


Diagrama de cortante obtenido en SAFE



Fuente Autor

Los resultados obtenidos presentan cierta similitud en el diagrama y valores de cortante, sin embargo, para los momentos los resultados presentan mayores diferencias a medida que aumentan las magnitudes de las cargas y momentos, estas diferencias se reflejarán en el acero de refuerzo tanto a corte como a flexión. El origen

de este error radica en la colocación de apoyos que actúan como condiciones de restricción a traslaciones; sin embargo, en comparación con el modelo computacional, existen traslaciones en la dirección del eje vertical. Para solucionar este problema, la opción es reemplazar los apoyos por resortes. No obstante, por los antecedentes disponibles, se decidió incorporar la regresión polinomial para ajustar los momentos y cortantes, una solución que aprovecha la capacidad tecnológica actual.

La complejidad de la regresión polinomial radica en la obtención de los datos, pero, aunque el proceso sea largo, los resultados justifican el tiempo invertido. Después de realizar 58507 modelos para zapatas rectangulares, 1021 modelos para zapatas cuadradas de modelos en SAFE utilizando magnitudes de carga y momentos unitarias, los resultados fueron seleccionados en el punto de análisis que es el borde de la zapata de esquina, en este punto se presentan los momentos y cortantes máximos siempre que existan cargas axiales que se transmiten en la columna de esquina, la creación del modelo se llevó a cabo en la plataforma Google Colab utilizando lenguaje Python.

Para el estudio de las vigas, las variables consideradas fueron dimensiones de zapata ancho y largo, la distancia entre ejes de columnas y las dimensiones de la columna, analizadas para cada caso de carga. Así, se obtuvo una ecuación de tercer grado para zapatas rectangulares, y la relación de la sección de la viga. Una ecuación de segundo grado para zapatas cuadradas. Las ecuaciones están compuestas por términos y coeficientes, los cuales se resumen en las siguientes tablas, que presentan los coeficientes correspondientes a cada término de las ecuaciones.

La regresión polinomial es una técnica estadística que extiende el concepto de regresión lineal al incluir términos de mayor grado (cuadráticos, cúbicos, etc.),

permitiendo capturar relaciones no lineales entre las variables. En este caso particular, se emplea para analizar la interacción entre las dimensiones geométricas de la zapata y la columna, así como las distancias entre ejes, en función de los diferentes casos de carga aplicados (Montgomery & Runger, 2014).

El proceso se inicia identificando las variables geométricas clave: las dimensiones de la zapata (“a” y “b”), las dimensiones de la columna (“CX” y “CY”) y la longitud entre ejes de columna (“L”). Estas variables influyen en el comportamiento estructural de la cimentación bajo diferentes tipos de carga, como carga axial, carga distribuida, momento en la columna de esquina y momento en la columna medianera.

A través de la regresión polinomial, se construye una ecuación en la que los términos incluyen combinaciones y potencias de estas variables geométricas. Esta ecuación busca modelar cómo las cargas influyen en los momentos máximos y las fuerzas cortantes generadas en la zapata. Cada caso de carga se asocia con un coeficiente o factor resultante, que se determina mediante el ajuste de la ecuación de regresión a los datos obtenidos en el análisis (Montgomery & Runger, 2014).

Por ejemplo, la ecuación de regresión podría tener términos del tipo:

$$M = \beta_0 + \beta_1 a + \beta_2 b + \beta_3 CX + \beta_4 CY + \beta_5 L + \beta_6 a^2 + \beta_7 b^2 \dots \dots \dots$$

Donde M representa un momento máximo o una fuerza cortante, y los coeficientes $\beta_0 + \beta_1$ se determinan mediante el ajuste de la regresión. Cada coeficiente captura cómo una variable geométrica o combinación de variables afecta la respuesta estructural bajo un tipo de carga específico (Montgomery & Runger, 2014).

Una vez que se ha obtenido esta ecuación de regresión, se puede usar para predecir los momentos y las fuerzas cortantes en la zapata bajo diferentes

configuraciones geométricas y cargas. Multiplicando el resultado de la regresión por las cargas respectivas (axial, distribuida, momentos en las columnas), es posible determinar con precisión las respuestas estructurales esperadas para cada caso.

Este enfoque permite integrar de manera eficaz tanto las características geométricas como las condiciones de carga en el análisis estructural, proporcionando una herramienta valiosa para prever el comportamiento de la cimentación bajo diversas condiciones de carga. La regresión polinomial, al permitir la inclusión de términos no lineales y combinaciones de variables, es particularmente útil para capturar las complejidades de la interacción entre las dimensiones y las cargas aplicadas (Montgomery & Runger, 2014).

En este estudio fundamentalmente las ecuaciones tienen el mismo orden y son aplicables para momentos y cortantes según el caso que requiere asignar los coeficientes requeridos según con el nombre término, pero facilitar la comprensión se presentan ecuaciones incorporado un índice que añadido a la abreviatura “coef” de coeficiente se obtiene por ejemplo coef101 este nombre se busca en las tablas correspondientes.

Los coeficientes presentados a continuación presentan 4 cifras decimales en anexos se dispondrá los coeficientes con todos los decimales.

Ecuación para momentos de zapatas cuadradas (Ver Tabla FACTORES DE ECUACIÓN EN ZAPATAS CUADRADAS):

$$y = \text{intcpt100} + (\text{coef101} \bullet 1) + (\text{coef102} \bullet \text{ZXY}) + (\text{coef103} \bullet \text{CXY}) + (\text{coef104} \bullet \text{L}) + (\text{coef105} \bullet \text{ZXY}^2) + (\text{coef106} \bullet \text{ZXY} \bullet \text{CXY}) + (\text{coef107} \bullet \text{ZXY} \bullet \text{L}) + (\text{coef108} \bullet \text{CXY}^2) + (\text{coef109} \bullet \text{CXY} \bullet \text{L}) + (\text{coef110} \bullet \text{L}^2)$$

Ecuación para cortantes de zapatas cuadradas (Ver Tabla FACTORES DE ECUACIÓN EN ZAPATAS CUADRADAS):

$$y = \text{intcpt200} + (\text{coef201} \bullet 1) + (\text{coef202} \bullet \text{ZXY}) + (\text{coef203} \bullet \text{CXY}) + (\text{coef204} \bullet \text{L}) + (\text{coef205} \bullet \text{ZXY}^2) + (\text{coef206} \bullet \text{ZXY} \bullet \text{CXY}) + (\text{coef207} \bullet \text{ZXY} \bullet \text{L}) + (\text{coef208} \bullet \text{CXY}^2) + (\text{coef209} \bullet \text{CXY} \bullet \text{L}) + (\text{coef210} \bullet \text{L}^2)$$

Ecuación para momentos por la relación base altura de la viga (Ver Tabla FACTORES DE ECUACIÓN RELACIÓN BASE – ALTURA):

$$y = \text{intcpt300} + (\text{coef301} \bullet 1) + (\text{coef302} \bullet \text{Bv}) + (\text{coef303} \bullet \text{Hv}) + (\text{coef304} \bullet \text{Bv}^2) + (\text{coef305} \bullet \text{Bv} \bullet \text{Hv}) + (\text{coef306} \bullet \text{Hv}^2) + (\text{coef307} \bullet \text{Bv}^3) + (\text{coef308} \bullet \text{Bv}^2 \bullet \text{Hv}) + (\text{coef309} \bullet \text{Bv} \bullet \text{Hv}^2) + (\text{coef310} \bullet \text{Hv}^3)$$

Ecuación para cortantes por la relación base altura de la viga (Ver Tabla FACTORES DE ECUACIÓN RELACIÓN BASE – ALTURA):

$$y = \text{intcpt400} + (\text{coef401} \bullet 1) + (\text{coef402} \bullet \text{Bv}) + (\text{coef403} \bullet \text{Hv}) + (\text{coef404} \bullet \text{Bv}^2) + (\text{coef405} \bullet \text{Bv} \bullet \text{Hv}) + (\text{coef406} \bullet \text{Hv}^2) + (\text{coef407} \bullet \text{Bv}^3) + (\text{coef408} \bullet \text{Bv}^2 \bullet \text{Hv}) + (\text{coef409} \bullet \text{Bv} \bullet \text{Hv}^2) + (\text{coef410} \bullet \text{Hv}^3)$$

Tabla 10

Coefficientes para Zapatas Cuadradas

FACTORES DE ECUACIÓN EN ZAPATAS CUADRADAS						
	Índice	Término	Puntual	Momento columna esquina	Momento columna medianera	Sobrecarga en Viga
MOMENTOS	Coef 101	1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	Coef 102	ZXY	-0.2293	-0.4047	-0.7029	0.8757
	Coef 103	CXY	0.2004	0.2801	0.2199	0.2398
	Coef 104	L	-0.1119	0.2753	0.1754	0.5423
	Coef 105	ZXY ²	0.2169	-0.0699	-0.0569	-0.2531
	Coef 106	ZXY CXY	-0.3318	0.0789	0.1300	-0.0999
	Coef 107	ZXY L	-0.0693	0.0488	0.1680	-0.0120
	Coef 108	CXY ²	0.2047	-0.1432	-0.1198	-0.0128
	Coef 109	CXY L	0.0729	-0.0535	-0.0529	-0.0296
	Coef 110	L ²	0.0170	-0.0346	-0.0339	-0.0463
	intcpt 100	--	0.1509	0.5375	-0.2035	-1.2173
CORTANTES	Coef 201	1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	Coef 202	ZXY	-0.2352	0.1177	0.0473	1.0496
	Coef 203	CXY	0.2239	-0.1383	-0.1492	-0.4064
	Coef 204	L	0.0084	-0.3127	-0.3069	-0.4483
	Coef 205	ZXY ²	0.1006	-0.0387	-0.0138	0.0933
	Coef 206	ZXY CXY	-0.1414	0.0572	0.0743	-0.1684

Coef	207	ZXY L	-0.0058	-0.0156	0.0067	-0.1294
Coef	208	CXY^2	0.0953	0.0052	0.0131	0.2373
Coef	209	CXY L	-0.0057	0.0086	0.0050	0.0321
Coef	210	L^2	0.0023	0.0304	0.0270	0.0056
intcpt	200	--	-0.0220	1.0109	1.0230	-0.1516

Tabla 11

Coeficientes Relación Base - Altura

FACTORES DE ECUACIÓN RELACIÓN BASE - ALTURA							
	Índice	Término	Puntual	Momento columna esquina	Momento columna medianera	Sobrecarga en Viga	
MOMENTOS	Coef	301	1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	Coef	301	Bv	-0.6354	1.4149	-1.2436	5.8025
	Coef	301	Hv	-1.1726	2.6008	-2.3169	10.6783
	Coef	301	Bv^2	0.5912	-1.3215	1.1400	-5.4086
	Coef	301	Bv Hv	0.9836	-2.1869	1.9666	-9.0501
	Coef	301	Hv^2	1.2768	-2.8284	2.5292	-11.6414
	Coef	301	Bv^3	-0.2327	0.5222	-0.4383	2.1352
	Coef	301	Bv^2 Hv	-0.3750	0.8361	-0.7477	3.4576
	Coef	301	Bv Hv^2	-0.4376	0.9732	-0.8794	4.0324
	Coef	301	Hv^3	-0.4887	1.0813	-0.9677	4.4533
	intcpt	300	--	0.3085	-0.6937	0.5818	-2.7732
	CORTANTES	Coef	401	1	0.0000	0.0000	0.0000
Coef		402	Bv	-0.1784	0.3948	-0.1691	-1.6006
Coef		403	Hv	-0.3234	0.7180	-0.3198	-2.9454
Coef		404	Bv^2	0.1734	-0.3805	0.1522	1.4930
Coef		405	Bv Hv	0.2699	-0.5997	0.2688	2.4949
Coef		406	Hv^2	0.3527	-0.7820	0.3500	3.2112
Coef		407	Bv^3	-0.0741	0.1605	-0.0565	-0.5907
Coef		408	Bv^2 Hv	-0.1033	0.2272	-0.1020	-0.9520
Coef		409	Bv Hv^2	-0.1195	0.2677	-0.1200	-1.1120
Coef		410	Hv^3	-0.1354	0.2993	-0.1343	-1.2285
intcpt	400	--	0.0860	-0.1775	0.0869	0.7842	

Ecuación para momentos de zapatas rectangulares (Tabla FACTORES DE ECUACIÓN DE MOMENTOS EN ZAPATAS RECTANGULARES):

$$y = \text{intcpt}0 + (\text{coef}1 \bullet 1) + (\text{coef}2 \bullet ZX) + (\text{coef}3 \bullet ZY) + (\text{coef}4 \bullet CX) + (\text{coef}5 \bullet CY) + (\text{coef}6 \bullet L) + (\text{coef}7 \bullet ZX^2) + (\text{coef}8 \bullet ZX \bullet ZY) + (\text{coef}9 \bullet ZX \bullet CX) + (\text{coef}10 \bullet ZX \bullet CY) + (\text{coef}11 \bullet ZX \bullet L) + (\text{coef}12 \bullet ZY^2) + (\text{coef}13 \bullet ZY \bullet CX) + (\text{coef}14 \bullet ZY \bullet CY) + (\text{coef}15 \bullet ZY \bullet L) + (\text{coef}16 \bullet CX^2) + (\text{coef}17 \bullet CX \bullet CY) + (\text{coef}18 \bullet CX \bullet L) + (\text{coef}19 \bullet CY^2) + (\text{coef}20 \bullet CY \bullet L) + (\text{coef}21 \bullet L^2) + (\text{coef}22 \bullet ZX^3) +$$

$$(coef23 \bullet ZX^2 \bullet ZY) + (coef 24 \bullet ZX^2 \bullet CX) + (coef 25 \bullet ZX^2 \bullet CY) + (coef26 \bullet ZX^2 \bullet L) + (coef27 \bullet ZX ZY^2) + (coef 28 \bullet ZX \bullet ZY \bullet CX) + (coef 29 \bullet ZX \bullet ZY \bullet CY) + (coef30 \bullet ZX \bullet ZY \bullet L) + (coef 31 \bullet ZX \bullet CX^2) + (coef 32 \bullet ZX \bullet CX \bullet CY) + (coef 33 \bullet ZX \bullet CX \bullet L) + (coef34 \bullet ZX \bullet CY^2) + (coef35 \bullet ZX \bullet CY \bullet L) + (coef36 \bullet ZX \bullet L^2) + (coef 37 \bullet ZY^3) + (coef 38 \bullet ZY^2 \bullet CX) + (coef 39 \bullet ZY^2 \bullet CY) + (coef40 \bullet ZY^2 \bullet L) + (coef 41 \bullet ZY \bullet CX^2) + (coef42 \bullet ZY \bullet CX \bullet CY) + (coef43 \bullet ZY \bullet CX \bullet L) + (coef 44 \bullet ZY \bullet CY^2) + (coef 45 \bullet ZY \bullet CY \bullet L) + (coef 46 \bullet ZY \bullet L^2) + (coef47 \bullet CX^3) + (coef 48 \bullet CX^2 \bullet CY) + (coef49 \bullet CX^2 \bullet L) + (coef50 \bullet CX \bullet CY^2) + (coef 51 \bullet CX \bullet CY \bullet L) + (coef 52 \bullet CX \bullet L^2) + (coef53 \bullet CY^3) + (coef 54 \bullet CY^2 \bullet L) + (coef 55 \bullet CY \bullet L^2) + (coef56 \bullet L^3)$$

Ecuación para cortantes de zapatas rectangulares (Ver tabla FACTORES DE ECUACIÓN DE CORTANTES EN ZAPATAS RECTANGULARES):

$$y = \text{intcpt}0' + (coef1' \bullet 1) + (coef 2' \bullet ZX) + (coef3' \bullet ZY) + (coef4' \bullet CX) + (coef5' \bullet CY) + (coef6' \bullet L) + (coef7' \bullet ZX^2) + (coef8' \bullet ZX \bullet ZY) + (coef9' \bullet ZX \bullet CX) + (coef10' \bullet ZX \bullet CY) + (coef11' \bullet ZX \bullet L) + (coef 12' \bullet ZY^2) + (coef13' \bullet ZY \bullet CX) + (coef 14' \bullet ZY \bullet CY) + (coef 15' \bullet ZY \bullet L) + (coef16' \bullet CX^2) + (coef17' \bullet CX \bullet CY) + (coef 18' \bullet CX \bullet L) + (coef19' \bullet CY^2) + (coef 20' \bullet CY \bullet L) + (coef 21' \bullet L^2) + (coef22' \bullet ZX^3) + (coef23' \bullet ZX^2 \bullet ZY) + (coef 24' \bullet ZX^2 \bullet CX) + (coef 25' \bullet ZX^2 \bullet CY) + (coef26' \bullet ZX^2 \bullet L) + (coef27' \bullet ZX \bullet ZY^2) + (coef 28' \bullet ZX \bullet ZY \bullet CX) + (coef 29' \bullet ZX \bullet ZY \bullet CY) + (coef30' \bullet ZX \bullet ZY \bullet L) + (coef 31' \bullet ZX \bullet CX^2) + (coef 32' \bullet ZX \bullet CX \bullet CY) + (coef 33' \bullet ZX \bullet CX \bullet L) + (coef34' \bullet ZX \bullet CY^2) + (coef35' \bullet ZX \bullet CY \bullet L) + (coef36' \bullet ZX \bullet L^2) + (coef 37' \bullet ZY^3) + (coef 38' \bullet ZY^2 \bullet CX) + (coef 39' \bullet ZY^2 \bullet CY) + (coef40' \bullet ZY^2 \bullet L) + (coef 41' \bullet ZY \bullet CX^2) + (coef42' \bullet ZY \bullet CX \bullet CY) + (coef43' \bullet ZY \bullet CX \bullet L) + (coef44' \bullet ZY \bullet CY^2) + (coef45' \bullet ZY \bullet CY \bullet L) + (coef46' \bullet ZY \bullet L^2) + (coef47' \bullet CX^3) + (coef 48' \bullet CX^2 \bullet CY) + (coef49' \bullet CX^2 \bullet L) + (coef50' \bullet CX \bullet CY^2) + (coef 51' \bullet CX \bullet CY \bullet L) + (coef 52' \bullet CX \bullet L^2) + (coef53' \bullet CY^3) + (coef 54' \bullet CY^2 \bullet L) + (coef 55' \bullet CY \bullet L^2) + (coef56' \bullet L^3)$$

Tabla 12

Coefficientes para momentos y cortantes en zapatas rectangulares

FACTORES DE ECUACIÓN DE MOMENTOS EN ZAPATAS RECTANGULARES						FACTORES DE ECUACIÓN DE CORTANTES EN ZAPATAS RECTANGULARES					
Índice	Termino	Puntual	Momento columna esquina	Momento columna medianera	Sobrecarga en Viga	Índice	Termino	Puntual	Momento columna esquina	Momento columna medianera	Sobrecarga en Viga
Coef 1	1	1.87E-13	-1.53E-13	-1.10E-13	2.36E-13	Coef 1'	1	4.81E-14	-2.52E-14	-1.27E-13	5.10E-13
Coef 2	ZX	-0.2799	-0.3011	-0.7162	0.5176	Coef 2'	ZX	-0.4064	0.2220	0.1464	1.0225
Coef 3	ZY	0.0273	0.0652	-0.2569	0.4715	Coef 3'	ZY	0.0496	-0.0069	-0.0532	0.0089
Coef 4	CX	0.2967	-0.2344	0.4398	-1.3154	Coef 4'	CX	0.4458	-0.6188	-0.4164	-0.5192
Coef 5	CY	-0.2354	0.3778	0.1101	0.1493	Coef 5'	CY	-0.1749	0.2035	0.1904	-0.2935
Coef 6	L	-0.0504	0.2381	0.1576	-0.7667	Coef 6'	L	0.0414	-0.4587	-0.4756	-0.4747
Coef 7	ZX^2	0.3809	-0.3009	-0.1482	-1.0930	Coef 7'	ZX^2	0.1360	-0.0665	-0.0695	-0.2568
Coef 8	ZX ZY	0.1202	-0.1235	0.0711	-0.4600	Coef 8'	ZX ZY	0.1188	-0.0721	-0.0346	0.0167
Coef 9	ZX CX	-0.3544	0.1571	0.0298	0.6455	Coef 9'	ZX CX	0.0655	0.0365	0.0282	0.4266
Coef 10	ZX CY	-0.3100	0.0933	0.1055	-0.5145	Coef 10'	ZX CY	-0.3382	0.1883	0.1599	-0.5330
Coef 11	ZX L	-0.1854	0.1882	0.2284	0.8839	Coef 11'	ZX L	0.0238	-0.0383	-0.0060	0.0856
Coef 12	ZY^2	-0.0335	0.0032	0.1102	-0.3969	Coef 12'	ZY^2	-0.0387	0.0123	0.0171	-0.0163
Coef 13	ZY CX	-0.0010	0.0043	-0.1360	0.5626	Coef 13'	ZY CX	-0.0343	0.0204	0.0120	0.2171
Coef 14	ZY CY	0.0702	-0.0363	0.0008	0.0681	Coef 14'	ZY CY	0.0692	-0.0120	-0.0320	0.2116
Coef 15	ZY L	-0.0183	0.0020	0.0385	0.2078	Coef 15'	ZY L	-0.0268	0.0097	0.0227	-0.0085

Coef 16	CX^2	0.0606	1.0378	-0.2740	1.0071	Coef 16'	CX^2	-0.1717	0.6366	0.1911	-0.0556
Coef 17	CX CY	0.3190	-0.7636	-0.0776	-0.6821	Coef 17'	CX CY	0.2487	-0.2171	-0.1562	0.5670
Coef 18	CX L	0.1158	-0.0499	-0.0948	0.2820	Coef 18'	CX L	-0.0996	0.1201	0.1119	-0.0788
Coef 19	CY^2	0.3448	-0.3949	0.0412	0.3896	Coef 19'	CY^2	0.1924	-0.6407	-0.5405	0.5989
Coef 20	CY L	0.0351	-0.0372	-0.0608	-0.0268	Coef 20'	CY L	0.0720	0.0007	-0.0037	0.0653
Coef 21	L^2	0.0212	-0.0531	-0.0463	0.1098	Coef 21'	L^2	-0.0027	0.0683	0.0671	-0.0102
Coef 22	ZX^3	-0.0643	0.0564	0.0067	0.1662	Coef 22'	ZX^3	-0.0229	0.0212	0.0220	0.0448
Coef 23	ZX^2 ZY	0.0073	0.0326	0.0005	0.2636	Coef 23'	ZX^2 ZY	0.0047	0.0022	0.0080	0.0291
Coef 24	ZX^2 CX	0.0285	0.0150	0.0333	-0.0638	Coef 24'	ZX^2 CX	-0.0111	-0.0146	-0.0114	-0.0201
Coef 25	ZX^2 CY	-0.0216	0.0285	0.0173	-0.0311	Coef 25'	ZX^2 CY	0.0015	-0.0246	-0.0190	0.0203
Coef 26	ZX^2 L	0.0041	0.0002	0.0161	-0.0139	Coef 26'	ZX^2 L	-0.0031	-0.0023	-0.0015	0.0009
Coef 27	ZX ZY^2	-0.0411	0.0257	-0.0351	0.1293	Coef 27'	ZX ZY^2	-0.0183	0.0105	0.0018	0.0080
Coef 28	ZX ZY CX	-0.0258	-0.0157	0.0351	-0.1091	Coef 28'	ZX ZY CX	-0.0284	0.0055	0.0145	-0.0224
Coef 29	ZX ZY CY	0.0492	-0.0185	-0.0358	0.2142	Coef 29'	ZX ZY CY	0.0150	-0.0075	0.0013	0.0175
Coef 30	ZX ZY L	0.0080	-0.0158	0.0119	-0.1714	Coef 30'	ZX ZY L	-0.0087	0.0030	0.0025	-0.0339
Coef 31	ZX CX^2	0.0425	-0.0669	0.0392	-0.1145	Coef 31'	ZX CX^2	-0.0146	-0.0381	-0.0178	0.1332
Coef 32	ZX CX CY	0.0465	0.0096	-0.0039	0.1486	Coef 32'	ZX CX CY	0.0723	-0.0495	-0.0570	-0.0223
Coef 33	ZX CX L	0.0141	-0.0210	-0.0267	-0.0617	Coef 33'	ZX CX L	-0.0035	0.0065	0.0024	-0.0740
Coef 34	ZX CY^2	0.0438	-0.0109	0.0278	0.0867	Coef 34'	ZX CY^2	0.0923	-0.0412	-0.0266	0.3549
Coef 35	ZX CY L	0.0281	-0.0214	-0.0184	-0.0102	Coef 35'	ZX CY L	0.0289	-0.0083	-0.0092	0.0004
Coef 36	ZX L^2	0.0120	-0.0139	-0.0176	-0.0746	Coef 36'	ZX L^2	-8.29E-05	0.0027	0.0001	-0.0080
Coef 37	ZY^3	0.0107	-0.0070	-0.0093	0.0286	Coef 37'	ZY^3	0.0068	-0.0025	-0.0004	-0.0066
Coef 38	ZY^2 CX	0.0090	0.0042	0.0127	-0.0640	Coef 38'	ZY^2 CX	0.0093	-0.0014	-0.0040	-0.0424
Coef 39	ZY^2 CY	0.0107	-0.0029	-0.0258	0.0102	Coef 39'	ZY^2 CY	0.0051	-0.0059	-0.0038	-0.0153
Coef 40	ZY^2 L	0.0024	0.0012	-0.0066	0.0382	Coef 40'	ZY^2 L	0.0041	-0.0016	-0.0026	0.0109
Coef 41	ZY CX^2	0.0126	-0.0062	0.1070	-0.3206	Coef 41'	ZY CX^2	0.0193	-0.0193	-0.0044	-0.1107
Coef 42	ZY CX CY	-0.0346	0.0457	0.0493	-0.1104	Coef 42'	ZY CX CY	-0.0186	0.0093	0.0058	-0.1125
Coef 43	ZY CX L	-0.0048	-0.0030	-0.0071	-0.0145	Coef 43'	ZY CX L	0.0049	-0.0021	-0.0034	0.0077
Coef 44	ZY CY^2	-0.1023	0.0295	0.0916	-0.4134	Coef 44'	ZY CY^2	-0.0563	0.0253	0.0331	-0.1490
Coef 45	ZY CY L	-0.0057	0.0029	-0.0003	0.0251	Coef 45'	ZY CY L	-0.0062	0.0016	0.0013	0.0013
Coef 46	ZY L^2	0.0007	8.53E-05	-0.0021	-0.0257	Coef 46'	ZY L^2	0.0022	-0.0007	-0.0016	-0.0009
Coef 47	CX^3	0.0559	-0.7479	-0.1358	0.1616	Coef 47'	CX^3	0.1463	-0.2395	0.0177	0.1659
Coef 48	CX^2 CY	-0.2481	0.4917	-0.0693	0.5281	Coef 48'	CX^2 CY	-0.1887	0.3077	0.2761	-0.7246
Coef 49	CX^2 L	-0.0118	-0.0342	0.0547	-0.2123	Coef 49'	CX^2 L	0.0084	-0.0596	-0.0447	0.0142
Coef 50	CX CY^2	-0.0392	0.1649	-0.1112	0.6942	Coef 50'	CX CY^2	-0.0946	0.1439	0.1275	0.5099
Coef 51	CX CY L	-0.0128	0.0232	0.0322	-0.0784	Coef 51'	CX CY L	-0.0126	-0.0188	-0.0192	-0.0514
Coef 52	CX L^2	-0.0094	0.0083	0.0065	-0.0026	Coef 52'	CX L^2	0.0063	-0.0057	-0.0054	0.0145
Coef 53	CY^3	-0.1265	0.1981	-0.2447	0.0179	Coef 53'	CY^3	-0.1164	0.6170	0.5072	-0.7618
Coef 54	CY^2 L	-0.0100	0.0088	0.0275	-0.0409	Coef 54'	CY^2 L	-0.0085	-0.0282	-0.0253	-0.0488
Coef 55	CY L^2	-0.0032	0.0040	0.0040	0.0086	Coef 55'	CY L^2	-0.0070	0.0027	0.0031	0.0031
Coef 56	L^3	-0.0016	0.0035	0.0035	-0.0025	Coef 56'	L^3	-0.0001	-0.0036	-0.0033	0.0007
intcpt 0	--	0.0902	0.5632	-0.0878	0.3860	intcpt 0'	--	-0.0357	1.1734	1.2113	-0.1140

Anexo 2 Código del programa

ZAPATA AISLADA DE ESQUINA CON VIGAS DE CONEXIÓN

NO SE OFRECE NINGÚN TIPO DE GRANTÍA EXPRESA O IMPLÍCITA
USTED UTILIZA EL PROGRAMA BAJO SU PROPIA RESPONSABILIDAD

Desarrollador: Carlos Andres Rodríguez Molina
Supervisor: Ing. Eduardo Palma

Propiedades del Hormigón y Acero

Resistencia del Hormigón

$$f_c := 280 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

Peso específico del hormigón

$$\gamma_{\text{hor}} := 2400 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^3}$$

Resistencia del acero

$$F_y := 420 \text{ MPa}$$

Módulo de Elasticidad del acero

$$E_s := 2100000 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

Tamaño máximo del agregado

$$d_{\text{agg}} := 19 \text{ mm}$$

Propiedades del Suelo

Capacidad admisible neta del suelo

$$q_{\text{adm}} := 390 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Peso específico suelo o material de relleno

$$\gamma_{\text{s,relle}} := 1.8 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}^3}$$

Profundidad de cimentación

$$d_f := 2 \text{ m}$$

Datos de la Zapata

Espesor (Altura de la zapata)

$$h := 25 \text{ cm}$$

El espesor de las zapatas debe ser al menos 8 pulgadas = 20cm ACI 318-19 14.3.2.1

La altura de las zapatas sobre el refuerzo inferior no debe ser menor de 15cm ACI 318-08 15.7

Recubrimiento en Zapata

$$\text{rec} := 7.5 \text{ cm}$$

Recubrimiento en vigas

$$\text{rec}_v := 5 \text{ cm}$$

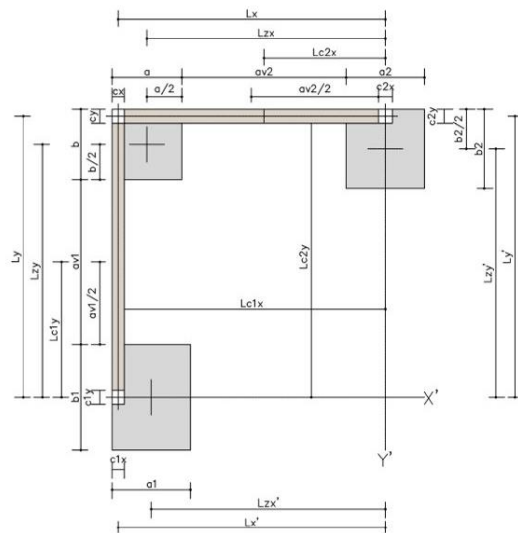
*Recubrimiento Mínimo Recomendado 7.5 cm ACI 318-19 (20.5.1.3.1) Para todos los elementos en contacto con el suelo y para todos los diámetros del refuerzo.

*En casos específicos considerando estrictamente el diámetro puede usarse dimensiones menores Revisar ACI 318-19 (20.5.1.3.1).

Separación Libre del nivel de fundación de viga respecto a la zapata

$$\text{dsl} := 5 \text{ cm}$$

Este requerimiento es necesario para que la viga no este sometida a esfuerzos de contacto con el suelo, durante la transmisión de cargas o a causa de la deflexión de la viga.



Secciones de Columnas

Sección columna Esquina X "Cx"

$$C_X := 0.35 \text{ m}$$

Sección columna Esquina Y "Cy"

$$C_Y := 0.55 \text{ m}$$

Sección columna 1 en X "C1x"

$$C_{1X} := 0.35 \text{ m}$$

Sección columna 1 en Y "C1y"

$$C_{1Y} := 0.55 \text{ m}$$

Sección columna 2 en X "C2x"

$$C_{2X} := 0.55 \text{ m}$$

Sección columna 2 en Y "C2y"

$$C_{2Y} := 0.55 \text{ m}$$

¡El valor de la sección Cx debe ser igual a C1X! ¡El valor de la sección Cy debe ser igual a C2Y!

Distancia entre Ejes de Columnas

Distancia centro columna de Esquina a 1 "Ly"

$$L_y := 8.5 \text{ m}$$

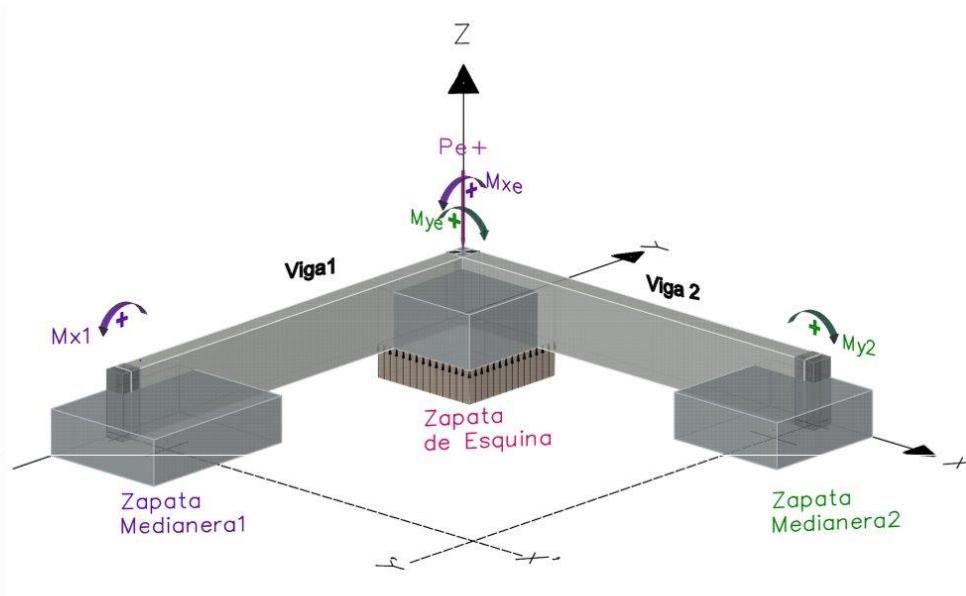
Distancia centro columna de Esquina a 2 "Lx"

$$L_x := 6 \text{ m}$$

Dimensiones de Zapatas Medianeras

Dimensión de la Zapata 1 en X "a1"	Dimensión de la Zapata 1 en Y "b1"
$a1 := 1.8 \text{ m}$	$b1 := 2.2 \text{ m}$
Dimensión de la Zapata 2 en X "a2"	Dimensión de la Zapata 2 en Y "b2"
$a2 := 2.2 \text{ m}$	$b2 := 2.2 \text{ m}$

Listas



Cargas Solicitantes

Nota: Si no se va a ingresar algún valor se debe completar con cero

Estado Límite de Servicio

Carga de servicio Muerta Columna Esquina

$$P_D := 240 \text{ kN}$$

Carga de servicio Viva Columna Esquina

$$P_L := 190 \text{ kN}$$

Carga por Sismo Columna Esquina

$$P_E := 0 \text{ kN}$$

Momentos Solicitantes Zapata de Esquina

ESTADO LÍMITE DE SERVICIO

Momentos en X

Momento en X por carga Muerta de Servicio Col_Esquina

$$M_{xe,D} := 0 \text{ kN m}$$

Momento en X por carga Viva de Servicio Col_Esquina

$$M_{xe_L} := 0 \text{ kN m}$$

Momento por Sismo en X Col Esquina

$$M_{xs} := 0 \text{ kN m}$$

Momentos en Y

Momento en Y por carga Muerta de Servicio Col_Esquina

$$M_{ye_D} := 0 \text{ kN m}$$

Momento en Y por carga Viva de Servicio Col_Esquina

$$M_{ye_L} := 0 \text{ kN m}$$

Momento por Sismo en Y Columna Esquina

$$M_{ys} := 0 \text{ kN m}$$

Momentos Solicitantes Zapatas Medianeras

Estado Límite de Servicio

Zapata 1

Momento de Servicio por carga Muerta en X Col_1

$$M_{sx1_D} := 12 \text{ kN m}$$

Momento de Servicio por carga Viva en X Col_1

$$M_{sx1_L} := 7 \text{ kN m}$$

Momento por Sismo en X Columna 1

$$M_{EX1} := 0 \text{ kN m}$$

Zapata 2

Momento en Y por carga Muerta de Servicio Col_2

$$M_{sy2_D} := 9 \text{ kN m}$$

Momento en Y por carga Viva de Servicio Col_2

$$M_{sy2_L} := 17 \text{ kN m}$$

Momento en Y por Sismo Col_2

$$M_{EY2} := 0 \text{ kN m}$$

Factorización de momentos y cargas

Carga de Servicio Columna Esquina

$$P_e := \begin{cases} \text{if } O1 = 1 \\ \quad P_{se} \\ \text{else} \\ \quad P_D + P_L + P_E \end{cases}$$

Carga Factorizada Columna Esquina

```

PU := if O2 = 1
      PUE
      else
        "Combinaciones de Cargas"
        U1 := 1.4 · PD
        U2 := (1.2 · PD) + (1.6 · PL)
        U5 := (1.2 · PD) + (1 · PE) + PL
        U7 := (0.9 · PD) + (1 · PE)
        "Selección de la combinación según cargas existentes"
        PU := if (O1 = 0) ∧ (PE = 0)
              Max(U1 ; U2)
              else
                Max(U5 ; U7)

```

Momento de Servicio en X Columna Esquina

```

Mxe := if O3 = 1
       Msex
       else
         MxeD + MxeL + Mxs

```

Momento de Servicio en Y Columna Esquina

```

Mye := if O3 = 1
       Msey
       else
         MyeD + MyeL + Mys

```

Momento Factorizado en X Columna Esquina

```

MUXe := if O4 = 1
         MUX
         else
           "Combinaciones de Cargas"
           MU1X := 1.4 · MxeD
           MU2X := (1.2 · MxeD) + (1.6 · MxeL)
           MU5X := (1.2 · MxeD) + (1 · Mxs) + MxeL
           MU7X := (0.9 · MxeD) + (1 · Mxs)
           "Selección de la combinación según cargas existentes"
           Mux := if (O3 = 0) ∧ (Mxs = 0)
                 Max(MU1X ; MU2X)
                 else
                   Max(MU5X ; MU7X)

```

Momento Factorizado en Y Columna Esquina

```

MUYe := if O4 = 1
          MUY
        else
          "Combinaciones de Cargas"
          MU1Y := 1.4 · MyeD
          MU2Y := (1.2 · MyeD) + (1.6 · MyeL)
          MU5Y := (1.2 · MyeD) + (1 · Mys) + MyeL
          MU7Y := (0.9 · MyeD) + (1 · Mys)
          "Selección de la combinación según cargas existentes"
          Muy := if (O3 = 0) ∧ (Mys = 0)
                 Max (MU1Y ; MU2Y)
                 else
                 Max (MU5Y ; MU7Y)

```

Momento de Servicio en X Columna 1

```

Mx1 := if O5 = 1
        MSX1
      else
        Msx1D + Msx1L + MEX1

```

Momento de Servicio en Y Columna 2

```

My2 := if O5 = 1
        MSY2
      else
        Msy2D + Msy2L + MEY2

```

Momento Factorizado en Y Columna Esquina

```

MX1U := if O6 = 1
          MUX1
        else
          "Combinaciones de Cargas"
          MUX1 := 1.4 · Msx1D
          MUX2 := (1.2 · Msx1D) + (1.6 · Msx1L)
          MUX5 := (1.2 · Msx1D) + (1 · MEX1) + Msx1L
          MUX7 := (0.9 · Msx1D) + (1 · MEX1)
          "Selección de la combinación según cargas existentes"
          Mux1 := if (O5 = 0) ∧ (MEX1 = 0)
                  Max (MUX1 ; MUX2)
                  else
                  Max (MUX5 ; MUX7)

```

Momento Factorizado en Y Columna Esquina

```

MY2U := if O6 = 1
  MUY2
else
  "Combinaciones de Cargas"
  MUY1 := 1.4 · Msy2D
  MUY2 := (1.2 · Msy2D) + (1.6 · Msy2L)
  MUY5 := (1.2 · Msy2D) + (1 · MEY2) + Msy2L
  MUY7 := (0.9 · Msy2D) + (1 · MEY2)
  "Selección de la combinación según cargas existentes"
  Muy := if (O5 = 0) ∧ (MEY2 = 0)
    Max {MUY1 ; MUY2}
  else
    Max {MUY5 ; MUY7}

```

Diámetro del Acero de Refuerzo para zapata de esquina

Diámetro Y Acero Superior

20 mm

φ_{var1}

Diámetro X Acero Superior

20 mm

φ_{var2}

Diámetro Y Acero Inferior

20 mm

φ_{var11}

Diámetro X Acero Inferior

20 mm

φ_{var22}

☐—Cálculos Sin Peso

☐—Predimensionamiento

"Peralte efectivo de la zapata"

$$d_z := h - \text{rec}$$

"El peso propio de la zapata se analiza y se considera en los cálculos por esta razón no redujo de la capacidad última"

$$q_n = q_u$$

"Si se debiera reducir se tiene que obtener la capacidad neta"

$$q_n = q_u - (\gamma_{\text{hor}} \cdot h) - (\gamma_{\text{s,relle}} \cdot \text{Profundidad}_{\text{cimentación}}) - \text{Sobrecarga}_{\text{Uso}}$$

"Capacidad admisible se calcula dividiendo la capacidad neta entre un factor de seguridad"

$$q_{\text{adm}} = \frac{q_n}{FS}$$

q_{adm}

<p>"Expresión para calcular B"</p> <p>"Área"</p> $A = B \cdot L$ $A = \frac{P_e}{q_{adm}}$ <p>"Suponiendo que $B \equiv L$"</p> $L = \sqrt{\frac{P_e}{q_{adm}}}$ <p>"Cuando C_x es mayor que C_y, B es mayor que L"</p> <p>"Fzx representa porcentaje de la relación C_x/C_y"</p> $F_{zx} = \frac{C_x}{C_y}$ $B = (F_{zx} \cdot L)$	<p>"Expresión para calcular L"</p> <p>"Área"</p> $A = B \cdot L$ $A = \frac{P_e}{q_{adm}}$ <p>"Suponiendo que $L \equiv B$"</p> $B = \sqrt{\frac{P_e}{q_{adm}}}$ <p>"Cuando C_y es mayor que C_x, L es mayor que B"</p> <p>"Fzy representa porcentaje de la relación C_y/C_x"</p> $F_{zy} = \frac{C_y}{C_x}$ $L = (F_{zy} \cdot B)$
---	---

"Cálculo de aproximación inicial de dimensiones de la zapata considerando la sección de columna"

v dimensiones :=	{	<p>"Cuando la dimensión en X es mayor" if $C_x > C_y$</p> <p>v1 := augment (B_{Z1}; L_{Z1})</p> <p>"Condición si la dimensión de la columna en X > Y"</p> $F_{zx} := \left(\frac{C_x}{C_y} \right)$ $Ar := \frac{P_e}{q_{adm}}$ $L_{Z1} := \sqrt{Ar}$ $B_{Z1} := (F_{zx} \cdot L_{Z1})$ <p>v1</p> <p>"Cuando la dimensión en Y es mayor" if $C_y > C_x$</p> <p>v2 := augment (B_{Z2}; L_{Z2})</p> <p>"Condición si la dimensión de la columna en Y > X"</p> $F_{zy} := \left(\frac{C_y}{C_x} \right)$ $Ar := \frac{P_e}{q_{adm}}$ $B_{Z2} := \sqrt{Ar}$ $L_{Z2} := (F_{zy} \cdot B_{Z2})$ <p>v2</p> <p>"Cuando la columna es cuadrada" otherwise</p> <p>v3 := augment (B_{Z3}; L_{Z3})</p> <p>"Condición si la dimensión de la columna en Y \equiv X"</p> $Ar := \frac{P_e}{q_{adm}}$ $B_{Z3} := \sqrt{Ar}$ $L_{Z3} := B_{Z3}$ <p>v3</p>
------------------	---	--

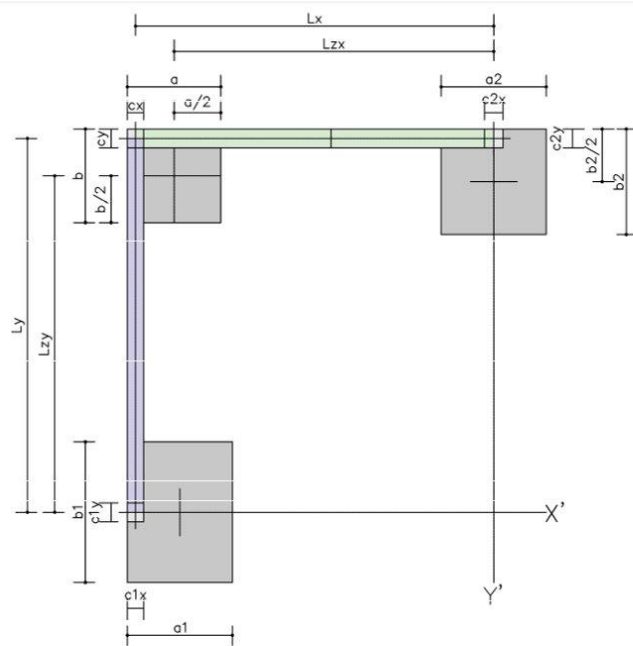
v dimensiones = [1.05 m 1.65 m]

```

"Dimensión de la Zapata en X"
"Ceil(2) Función para redondear decimal a múltiplos para valor asignado"
a := ⌈ ⌈ v dimensiones 1 1 ⌋ 5 cm ⌉
"Dimensión de la Zapata en Y"
"Ceil(2) Función para redondear decimal a múltiplos para valor asignado"
b := ⌈ ⌈ v dimensiones 1 2 ⌋ 5 cm ⌉
"Área de la zapata"
A := a · b

```

□ — DISTANCIAS RESTANTES



"Distancia centro zapata de esquina – centro zapata 2 "

$$Lzx := \left(Lx + \frac{C_X}{2} \right) - \frac{a}{2}$$

"Distancia centro zapata de esquina – centro zapata 1 "

$$Lzy := \left(Ly + \frac{C_Y}{2} \right) - \frac{b}{2}$$

"Distancia libre viga 2"

$$av2 := Lzx - \frac{a}{2} - \frac{a2}{2}$$

"Distancia libre viga 1"

$$av1 := Lzy - \frac{b}{2} - \frac{b1}{2}$$

$$Lx' := Lx$$

$$Ly' := Ly$$

"Distancia centro zapata 1 – centro zapata 2 "

$$Lzx' := \left(Lx' + \frac{C_{1X}}{2} \right) - \frac{a1}{2}$$

"Distancia centro zapata 2 – centro zapata 1 "

$$Lzy' := \left(Ly' + \frac{C_{2Y}}{2} \right) - \frac{b2}{2}$$

"Distancia centro viga 1 – centro zapata 2 "

$$Lc1x := Lx$$

"Distancia centro viga 2 – centro zapata 1 "

$$Lc2y := Ly$$

"Distancia Centro viga 2 –centro zapata 2"

$$Lc2x := \frac{\left(Lzx - \frac{a}{2} - \frac{a2}{2} \right)}{2} + \frac{a2}{2}$$

"Distancia Centro viga 1 –centro zapata 1"

$$Lc1y := \frac{\left(Lzy - \frac{b}{2} - \frac{b1}{2} \right)}{2} + \frac{b1}{2}$$

"PREDIMENSIONAMIENTO DE VIGAS"

"ALTURA-PERALTE"

"-Altura mínima de vigas Tabla 9.3.1.1 ACI318-19"

"Viga Columna Esquina – Columna 2"

$$h_{V2} := \left\lceil \frac{Lx}{16} \right\rceil_{5 \text{ cm}}$$

"Viga Columna Esquina – Columna 1"

$$h_{V1} := \left\lceil \frac{Ly}{16} \right\rceil_{5 \text{ cm}}$$

"BASE"

"-Ancho mínimo de viga 250mm NEC-SE-HM 4.2.1"

"Ancho viga Columna Esquina – Columna 2"

$$ca := \text{Max} \left(\frac{h_{V2}}{2} ; 25 \text{ cm} ; C_Y \right)$$

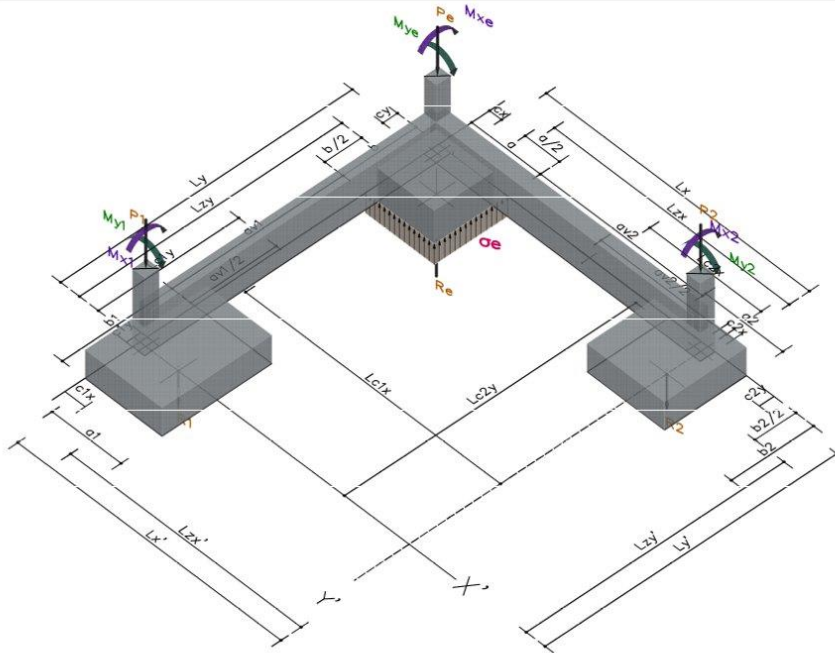
"Ancho viga Columna Esquina – Columna 1"

$$cb := \text{Max} \left(\frac{h_{V1}}{2} ; 25 \text{ cm} ; C_X \right)$$

$$h_{V1} = 0.55 \text{ m} \quad h_{V2} = 0.4 \text{ m}$$

$$h_1 := 65 \text{ cm} \quad h_2 := 65 \text{ cm}$$

☐—Cálculo de la dimensines en planta de la zapata



"EQUILIBRIO ESTÁTICO"

"Sumatoria de Fuerzas en Z"

$$Re_1 - R1 - R2 - P_e = 0$$

"Sumatoria de momentos Respecto X' (Horario Positivo)"

$$(Ly \cdot P_e) + (R2 \cdot Lzy') - (Re_1 \cdot Lzy) - Mx1 - Mxe = 0$$

"Despejando R2"

$$R2 = \frac{Mxe + Mx1 + Lzy \cdot Re_1 - Ly \cdot P_e}{Lzy'}$$

"Sumatoria de momentos Respecto Y' (Horario Positivo)"

$$-(Lx \cdot P_e) - (R1 \cdot Lzx') + (Re_1 \cdot Lzx) + My2 + Mye = 0$$

"Despejando R1"

$$R1 = \frac{Mye + My2 + Lzx \cdot Re_1 - Lx \cdot P_e}{Lzx'}$$

"Reemplazando R1 y R2, y despejando Re1"

$$Re_1 = \frac{((Lzx' - Lx) \cdot Lzy' - Ly \cdot Lzx') \cdot P_e + Lzy' \cdot Mye + Lzy' \cdot My2 + Lzx' \cdot Mxe + Lzx' \cdot Mx1}{(Lzx' - Lzx) \cdot Lzy' - Lzx' \cdot Lzy}$$

Resultante valor inicial previo a iteraciones

$$Re_1 := \frac{((Lzx' - Lx) \cdot Lzy' - Ly \cdot Lzx') \cdot P_e + Lzy' \cdot (Mye + My2) + Lzx' \cdot (Mxe + Mx1)}{(Lzx' - Lzx) \cdot Lzy' - Lzx' \cdot Lzy}$$

```

"PRESIÓN DEL SUELO – CARGAS DE SERVICIO"
"Vector que va contener las respuestas"
VR := matrix ( 1 ; 3 )
"Bucle for 4, compuesto por un contador, condición y el avance del contador"
for j1 := 1;  $\left| \frac{Re_1}{a \cdot b} \right| \geq q_{adm}; j1 := j1 + 1$ 
  "Variables que se utilizan en la condición"
  Lzx :=  $\left( Lx + \frac{C_x}{2} \right) - \frac{a}{2}$ 
  Lzy :=  $\left( Ly + \frac{C_y}{2} \right) - \frac{b}{2}$ 
  Lx' := Lx
  Ly' := Ly
  Lzx' :=  $\left( Lx' + \frac{C_{1X}}{2} \right) - \frac{a1}{2}$ 
  Lzy' :=  $\left( Ly' + \frac{C_{2Y}}{2} \right) - \frac{b2}{2}$ 
  Re_1 :=  $\frac{\left( (Lzx' - Lx) \cdot Lzy' - Ly \cdot Lzx' \right) \cdot P_e + Lzy' \cdot (Mye + My2) + Lzx' \cdot (Mxe + Mx1)}{(Lzx' - Lzx) \cdot Lzy' - Lzx' \cdot Lzy}$ 
  "Define los elementos que van ir en el vector de salida "
  VR_j1_1 := a
  VR_j1_2 := b
  VR_j1_3 :=  $\left( \frac{Re_1}{a \cdot b} \right)$ 
  "Define que varibale cambia, como crece o decrece en cada iteración"
  Δa := 5 cm
  Δb := 5 cm
  a := a + Δa
  b := b + Δb
  VR
VR
"Obtengo un vector solo con respuestas finales"
Vec1 := augment  $\left( a ; b ; Re_1 ; \frac{Re_1}{a \cdot b} \right)$ 
R2 :=  $\frac{Mxe + Mx1 + Lzy \cdot Re_1 - Ly \cdot P_e}{Lzy'}$ 
R1 :=  $\frac{Mye + My2 + Lzx \cdot Re_1 - Lx \cdot P_e}{Lzx'}$ 

```

$$Vec1 = \left[1.1 \text{ m } 1.7 \text{ m } 4.8039 \cdot 10^5 \frac{\text{kg m}}{\text{s}^2} 2.569 \cdot 10^5 \frac{\text{kg}}{\text{m s}^2} \right]$$

/"Presión del Suelo – CARGA ULTIMAS O FACTORIZADAS"

$$Re_u := \frac{((Lzx' - Lx) \cdot Lzy' - Ly \cdot Lzx') \cdot P_U + Lzy' \cdot (MU_{Ye} + MY2_U) + Lzx' \cdot (MU_{Xe} + MX1_U)}{(Lzx' - Lzx) \cdot Lzy' - Lzx' \cdot Lzy}$$

$$\sigma_U := \frac{Re_u}{a \cdot b}$$

$$R2_U := \frac{MU_{Xe} + MX1_U + Lzy \cdot Re_u - Ly \cdot P_U}{Lzy'}$$

$$\sigma_{UR2} := \frac{R2_U}{a \cdot b}$$

$$R1_U := \frac{MU_{Ye} + My2 + Lzx \cdot Re_u - Lx \cdot P_U}{Lzx'}$$

$$\sigma_{UR1} := \frac{R1_U}{a \cdot b}$$

☐—Cálculo de factores λ - β_1

$\beta_1 :=$ "Cálculo del factor β_1 (ACI318-19) 22.2.2.4.3 "

"Distribución rectangular equivalente de esfuerzos en el concreto"

$$\left\{ \begin{array}{ll} 0.85 & \text{if } (2500 \text{ psi} \leq f'c) \wedge (f'c \leq 4000 \text{ psi}) \\ 0.85 - \frac{(0.05) \cdot (f'c - 4000 \text{ psi})}{10000 \text{ psi}} & \text{if } (4000 \text{ psi} \leq f'c) \wedge (f'c \leq 8000 \text{ psi}) \\ 0.65 & \text{otherwise} \end{array} \right.$$

$d_{z1} := d_z$

"Factor de modificación λ (ACI318-19) 19.2.4.2"

"Concreto peso normal "

$\lambda := 1$

"Factor de modificación por efecto de tamaño (ACI318-19) 22.5.5.1.3"

$$\lambda_s = \left(\sqrt{\frac{2}{1 + (0.04 \cdot d_z)}} \leq 1 \right)$$

"Condición SI – SI NO para encontrar λ_s "

$$\lambda_s := \left\{ \begin{array}{ll} \sqrt{\frac{2}{1 + \left(0.04 \cdot \frac{d_z}{\text{cm}}\right)}} & \text{if } \sqrt{\frac{2}{1 + \left(0.04 \cdot \frac{d_z}{\text{cm}}\right)}} \leq 1 \\ 1 & \text{otherwise} \end{array} \right.$$

"Nu Carga axial normal a la sección transversal "

$N_u := 0 \text{ kN}$

☐—BUCLE Altura de la zapata en la dirección Y

$\zeta := 5 \text{ cm}$

$$q_y := |\sigma_U \cdot a|$$

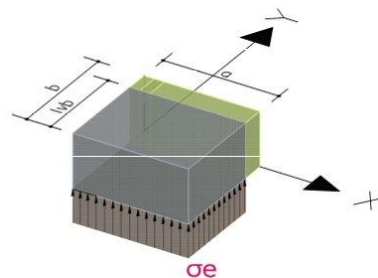
$$lvb := (b - C_Y)$$

$$F_{qy} := q_y \cdot lvb$$

$$\frac{lvb}{2}$$

$$M_{y1} := F_{qy} \cdot \frac{lvb}{2}$$

$$d_{z1} := d_z$$



```

ρw1 := 0.0015
ρw_realY := 0
"Mientras la condición se cumpla existe un proceso iterativo"
while |ρw_realY - ρw1| ≥ 0.0001
  qy := |qy|
  FVb := qy · (lvb - d_z1)
  A_sb := d_z1 · a
  φ_v := 0.75
  V_cub := FVb
  σ_cub :=  $\frac{FVb}{A_sb}$ 
  bw1 := a
  h1 := d_z1 + rec
  A_g1 := bw1 · h1
  d_z1y :=  $\frac{6 \cdot A_{g1} \cdot lvb \cdot q_y}{48 \cdot \lambda \cdot \phi_v \cdot A_{g1} \cdot bw1 \cdot \left( \left( \sqrt{\frac{f_c}{psi}} \right) psi \right) \cdot (\rho w1)^{\frac{1}{3}} + 6 \cdot A_{g1} \cdot q_y + \phi_v \cdot N_u \cdot bw1}$ 
  "φ ASUMIDO"
  φ := 0.9
  a_c1 :=  $d_{z1y} - \sqrt{d_{z1y}^2 - \frac{2 \cdot M_{y1}}{\phi \cdot 0.85 \cdot f_c \cdot bw1}}$ 
  A_SY1 :=  $\frac{M_{y1}}{\phi \cdot F_y \cdot \left( d_{z1y} - \frac{a_{c1}}{2} \right)}$ 
  c1 :=  $\frac{a_{c1}}{\beta_1}$ 
  ε_cu := 0.003
  ε_ty :=  $\frac{F_y}{E_s}$ 
  ε_Lt := ε_ty + ε_cu
  ε_t :=  $\epsilon_{cu} \cdot \left( \frac{d_{z1y} - c1}{c1} \right)$ 
  φ :=  $\begin{cases} 0.65 & \text{if } \epsilon_t < \epsilon_{ty} \\ 0.65 + 0.25 \cdot \left( \frac{\epsilon_t - \epsilon_{ty}}{0.003} \right) & \text{if } (\epsilon_{ty} < \epsilon_t) \wedge (\epsilon_t < \epsilon_{Lt}) \\ 0.9 & \text{if } \epsilon_t \geq \epsilon_{Lt} \\ 0.9 & \text{otherwise} \end{cases}$ 
  A_var1 :=  $\frac{\pi \cdot \varphi_{var1}^2}{4}$ 
  N_varY :=  $\frac{A_{SY1}}{A_{var1}}$ 
  Nvar_Y_Real := ⌈N_varY⌉
  ρw_realY :=  $\frac{Nvar_Y\_Real \cdot A_{var1}}{A_{g1}}$ 
  ρw1 := ρw_realY

```

```

| ρw1 := ρw_realY
| d_z1 := d_z1y
"Altura y altura efectiva real Sin Peso de materiales"
"Usando Ceil(2) redondeamos el decimal"
h1 := ⌈d_z1y + rec⌋_ζ
d_z1 := h1 - rec
"Cálculo de a real Sin peso de materiales"
a_c1 := d_z1 - √(d_z1^2 - (2 · M_y1) / (φ · 0.85 · f'c · bw1))
"Cálculo de Asy real Sin peso de materiales"
A_Sy1 := (M_y1) / (φ · F_y · (d_z1 - (a_c1) / 2))
Asy_min := 0.0018 · bw1 · h1
Asy := if O8 = 0
        A_Sy1
    else if O8 = 1
        Asy_min
    else
        Max(A_Sy1 ; Asy_min)
A_var1 := (π · φ_var1) / 4
N_varY := (Asy) / (A_var1)
Nvar_Y_Real := ⌈N_varY⌋
ρw_realY := (Nvar_Y_Real · A_var1) / (A_g1)
Asy_TOP := [ "Altura" "Peralte efectivo" "Acero Mínimo" "Acero Requerido" "Acero Colocado" "Cuantía" "Ubicación"
             h1          d_z1          Asy_min          A_Sy1          Asy          ρw_realY          "top" ]

```

```

Asy_top = [ "Altura" "Peralte efectivo" "Acero Mínimo" "Acero Requerido" "Acero Colocado" "Cuantía" "Ubicación"
           0.7 m    0.625 m    0.0014 m^2    0.0011 m^2    0.0014 m^2    0.0057    "top" ]

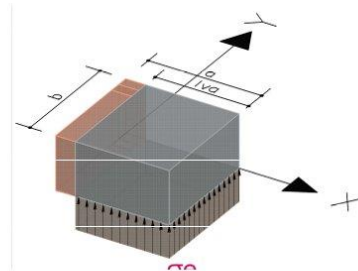
```

☐—BUCLE Altura de la zapata en la dirección X

```

| ζ := 5 cm
| q_x := |σ_U · b|
| lva := (a - C_x)
| F_qx := q_x · lva
| (lva) / 2
| M_x1 := F_qx · (lva) / 2
| d_z2 := d_z
| ρw2 := 0.0015
| ρw_realX := 0
"Mientras la condición se cumpla existe un proceso iterativo"
while |ρw_realX - ρw2| ≥ 0.0001

```



$$\begin{aligned}
 q_x &:= |q_x| \\
 Fv_a &:= q_x \cdot (lva - d_{z2}) \\
 A_{sa} &:= d_{z2} \cdot b \\
 \phi_v &:= 0.75 \\
 V_{cua} &:= Fv_a \\
 \sigma_{cua} &:= \frac{Fv_a}{A_{sa}} \\
 bw2 &:= b \\
 h2 &:= d_{z2} + rec \\
 A_{g2} &:= bw2 \cdot h2 \\
 d_{z2x} &:= \frac{6 \cdot A_{g2} \cdot lva \cdot q_x}{48 \cdot \lambda \cdot \phi_v \cdot A_{g2} \cdot bw2 \cdot \left(\left(\sqrt{\frac{f_c}{psi}} \right) psi \right) \cdot (\rho w2)^{\frac{1}{3}} + 6 \cdot A_{g2} \cdot q_x + \phi_v \cdot N_u \cdot bw2} \\
 \phi2 &:= 0.9 \\
 a_{c2} &:= d_{z2x} - \sqrt{d_{z2x}^2 - \frac{2 \cdot M_{x1}}{\phi2 \cdot 0.85 \cdot f_c \cdot bw2}} \\
 A_{SX1} &:= \frac{M_{x1}}{\phi2 \cdot F_y \cdot \left(d_{z2x} - \frac{a_{c2}}{2} \right)} \\
 c2 &:= \frac{a_{c2}}{\beta_1} \\
 \epsilon_{cu} &:= 0.003 \\
 \epsilon_{ty} &:= \frac{F_y}{E_s} \\
 \epsilon_{Lt} &:= \epsilon_{ty} + \epsilon_{cu} \\
 \epsilon_{t2} &:= \epsilon_{cu} \cdot \left(\frac{d_{z2x} - c2}{c2} \right) \\
 \phi2 &:= \begin{cases} 0.65 & \text{if } \epsilon_{t2} < \epsilon_{ty} \\ 0.65 + 0.25 \cdot \left(\frac{\epsilon_{t2} - \epsilon_{ty}}{0.003} \right) & \text{if } (\epsilon_{ty} < \epsilon_{t2}) \wedge (\epsilon_{t2} < \epsilon_{Lt}) \\ 0.9 & \text{if } \epsilon_{t2} \geq \epsilon_{Lt} \\ 0.9 & \text{otherwise} \end{cases} \\
 A_{var2} &:= \frac{\pi \cdot \varphi_{var2}^2}{4} \\
 N_{varX} &:= \frac{A_{SX1}}{A_{var2}} \\
 Nvar_{X_Real} &:= \lceil N_{varX} \rceil \\
 \rho w_{realX} &:= \frac{Nvar_{X_Real} \cdot A_{var2}}{A_{g2}} \\
 \rho w2 &:= \rho w_{realX} \\
 d_{z2} &:= d_{z2x}
 \end{aligned}$$

"Altura y altura efectiva real Sin Peso de materiales"

"Usando Ceil(2) redondeamos el decimal"

$$h2 := \lceil d_{z2x} + rec \rceil_{\zeta}$$

$$\begin{aligned}
 d_{z2} &:= h2 - rec \\
 &\text{"Cálculo de a real Sin peso de materiales"} \\
 a_{c2} &:= d_{z2} - \sqrt{d_{z2}^2 - \frac{2 \cdot M_{x1}}{\phi 2 \cdot 0.85 \cdot f_c \cdot bw2}} \\
 &\text{"Cálculo de Asx real Sin peso de materiales"} \\
 A_{SX1} &:= \frac{M_{x1}}{\phi 2 \cdot F_y \cdot \left(d_{z2} - \frac{a_{c2}}{2} \right)} \\
 Asx_{min} &:= 0.0018 \cdot h2 \cdot bw2 \\
 Asx &:= \text{if } O8 = 0 \\
 &\quad A_{SX1} \\
 &\text{else if } O8 = 1 \\
 &\quad Asx_{min} \\
 &\text{else} \\
 &\quad \text{Max} \left(A_{SX1} ; Asx_{min} \right) \\
 A_{var2} &:= \frac{\pi \cdot \varphi_{var2}^2}{4} \\
 N_{varX} &:= \frac{Asx}{A_{var2}} \\
 Nvar_{X_Real} &:= \lceil N_{varX} \rceil \\
 \rho_{w_realX} &:= \frac{Nvar_{X_Real} \cdot A_{var2}}{A_{g2}} \\
 Asx_{TOP} &:= \left[\begin{array}{ccccccc} \text{"Altura"} & \text{"Peralte efectivo"} & \text{"Acero M\u00ednimo"} & \text{"Acero Requerido"} & \text{"Acero Colocado"} & \text{"Cuant\u00eda"} & \text{"Ubicaci\u00f3n"} \\ h2 & d_{z2} & Asx_{min} & A_{SX1} & Asx & \rho_{w_realX} & \text{"top"} \end{array} \right]
 \end{aligned}$$

$$Asx_{TOP} = \left[\begin{array}{ccccccc} \text{"Altura"} & \text{"Peralte efectivo"} & \text{"Acero M\u00ednimo"} & \text{"Acero Requerido"} & \text{"Acero Colocado"} & \text{"Cuant\u00eda"} & \text{"Ubicaci\u00f3n"} \\ 0.5 \text{ m} & 0.425 \text{ m} & 0.0015 \text{ m}^2 & 0.0011 \text{ m}^2 & 0.0015 \text{ m}^2 & 0.0037 & \text{"top"} \end{array} \right]$$

☐—Verificación Cortante Unidireccional

$$\begin{array}{l}
\text{"}\phi V_c > V_u\text{"} \\
\text{"Verificación } \phi V_c > V_u\text{"} \\
dz_1 := d_{z1} \\
\rho w1 := \rho w_{realY} \\
bw := a \\
A1_g := (dz_1 + rec) \cdot bw \\
v_{qy} := q_y \cdot (lvb - dz_1) \\
N_u := 0 \\
\lambda := 1 \\
\phi_v := 0.75 \\
VN_y := \left[8 \cdot \lambda \cdot \langle \rho w1 \rangle \frac{1}{3} \cdot \left(\left(\sqrt{\frac{f_c}{psi}} \right) psi \right) + \frac{N_u}{6 \cdot A1_g} \right] \cdot bw \cdot dz_1 \\
\text{VerificaciónY} := \left[\begin{array}{l} \text{"Cortante Nominal Resistente"} \quad \phi \text{ Cortante Nominal Resistente"} \quad \text{"Cortante Ultimo"} \quad \text{"Verificación"} \\ VN_y \quad \phi_v \cdot VN_y \quad v_{qy} \quad \text{if } \phi_v \cdot VN_y \geq v_{qy} \\ \text{"Cumple"} \\ \text{else} \\ \text{"No Cumple"} \end{array} \right] \\
\text{"Verificación } \phi V_c > V_u\text{"} \\
dz_2 := d_{z2} \\
\rho w2 := \rho w_{realX} \\
bw := b \\
A2_g := (dz_2 + rec) \cdot bw \\
v_{qx} := q_x \cdot (lva - dz_2) \\
N_u := 0 \\
\lambda := 1 \\
\phi_v := 0.75 \\
VN_x := \left[8 \cdot \lambda \cdot \langle \rho w2 \rangle \frac{1}{3} \cdot \left(\left(\sqrt{\frac{f_c}{psi}} \right) psi \right) + \frac{N_u}{6 \cdot A2_g} \right] \cdot bw \cdot dz_2 \\
\text{VerificaciónX} := \left[\begin{array}{l} \text{"Cortante Nominal Resistente"} \quad \phi \text{ Cortante Nominal Resistente"} \quad \text{"Cortante Ultimo"} \quad \text{"Verificación"} \\ VN_x \quad \phi_v \cdot VN_x \quad v_{qx} \quad \text{if } \phi_v \cdot VN_x \geq v_{qx} \\ \text{"Cumple"} \\ \text{else} \\ \text{"No Cumple"} \end{array} \right]
\end{array}$$

$$\text{VerificaciónX} = \left[\begin{array}{l} \text{"Cortante Nominal Resistente"} \quad \phi \text{ Cortante Nominal Resistente"} \quad \text{"Cortante Ultimo"} \quad \text{"Verificación"} \\ 3.8884 \cdot 10^5 \frac{\text{kg m}}{\text{s}^2} \quad 2.9163 \cdot 10^5 \frac{\text{kg m}}{\text{s}^2} \quad 1.9531 \cdot 10^5 \frac{\text{kg m}}{\text{s}^2} \quad \text{"Cumple"} \end{array} \right]$$

$$\text{VerificaciónX} = \left[\begin{array}{l} \text{"Cortante Nominal Resistente"} \quad \phi \text{ Cortante Nominal Resistente"} \quad \text{"Cortante Ultimo"} \quad \text{"Verificación"} \\ 3.8884 \cdot 10^5 \frac{\text{kg m}}{\text{s}^2} \quad 2.9163 \cdot 10^5 \frac{\text{kg m}}{\text{s}^2} \quad 1.9531 \cdot 10^5 \frac{\text{kg m}}{\text{s}^2} \quad \text{"Cumple"} \end{array} \right]$$

☐— Verificación peralte por punzonamiento

```

"SI CORTANTE RESISTENTE VN > VUPZ.CORTANTE SOLICITANTE CUMPLE"
"Mediante la funcion CEIL(2) se redondea" if  $\phi VN \geq V_{UPZ}$ 
h1sp :=  $\left\lceil \frac{dz_{min} + rec}{\zeta} \right\rceil$ 
dzmin := h1sp - rec -  $\varphi_{varillaZ}$ 
"El BUCLE while cumple un proceso iterativo hasta que VN>VUPZ" otherwise
while  $\phi VN < V_{UPZ}$ 
   $\Delta_d := 2.5 \text{ cm}$ 
  dzmin := dzmin +  $\Delta_d$ 
   $\lambda_s := \text{if } \sqrt{\frac{2}{1 + \left(0.004 \cdot \frac{dz_{min}}{\text{mm}}\right)}} \leq 1$ 
  else
     $\sqrt{\frac{2}{1 + \left(0.004 \cdot \frac{dz_{min}}{\text{mm}}\right)}}$ 
  bo :=  $\left(C_X + \frac{dz_{min}}{2}\right) + \left(C_Y + \frac{dz_{min}}{2}\right)$ 
  dLargo :=  $\begin{cases} C_X & \text{if } C_X = C_Y \\ \text{Max}(C_X; C_Y) & \text{otherwise} \end{cases}$ 
  dCorta :=  $\begin{cases} C_Y & \text{if } C_Y = C_X \\ \text{Min}(C_X; C_Y) & \text{otherwise} \end{cases}$ 
   $\beta := \frac{d_{Largo}}{d_{Corta}}$ 
   $\alpha_s := 20$ 
  A := a · b
  Ac :=  $\left(C_X + \frac{dz_{min}}{2}\right) \cdot \left(C_Y + \frac{dz_{min}}{2}\right)$ 
  VUPZ :=  $\frac{P_U - |\sigma_U \cdot A_c|}{b_o \cdot dz_{min}}$ 
  VCPa1 :=  $4 \cdot \lambda_s \cdot \lambda \cdot \left(\sqrt{\frac{f_c}{\text{psi}} \text{ psi}}\right)$ 
  VCPb1 :=  $\left(2 + \frac{4}{\beta}\right) \cdot \lambda_s \cdot \lambda \cdot \left(\sqrt{\frac{f_c}{\text{psi}} \text{ psi}}\right)$ 
  VCPc1 :=  $\left(2 + \frac{\alpha_s \cdot dz_{min}}{b_o}\right) \cdot \lambda_s \cdot \lambda \cdot \left(\sqrt{\frac{f_c}{\text{psi}} \text{ psi}}\right)$ 
  VCP :=  $\text{Min}(V_{CPa1}; V_{CPb1}; V_{CPc1})$ 
   $\phi := 0.75$ 
   $\phi VN := \phi \cdot V_{CP}$ 
  "Mediante la funcion CEIL(2) se redondea"
  h1sp :=  $\left\lceil \frac{dz_{min} + rec + \frac{\varphi_{varillaZ}}{2}}{\zeta} \right\rceil$ 
  dzmin := h1sp - rec -  $\frac{\varphi_{varillaZ}}{2}$ 
  h1sp
dzmin
"Ratio de Punzonamiento"
PSR :=  $\left| \frac{V_{UPZ}}{\phi VN} \right|$ 
dzf := dzmin

```

Factores de ajuste

VIGAS ZAPATAS RECTANGULARES

CARGA PUNTUAL

Coeficientes de la ecuación Momento por carga puntual

$$EC_{MCargaPuntual} := \sum \left[\begin{aligned} & \text{Intept}_{cf4} + (C1_{cf4}^{-1}) + ZX_{cf4} \cdot ZX_{v1} + ZY_{cf4} \cdot ZY_{v1} + CX_{cf4} \cdot CX_{v1} + CY_{cf4} \cdot CY_{v1} + L_{cf4} \cdot L_{d_{v1}} + ZX^2_{cf4} \cdot ZX_{v1}^2 + ZXZY_{cf4} \cdot (ZX_{v1} \cdot ZY_{v1}) + Z \\ & ZXL_{cf4} \cdot (ZX_{v1} \cdot L_{d_{v1}}) + ZY^2_{cf4} \cdot ZY_{v1}^2 + ZYCX_{cf4} \cdot (ZY_{v1} \cdot CX_{v1}) + ZYCY_{cf4} \cdot (ZY_{v1} \cdot CY_{v1}) + ZYL_{cf4} \cdot (ZY_{v1} \cdot L_{d_{v1}}) + CX^2_{cf4} \cdot CX_{v1}^2 + C \\ & CY^2_{cf4} \cdot CY_{v1}^2 + CYL_{cf4} \cdot (CY_{v1} \cdot L_{d_{v1}}) + (L^2_{cf4} \cdot L_{d_{v1}}^2) + ZX^3_{cf4} \cdot ZX_{v1}^3 + ZX^2ZY_{cf4} \cdot (ZX_{v1}^2 \cdot ZY_{v1}) + ZX^2CX_{cf4} \cdot (ZX_{v1}^2 \\ & ZX^2L_{cf4} \cdot (ZX_{v1}^2 \cdot L_{d_{v1}}) + ZXZY^2_{cf4} \cdot (ZX_{v1} \cdot ZY_{v1}^2) + ZXZYCX_{cf4} \cdot (ZX_{v1} \cdot ZY_{v1} \cdot CX_{v1}) + ZXZYCY_{cf4} \cdot (ZX_{v1} \cdot ZY_{v1} \cdot CY_{v1}) + ZXZYL_{cf4} \cdot \\ & ZXCXCY_{cf4} \cdot (ZX_{v1} \cdot CX_{v1} \cdot CY_{v1}) + ZXCXL_{cf4} \cdot (ZX_{v1} \cdot CX_{v1} \cdot L_{d_{v1}}) + ZXCY^2_{cf4} \cdot (ZX_{v1} \cdot CY_{v1}^2) + ZXCYL_{cf4} \cdot (ZX_{v1} \cdot CY_{v1} \cdot L_{d_{v1}}) + \\ & ZY^2CX_{cf4} \cdot (ZY_{v1}^2 \cdot CX_{v1}) + ZY^2CY_{cf4} \cdot (ZY_{v1}^2 \cdot CY_{v1}) + ZY^2L_{cf4} \cdot (ZY_{v1}^2 \cdot L_{d_{v1}}) + ZYCX^2_{cf4} \cdot (ZY_{v1} \cdot CX_{v1}^2) + ZYCXCY_{cf4} \cdot (ZY_{v1} \cdot \\ & ZYCY^2_{cf4} \cdot (ZY_{v1} \cdot CY_{v1}^2) + ZYCYL_{cf4} \cdot (ZY_{v1} \cdot CY_{v1} \cdot L_{d_{v1}}) + ZYL^2_{cf4} \cdot (ZY_{v1} \cdot L_{d_{v1}}^2) + CX^3_{cf4} \cdot CX_{v1}^3 + CX^2CY_{cf4} \cdot (CX_{v1} \\ & CXCY^2_{cf4} \cdot (CX_{v1} \cdot CY_{v1}^2) + CXCYL_{cf4} \cdot (CX_{v1} \cdot CY_{v1} \cdot L_{d_{v1}}) + CXL^2_{cf4} \cdot (CX_{v1} \cdot L_{d_{v1}}^2) + CY^3_{cf4} \cdot CY_{v1}^3 + CY^2L_{cf4} \cdot (CY_{v1}^2 \cdot L_{d_{v1}} \end{aligned} \right.$$

□—Coeficientes de la ecuación de Cortante por carga puntual

```

"COEFICIENTES VPuntual"
C1cf5 := 4.809855723873399 · 10-14
ZXcf5 := - 0.40644948262351466
ZYcf5 := 0.04959963098005224
CXcf5 := 0.44576308646057666
CYcf5 := - 0.17492827802170366
Lcf5 := 0.041415982004126925
ZX2cf5 := 0.13599279712896006
ZXZYcf5 := 0.11879430487512561
ZXCXcf5 := 0.06546730524322855
ZXCXcf5 := - 0.3382315500385435
ZXLcf5 := 0.023808180221631156
ZY2cf5 := - 0.03870559502549846
ZYCXcf5 := - 0.034272753280345354
ZYCYcf5 := 0.06917786857841293
ZYLcf5 := - 0.026760674751463688
CX2cf5 := - 0.17170671811600785
CXCYcf5 := 0.24870023518277193
CXLcf5 := - 0.09955415307934112
CY2cf5 := 0.1924499849712005
CYLcf5 := 0.07197905422806183
L2cf5 := - 0.0027430592855228163
ZX3cf5 := - 0.02289564529042727
ZX2ZYcf5 := 0.004664640009236134
ZX2CXcf5 := - 0.011091009214533104
ZX2CYcf5 := 0.001505659780295182
ZX2Lcf5 := - 0.003094801973305944
ZXZY2cf5 := - 0.0182635682893479
ZXZYCXcf5 := - 0.028388889844182037
ZXZYCYcf5 := 0.01497575577075792
ZXZYLcf5 := - 0.008705502705542226
ZXCX2cf5 := - 0.014585678576930425
ZXCXCYcf5 := 0.07233449415945827
ZXCXLcf5 := - 0.003469528864446285
ZXCX2cf5 := 0.09231726990846865
ZXCYLcf5 := 0.028878185582742855
ZXL2cf5 := ( - 8.288610042550548 ) · 10-5
ZY3cf5 := 0.006785328459556391
ZY2CXcf5 := 0.009285701600958027
ZY2CYcf5 := 0.005149641988077852
ZY2Lcf5 := 0.004144755964916119
ZYCX2cf5 := 0.019341282361915527
ZYCXCYcf5 := - 0.018626488406791125
ZYCXLcf5 := 0.00486430603433087
ZYCY2cf5 := - 0.05626589413573324
ZYCYLcf5 := - 0.0062324059848177515
ZYL2cf5 := 0.0021539577449672803
CX3cf5 := 0.14627084028513987
CX2CYcf5 := - 0.1886750579140012
CX2Lcf5 := 0.008364266736933246
CXCY2cf5 := - 0.09458436804652554
CXCYLcf5 := - 0.012632002494502248
CXL2cf5 := 0.006262068081258856
CY3cf5 := - 0.11642407626081328
CY2Lcf5 := - 0.008469519408987658
CYL2cf5 := - 0.00695350264408677
L3cf5 := ( - 7.629527020369675 ) · 10-5
Intcptcf5 := - 0.035715337618514725

```

$$EC_{V\text{CargaPuntual}} = \sum \left[\begin{aligned} & \text{Intept}_{cf5} + (C1_{cf5} \cdot 1) + ZX_{cf5} \cdot ZX_{v1} + ZY_{cf5} \cdot ZY_{v1} + CX_{cf5} \cdot CX_{v1} + CY_{cf5} \cdot CY_{v1} + L_{cf5} \cdot L_{d_{v1}} + ZX^2_{cf5} \cdot ZX_{v1}^2 + ZXZY_{cf5} \cdot (ZX_{v1} \cdot ZY_{v1}) + ZXCX \\ & ZXL_{cf5} \cdot (ZX_{v1} \cdot L_{d_{v1}}) + ZY^2_{cf5} \cdot ZY_{v1}^2 + ZYCX_{cf5} \cdot (ZY_{v1} \cdot CX_{v1}) + ZYCY_{cf5} \cdot (ZY_{v1} \cdot CY_{v1}) + ZYL_{cf5} \cdot (ZY_{v1} \cdot L_{d_{v1}}) + CX^2_{cf5} \cdot CX_{v1}^2 + CXC \\ & CY^2_{cf5} \cdot CY_{v1}^2 + CYL_{cf5} \cdot (CY_{v1} \cdot L_{d_{v1}}) + (L^2_{cf5} \cdot L_{d_{v1}}^2) + ZX^3_{cf5} \cdot ZX_{v1}^3 + ZX^2ZY_{cf5} \cdot (ZX_{v1}^2 \cdot ZY_{v1}) + ZX^2CX_{cf5} \cdot (ZX_{v1}^2 \cdot CX \\ & ZX^2L_{cf5} \cdot (ZX_{v1}^2 \cdot L_{d_{v1}}) + ZXZY^2_{cf5} \cdot (ZX_{v1} \cdot ZY_{v1}^2) + ZXZYCX_{cf5} \cdot (ZX_{v1} \cdot ZY_{v1} \cdot CX_{v1}) + ZXZYCY_{cf5} \cdot (ZX_{v1} \cdot ZY_{v1} \cdot CY_{v1}) + ZXZYL_{cf5} \cdot (ZX \\ & ZXCXCY_{cf5} \cdot (ZX_{v1} \cdot CX_{v1} \cdot CY_{v1}) + ZXCXL_{cf5} \cdot (ZX_{v1} \cdot CX_{v1} \cdot L_{d_{v1}}) + ZXCY^2_{cf5} \cdot (ZX_{v1} \cdot CY_{v1}^2) + ZXCYL_{cf5} \cdot (ZX_{v1} \cdot CY_{v1} \cdot L_{d_{v1}}) + ZXJ \\ & ZY^2CX_{cf5} \cdot (ZY_{v1}^2 \cdot CX_{v1}) + ZY^2CY_{cf5} \cdot (ZY_{v1}^2 \cdot CY_{v1}) + ZY^2L_{cf5} \cdot (ZY_{v1}^2 \cdot L_{d_{v1}}) + ZYCX^2_{cf5} \cdot (ZY_{v1} \cdot CX_{v1}^2) + ZYCYCY_{cf5} \cdot (ZY_{v1} \cdot CY \\ & ZYCY^2_{cf5} \cdot (ZY_{v1} \cdot CY_{v1}^2) + ZYCYL_{cf5} \cdot (ZY_{v1} \cdot CY_{v1} \cdot L_{d_{v1}}) + ZYL^2_{cf5} \cdot (ZY_{v1} \cdot L_{d_{v1}}^2) + CX^3_{cf5} \cdot CX_{v1}^3 + CX^2CY_{cf5} \cdot (CX_{v1}^2 \cdot C \\ & CXCY^2_{cf5} \cdot (CX_{v1} \cdot CY_{v1}^2) + CXCYL_{cf5} \cdot (CX_{v1} \cdot CY_{v1} \cdot L_{d_{v1}}) + CXL^2_{cf5} \cdot (CX_{v1} \cdot L_{d_{v1}}^2) + CY^3_{cf5} \cdot CY_{v1}^3 + CY^2L_{cf5} \cdot (CY_{v1}^2 \cdot L_{d_{v1}}) + C \end{aligned} \right]$$

☐ — MOMENTO EN ZAPATA DE ESQUINA —

☐ — Coeficientes de la ecuación Momento por momento en zapata de esquina —

COEFICIENTES MMOMENTO ESQUINA*

$$C1_{efl} := -1.526729113535993 \cdot 10^{-13}$$

$$ZX_{efl} := -0.3010705974583908$$

$$ZY_{efl} := 0.06516110127543674$$

$$CX_{efl} := -0.23438029154630022$$

$$CY_{efl} := 0.3777623577086465$$

$$L_{efl} := 0.23808407205567567$$

$$ZX^2_{efl} := -0.30094817033568527$$

$$ZXZY_{efl} := -0.12354961583066768$$

$$ZXCX_{efl} := 0.15712095977332938$$

$$ZXCX_{efl} := 0.09329686585020011$$

$$ZXL_{efl} := 0.18820126439645685$$

$$ZY^2_{efl} := 0.0032285988109409733$$

$$ZYCX_{efl} := 0.004276165981094114$$

$$ZYCY_{efl} := -0.036337847773687135$$

$$ZYL_{efl} := 0.0020487708471438604$$

$$CX^2_{efl} := 1.0378253810733435$$

$$CXCY_{efl} := -0.7636219194191742$$

$$CXL_{efl} := -0.049855142962948115$$

$$CY^2_{efl} := -0.3949370272897836$$

$$CYL_{efl} := -0.037201878712556556$$

$$L^2_{efl} := -0.05307682829142538$$

$$ZX^3_{efl} := 0.05643352585919097$$

$$ZX^2ZY_{efl} := 0.03257602883451277$$

$$ZX^2CX_{efl} := 0.015038587177840679$$

$$ZX^2CY_{efl} := 0.028495485623538583$$

$$ZX^2L_{efl} := 0.00016192544661025599$$

$$ZXZY^2_{efl} := 0.025720699315674195$$

$$ZXZYCX_{efl} := -0.015673632648757336$$

$$ZXZYCY_{efl} := -0.018501035023429785$$

$$ZXZYL_{efl} := -0.015811577825685597$$

$$ZXCX^2_{efl} := -0.06687236299163253$$

$$ZXCXCY_{efl} := 0.00962773725096535$$

$$ZXCXL_{efl} := -0.021035839904479903$$

$$ZXCY^2_{efl} := -0.010927634924231877$$

$$ZXCYL_{efl} := -0.02138075597238126$$

$$ZXL^2_{efl} := -0.013933844362426229$$

$$ZY^3_{efl} := -0.007039758128719306$$

$$ZY^2CX_{efl} := 0.0042244926684021356$$

$$ZY^2CY_{efl} := -0.0028607570629886614$$

$$ZY^2L_{efl} := 0.0011711222029803237$$

$$ZYCX^2_{efl} := -0.00617386357226421$$

$$ZYCXCY_{efl} := 0.04374907146150925$$

$$ZYCXL_{efl} := -0.002990558422470313$$

$$ZYCY^2_{efl} := 0.029485590976878986$$

$$ZYCYL_{efl} := 0.0029063721393550457$$

$$ZYL^2_{efl} := 8.530941026732575 \cdot 10^{-5}$$

$$CX^3_{efl} := -0.7478789622759696$$

$$CX^2CY_{efl} := 0.4917245463443596$$

$$CX^2L_{efl} := -0.034205906524625074$$

$$CXCX^2_{efl} := 0.16494633875912817$$

$$CXCXL_{efl} := 0.023188956338794225$$

$$CXL^2_{efl} := 0.008325004358351623$$

$$CY^3_{efl} := 0.1980594610946923$$

$$CY^2L_{efl} := 0.008781433323633792$$

$$CYL^2_{efl} := 0.003950858790980963$$

$$L^3_{efl} := 0.0034576800786517703$$

$$Intcp_{efl} := 0.5631680428542505$$

$$EC_{\text{MomentoEsq}} = \sum \left[\begin{aligned} & \text{Intep}_{\text{efi}}^t + (C1_{\text{efi}} \cdot 1) + ZX_{\text{efi}} \cdot ZX_{v1} + ZY_{\text{efi}} \cdot ZY_{v1} + CX_{\text{efi}} \cdot CX_{v1} + CY_{\text{efi}} \cdot CY_{v1} + L_{\text{efi}} \cdot L_{d_{v1}} + ZX_{\text{efi}}^2 \cdot ZX_{v1}^2 + ZXZY_{\text{efi}} \cdot (ZX_{v1} \cdot ZY_{v1}) + ZXCX_{\text{efi}} \\ & ZXL_{\text{efi}} \cdot (ZX_{v1} \cdot L_{d_{v1}}) + ZY^2_{\text{efi}} \cdot ZY_{v1}^2 + ZYCX_{\text{efi}} \cdot (ZY_{v1} \cdot CX_{v1}) + ZYCY_{\text{efi}} \cdot (ZY_{v1} \cdot CY_{v1}) + ZYL_{\text{efi}} \cdot (ZY_{v1} \cdot L_{d_{v1}}) + CX^2_{\text{efi}} \cdot CX_{v1}^2 + CXCY_{\text{efi}} \\ & CY^2_{\text{efi}} \cdot CY_{v1}^2 + CYL_{\text{efi}} \cdot (CY_{v1} \cdot L_{d_{v1}}) + (L^2_{\text{efi}} \cdot L_{d_{v1}}^2) + ZX^3_{\text{efi}} \cdot ZX_{v1}^3 + ZX^2ZY_{\text{efi}} \cdot (ZX_{v1}^2 \cdot ZY_{v1}) + ZX^2CX_{\text{efi}} \cdot (ZX_{v1}^2 \cdot CX_{v1} \\ & ZX^2L_{\text{efi}} \cdot (ZX_{v1}^2 \cdot L_{d_{v1}}) + ZXZY^2_{\text{efi}} \cdot (ZX_{v1} \cdot ZY_{v1}^2) + ZXZYCX_{\text{efi}} \cdot (ZX_{v1} \cdot ZY_{v1} \cdot CX_{v1}) + ZXZYCY_{\text{efi}} \cdot (ZX_{v1} \cdot ZY_{v1} \cdot CY_{v1}) + ZXZYL_{\text{efi}} \cdot (ZX_{v1} \\ & ZXCXCY_{\text{efi}} \cdot (ZX_{v1} \cdot CX_{v1} \cdot CY_{v1}) + ZXCX_{\text{efi}} \cdot (ZX_{v1} \cdot CX_{v1} \cdot L_{d_{v1}}) + ZXCY^2_{\text{efi}} \cdot (ZX_{v1} \cdot CY_{v1}^2) + ZXCYL_{\text{efi}} \cdot (ZX_{v1} \cdot CY_{v1} \cdot L_{d_{v1}}) + ZXL \\ & ZY^2CX_{\text{efi}} \cdot (ZY_{v1}^2 \cdot CX_{v1}) + ZY^2CY_{\text{efi}} \cdot (ZY_{v1}^2 \cdot CY_{v1}) + ZY^2L_{\text{efi}} \cdot (ZY_{v1}^2 \cdot L_{d_{v1}}) + ZYCX^2_{\text{efi}} \cdot (ZY_{v1} \cdot CX_{v1}^2) + ZYCXCY_{\text{efi}} \cdot (ZY_{v1} \cdot CX_{v1} \\ & ZYCY^2_{\text{efi}} \cdot (ZY_{v1} \cdot CY_{v1}^2) + ZYCYL_{\text{efi}} \cdot (ZY_{v1} \cdot CY_{v1} \cdot L_{d_{v1}}) + ZYL^2_{\text{efi}} \cdot (ZY_{v1} \cdot L_{d_{v1}}^2) + CX^3_{\text{efi}} \cdot CX_{v1}^3 + CX^2CY_{\text{efi}} \cdot (CX_{v1}^2 \cdot CY_{v1} \\ & CXCY^2_{\text{efi}} \cdot (CX_{v1} \cdot CY_{v1}^2) + CXCYL_{\text{efi}} \cdot (CX_{v1} \cdot CY_{v1} \cdot L_{d_{v1}}) + CXL^2_{\text{efi}} \cdot (CX_{v1} \cdot L_{d_{v1}}^2) + CY^3_{\text{efi}} \cdot CY_{v1}^3 + CY^2L_{\text{efi}} \cdot (CY_{v1}^2 \cdot L_{d_{v1}}) + C) \end{aligned} \right]$$

□—Coeficientes de la ecuación de Cortante por momento en zapata de esquina —

```

"COEFICIENTES VMOMENTOZ"
C1_cfb := - 2.520979004016301 · 10-14
ZX_cfb := 0.22203663933518836
ZY_cfb := - 0.006943609498506835
CX_cfb := - 0.6187867038461454
CY_cfb := 0.20351181289667708
L_cfb := - 0.45870610237245846
ZX^2_cfb := - 0.06648026388554304
ZXZY_cfb := - 0.07205390394476101
ZXCX_cfb := 0.03645644909776102
ZXCX_cfb := 0.1882692357789269
ZXL_cfb := - 0.03832835215213275
ZY^2_cfb := 0.012259475829703867
ZYCX_cfb := 0.020444969876009272
ZYCY_cfb := - 0.012020040659054843
ZYL_cfb := 0.00966199284585792
CX^2_cfb := 0.6365802445208447
CXCX_cfb := - 0.21705173864807575
CXL_cfb := 0.1200630932553112
CY^2_cfb := - 0.6407419052390355
CYL_cfb := 0.0006596964150911329
L^2_cfb := 0.06833096978369516
ZX^3_cfb := 0.021168727507428407
ZX^2ZY_cfb := 0.0021592687928976215
ZX^2CX_cfb := - 0.014634570029350896
ZX^2CY_cfb := - 0.024603502418295488
ZX^2L_cfb := - 0.002301375985730547
ZXZY^2_cfb := 0.010549404964398563
ZXZYCX_cfb := 0.005505692898116005
ZXZYCY_cfb := - 0.007493264471529482
ZXZYL_cfb := 0.0029588092428495805
ZXCX^2_cfb := - 0.03808804987140574
ZXCXCY_cfb := - 0.04951116204960984
ZXCXL_cfb := 0.006527871117468838
ZXCX^2_cfb := - 0.04120186872167697
ZXCYL_cfb := - 0.008336288695215771
ZXL^2_cfb := 0.0027301355184398135
ZY^3_cfb := - 0.002465774942937496
ZY^2CX_cfb := - 0.001425048777892062
ZY^2CY_cfb := - 0.005932228968405319
ZY^2L_cfb := - 0.0016152243458625037
ZYCX^2_cfb := - 0.019282269760171278
ZYCXCY_cfb := 0.009282670851952515
ZYCXL_cfb := - 0.0020521360733055383
ZYCY^2_cfb := 0.025277648663815544
ZYCYL_cfb := 0.0016015242035765653
ZYL^2_cfb := - 0.0007296035717492683
CX^3_cfb := - 0.23951569840028836
CX^2CY_cfb := 0.30766429651163707
CX^2L_cfb := - 0.05961275177664095
CXCX^2_cfb := 0.1439086492542716
CXCX^2_cfb := - 0.018782480439561655
CXL^2_cfb := - 0.005692641782176794
CY^3_cfb := 0.6170046613225305
CY^2L_cfb := - 0.028174132974602806
CYL^2_cfb := 0.002733351233119151
L^3_cfb := - 0.0036102341299215635
Intcpt_cfb := 1.1733676900262267

```

$$EC_{VMomentoEsq} := \sum \left[\begin{aligned} & \text{Intep}_{ef6} + (C1_{ef6} \cdot 1) + ZX_{ef6} \cdot ZX_{v1} + ZY_{ef6} \cdot ZY_{v1} + CX_{ef6} \cdot CX_{v1} + CY_{ef6} \cdot CY_{v1} + L_{ef6} \cdot L_{d1} + ZX^2_{ef6} \cdot ZX_{v1}^2 + ZXZY_{ef6} \cdot (ZX_{v1} \cdot ZY_{v1}) + ZXC \\ & ZXL_{ef6} \cdot (ZX_{v1} \cdot L_{d1}) + ZY^2_{ef6} \cdot ZY_{v1}^2 + ZYCX_{ef6} \cdot (ZY_{v1} \cdot CX_{v1}) + ZYCY_{ef6} \cdot (ZY_{v1} \cdot CY_{v1}) + ZYL_{ef6} \cdot (ZY_{v1} \cdot L_{d1}) + CX^2_{ef6} \cdot CX_{v1}^2 + CX \\ & CY^2_{ef6} \cdot CY_{v1}^2 + CYL_{ef6} \cdot (CY_{v1} \cdot L_{d1}) + (L^2_{ef6} \cdot L_{d1}^2) + ZX^3_{ef6} \cdot ZX_{v1}^3 + ZX^2ZY_{ef6} \cdot (ZX_{v1}^2 \cdot ZY_{v1}) + ZX^2CX_{ef6} \cdot (ZX_{v1}^2 \cdot C: \\ & ZX^2L_{ef6} \cdot (ZX_{v1}^2 \cdot L_{d1}) + ZXZY^2_{ef6} \cdot (ZX_{v1} \cdot ZY_{v1}^2) + ZXZYCX_{ef6} \cdot (ZX_{v1} \cdot ZY_{v1} \cdot CX_{v1}) + ZXZYCY_{ef6} \cdot (ZX_{v1} \cdot ZY_{v1} \cdot CY_{v1}) + ZXZYL_{ef6} \cdot (Z \\ & ZXCXCX_{ef6} \cdot (ZX_{v1} \cdot CX_{v1} \cdot CY_{v1}) + ZXCXL_{ef6} \cdot (ZX_{v1} \cdot CX_{v1} \cdot L_{d1}) + ZXCX^2_{ef6} \cdot (ZX_{v1} \cdot CX_{v1}^2) + ZXCYL_{ef6} \cdot (ZX_{v1} \cdot CY_{v1} \cdot L_{d1}) + Z) \\ & ZY^2CX_{ef6} \cdot (ZY_{v1}^2 \cdot CX_{v1}) + ZY^2CY_{ef6} \cdot (ZY_{v1}^2 \cdot CY_{v1}) + ZY^2L_{ef6} \cdot (ZY_{v1}^2 \cdot L_{d1}) + ZYCX^2_{ef6} \cdot (ZY_{v1} \cdot CX_{v1}^2) + ZYCXCY_{ef6} \cdot (ZY_{v1} \cdot C: \\ & ZYCY^2_{ef6} \cdot (ZY_{v1} \cdot CY_{v1}^2) + ZYCYL_{ef6} \cdot (ZY_{v1} \cdot CY_{v1} \cdot L_{d1}) + ZYL^2_{ef6} \cdot (ZY_{v1} \cdot L_{d1}^2) + CX^3_{ef6} \cdot CX_{v1}^3 + CX^2CY_{ef6} \cdot (CX_{v1}^2 \cdot \\ & CXCX^2_{ef6} \cdot (CX_{v1} \cdot CY_{v1}^2) + CXCYL_{ef6} \cdot (CX_{v1} \cdot CY_{v1} \cdot L_{d1}) + CXL^2_{ef6} \cdot (CX_{v1} \cdot L_{d1}^2) + CY^3_{ef6} \cdot CY_{v1}^3 + CY^2L_{ef6} \cdot (CY_{v1}^2 \cdot L_{d1}) + \end{aligned} \right.$$

☐—MOMENTOS EN ZAPATAS DE MEDIANERA

☐—Coeficientes de la ecuación para momento en zapata 1

```

"COEFICIENTES MMOMENTO"
Clcf2 := - 1.0995132410035903 · 10-13
Zxcf2 := - 0.7161616590924488
Zycf2 := - 0.25688462999368616
Cxcf2 := 0.43978186762770577
Cycf2 := 0.1100677632451789
Lcf2 := 0.1576409640911157
Zx2cf2 := - 0.14818505170865975
ZxZycf2 := 0.07107811508159234
ZxCxcf2 := 0.029796420746230835
ZxCycf2 := 0.10551198881903794
ZXLcf2 := 0.22836325784766154
Zy2cf2 := - 0.11015391170796962
ZyCxcf2 := - 0.1360323001922795
ZyCycf2 := 0.0007839725723135793
ZYLcf2 := 0.038477011149915696
Cx2cf2 := - 0.2739940351056257
CxCycf2 := - 0.07763587770186971
CXLcf2 := - 0.09477646080664949
Cy2cf2 := 0.041208622445528684
CYLcf2 := - 0.060815199853881285
L2cf2 := - 0.04628101960113352
Zx3cf2 := 0.006717132270133779
Zx2Zycf2 := 0.0004513788039953661
Zx2Cxcf2 := 0.03327541955288052
Zx2Cycf2 := 0.01733702227648312
Zx2Lcf2 := 0.01607022260301194
ZxZy2cf2 := - 0.0351364918513859
ZxZyCxcf2 := 0.03510197396086166
ZxZyCycf2 := - 0.03583702661462046
ZxZYLcf2 := 0.011857794378124939
ZxCx2cf2 := 0.0391532599778334
ZxCxCycf2 := - 0.003865374630264572
ZxCXLcf2 := - 0.026720580456027578
ZxCy2cf2 := 0.0277633303919482
ZxCyLcf2 := - 0.01837052685641638
ZXL2cf2 := - 0.01764875801947008
Zy3cf2 := - 0.00927657005343785
Zy2Cxcf2 := 0.012682133890374064
Zy2Cycf2 := - 0.02582017798034507
Zy2Lcf2 := - 0.0065973513170939635
ZyCx2cf2 := 0.10701893069762083
ZyCxCycf2 := 0.04928092455032596
ZyCXLcf2 := - 0.007051499971408873
ZyCy2cf2 := 0.09164899248919102
ZyCYLcf2 := - 0.0002571588538542585
ZYL2cf2 := - 0.0020902120667688484
Cx3cf2 := - 0.1358091125582261
Cx2Cycf2 := - 0.06928065953299431
Cx2Lcf2 := 0.05466963275509177
CxCy2cf2 := - 0.11117197101996074
CxCYLcf2 := 0.03216832991884057
CXL2cf2 := 0.006531644982843476
Cy3cf2 := - 0.2447452538479877
Cy2Lcf2 := 0.02749021196805582
CYL2cf2 := 0.003978440667425254
L3cf2 := 0.0034620648441606727
Intcpcf2 := - 0.08777419858349494

```

$$EC_{Momento} := \sum \left[\begin{aligned} & \text{Intep}_{cf2}^4 + (C1_{cf2} \cdot 1) + ZX_{cf2} \cdot ZX_{v1} + ZY_{cf2} \cdot ZY_{v1} + CX_{cf2} \cdot CX_{v1} + CY_{cf2} \cdot CY_{v1} + L_{cf2} \cdot Ld_{v1} + ZX^2_{cf2} \cdot ZX_{v1}^2 + ZXZY_{cf2} \cdot (ZX_{v1} \cdot ZY_{v1}) + ZXCX_{cf2} \cdot (\\ & ZXL_{cf2} \cdot (ZX_{v1} \cdot Ld_{v1}) + ZY^2_{cf2} \cdot ZY_{v1}^2 + ZYCX_{cf2} \cdot (ZY_{v1} \cdot CX_{v1}) + ZYCY_{cf2} \cdot (ZY_{v1} \cdot CY_{v1}) + ZYL_{cf2} \cdot (ZY_{v1} \cdot Ld_{v1}) + CX^2_{cf2} \cdot CX_{v1}^2 + CXCX_{cf2} \cdot \\ & CY^2_{cf2} \cdot CY_{v1}^2 + CYL_{cf2} \cdot (CY_{v1} \cdot Ld_{v1}) + (L^2_{cf2} \cdot Ld_{v1}^2) + ZX^3_{cf2} \cdot ZX_{v1}^3 + ZX^2ZY_{cf2} \cdot (ZX_{v1}^2 \cdot ZY_{v1}) + ZX^2CX_{cf2} \cdot (ZX_{v1}^2 \cdot CX_{v1}) + \\ & ZX^2L_{cf2} \cdot (ZX_{v1}^2 \cdot Ld_{v1}) + ZXZY^2_{cf2} \cdot (ZX_{v1} \cdot ZY_{v1}^2) + ZXZYCX_{cf2} \cdot (ZX_{v1} \cdot ZY_{v1} \cdot CX_{v1}) + ZXZYCY_{cf2} \cdot (ZX_{v1} \cdot ZY_{v1} \cdot CY_{v1}) + ZXZYL_{cf2} \cdot (ZX_{v1} \cdot Z \\ & ZXCXCY_{cf2} \cdot (ZX_{v1} \cdot CX_{v1} \cdot CY_{v1}) + ZXCXL_{cf2} \cdot (ZX_{v1} \cdot CX_{v1} \cdot Ld_{v1}) + ZXCX^2_{cf2} \cdot (ZX_{v1} \cdot CX_{v1}^2) + ZXCXLY_{cf2} \cdot (ZX_{v1} \cdot CX_{v1} \cdot Ld_{v1}) + ZXL^2_{cf2} \\ & ZY^2CX_{cf2} \cdot (ZY_{v1}^2 \cdot CX_{v1}) + ZY^2CY_{cf2} \cdot (ZY_{v1}^2 \cdot CY_{v1}) + ZY^2L_{cf2} \cdot (ZY_{v1}^2 \cdot Ld_{v1}) + ZYCX^2_{cf2} \cdot (ZY_{v1} \cdot CX_{v1}^2) + ZYCYCY_{cf2} \cdot (ZY_{v1} \cdot CY_{v1} \cdot C \\ & ZYCY^2_{cf2} \cdot (ZY_{v1} \cdot CY_{v1}^2) + ZYCYL_{cf2} \cdot (ZY_{v1} \cdot CY_{v1} \cdot Ld_{v1}) + ZYL^2_{cf2} \cdot (ZY_{v1} \cdot Ld_{v1}^2) + CX^3_{cf2} \cdot CX_{v1}^3 + CX^2CY_{cf2} \cdot (CX_{v1}^2 \cdot CY_{v1}) \\ & CXCX^2_{cf2} \cdot (CX_{v1} \cdot CX_{v1}^2) + CXCXLY_{cf2} \cdot (CX_{v1} \cdot CX_{v1} \cdot Ld_{v1}) + CXL^2_{cf2} \cdot (CX_{v1} \cdot Ld_{v1}^2) + CY^3_{cf2} \cdot CY_{v1}^3 + CY^2L_{cf2} \cdot (CY_{v1}^2 \cdot Ld_{v1}) + CYL^2 \end{aligned} \right]$$

□—Coeficientes de la ecuación de Coratante para momento en zapata 1 —————

$$EC_{VMomento} := \sum \left[\begin{aligned} & \text{Intep}_{cf7}^4 + (C1_{cf7} \cdot 1) + ZX_{cf7} \cdot ZX_{v1} + ZY_{cf7} \cdot ZY_{v1} + CX_{cf7} \cdot CX_{v1} + CY_{cf7} \cdot CY_{v1} + L_{cf7} \cdot Ld_{v1} + ZX^2_{cf7} \cdot ZX_{v1}^2 + ZXZY_{cf7} \cdot (ZX_{v1} \cdot ZY_{v1}) + ZXCX_{cf7} \cdot (\\ & ZXL_{cf7} \cdot (ZX_{v1} \cdot Ld_{v1}) + ZY^2_{cf7} \cdot ZY_{v1}^2 + ZYCX_{cf7} \cdot (ZY_{v1} \cdot CX_{v1}) + ZYCY_{cf7} \cdot (ZY_{v1} \cdot CY_{v1}) + ZYL_{cf7} \cdot (ZY_{v1} \cdot Ld_{v1}) + CX^2_{cf7} \cdot CX_{v1}^2 + CXCX_{cf7} \cdot (\\ & CY^2_{cf7} \cdot CY_{v1}^2 + CYL_{cf7} \cdot (CY_{v1} \cdot Ld_{v1}) + (L^2_{cf7} \cdot Ld_{v1}^2) + ZX^3_{cf7} \cdot ZX_{v1}^3 + ZX^2ZY_{cf7} \cdot (ZX_{v1}^2 \cdot ZY_{v1}) + ZX^2CX_{cf7} \cdot (ZX_{v1}^2 \cdot CX_{v1}) + \\ & ZX^2L_{cf7} \cdot (ZX_{v1}^2 \cdot Ld_{v1}) + ZXZY^2_{cf7} \cdot (ZX_{v1} \cdot ZY_{v1}^2) + ZXZYCX_{cf7} \cdot (ZX_{v1} \cdot ZY_{v1} \cdot CX_{v1}) + ZXZYCY_{cf7} \cdot (ZX_{v1} \cdot ZY_{v1} \cdot CY_{v1}) + ZXZYL_{cf7} \cdot (ZX_{v1} \cdot Z \\ & ZXCXCY_{cf7} \cdot (ZX_{v1} \cdot CX_{v1} \cdot CY_{v1}) + ZXCXL_{cf7} \cdot (ZX_{v1} \cdot CX_{v1} \cdot Ld_{v1}) + ZXCX^2_{cf7} \cdot (ZX_{v1} \cdot CX_{v1}^2) + ZXCXLY_{cf7} \cdot (ZX_{v1} \cdot CX_{v1} \cdot Ld_{v1}) + ZXL^2_{cf7} \\ & ZY^2CX_{cf7} \cdot (ZY_{v1}^2 \cdot CX_{v1}) + ZY^2CY_{cf7} \cdot (ZY_{v1}^2 \cdot CY_{v1}) + ZY^2L_{cf7} \cdot (ZY_{v1}^2 \cdot Ld_{v1}) + ZYCX^2_{cf7} \cdot (ZY_{v1} \cdot CX_{v1}^2) + ZYCYCY_{cf7} \cdot (ZY_{v1} \cdot CY_{v1} \cdot C \\ & ZYCY^2_{cf7} \cdot (ZY_{v1} \cdot CY_{v1}^2) + ZYCYL_{cf7} \cdot (ZY_{v1} \cdot CY_{v1} \cdot Ld_{v1}) + ZYL^2_{cf7} \cdot (ZY_{v1} \cdot Ld_{v1}^2) + CX^3_{cf7} \cdot CX_{v1}^3 + CX^2CY_{cf7} \cdot (CX_{v1}^2 \cdot CY_{v1}) \\ & CXCX^2_{cf7} \cdot (CX_{v1} \cdot CX_{v1}^2) + CXCXLY_{cf7} \cdot (CX_{v1} \cdot CX_{v1} \cdot Ld_{v1}) + CXL^2_{cf7} \cdot (CX_{v1} \cdot Ld_{v1}^2) + CY^3_{cf7} \cdot CY_{v1}^3 + CY^2L_{cf7} \cdot (CY_{v1}^2 \cdot Ld_{v1}) + CYL^2 \end{aligned} \right]$$

□—SOBRECARGA EN VIGA —————

□—Coeficientes de la ecuación Momento por sobrecarga en viga —————

```

"COEFICIENTES MMOMENTO"
C1_cf3 := 2.359424336555506 · 10-13
ZX_cf3 := 0.5176176526038343
ZY_cf3 := 0.47149084153353094
CX_cf3 := -1.3154442284151513
CY_cf3 := 0.14925241619437646
L_cf3 := -0.7667195487580463
ZX^2_cf3 := -1.0929502683812973
ZXZY_cf3 := -0.4599938780696944
ZXCX_cf3 := 0.645541042430001
ZXCY_cf3 := -0.514549787208088
ZXL_cf3 := 0.8839209145575786
ZY^2_cf3 := -0.39690716977830165
ZYCX_cf3 := 0.5625557563961029
ZYCY_cf3 := 0.06808600043600926
ZYL_cf3 := 0.20782872398271113
CX^2_cf3 := 1.0071051465345358
CXCY_cf3 := -0.6821324245953202
CXL_cf3 := 0.2819913014966794
CY^2_cf3 := -0.3896272364380748
CYL_cf3 := -0.026758724336295354
L^2_cf3 := 0.10976446717294952
ZX^3_cf3 := 0.16622613164025699
ZX^2ZY_cf3 := 0.26363858918973976
ZX^2CX_cf3 := -0.06383878880603903
ZX^2CY_cf3 := -0.031147844767873953
ZX^2L_cf3 := -0.013874040086981149
ZXZY^2_cf3 := 0.12930665860728455
ZXZYCX_cf3 := -0.10905631356546741
ZXZYCY_cf3 := 0.21420294766273645
ZXZYL_cf3 := -0.17137169883672157
ZXCX^2_cf3 := -0.1144921233631575
ZXCXCX_cf3 := 0.14858743258856016
ZXCXCY_cf3 := -0.06168334771332745
ZXCX^2_cf3 := 0.08668858755716674
ZXCYL_cf3 := -0.010162351248561685
ZXL^2_cf3 := -0.07457207679999045
ZY^3_cf3 := 0.028600774386079553
ZY^2CX_cf3 := -0.06395476122759036
ZY^2CY_cf3 := 0.010189432234566323
ZY^2L_cf3 := 0.03815432620258996
ZYCX^2_cf3 := -0.32058429260167787
ZYCXCY_cf3 := -0.1103687322694755
ZYCXL_cf3 := -0.0145063515655105
ZYCY^2_cf3 := -0.4133914984042625
ZYCYL_cf3 := 0.02507821731328691
ZYL^2_cf3 := -0.025677522580392076
CX^3_cf3 := 0.1615579528637911
CX^2CY_cf3 := 0.5280531698783282
CX^2L_cf3 := -0.2123086655262526
CXCY^2_cf3 := 0.6941759943823207
CXCYL_cf3 := -0.07837810741161688
CXL^2_cf3 := -0.0026427094335278456
CY^3_cf3 := 0.017878440545776086
CY^2L_cf3 := -0.04089999502620842
CYL^2_cf3 := 0.008609222281519613
L^3_cf3 := -0.0025169932220994173
Intcpt_cf3 := 0.38597371468623143

```

$$E_{MSobrecarga}^C := \sum \left[\begin{aligned} & \text{Intept}_{ef3} + (C1_{ef3} \cdot 1) + ZX_{ef3} \cdot ZX_{v1} + ZY_{ef3} \cdot ZY_{v1} + CX_{ef3} \cdot CX_{v1} + CY_{ef3} \cdot CY_{v1} + L_{ef3} \cdot L_{d1} + ZX^2_{ef3} \cdot ZX_{v1}^2 + ZXZY_{ef3} \cdot (ZX_{v1} \cdot ZY_{v1}) + ZXCX_{ef3} \\ & ZXL_{ef3} \cdot (ZX_{v1} \cdot L_{d1}) + ZY^2_{ef3} \cdot ZY_{v1}^2 + ZYCX_{ef3} \cdot (ZY_{v1} \cdot CX_{v1}) + ZYCY_{ef3} \cdot (ZY_{v1} \cdot CY_{v1}) + ZYL_{ef3} \cdot (ZY_{v1} \cdot L_{d1}) + CX^2_{ef3} \cdot CX_{v1}^2 + CXCY_{ef3} \\ & CY^2_{ef3} \cdot CY_{v1}^2 + CYL_{ef3} \cdot (CY_{v1} \cdot L_{d1}) + (L^2_{ef3} \cdot L_{d1}^2) + ZX^3_{ef3} \cdot ZX_{v1}^3 + ZX^2ZY_{ef3} \cdot (ZX_{v1}^2 \cdot ZY_{v1}) + ZX^2CX_{ef3} \cdot (ZX_{v1}^2 \cdot CX_{v1} \\ & ZX^2LY_{ef3} \cdot (ZX_{v1}^2 \cdot L_{d1}) + ZXZY^2_{ef3} \cdot (ZX_{v1} \cdot ZY_{v1}^2) + ZXZYCX_{ef3} \cdot (ZX_{v1} \cdot ZY_{v1} \cdot CX_{v1}) + ZXZYCY_{ef3} \cdot (ZX_{v1} \cdot ZY_{v1} \cdot CY_{v1}) + ZXZYL_{ef3} \cdot (ZX_{v1} \\ & ZXCXCY_{ef3} \cdot (ZX_{v1} \cdot CX_{v1} \cdot CY_{v1}) + ZXCXL_{ef3} \cdot (ZX_{v1} \cdot CX_{v1} \cdot L_{d1}) + ZXCY^2_{ef3} \cdot (ZX_{v1} \cdot CY_{v1}^2) + ZXCYL_{ef3} \cdot (ZX_{v1} \cdot CY_{v1} \cdot L_{d1}) + ZXL \\ & ZY^2CX_{ef3} \cdot (ZY_{v1}^2 \cdot CX_{v1}) + ZY^2CY_{ef3} \cdot (ZY_{v1}^2 \cdot CY_{v1}) + ZY^2LY_{ef3} \cdot (ZY_{v1}^2 \cdot L_{d1}) + ZYCX^2_{ef3} \cdot (ZY_{v1} \cdot CX_{v1}^2) + ZYCXCY_{ef3} \cdot (ZY_{v1} \cdot CX_{v1} \\ & ZYCY^2_{ef3} \cdot (ZY_{v1} \cdot CY_{v1}^2) + ZYCYL_{ef3} \cdot (ZY_{v1} \cdot CY_{v1} \cdot L_{d1}) + ZYL^2_{ef3} \cdot (ZY_{v1} \cdot L_{d1}^2) + CX^3_{ef3} \cdot CX_{v1}^3 + CX^2CY_{ef3} \cdot (CX_{v1}^2 \cdot CY_{v1} \\ & CXCY^2_{ef3} \cdot (CX_{v1} \cdot CY_{v1}^2) + CXCYL_{ef3} \cdot (CX_{v1} \cdot CY_{v1} \cdot L_{d1}) + CXL^2_{ef3} \cdot (CX_{v1} \cdot L_{d1}^2) + CY^3_{ef3} \cdot CY_{v1}^3 + CY^2LY_{ef3} \cdot (CY_{v1}^2 \cdot L_{d1}) + CY \\ \end{aligned} \right]$$

□—Coeficientes de la ecuación de Cortante por sobrecarga en viga

"COEFICIENTES VCORTANTE"

$C1_{cf8} := 5.104261741788512 \cdot 10^{-13}$
 $ZX_{cf8} := 1.0224546644966173$
 $ZY_{cf8} := 0.008890122350851508$
 $CX_{cf8} := -0.5191757990816415$
 $CY_{cf8} := -0.29347034546597006$
 $L_{cf8} := -0.47472220662509623$
 $ZX^2_{cf8} := -0.2567718713791108$
 $ZXZY_{cf8} := 0.01665545117012099$
 $ZXCX_{cf8} := 0.42661785689906523$
 $ZXCX_{cf8} := -0.5329823919421494$
 $ZXL_{cf8} := 0.0856151951508184$
 $ZY^2_{cf8} := -0.01629400898068005$
 $ZYCX_{cf8} := 0.21710082577392154$
 $ZYCY_{cf8} := 0.21158532534286195$
 $ZYL_{cf8} := -0.008503052503851367$
 $CX^2_{cf8} := -0.05561726303747616$
 $CXCY_{cf8} := 0.5669608228184713$
 $CXL_{cf8} := -0.07876314873179592$
 $CY^2_{cf8} := 0.5988547260788792$
 $CYL_{cf8} := 0.06526538739309126$
 $L^2_{cf8} := -0.010236334748029957$
 $ZX^3_{cf8} := 0.04475505678525943$
 $ZX^2ZY_{cf8} := 0.029140198807385297$
 $ZX^2CX_{cf8} := -0.020106522785722447$
 $ZX^2CY_{cf8} := 0.020337337212047724$
 $ZX^2L_{cf8} := 0.0008943391808232115$
 $ZXZY^2_{cf8} := 0.008044279869648258$
 $ZXZYCX_{cf8} := -0.022445551056430105$
 $ZXZYCY_{cf8} := 0.017513307322408144$
 $ZXZYL_{cf8} := -0.03388572459813047$
 $ZXCX^2_{cf8} := 0.13319384772268794$
 $ZXCXCY_{cf8} := -0.02225882418054581$
 $ZXCXL_{cf8} := -0.07396449497632512$
 $ZXCX^2_{cf8} := 0.3548742162493536$
 $ZXCYL_{cf8} := 0.0003966546102904811$
 $ZXL^2_{cf8} := -0.007966384785531688$
 $ZY^3_{cf8} := -0.006645098788838122$
 $ZY^2CX_{cf8} := -0.042397721728988896$
 $ZY^2CY_{cf8} := -0.01533551007483902$
 $ZY^2L_{cf8} := 0.010947798560040245$
 $ZYCX^2_{cf8} := -0.11073901855486568$
 $ZYCXCY_{cf8} := -0.11253602628987582$
 $ZYCXL_{cf8} := 0.007721343647935544$
 $ZYCY^2_{cf8} := -0.14896569517206013$
 $ZYCYL_{cf8} := 0.0012762322473187926$
 $ZYL^2_{cf8} := -0.0009056542492323627$
 $CX^3_{cf8} := 0.16590886174220376$
 $CX^2CY_{cf8} := -0.7246147593490954$
 $CX^2L_{cf8} := 0.014180859276527569$
 $CXCX^2_{cf8} := 0.5098959280446088$
 $CXCYL_{cf8} := -0.05138165656117194$
 $CXL^2_{cf8} := 0.014545532366883662$
 $CY^3_{cf8} := -0.761758966198153$
 $CY^2L_{cf8} := -0.04879144240188377$
 $CYL^2_{cf8} := 0.00313924032324688$
 $L^3_{cf8} := 0.0007189629810432363$
 $Intept_{cf8} := -0.11401942117917585$

$$EC_{V\text{Sobrecarga}} = \sum \left[\begin{aligned} & \text{Intept}_{cf8} + (C1_{cf8} \cdot 1) + ZX_{cf8} \cdot ZX_{v1} + ZY_{cf8} \cdot ZY_{v1} + CX_{cf8} \cdot CX_{v1} + CY_{cf8} \cdot CY_{v1} + L_{cf8} \cdot L_{d_{v1}} + ZX^2_{cf8} \cdot ZX_{v1}^2 + ZXZY_{cf8} \cdot (ZX_{v1} \cdot ZY_{v1}) + ZXCX_{cf8} \\ & ZXL_{cf8} \cdot (ZX_{v1} \cdot L_{d_{v1}}) + ZY^2_{cf8} \cdot ZY_{v1}^2 + ZYCX_{cf8} \cdot (ZY_{v1} \cdot CX_{v1}) + ZYCY_{cf8} \cdot (ZY_{v1} \cdot CY_{v1}) + ZYL_{cf8} \cdot (ZY_{v1} \cdot L_{d_{v1}}) + CX^2_{cf8} \cdot CX_{v1}^2 + CXCY_{cf8} \\ & CY^2_{cf8} \cdot CY_{v1}^2 + CYL_{cf8} \cdot (CY_{v1} \cdot L_{d_{v1}}) + (L^2_{cf8} \cdot L_{d_{v1}}^2) + ZX^3_{cf8} \cdot ZX_{v1}^3 + ZX^2ZY_{cf8} \cdot (ZX_{v1}^2 \cdot ZY_{v1}) + ZX^2CX_{cf8} \cdot (ZX_{v1}^2 \cdot CX_{v1}) \\ & ZX^2L_{cf8} \cdot (ZX_{v1}^2 \cdot L_{d_{v1}}) + ZXZY^2_{cf8} \cdot (ZX_{v1} \cdot ZY_{v1}^2) + ZXZYCX_{cf8} \cdot (ZX_{v1} \cdot ZY_{v1} \cdot CX_{v1}) + ZXZYCY_{cf8} \cdot (ZX_{v1} \cdot ZY_{v1} \cdot CY_{v1}) + ZXZYL_{cf8} \cdot (ZX_{v1} \\ & ZXCXCY_{cf8} \cdot (ZX_{v1} \cdot CX_{v1} \cdot CY_{v1}) + ZXCXL_{cf8} \cdot (ZX_{v1} \cdot CX_{v1} \cdot L_{d_{v1}}) + ZXCX^2_{cf8} \cdot (ZX_{v1} \cdot CX_{v1}^2) + ZXCXLY_{cf8} \cdot (ZX_{v1} \cdot CX_{v1} \cdot L_{d_{v1}}) + ZXL^2_{cf8} \\ & ZY^2CX_{cf8} \cdot (ZY_{v1}^2 \cdot CX_{v1}) + ZY^2CY_{cf8} \cdot (ZY_{v1}^2 \cdot CY_{v1}) + ZY^2L_{cf8} \cdot (ZY_{v1}^2 \cdot L_{d_{v1}}) + ZYCX^2_{cf8} \cdot (ZY_{v1} \cdot CX_{v1}^2) + ZYCXCY_{cf8} \cdot (ZY_{v1} \cdot CX_{v1} \cdot \\ & ZYCY^2_{cf8} \cdot (ZY_{v1} \cdot CY_{v1}^2) + ZYCYL_{cf8} \cdot (ZY_{v1} \cdot CY_{v1} \cdot L_{d_{v1}}) + ZYL^2_{cf8} \cdot (ZY_{v1} \cdot L_{d_{v1}}^2) + CX^3_{cf8} \cdot CX_{v1}^3 + CX^2CY_{cf8} \cdot (CX_{v1}^2 \cdot CY_{v1}) \\ & CXCY^2_{cf8} \cdot (CX_{v1} \cdot CY_{v1}^2) + CXCYL_{cf8} \cdot (CX_{v1} \cdot CY_{v1} \cdot L_{d_{v1}}) + CXL^2_{cf8} \cdot (CX_{v1} \cdot L_{d_{v1}}^2) + CY^3_{cf8} \cdot CY_{v1}^3 + CY^2L_{cf8} \cdot (CY_{v1}^2 \cdot L_{d_{v1}}) + CY \end{aligned} \right]$$

☐— VIGAS ZAPATAS CUADRADAS —

☐— CARGA PUNTUAL —

☐— COEFICIENTES PARA ECUACIÓN DE MOMENTO —

```
"Coeficientes por Carga Puntual"
C1_cfl0 := 0
ZXY_cfl0 := - 0.22928595145235697
CXY_cfl0 := 0.20044466924339502
L_cfl0 := - 0.11187603408817165
ZXY^2_cfl0 := 0.2169054515745691
ZXY | CXY_cfl0 := - 0.3318076903488669
ZXY | L_cfl0 := - 0.0693406765649442
CXY^2_cfl0 := 0.20465126050419702
CXY | L_cfl0 := 0.07291943314347697
L^2_cfl0 := 0.017010330094371723
Intept_cfl0 := 0.1509239015881487
```

☐— COEFICIENTES PARA ECUACIÓN DE CORTANTE —

```
"Coeficientes por Carga Puntual"
C1_cfl4 := 0
ZXY_cfl4 := - 0.2352129417978945
CXY_cfl4 := 0.22385933870745067
L_cfl4 := 0.00838046108534772
ZXY^2_cfl4 := 0.10060308972073687
ZXY | CXY_cfl4 := - 0.14138405907817683
ZXY | L_cfl4 := - 0.005803687471405056
CXY^2_cfl4 := 0.09527731092436689
CXY | L_cfl4 := - 0.0056706013406177085
L^2_cfl4 := 0.0022533570255552915
Intept_cfl4 := - 0.022036173230523412
```

☐— CARGA MOMENTO EN ZAPATA DE ESQUINA —

☐— COEFICIENTES PARA ECUACIÓN DE MOMENTO —

```
"Coeficientes por Momento en Zapata de esquina"
C1cf11 := 0
ZXYcf11 := - 0.4047178722269289
CXYcf11 := 0.28012918777970397
Lcf11 := 0.27533072890027904
ZXY2cf11 := - 0.06989676173499693
ZXY | CXYcf11 := 0.07893638910109542
ZXY | Lcf11 := 0.048794874429129984
CXY2cf11 := - 0.14323949579831877
CXY | Lcf11 := - 0.05351874152427459
L2cf11 := - 0.03460481427075873
Intcptcf11 := 0.5375096620264014
```

☐— COEFICIENTES PARA ECUACIÓN DE CORTANTE —

```
"Coeficientes por Momento en Zapata de Esquina"
C1cf15 := 0
ZXYcf15 := 0.11766403662335377
CXYcf15 := - 0.13828913023542214
Lcf15 := - 0.3126909373128026
ZXY2cf15 := - 0.03868649732620345
ZXY | CXYcf15 := 0.05717361853832417
ZXY | Lcf15 := - 0.015604850032738846
CXY2cf15 := 0.005172268907564588
CXY | Lcf15 := 0.008553580146460826
L2cf15 := 0.030351032560462426
Intcptcf15 := 1.0108679491947976
```

☐— CARGA MOMENTO EN ZAPATA DE MEDIANERA —

☐— COEFICIENTES PARA ECUACIÓN DE MOMENTO —

```
"Coeficientes por Momento en Zapata de Lindero"
C1cf12 := 0
ZXYcf12 := - 0.7029387695553363
CXYcf12 := 0.21990449946366314
Lcf12 := 0.17542902586631778
ZXY2cf12 := - 0.05692216280451515
ZXY | CXYcf12 := 0.12996587725999492
ZXY | Lcf12 := 0.16803630178925144
CXY2cf12 := - 0.11980672268907229
CXY | Lcf12 := - 0.05286346429540083
L2cf12 := - 0.03388966684209893
Intcptcf12 := - 0.20346608947227285
```

 □ — COEFICIENTES PARA ECUACIÓN DE CORTANTE

```

"Coeficientes por Momento en Zapata de Lindero"
Clcf16 := 0
ZXYcf16 := 0.04731192642108534
CXYcf16 := - 0.14922334194037273
Lcf16 := - 0.3069176519540053
ZXY2cf16 := - 0.013827243018419758
ZXY | CXYcf16 := 0.07433379169849723
ZXY | Lcf16 := 0.0066562115595880985
CXY2cf16 := 0.013117647058826183
CXY | Lcf16 := 0.0050225347746912785
L2cf16 := 0.02700740443460169
Inteptcf16 := 1.022968032538831
  
```

 □ — SOBRECARGA EN VIGA

 □ — COEFICIENTES PARA ECUACIÓN DE MOMENTO

```

"Coeficientes por Sobrecarga en viga"
Clcf13 := 0
ZXYcf13 := 0.8756759092185109
CXYcf13 := 0.23977205274536467
Lcf13 := 0.5423387414828422
ZXY2cf13 := - 0.2531402257872843
ZXY | CXYcf13 := - 0.09990975299210726
ZXY | Lcf13 := - 0.012029962973921282
CXY2cf13 := - 0.012836134453795632
CXY | Lcf13 := - 0.029561887326126565
L2cf13 := - 0.046303580086349494
Inteptcf13 := - 1.2172642261036737
  
```

 □ — COEFICIENTES PARA ECUACIÓN DE CORTANTE

```

"Coeficientes por Sobrecarga en viga"
Clcf17 := 0
ZXYcf13 := 1.0495774378293146
CXYcf13 := - 0.4064277476103209
Lcf13 := - 0.4483066943275539
ZXY2cf13 := 0.09333667557932072
ZXY | CXYcf13 := - 0.168391953144896
ZXY | Lcf13 := - 0.1293570961856163
CXY2cf13 := 0.23726890756302435
CXY | Lcf13 := 0.032138808167693454
L2cf13 := 0.005558535888804617
Inteptcf13 := - 0.1515582456274127
  
```

FACTORES PARA VIGA 2

"MOMENTOS"

"Utilizando la función cases definimos la función por partes"

"CUADRADA"

$$ZXY := \frac{a}{\text{UnitsOf}(a)}$$

$$CXY := \frac{C_X}{\text{UnitsOf}(C_X)}$$

$$Lc := \frac{Lx}{\text{UnitsOf}(Lx)}$$

"Cálculo del factores producto de carga y momentos"

"Utilizando sum(1) podemos sumar los elementos del un vector"

$$M2_puntual := \sum \left[\begin{aligned} & \text{Intept}_{cf10} + (C1_{cf10} \cdot 1) + (ZXY_{cf10} \cdot ZXY) + (CXY_{cf10} \cdot CXY) + (L_{cf10} \cdot Lc) + (ZXY^2_{cf10} \cdot ZXY^2) \\ & (ZXY | CXY_{cf10} \cdot (ZXY \cdot CXY)) + (ZXY | L_{cf10} \cdot (ZXY \cdot Lc)) + (CXY^2_{cf10} \cdot CXY^2) \\ & (CXY | L_{cf10} \cdot CXY \cdot Lc) + (L^2_{cf10} \cdot Lc^2) \end{aligned} \right]$$

$$M2_momentoZ := \sum \left[\begin{aligned} & \text{Intept}_{cf11} + (C1_{cf11} \cdot 1) + (ZXY_{cf11} \cdot ZXY) + (CXY_{cf11} \cdot CXY) + (L_{cf11} \cdot Lc) + (ZXY^2_{cf11} \cdot ZXY^2) \\ & (ZXY | CXY_{cf11} \cdot (ZXY \cdot CXY)) + (ZXY | L_{cf11} \cdot (ZXY \cdot Lc)) + (CXY^2_{cf11} \cdot CXY^2) \\ & (CXY | L_{cf11} \cdot CXY \cdot Lc) + (L^2_{cf11} \cdot Lc^2) \end{aligned} \right]$$

$$M2_momento := \sum \left[\begin{aligned} & \text{Intept}_{cf12} + (C1_{cf12} \cdot 1) + (ZXY_{cf12} \cdot ZXY) + (CXY_{cf12} \cdot CXY) + (L_{cf12} \cdot Lc) + (ZXY^2_{cf12} \cdot ZXY^2) \\ & (ZXY | CXY_{cf12} \cdot (ZXY \cdot CXY)) + (ZXY | L_{cf12} \cdot (ZXY \cdot Lc)) + (CXY^2_{cf12} \cdot CXY^2) \\ & (CXY | L_{cf12} \cdot CXY \cdot Lc) + (L^2_{cf12} \cdot Lc^2) \end{aligned} \right]$$

$$M2_distribuida := \sum \left[\begin{aligned} & \text{Intept}_{cf13} + (C1_{cf13} \cdot 1) + (ZXY_{cf13} \cdot ZXY) + (CXY_{cf13} \cdot CXY) + (L_{cf13} \cdot Lc) + (ZXY^2_{cf13} \cdot ZXY^2) \\ & (ZXY | CXY_{cf13} \cdot (ZXY \cdot CXY)) + (ZXY | L_{cf13} \cdot (ZXY \cdot Lc)) + (CXY^2_{cf13} \cdot CXY^2) \\ & (CXY | L_{cf13} \cdot CXY \cdot Lc) + (L^2_{cf13} \cdot Lc^2) \end{aligned} \right]$$

"RECTANGULAR"

$$ZX_{v2} := \frac{a}{\text{UnitsOf}(a)}$$

$$ZY_{v2} := \frac{b}{\text{UnitsOf}(b)}$$

$$CX_{v2} := \frac{C_X}{\text{UnitsOf}(C_X)}$$

$$CY_{v2} := \frac{C_Y}{\text{UnitsOf}(C_Y)}$$

$$Ld_{v2} := \frac{Lx}{\text{UnitsOf}(Lx)}$$

"Cálculo del factores producto de carga y momentos"

"Utilizando sum(1) podemos sumar los elementos del un vector"

$$M2_puntual := \sum \left[\begin{aligned} & \text{Intept}_{cf4} + (C1_{cf4} \cdot 1) + ZX_{cf4} \cdot ZX_{v2} + ZY_{cf4} \cdot ZY_{v2} + CX_{cf4} \cdot CX_{v2} + CY_{cf4} \cdot CY_{v2} + L_{cf4} \cdot Ld_{v2} + ZX^2_{cf4} \cdot ZX_{v2}^2 + ZXZY_{cf4} \cdot (ZX_{v2} \cdot ZY_{v2}) \\ & ZXL_{cf4} \cdot (ZX_{v2} \cdot Ld_{v2}) + ZY^2_{cf4} \cdot ZY_{v2}^2 + ZYCY_{cf4} \cdot (ZY_{v2} \cdot CY_{v2}) + ZYL_{cf4} \cdot (ZY_{v2} \cdot Ld_{v2}) + CX^2_{cf4} \cdot CX_{v2} \\ & CY^2_{cf4} \cdot CY_{v2}^2 + CYL_{cf4} \cdot (CY_{v2} \cdot Ld_{v2}) + (L^2_{cf4} \cdot Ld_{v2}^2) + ZX^3_{cf4} \cdot ZX_{v2}^3 + ZX^2ZY_{cf4} \cdot (ZX_{v2}^2 \cdot ZY_{v2}) + ZX^2CX_{cf4} \cdot (\\ & ZX^2L_{cf4} \cdot (ZX_{v2}^2 \cdot Ld_{v2}) + ZXZY^2_{cf4} \cdot (ZX_{v2} \cdot ZY_{v2}^2) + ZXZYCX_{cf4} \cdot (ZX_{v2} \cdot ZY_{v2} \cdot CX_{v2}) + ZXZYCY_{cf4} \cdot (ZX_{v2} \cdot ZY_{v2} \cdot CY_{v2}) + ZXZ \\ & ZXCXCY_{cf4} \cdot (ZX_{v2} \cdot CX_{v2} \cdot CY_{v2}) + ZXCXL_{cf4} \cdot (ZX_{v2} \cdot CX_{v2} \cdot Ld_{v2}) + ZXCX^2_{cf4} \cdot (ZX_{v2} \cdot CX_{v2}^2) + ZXCXYL_{cf4} \cdot (ZX_{v2} \cdot CX_{v2} \cdot L \\ & ZY^2_{cf4} \cdot ZY_{v2}^2 \cdot CX_{v2}) + ZY^2_{cf4} \cdot ZY_{v2}^2 \cdot CY_{v2}) + ZY^2L_{cf4} \cdot (ZY_{v2}^2 \cdot Ld_{v2}) + ZYCY^2_{cf4} \cdot (ZY_{v2} \cdot CY_{v2}^2) + ZYCY_{cf4} \cdot (\\ & ZYCY^2_{cf4} \cdot (ZY_{v2} \cdot CY_{v2}^2) + ZYCYL_{cf4} \cdot (ZY_{v2} \cdot CY_{v2} \cdot Ld_{v2}) + ZYL^2_{cf4} \cdot (ZY_{v2} \cdot Ld_{v2}^2) + CX^3_{cf4} \cdot CX_{v2}^3 + CX^2CY_{cf4} \cdot \\ & CXCX^2_{cf4} \cdot (CX_{v2} \cdot CX_{v2}^2) + CXCXYL_{cf4} \cdot (CX_{v2} \cdot CX_{v2} \cdot Ld_{v2}) + CXL^2_{cf4} \cdot (CX_{v2} \cdot Ld_{v2}^2) + CY^3_{cf4} \cdot CY_{v2}^3 + CY^2L_{cf4} \cdot (CY_{v2}^2 \cdot Ld_{v2}) \\ & + CY^2L_{cf4} \cdot (CY_{v2}^2 \cdot Ld_{v2}^2) \end{aligned} \right]$$

$$M2_momentoZ := \sum \left[\begin{aligned} & \text{Intept}_{cf1} + (C1_{cf1} \cdot 1) + ZX_{cf1} \cdot ZX_{v2} + ZY_{cf1} \cdot ZY_{v2} + CX_{cf1} \cdot CX_{v2} + CY_{cf1} \cdot CY_{v2} + L_{cf1} \cdot Ld_{v2} + ZX^2_{cf1} \cdot ZX_{v2}^2 + ZXZY_{cf1} \cdot (ZX_{v2} \cdot ZY_{v2}) \\ & ZXL_{cf1} \cdot (ZX_{v2} \cdot Ld_{v2}) + ZY^2_{cf1} \cdot ZY_{v2}^2 + ZYCY_{cf1} \cdot (ZY_{v2} \cdot CY_{v2}) + ZYL_{cf1} \cdot (ZY_{v2} \cdot Ld_{v2}) + CX^2_{cf1} \cdot CX_{v2} \\ & CY^2_{cf1} \cdot CY_{v2}^2 + CYL_{cf1} \cdot (CY_{v2} \cdot Ld_{v2}) + (L^2_{cf1} \cdot Ld_{v2}^2) + ZX^3_{cf1} \cdot ZX_{v2}^3 + ZX^2ZY_{cf1} \cdot (ZX_{v2}^2 \cdot ZY_{v2}) + ZX^2CX_{cf1} \\ & ZX^2L_{cf1} \cdot (ZX_{v2}^2 \cdot Ld_{v2}) + ZXZY^2_{cf1} \cdot (ZX_{v2} \cdot ZY_{v2}^2) + ZXZYCX_{cf1} \cdot (ZX_{v2} \cdot ZY_{v2} \cdot CX_{v2}) + ZXZYCY_{cf1} \cdot (ZX_{v2} \cdot ZY_{v2} \cdot CY_{v2}) + ZXZ \\ & ZXCXCY_{cf1} \cdot (ZX_{v2} \cdot CX_{v2} \cdot CY_{v2}) + ZXCXL_{cf1} \cdot (ZX_{v2} \cdot CX_{v2} \cdot Ld_{v2}) + ZXCX^2_{cf1} \cdot (ZX_{v2} \cdot CX_{v2}^2) + ZXCXYL_{cf1} \cdot (ZX_{v2} \cdot CX_{v2} \cdot L \\ & ZY^2_{cf1} \cdot ZY_{v2}^2 \cdot CX_{v2}) + ZY^2_{cf1} \cdot ZY_{v2}^2 \cdot CY_{v2}) + ZY^2L_{cf1} \cdot (ZY_{v2}^2 \cdot Ld_{v2}) + ZYCY^2_{cf1} \cdot (ZY_{v2} \cdot CY_{v2}^2) + ZYCY_{cf1} \cdot (\\ & ZYCY^2_{cf1} \cdot (ZY_{v2} \cdot CY_{v2}^2) + ZYCYL_{cf1} \cdot (ZY_{v2} \cdot CY_{v2} \cdot Ld_{v2}) + ZYL^2_{cf1} \cdot (ZY_{v2} \cdot Ld_{v2}^2) + CX^3_{cf1} \cdot CX_{v2}^3 + CX^2CY_{cf1} \cdot \\ & CXCX^2_{cf1} \cdot (CX_{v2} \cdot CX_{v2}^2) + CXCXYL_{cf1} \cdot (CX_{v2} \cdot CX_{v2} \cdot Ld_{v2}) + CXL^2_{cf1} \cdot (CX_{v2} \cdot Ld_{v2}^2) + CY^3_{cf1} \cdot CY_{v2}^3 + CY^2L_{cf1} \cdot (CY_{v2}^2 \cdot Ld_{v2}) \\ & + CY^2L_{cf1} \cdot (CY_{v2}^2 \cdot Ld_{v2}^2) \end{aligned} \right]$$

$$\begin{aligned}
 & ZXCXCY_{ef1} \cdot (ZX_{v2} \cdot CX_{v2} \cdot CY_{v2}) + ZXCXL_{ef1} \cdot (ZX_{v2} \cdot CX_{v2} \cdot Ld_{v2}) + ZXCXY^2_{ef1} \cdot (ZX_{v2} \cdot CY_{v2}) + ZXCYL_{ef1} \cdot (ZX_{v2} \cdot CY_{v2} \\
 & ZY^2CX_{ef1} \cdot (ZY_{v2}^2 \cdot CX_{v2}) + ZY^2CY_{ef1} \cdot (ZY_{v2}^2 \cdot CY_{v2}) + ZY^2L_{ef1} \cdot (ZY_{v2}^2 \cdot Ld_{v2}) + ZYCX^2_{ef1} \cdot (ZY_{v2} \cdot CX_{v2}^2) + ZYCXCY_c \\
 & ZYCY^2_{ef1} \cdot (ZY_{v2} \cdot CY_{v2}^2) + ZYCYL_{ef1} \cdot (ZY_{v2} \cdot CY_{v2} \cdot Ld_{v2}) + ZYL^2_{ef1} \cdot (ZY_{v2} \cdot Ld_{v2}^2) + CX^3_{ef1} \cdot CX_{v2}^3 + CX^2CY_c \\
 & CXCY^2_{ef1} \cdot (CX_{v2} \cdot CY_{v2}^2) + CXCYL_{ef1} \cdot (CX_{v2} \cdot CY_{v2} \cdot Ld_{v2}) + CXL^2_{ef1} \cdot (CX_{v2} \cdot Ld_{v2}^2) + CY^3_{ef1} \cdot CY_{v2}^3 + CY^2L_{ef1} \cdot (CY_{v2} \\
 & Intept_{ef2} + (C1_{ef2} \cdot 1) + ZX_{ef2} \cdot ZX_{v2} + ZY_{ef2} \cdot ZY_{v2} + CX_{ef2} \cdot CX_{v2} + CY_{ef2} \cdot CY_{v2} + L_{ef2} \cdot Ld_{v2} + ZX^2_{ef2} \cdot ZX_{v2}^2 + ZXZY_{ef2} \cdot (ZX_{v2} \cdot ZY_{v2}) \\
 & ZXL_{ef2} \cdot (ZX_{v2} \cdot Ld_{v2}) + ZY^2_{ef2} \cdot ZY_{v2}^2 + ZYCX_{ef2} \cdot (ZY_{v2} \cdot CX_{v2}) + ZYCY_{ef2} \cdot (ZY_{v2} \cdot CY_{v2}) + ZYL_{ef2} \cdot (ZY_{v2} \cdot Ld_{v2}) + CX^2_{ef2} \cdot C \\
 & CY^2_{ef2} \cdot CY_{v2}^2 + CYL_{ef2} \cdot (CY_{v2} \cdot Ld_{v2}) + (L^2_{ef2} \cdot Ld_{v2}^2) + ZX^3_{ef2} \cdot ZX_{v2}^3 + ZX^2ZY_{ef2} \cdot (ZX_{v2}^2 \cdot ZY_{v2}) + ZX^2CX_{ef2} \cdot \\
 & ZX^2L_{ef2} \cdot (ZX_{v2}^2 \cdot Ld_{v2}) + ZXZY^2_{ef2} \cdot (ZX_{v2} \cdot ZY_{v2}^2) + ZXZYCX_{ef2} \cdot (ZX_{v2} \cdot ZY_{v2} \cdot CX_{v2}) + ZXZYCY_{ef2} \cdot (ZX_{v2} \cdot ZY_{v2} \cdot CY_{v2}) + ZX \\
 & ZXCXCY_{ef2} \cdot (ZX_{v2} \cdot CX_{v2} \cdot CY_{v2}) + ZXCXL_{ef2} \cdot (ZX_{v2} \cdot CX_{v2} \cdot Ld_{v2}) + ZXCXY^2_{ef2} \cdot (ZX_{v2} \cdot CY_{v2}) + ZXCYL_{ef2} \cdot (ZX_{v2} \cdot CY_{v2} \\
 & ZY^2CX_{ef2} \cdot (ZY_{v2}^2 \cdot CX_{v2}) + ZY^2CY_{ef2} \cdot (ZY_{v2}^2 \cdot CY_{v2}) + ZY^2L_{ef2} \cdot (ZY_{v2}^2 \cdot Ld_{v2}) + ZYCX^2_{ef2} \cdot (ZY_{v2} \cdot CX_{v2}^2) + ZYCXCY_{ef2} \\
 & ZYCY^2_{ef2} \cdot (ZY_{v2} \cdot CY_{v2}^2) + ZYCYL_{ef2} \cdot (ZY_{v2} \cdot CY_{v2} \cdot Ld_{v2}) + ZYL^2_{ef2} \cdot (ZY_{v2} \cdot Ld_{v2}^2) + CX^3_{ef2} \cdot CX_{v2}^3 + CX^2CY_{ef2} \\
 & CXCY^2_{ef2} \cdot (CX_{v2} \cdot CY_{v2}^2) + CXCYL_{ef2} \cdot (CX_{v2} \cdot CY_{v2} \cdot Ld_{v2}) + CXL^2_{ef2} \cdot (CX_{v2} \cdot Ld_{v2}^2) + CY^3_{ef2} \cdot CY_{v2}^3 + CY^2L_{ef2} \cdot (CY_{v2} \\
 & Intept_{ef3} + (C1_{ef3} \cdot 1) + ZX_{ef3} \cdot ZX_{v2} + ZY_{ef3} \cdot ZY_{v2} + CX_{ef3} \cdot CX_{v2} + CY_{ef3} \cdot CY_{v2} + L_{ef3} \cdot Ld_{v2} + ZX^2_{ef3} \cdot ZX_{v2}^2 + ZXZY_{ef3} \cdot (ZX_{v2} \cdot ZY_{v2}) \\
 & ZXL_{ef3} \cdot (ZX_{v2} \cdot Ld_{v2}) + ZY^2_{ef3} \cdot ZY_{v2}^2 + ZYCX_{ef3} \cdot (ZY_{v2} \cdot CX_{v2}) + ZYCY_{ef3} \cdot (ZY_{v2} \cdot CY_{v2}) + ZYL_{ef3} \cdot (ZY_{v2} \cdot Ld_{v2}) + CX^2_{ef3} \cdot C \\
 & CY^2_{ef3} \cdot CY_{v2}^2 + CYL_{ef3} \cdot (CY_{v2} \cdot Ld_{v2}) + (L^2_{ef3} \cdot Ld_{v2}^2) + ZX^3_{ef3} \cdot ZX_{v2}^3 + ZX^2ZY_{ef3} \cdot (ZX_{v2}^2 \cdot ZY_{v2}) + ZX^2CX_{ef3} \\
 & ZX^2L_{ef3} \cdot (ZX_{v2}^2 \cdot Ld_{v2}) + ZXZY^2_{ef3} \cdot (ZX_{v2} \cdot ZY_{v2}^2) + ZXZYCX_{ef3} \cdot (ZX_{v2} \cdot ZY_{v2} \cdot CX_{v2}) + ZXZYCY_{ef3} \cdot (ZX_{v2} \cdot ZY_{v2} \cdot CY_{v2}) + Z \\
 & ZXCXCY_{ef3} \cdot (ZX_{v2} \cdot CX_{v2} \cdot CY_{v2}) + ZXCXL_{ef3} \cdot (ZX_{v2} \cdot CX_{v2} \cdot Ld_{v2}) + ZXCXY^2_{ef3} \cdot (ZX_{v2} \cdot CY_{v2}) + ZXCYL_{ef3} \cdot (ZX_{v2} \cdot CY_{v2} \\
 & ZY^2CX_{ef3} \cdot (ZY_{v2}^2 \cdot CX_{v2}) + ZY^2CY_{ef3} \cdot (ZY_{v2}^2 \cdot CY_{v2}) + ZY^2L_{ef3} \cdot (ZY_{v2}^2 \cdot Ld_{v2}) + ZYCX^2_{ef3} \cdot (ZY_{v2} \cdot CX_{v2}^2) + ZYCXCY_c \\
 & ZYCY^2_{ef3} \cdot (ZY_{v2} \cdot CY_{v2}^2) + ZYCYL_{ef3} \cdot (ZY_{v2} \cdot CY_{v2} \cdot Ld_{v2}) + ZYL^2_{ef3} \cdot (ZY_{v2} \cdot Ld_{v2}^2) + CX^3_{ef3} \cdot CX_{v2}^3 + CX^2CY_c \\
 & CXCY^2_{ef3} \cdot (CX_{v2} \cdot CY_{v2}^2) + CXCYL_{ef3} \cdot (CX_{v2} \cdot CY_{v2} \cdot Ld_{v2}) + CXL^2_{ef3} \cdot (CX_{v2} \cdot Ld_{v2}^2) + CY^3_{ef3} \cdot CY_{v2}^3 + CY^2L_{ef3} \cdot (CY_{v2}
 \end{aligned}$$

“CORTANTES”
 “Utilizando la función cases definimos la función por partes”
 “CUADRADA”

$$ZXY := \frac{a}{UnitsOf(a)}$$

$$CXY := \frac{C_x}{UnitsOf(C_x)}$$

$$Lc2 := \frac{L_x}{UnitsOf(L_x)}$$
 “Cálculo del factores producto de carga y momentos”
 “Utilizando sum(1) podemos sumar los elementos del un vector”

$$V2_puntual := \sum \left[\begin{aligned} & Intept_{ef14} + (C1_{ef14} \cdot 1) + (ZXY_{ef14} \cdot ZXY) + (CXY_{ef14} \cdot CXY) + (L_{ef14} \cdot Lc) + (ZXY^2_{ef14} \cdot ZXY^2) \\ & (ZXY | CXY_{ef14} \cdot (ZXY \cdot CXY)) + (ZXY | L_{ef14} \cdot (ZXY \cdot Lc)) + (CXY^2_{ef14} \cdot CXY^2) \\ & (CXY | L_{ef14} \cdot CXY \cdot Lc) + (L^2_{ef14} \cdot Lc^2) \end{aligned} \right]$$

$$V2_momentoZ := \sum \left[\begin{aligned} & Intept_{ef15} + (C1_{ef15} \cdot 1) + (ZXY_{ef15} \cdot ZXY) + (CXY_{ef15} \cdot CXY) + (L_{ef15} \cdot Lc) + (ZXY^2_{ef15} \cdot ZXY^2) \\ & (ZXY | CXY_{ef15} \cdot (ZXY \cdot CXY)) + (ZXY | L_{ef15} \cdot (ZXY \cdot Lc)) + (CXY^2_{ef15} \cdot CXY^2) \\ & (CXY | L_{ef15} \cdot CXY \cdot Lc) + (L^2_{ef15} \cdot Lc^2) \end{aligned} \right]$$

$$V2_momento := \sum \left[\begin{aligned} & Intept_{ef16} + (C1_{ef16} \cdot 1) + (ZXY_{ef16} \cdot ZXY) + (CXY_{ef16} \cdot CXY) + (L_{ef16} \cdot Lc) + (ZXY^2_{ef16} \cdot ZXY^2) \\ & (ZXY | CXY_{ef16} \cdot (ZXY \cdot CXY)) + (ZXY | L_{ef16} \cdot (ZXY \cdot Lc)) + (CXY^2_{ef16} \cdot CXY^2) \\ & (CXY | L_{ef16} \cdot CXY \cdot Lc) + (L^2_{ef16} \cdot Lc^2) \end{aligned} \right]$$

$$V2_distribuida := \sum \left[\begin{aligned} & Intept_{ef13} + (C1_{ef13} \cdot 1) + (ZXY_{ef13} \cdot ZXY) + (CXY_{ef13} \cdot CXY) + (L_{ef13} \cdot Lc) + (ZXY^2_{ef13} \cdot ZXY^2) \\ & (ZXY | CXY_{ef13} \cdot (ZXY \cdot CXY)) + (ZXY | L_{ef13} \cdot (ZXY \cdot Lc)) + (CXY^2_{ef13} \cdot CXY^2) \\ & (CXY | L_{ef13} \cdot CXY \cdot Lc) + (L^2_{ef13} \cdot Lc^2) \end{aligned} \right]$$
 “RECTANGULAR”

$$ZX := \frac{a}{UnitsOf(a)}$$

$$ZY := \frac{b}{UnitsOf(b)}$$

$$C_x$$

$$\begin{aligned} ZXY &:= \frac{\text{UnitsOf}(b)}{C_Y} \\ CXY &:= \frac{C_Y}{\text{UnitsOf}(C_Y)} \\ Lc1 &:= \frac{Ly}{\text{UnitsOf}(Ly)} \end{aligned}$$

"Cálculo del factores producto de carga y momentos"
 "Utilizando sum(1) podemos sumar los elementos del un vector"

$$MI_{puntual} := \sum \left[\begin{aligned} & \text{Intept}_{cf10} + (C1_{cf10} \cdot 1) + (ZXY_{cf10} \cdot ZXY) + (CXY_{cf10} \cdot CXY) + (L_{cf10} \cdot Lc1) + (ZXY^2_{cf10} \cdot ZXY^2) \\ & (ZXY | CXY_{cf10} \cdot (ZXY \cdot CXY)) + (ZXY | L_{cf10} \cdot (ZXY \cdot Lc1)) + (CXY^2_{cf10} \cdot CXY^2) \\ & (CXY | L_{cf10} \cdot CXY \cdot Lc1) + (L^2_{cf10} \cdot Lc1^2) \end{aligned} \right]$$

$$MI_{momentoZ} := \sum \left[\begin{aligned} & \text{Intept}_{cf11} + (C1_{cf11} \cdot 1) + (ZXY_{cf11} \cdot ZXY) + (CXY_{cf11} \cdot CXY) + (L_{cf11} \cdot Lc1) + (ZXY^2_{cf11} \cdot ZXY^2) \\ & (ZXY | CXY_{cf11} \cdot (ZXY \cdot CXY)) + (ZXY | L_{cf11} \cdot (ZXY \cdot Lc1)) + (CXY^2_{cf11} \cdot CXY^2) \\ & (CXY | L_{cf11} \cdot CXY \cdot Lc1) + (L^2_{cf11} \cdot Lc1^2) \end{aligned} \right]$$

$$MI_{momento} := \sum \left[\begin{aligned} & \text{Intept}_{cf12} + (C1_{cf12} \cdot 1) + (ZXY_{cf12} \cdot ZXY) + (CXY_{cf12} \cdot CXY) + (L_{cf12} \cdot Lc1) + (ZXY^2_{cf12} \cdot ZXY^2) \\ & (ZXY | CXY_{cf12} \cdot (ZXY \cdot CXY)) + (ZXY | L_{cf12} \cdot (ZXY \cdot Lc1)) + (CXY^2_{cf12} \cdot CXY^2) \\ & (CXY | L_{cf12} \cdot CXY \cdot Lc1) + (L^2_{cf12} \cdot Lc1^2) \end{aligned} \right]$$

$$MI_{distribuida} := \sum \left[\begin{aligned} & \text{Intept}_{cf13} + (C1_{cf13} \cdot 1) + (ZXY_{cf13} \cdot ZXY) + (CXY_{cf13} \cdot CXY) + (L_{cf13} \cdot Lc1) + (ZXY^2_{cf13} \cdot ZXY^2) \\ & (ZXY | CXY_{cf13} \cdot (ZXY \cdot CXY)) + (ZXY | L_{cf13} \cdot (ZXY \cdot Lc1)) + (CXY^2_{cf13} \cdot CXY^2) \\ & (CXY | L_{cf13} \cdot CXY \cdot Lc1) + (L^2_{cf13} \cdot Lc1^2) \end{aligned} \right]$$

"RECTANGULAR"

$$\begin{aligned} ZX_{v1} &:= \frac{b}{\text{UnitsOf}(b)} \\ ZY_{v1} &:= \frac{a}{\text{UnitsOf}(a)} \\ CX_{v1} &:= \frac{C_Y}{\text{UnitsOf}(C_Y)} \\ CY_{v1} &:= \frac{C_X}{\text{UnitsOf}(C_X)} \\ Ld_{v1} &:= \frac{Ly}{\text{UnitsOf}(Ly)} \end{aligned}$$

"Cálculo del factores producto de carga y momentos"
 "Utilizando sum(1) podemos sumar los elementos del un vector"

$$MI_{puntual} := \sum \left[\begin{aligned} & \text{Intept}_{cf4} + (C1_{cf4} \cdot 1) + ZX_{cf4} \cdot ZX_{v1} + ZY_{cf4} \cdot ZY_{v1} + CX_{cf4} \cdot CX_{v1} + CY_{cf4} \cdot CY_{v1} + L_{cf4} \cdot Ld_{v1} + ZX^2_{cf4} \cdot ZX_{v1}^2 + ZXY_{cf4} \cdot (ZX_{v1} \cdot ZY_{v1} \\ & ZXL_{cf4} \cdot (ZX_{v1} \cdot Ld_{v1}) + ZY^2_{cf4} \cdot ZY_{v1}^2 + ZYCX_{cf4} \cdot (ZY_{v1} \cdot CX_{v1}) + ZYCY_{cf4} \cdot (ZY_{v1} \cdot CY_{v1}) + ZYL_{cf4} \cdot (ZY_{v1} \cdot Ld_{v1}) + CX^2_{cf4} \cdot CX_{v1} \\ & CY^2_{cf4} \cdot CY_{v1}^2 + CYL_{cf4} \cdot (CY_{v1} \cdot Ld_{v1}) + (L^2_{cf4} \cdot Ld_{v1}^2) + ZX^3_{cf4} \cdot ZX_{v1}^3 + ZX^2ZY_{cf4} \cdot (ZX_{v1}^2 \cdot ZY_{v1}) + ZX^2CX_{cf4} \cdot (\\ & ZX^2L_{cf4} \cdot (ZX_{v1}^2 \cdot Ld_{v1}) + ZXZY^2_{cf4} \cdot (ZX_{v1} \cdot ZY_{v1}^2) + ZXZYCX_{cf4} \cdot (ZX_{v1} \cdot ZY_{v1} \cdot CX_{v1}) + ZXZYCY_{cf4} \cdot (ZX_{v1} \cdot ZY_{v1} \cdot CY_{v1}) + ZXZ \\ & ZXCXCY_{cf4} \cdot (ZX_{v1} \cdot CX_{v1} \cdot CY_{v1}) + ZXCXL_{cf4} \cdot (ZX_{v1} \cdot CX_{v1} \cdot Ld_{v1}) + ZXCY^2_{cf4} \cdot (ZX_{v1} \cdot CY_{v1}^2) + ZXCYL_{cf4} \cdot (ZX_{v1} \cdot CY_{v1} \cdot L \\ & ZY^2CX_{cf4} \cdot (ZY_{v1}^2 \cdot CX_{v1}) + ZY^2CY_{cf4} \cdot (ZY_{v1}^2 \cdot CY_{v1}) + ZY^2L_{cf4} \cdot (ZY_{v1}^2 \cdot Ld_{v1}) + ZYCX^2_{cf4} \cdot (ZY_{v1} \cdot CX_{v1}^2) + ZYCY_{cf4} \cdot \\ & ZYCY^2_{cf4} \cdot (ZY_{v1} \cdot CY_{v1}^2) + ZYCYL_{cf4} \cdot (ZY_{v1} \cdot CY_{v1} \cdot Ld_{v1}) + ZYL^2_{cf4} \cdot (ZY_{v1} \cdot Ld_{v1}^2) + CX^3_{cf4} \cdot CX_{v1}^3 + CX^2CY_{cf4} \cdot \\ & CXCY^2_{cf4} \cdot (CX_{v1} \cdot CY_{v1}^2) + CXCYL_{cf4} \cdot (CX_{v1} \cdot CY_{v1} \cdot Ld_{v1}) + CXL^2_{cf4} \cdot (CX_{v1} \cdot Ld_{v1}^2) + CY^3_{cf4} \cdot CY_{v1}^3 + CY^2L_{cf4} \cdot (CY_{v1} \cdot \\ & \text{Intept}_{cf1} + (C1_{cf1} \cdot 1) + ZX_{cf1} \cdot ZX_{v1} + ZY_{cf1} \cdot ZY_{v1} + CX_{cf1} \cdot CX_{v1} + CY_{cf1} \cdot CY_{v1} + L_{cf1} \cdot Ld_{v1} + ZX^2_{cf1} \cdot ZX_{v1}^2 + ZXY_{cf1} \cdot (ZX_{v1} \cdot ZY_{v1} \\ & ZXL_{cf1} \cdot (ZX_{v1} \cdot Ld_{v1}) + ZY^2_{cf1} \cdot ZY_{v1}^2 + ZYCX_{cf1} \cdot (ZY_{v1} \cdot CX_{v1}) + ZYCY_{cf1} \cdot (ZY_{v1} \cdot CY_{v1}) + ZYL_{cf1} \cdot (ZY_{v1} \cdot Ld_{v1}) + CX^2_{cf1} \cdot CX_{v1} \\ & CY^2_{cf1} \cdot CY_{v1}^2 + CYL_{cf1} \cdot (CY_{v1} \cdot Ld_{v1}) + (L^2_{cf1} \cdot Ld_{v1}^2) + ZX^3_{cf1} \cdot ZX_{v1}^3 + ZX^2ZY_{cf1} \cdot (ZX_{v1}^2 \cdot ZY_{v1}) + ZX^2CX_{cf1} \\ & ZX^2L_{cf1} \cdot (ZX_{v1}^2 \cdot Ld_{v1}) + ZXZY^2_{cf1} \cdot (ZX_{v1} \cdot ZY_{v1}^2) + ZXZYCX_{cf1} \cdot (ZX_{v1} \cdot ZY_{v1} \cdot CX_{v1}) + ZXZYCY_{cf1} \cdot (ZX_{v1} \cdot ZY_{v1} \cdot CY_{v1}) + Z \\ & ZXCXCY_{cf1} \cdot (ZX_{v1} \cdot CX_{v1} \cdot CY_{v1}) + ZXCXL_{cf1} \cdot (ZX_{v1} \cdot CX_{v1} \cdot Ld_{v1}) + ZXCY^2_{cf1} \cdot (ZX_{v1} \cdot CY_{v1}^2) + ZXCYL_{cf1} \cdot (ZX_{v1} \cdot CY_{v1} \cdot L \\ & ZY^2CX_{cf1} \cdot (ZY_{v1}^2 \cdot CX_{v1}) + ZY^2CY_{cf1} \cdot (ZY_{v1}^2 \cdot CY_{v1}) + ZY^2L_{cf1} \cdot (ZY_{v1}^2 \cdot Ld_{v1}) + ZYCX^2_{cf1} \cdot (ZY_{v1} \cdot CX_{v1}^2) + ZYCY_{cf1} \cdot \\ & ZYCY^2_{cf1} \cdot (ZY_{v1} \cdot CY_{v1}^2) + ZYCYL_{cf1} \cdot (ZY_{v1} \cdot CY_{v1} \cdot Ld_{v1}) + ZYL^2_{cf1} \cdot (ZY_{v1} \cdot Ld_{v1}^2) + CX^3_{cf1} \cdot CX_{v1}^3 + CX^2CY_{cf1} \cdot \\ & CXCY^2_{cf1} \cdot (CX_{v1} \cdot CY_{v1}^2) + CXCYL_{cf1} \cdot (CX_{v1} \cdot CY_{v1} \cdot Ld_{v1}) + CXL^2_{cf1} \cdot (CX_{v1} \cdot Ld_{v1}^2) + CY^3_{cf1} \cdot CY_{v1}^3 + CY^2L_{cf1} \cdot (CY_{v1} \cdot \\ & \text{Intept}_{cf2} + (C1_{cf2} \cdot 1) + ZX_{cf2} \cdot ZX_{v1} + ZY_{cf2} \cdot ZY_{v1} + CX_{cf2} \cdot CX_{v1} + CY_{cf2} \cdot CY_{v1} + L_{cf2} \cdot Ld_{v1} + ZX^2_{cf2} \cdot ZX_{v1}^2 + ZXY_{cf2} \cdot (ZX_{v1} \cdot ZY_{v1} \\ & ZXL_{cf2} \cdot (ZX_{v1} \cdot Ld_{v1}) + ZY^2_{cf2} \cdot ZY_{v1}^2 + ZYCX_{cf2} \cdot (ZY_{v1} \cdot CX_{v1}) + ZYCY_{cf2} \cdot (ZY_{v1} \cdot CY_{v1}) + ZYL_{cf2} \cdot (ZY_{v1} \cdot Ld_{v1}) + CX^2_{cf2} \cdot CX_{v1} \\ & CY^2_{cf2} \cdot CY_{v1}^2 + CYL_{cf2} \cdot (CY_{v1} \cdot Ld_{v1}) + (L^2_{cf2} \cdot Ld_{v1}^2) + ZX^3_{cf2} \cdot ZX_{v1}^3 + ZX^2ZY_{cf2} \cdot (ZX_{v1}^2 \cdot ZY_{v1}) + ZX^2CX_{cf2} \\ & ZX^2L_{cf2} \cdot (ZX_{v1}^2 \cdot Ld_{v1}) + ZXZY^2_{cf2} \cdot (ZX_{v1} \cdot ZY_{v1}^2) + ZXZYCX_{cf2} \cdot (ZX_{v1} \cdot ZY_{v1} \cdot CX_{v1}) + ZXZYCY_{cf2} \cdot (ZX_{v1} \cdot ZY_{v1} \cdot CY_{v1}) + Z \\ & ZXCXCY_{cf2} \cdot (ZX_{v1} \cdot CX_{v1} \cdot CY_{v1}) + ZXCXL_{cf2} \cdot (ZX_{v1} \cdot CX_{v1} \cdot Ld_{v1}) + ZXCY^2_{cf2} \cdot (ZX_{v1} \cdot CY_{v1}^2) + ZXCYL_{cf2} \cdot (ZX_{v1} \cdot CY_{v1} \cdot L \\ & ZY^2CX_{cf2} \cdot (ZY_{v1}^2 \cdot CX_{v1}) + ZY^2CY_{cf2} \cdot (ZY_{v1}^2 \cdot CY_{v1}) + ZY^2L_{cf2} \cdot (ZY_{v1}^2 \cdot Ld_{v1}) + ZYCX^2_{cf2} \cdot (ZY_{v1} \cdot CX_{v1}^2) + ZYCY_{cf2} \cdot \\ & ZYCY^2_{cf2} \cdot (ZY_{v1} \cdot CY_{v1}^2) + ZYCYL_{cf2} \cdot (ZY_{v1} \cdot CY_{v1} \cdot Ld_{v1}) + ZYL^2_{cf2} \cdot (ZY_{v1} \cdot Ld_{v1}^2) + CX^3_{cf2} \cdot CX_{v1}^3 + CX^2CY_{cf2} \cdot \\ & CXCY^2_{cf2} \cdot (CX_{v1} \cdot CY_{v1}^2) + CXCYL_{cf2} \cdot (CX_{v1} \cdot CY_{v1} \cdot Ld_{v1}) + CXL^2_{cf2} \cdot (CX_{v1} \cdot Ld_{v1}^2) + CY^3_{cf2} \cdot CY_{v1}^3 + CY^2L_{cf2} \cdot (CY_{v1} \cdot \end{aligned} \right]$$

$$\begin{aligned}
 M1_momento &:= \sum \left[\begin{aligned}
 &CY^2_{cf2} \cdot CY_{v1}^2 + CYL_{cf2} \cdot (CY_{v1} \cdot Ld_{v1}) + (L^2_{cf2} \cdot Ld_{v1}^2) + ZX^3_{cf2} \cdot ZX_{v1}^3 + ZX^2ZY_{cf2} \cdot (ZX_{v1}^2 \cdot ZY_{v1}) + ZX^2CX_{cf2} \cdot \\
 &ZX^2L_{cf2} \cdot (ZX_{v1}^2 \cdot Ld_{v1}) + ZXZY^2_{cf2} \cdot (ZX_{v1} \cdot ZY_{v1}^2) + ZXZYCX_{cf2} \cdot (ZX_{v1} \cdot ZY_{v1} \cdot CX_{v1}) + ZXZYCY_{cf2} \cdot (ZX_{v1} \cdot ZY_{v1} \cdot CY_{v1}) + ZX \\
 &ZXCCY_{cf2} \cdot (ZX_{v1} \cdot CX_{v1} \cdot CY_{v1}) + ZXCL_{cf2} \cdot (ZX_{v1} \cdot CX_{v1} \cdot Ld_{v1}) + ZXCY^2_{cf2} \cdot (ZX_{v1} \cdot CY_{v1}^2) + ZXCYL_{cf2} \cdot (ZX_{v1} \cdot CY_{v1} \\
 &ZY^2CX_{cf2} \cdot (ZY_{v1}^2 \cdot CX_{v1}) + ZY^2CY_{cf2} \cdot (ZY_{v1}^2 \cdot CY_{v1}) + ZY^2L_{cf2} \cdot (ZY_{v1}^2 \cdot Ld_{v1}) + ZYCX^2_{cf2} \cdot (ZY_{v1} \cdot CX_{v1}^2) + ZYCCY_{cf2} \\
 &ZYCY^2_{cf2} \cdot (ZY_{v1} \cdot CY_{v1}^2) + ZYCYL_{cf2} \cdot (ZY_{v1} \cdot CY_{v1} \cdot Ld_{v1}) + ZYL^2_{cf2} \cdot (ZY_{v1} \cdot Ld_{v1}^2) + CX^3_{cf2} \cdot CX_{v1}^3 + CX^2CY_{cf2} \\
 &CXCY^2_{cf2} \cdot (CX_{v1} \cdot CY_{v1}^2) + CXCYL_{cf2} \cdot (CX_{v1} \cdot CY_{v1} \cdot Ld_{v1}) + CXL^2_{cf2} \cdot (CX_{v1} \cdot Ld_{v1}^2) + CY^3_{cf2} \cdot CY_{v1}^3 + CY^2L_{cf2} \cdot (CY_{v1} \\
 &Intept_{cf3} + (C1_{cf3} \cdot 1) + ZX_{cf3} \cdot ZX_{v1} + ZY_{cf3} \cdot ZY_{v1} + CX_{cf3} \cdot CX_{v1} + CY_{cf3} \cdot CY_{v1} + L_{cf3} \cdot Ld_{v1} + ZX^2_{cf3} \cdot ZX_{v1}^2 + ZXZY_{cf3} \cdot (ZX_{v1} \cdot ZY_{v1}) \\
 &ZXL_{cf3} \cdot (ZX_{v1} \cdot Ld_{v1}) + ZY^2_{cf3} \cdot ZY_{v1}^2 + ZYCY_{cf3} \cdot (ZY_{v1} \cdot CY_{v1}) + ZYCYL_{cf3} \cdot (ZY_{v1} \cdot CY_{v1} \cdot Ld_{v1}) + CXL^2_{cf3} \cdot (CX_{v1} \cdot Ld_{v1}^2) \\
 &CY^2_{cf3} \cdot CY_{v1}^2 + CYL_{cf3} \cdot (CY_{v1} \cdot Ld_{v1}) + (L^2_{cf3} \cdot Ld_{v1}^2) + ZX^3_{cf3} \cdot ZX_{v1}^3 + ZX^2ZY_{cf3} \cdot (ZX_{v1}^2 \cdot ZY_{v1}) + ZX^2CX_{cf3} \\
 &ZX^2L_{cf3} \cdot (ZX_{v1}^2 \cdot Ld_{v1}) + ZXZY^2_{cf3} \cdot (ZX_{v1} \cdot ZY_{v1}^2) + ZXZYCX_{cf3} \cdot (ZX_{v1} \cdot ZY_{v1} \cdot CX_{v1}) + ZXZYCY_{cf3} \cdot (ZX_{v1} \cdot ZY_{v1} \cdot CY_{v1}) + Z \\
 &ZXCCY_{cf3} \cdot (ZX_{v1} \cdot CX_{v1} \cdot CY_{v1}) + ZXCL_{cf3} \cdot (ZX_{v1} \cdot CX_{v1} \cdot Ld_{v1}) + ZXCY^2_{cf3} \cdot (ZX_{v1} \cdot CY_{v1}^2) + ZXCYL_{cf3} \cdot (ZX_{v1} \cdot CY_{v1} \\
 &ZY^2CX_{cf3} \cdot (ZY_{v1}^2 \cdot CX_{v1}) + ZY^2CY_{cf3} \cdot (ZY_{v1}^2 \cdot CY_{v1}) + ZY^2L_{cf3} \cdot (ZY_{v1}^2 \cdot Ld_{v1}) + ZYCX^2_{cf3} \cdot (ZY_{v1} \cdot CX_{v1}^2) + ZYCCY_{cf3} \\
 &ZYCY^2_{cf3} \cdot (ZY_{v1} \cdot CY_{v1}^2) + ZYCYL_{cf3} \cdot (ZY_{v1} \cdot CY_{v1} \cdot Ld_{v1}) + ZYL^2_{cf3} \cdot (ZY_{v1} \cdot Ld_{v1}^2) + CX^3_{cf3} \cdot CX_{v1}^3 + CX^2CY_{cf3} \\
 &CXCY^2_{cf3} \cdot (CX_{v1} \cdot CY_{v1}^2) + CXCYL_{cf3} \cdot (CX_{v1} \cdot CY_{v1} \cdot Ld_{v1}) + CXL^2_{cf3} \cdot (CX_{v1} \cdot Ld_{v1}^2) + CY^3_{cf3} \cdot CY_{v1}^3 + CY^2L_{cf3} \cdot (CY_{v1} \\
 \end{aligned} \right] \\
 M1_distribuida &:= \sum \left[\begin{aligned}
 &Intept_{cf3} + (C1_{cf3} \cdot 1) + ZX_{cf3} \cdot ZX_{v1} + ZY_{cf3} \cdot ZY_{v1} + CX_{cf3} \cdot CX_{v1} + CY_{cf3} \cdot CY_{v1} + L_{cf3} \cdot Ld_{v1} + ZX^2_{cf3} \cdot ZX_{v1}^2 + ZXZY_{cf3} \cdot (ZX_{v1} \cdot ZY_{v1}) \\
 &ZXL_{cf3} \cdot (ZX_{v1} \cdot Ld_{v1}) + ZY^2_{cf3} \cdot ZY_{v1}^2 + ZYCY_{cf3} \cdot (ZY_{v1} \cdot CY_{v1}) + ZYCYL_{cf3} \cdot (ZY_{v1} \cdot CY_{v1} \cdot Ld_{v1}) + CXL^2_{cf3} \cdot (CX_{v1} \cdot Ld_{v1}^2) \\
 &CY^2_{cf3} \cdot CY_{v1}^2 + CYL_{cf3} \cdot (CY_{v1} \cdot Ld_{v1}) + (L^2_{cf3} \cdot Ld_{v1}^2) + ZX^3_{cf3} \cdot ZX_{v1}^3 + ZX^2ZY_{cf3} \cdot (ZX_{v1}^2 \cdot ZY_{v1}) + ZX^2CX_{cf3} \\
 &ZX^2L_{cf3} \cdot (ZX_{v1}^2 \cdot Ld_{v1}) + ZXZY^2_{cf3} \cdot (ZX_{v1} \cdot ZY_{v1}^2) + ZXZYCX_{cf3} \cdot (ZX_{v1} \cdot ZY_{v1} \cdot CX_{v1}) + ZXZYCY_{cf3} \cdot (ZX_{v1} \cdot ZY_{v1} \cdot CY_{v1}) + Z \\
 &ZXCCY_{cf3} \cdot (ZX_{v1} \cdot CX_{v1} \cdot CY_{v1}) + ZXCL_{cf3} \cdot (ZX_{v1} \cdot CX_{v1} \cdot Ld_{v1}) + ZXCY^2_{cf3} \cdot (ZX_{v1} \cdot CY_{v1}^2) + ZXCYL_{cf3} \cdot (ZX_{v1} \cdot CY_{v1} \\
 &ZY^2CX_{cf3} \cdot (ZY_{v1}^2 \cdot CX_{v1}) + ZY^2CY_{cf3} \cdot (ZY_{v1}^2 \cdot CY_{v1}) + ZY^2L_{cf3} \cdot (ZY_{v1}^2 \cdot Ld_{v1}) + ZYCX^2_{cf3} \cdot (ZY_{v1} \cdot CX_{v1}^2) + ZYCCY_{cf3} \\
 &ZYCY^2_{cf3} \cdot (ZY_{v1} \cdot CY_{v1}^2) + ZYCYL_{cf3} \cdot (ZY_{v1} \cdot CY_{v1} \cdot Ld_{v1}) + ZYL^2_{cf3} \cdot (ZY_{v1} \cdot Ld_{v1}^2) + CX^3_{cf3} \cdot CX_{v1}^3 + CX^2CY_{cf3} \\
 &CXCY^2_{cf3} \cdot (CX_{v1} \cdot CY_{v1}^2) + CXCYL_{cf3} \cdot (CX_{v1} \cdot CY_{v1} \cdot Ld_{v1}) + CXL^2_{cf3} \cdot (CX_{v1} \cdot Ld_{v1}^2) + CY^3_{cf3} \cdot CY_{v1}^3 + CY^2L_{cf3} \cdot (CY_{v1} \\
 \end{aligned} \right]
 \end{aligned}$$

"CORTANTES"

"Utilizando la función cases definimos la función por partes"

"CUADRADA"

$$ZXY := \frac{b}{UnitsOf(b)}$$

$$CXY := \frac{C_Y}{UnitsOf(C_Y)}$$

$$Lc1 := \frac{Ly}{UnitsOf(Ly)}$$

"Cálculo del factores producto de carga y momentos"

"Utilizando sum(1) podemos sumar los elementos del un vector"

$$V1_puntual := \sum \left[\begin{aligned}
 &Intept_{cf14} + (C1_{cf14} \cdot 1) + (ZXY_{cf14} \cdot ZXY) + (CXY_{cf14} \cdot CXY) + (L_{cf14} \cdot Lc1) + (ZXY^2_{cf14} \cdot ZXY^2) \\
 &(ZXY | CXY_{cf14} \cdot (ZXY \cdot CXY)) + (ZXY | L_{cf14} \cdot (ZXY \cdot Lc1)) + (CXY^2_{cf14} \cdot CXY^2) \\
 &(CXY | L_{cf14} \cdot CXY \cdot Lc1) + (L^2_{cf14} \cdot Lc1^2)
 \end{aligned} \right]$$

$$V1_momentoZ := \sum \left[\begin{aligned}
 &Intept_{cf15} + (C1_{cf15} \cdot 1) + (ZXY_{cf15} \cdot ZXY) + (CXY_{cf15} \cdot CXY) + (L_{cf15} \cdot Lc1) + (ZXY^2_{cf15} \cdot ZXY^2) \\
 &(ZXY | CXY_{cf15} \cdot (ZXY \cdot CXY)) + (ZXY | L_{cf15} \cdot (ZXY \cdot Lc1)) + (CXY^2_{cf15} \cdot CXY^2) \\
 &(CXY | L_{cf15} \cdot CXY \cdot Lc1) + (L^2_{cf15} \cdot Lc1^2)
 \end{aligned} \right]$$

$$V1_momento := \sum \left[\begin{aligned}
 &Intept_{cf16} + (C1_{cf16} \cdot 1) + (ZXY_{cf16} \cdot ZXY) + (CXY_{cf16} \cdot CXY) + (L_{cf16} \cdot Lc1) + (ZXY^2_{cf16} \cdot ZXY^2) \\
 &(ZXY | CXY_{cf16} \cdot (ZXY \cdot CXY)) + (ZXY | L_{cf16} \cdot (ZXY \cdot Lc1)) + (CXY^2_{cf16} \cdot CXY^2) \\
 &(CXY | L_{cf16} \cdot CXY \cdot Lc1) + (L^2_{cf16} \cdot Lc1^2)
 \end{aligned} \right]$$

$$V1_distribuida := \sum \left[\begin{aligned}
 &Intept_{cf13} + (C1_{cf13} \cdot 1) + (ZXY_{cf13} \cdot ZXY) + (CXY_{cf13} \cdot CXY) + (L_{cf13} \cdot Lc1) + (ZXY^2_{cf13} \cdot ZXY^2) \\
 &(ZXY | CXY_{cf13} \cdot (ZXY \cdot CXY)) + (ZXY | L_{cf13} \cdot (ZXY \cdot Lc1)) + (CXY^2_{cf13} \cdot CXY^2) \\
 &(CXY | L_{cf13} \cdot CXY \cdot Lc1) + (L^2_{cf13} \cdot Lc1^2)
 \end{aligned} \right]$$

"RECTANGULAR"

$$ZX := \frac{b}{UnitsOf(b)}$$

$$ZY := \frac{a}{UnitsOf(a)}$$

$$CX := \frac{C_X}{UnitsOf(C_X)}$$

$$CY := \frac{C_Y}{UnitsOf(C_Y)}$$

$$Ld_{v1} := \frac{Ly}{UnitsOf(Ly)}$$

"Cálculo del factores producto de carga y momentos"

"Utilizando sum(1) podemos sumar los elementos del un vector"

$$\left[\begin{aligned}
 &Intept_{cf5} + (C1_{cf5} \cdot 1) + ZX_{cf5} \cdot ZX_{v1} + ZY_{cf5} \cdot ZY_{v1} + CX_{cf5} \cdot CX_{v1} + CY_{cf5} \cdot CY_{v1} + L_{cf5} \cdot Ld_{v1} + ZX^2_{cf5} \cdot ZX_{v1}^2 + ZXZY_{cf5} \cdot (ZX_{v1} \cdot ZY_{v1}) \\
 &ZXL_{cf5} \cdot (ZX_{v1} \cdot Ld_{v1}) + ZY^2_{cf5} \cdot ZY_{v1}^2 + ZYCY_{cf5} \cdot (ZY_{v1} \cdot CY_{v1}) + ZYCYL_{cf5} \cdot (ZY_{v1} \cdot CY_{v1} \cdot Ld_{v1}) + CXL^2_{cf5} \cdot (CX_{v1} \cdot Ld_{v1}^2) \\
 &CY^2_{cf5} \cdot CY_{v1}^2 + CYL_{cf5} \cdot (CY_{v1} \cdot Ld_{v1}) + (L^2_{cf5} \cdot Ld_{v1}^2) + ZX^3_{cf5} \cdot ZX_{v1}^3 + ZX^2ZY_{cf5} \cdot (ZX_{v1}^2 \cdot ZY_{v1}) + ZX^2CX_{cf5} \\
 &ZX^2L_{cf5} \cdot (ZX_{v1}^2 \cdot Ld_{v1}) + ZXZY^2_{cf5} \cdot (ZX_{v1} \cdot ZY_{v1}^2) + ZXZYCX_{cf5} \cdot (ZX_{v1} \cdot ZY_{v1} \cdot CX_{v1}) + ZXZYCY_{cf5} \cdot (ZX_{v1} \cdot ZY_{v1} \cdot CY_{v1}) + Z \\
 &ZXCCY_{cf5} \cdot (ZX_{v1} \cdot CX_{v1} \cdot CY_{v1}) + ZXCL_{cf5} \cdot (ZX_{v1} \cdot CX_{v1} \cdot Ld_{v1}) + ZXCY^2_{cf5} \cdot (ZX_{v1} \cdot CY_{v1}^2) + ZXCYL_{cf5} \cdot (ZX_{v1} \cdot CY_{v1} \\
 &ZY^2CX_{cf5} \cdot (ZY_{v1}^2 \cdot CX_{v1}) + ZY^2CY_{cf5} \cdot (ZY_{v1}^2 \cdot CY_{v1}) + ZY^2L_{cf5} \cdot (ZY_{v1}^2 \cdot Ld_{v1}) + ZYCX^2_{cf5} \cdot (ZY_{v1} \cdot CX_{v1}^2) + ZYCCY_{cf5} \\
 &ZYCY^2_{cf5} \cdot (ZY_{v1} \cdot CY_{v1}^2) + ZYCYL_{cf5} \cdot (ZY_{v1} \cdot CY_{v1} \cdot Ld_{v1}) + ZYL^2_{cf5} \cdot (ZY_{v1} \cdot Ld_{v1}^2) + CX^3_{cf5} \cdot CX_{v1}^3 + CX^2CY_{cf5} \\
 &CXCY^2_{cf5} \cdot (CX_{v1} \cdot CY_{v1}^2) + CXCYL_{cf5} \cdot (CX_{v1} \cdot CY_{v1} \cdot Ld_{v1}) + CXL^2_{cf5} \cdot (CX_{v1} \cdot Ld_{v1}^2) + CY^3_{cf5} \cdot CY_{v1}^3 + CY^2L_{cf5} \cdot (CY_{v1} \\
 \end{aligned} \right]$$

"MOMENTOS"
 "VIGA 2"

$$h_{v2} := \text{Min} \left(d_{ef}; \left(\text{Max} \left(h_{v2}; ca \right) \right) \right)$$

"Factor de ajuste para Momento por relación base, altura"

$$Bv2 := \frac{ca}{\text{UnitsOf}(ca)}$$

$$Hv2 := \frac{h_{v2}}{\text{UnitsOf}(h_{v2})}$$

$$f2_Mpuntual := \sum \left[\begin{array}{l} 0.3084620356495369 + (0 \cdot 1) + ((-0.6353584737793188) \cdot Bv2) + (-1.1725972576805879 \cdot Hv2) \\ (0.5912244699744938 \cdot (Bv2^2)) + (0.9836268731268798 \cdot (Bv2 \cdot Hv2)) + (1.2768333518333432 \cdot Hv2^2) \\ (-0.23271604938272883 \cdot (Bv2^3)) + (-0.37497502497503693 \cdot (Bv2^2 \cdot Hv2)) \\ (-0.4376023976023951 \cdot (Bv2 \cdot Hv2^2)) + (-0.4886989553656179 \cdot (Hv2^3)) \end{array} \right]$$

$$f2_Mmomento := \sum \left[\begin{array}{l} 0.5818339098071275 + (0 \cdot 1) + (-1.2436455321574595 \cdot Bv2) + (-2.316857246369148 \cdot Hv2) \\ (1.139981129981173 \cdot (Bv2^2)) + (1.9666188097616832 \cdot (Bv2 \cdot Hv2)) + (2.5292301613730053 \cdot (Hv2^2)) \\ ((-0.4382716049382937) \cdot Bv2^3) + (-0.7476523476523719 \cdot (Bv2^2 \cdot Hv2)) \\ (-0.8793777650920478 \cdot (Bv2 \cdot Hv2^2)) + ((-0.9677458344124947) \cdot Hv2^3) \end{array} \right]$$

$$f2_MmomentoZ := \sum \left[\begin{array}{l} -0.6936808031254492 + (0 \cdot 1) + (1.4148635324992724 \cdot Bv2) + (2.6008011701702127 \cdot Hv2) \\ (-1.3214685314685763 \cdot (Bv2^2)) + (-2.1869483373769296 \cdot (Bv2 \cdot Hv2)) + (-2.828404954833509 \cdot (Hv2^2)) \\ (0.5222222222222415 \cdot Bv2^3) + (0.8360639360639665 \cdot (Bv2^2 \cdot Hv2)) \\ (0.9731582703011239 \cdot (Bv2 \cdot Hv2^2)) + (1.0812915479582066 \cdot Hv2^3) \end{array} \right]$$

$$f2_Mdistribuida := \sum \left[\begin{array}{l} -2.7732369229976452 + (0 \cdot 1) + (5.802508663624821 \cdot Bv2) + (10.678274375536244 \cdot Hv2) \\ (-5.4086143023644615 \cdot (Bv2^2)) + (-9.05006086770379 \cdot (Bv2 \cdot Hv2)) + (-11.641354148496914 \cdot (Hv2^2)) \\ (2.135185185185253 \cdot Bv2^3) + (3.457592407592518 \cdot (Bv2^2 \cdot Hv2)) \\ (4.032424718138982 \cdot (Bv2 \cdot Hv2^2)) + (4.4533195199861435 \cdot Hv2^3) \end{array} \right]$$

"VIGA 1"

$$h_{v1} := \text{Min} \left(d_{ef}; \left(\text{Max} \left(h_{v1}; cb \right) \right) \right)$$

"Factor de ajuste para Momento por relación base, altura"

$$Bv1 := \frac{cb}{\text{UnitsOf}(cb)}$$

$$Hv1 := \frac{h_{v1}}{\text{UnitsOf}(h_{v1})}$$

$$f1_Mpuntual := \sum \left[\begin{array}{l} 0.3084620356495369 + (0 \cdot 1) + ((-0.6353584737793188) \cdot Bv1) + (-1.1725972576805879 \cdot Hv1) \\ (0.5912244699744938 \cdot (Bv1^2)) + (0.9836268731268798 \cdot (Bv1 \cdot Hv1)) + (1.2768333518333432 \cdot Hv1^2) \\ (-0.23271604938272883 \cdot (Bv1^3)) + (-0.37497502497503693 \cdot (Bv1^2 \cdot Hv1)) \\ (-0.4376023976023951 \cdot (Bv1 \cdot Hv1^2)) + (-0.4886989553656179 \cdot (Hv1^3)) \end{array} \right]$$

$$f1_Mmomento := \sum \left[\begin{array}{l} 0.5818339098071275 + (0 \cdot 1) + (-1.2436455321574595 \cdot Bv1) + (-2.316857246369148 \cdot Hv1) \\ (1.139981129981173 \cdot (Bv1^2)) + (1.9666188097616832 \cdot (Bv1 \cdot Hv1)) + (2.5292301613730053 \cdot (Hv1^2)) \\ ((-0.4382716049382937) \cdot Bv1^3) + (-0.7476523476523719 \cdot (Bv1^2 \cdot Hv1)) \\ (-0.8793777650920478 \cdot (Bv1 \cdot Hv1^2)) + ((-0.9677458344124947) \cdot Hv1^3) \end{array} \right]$$

$$f1_MmomentoZ := \sum \left[\begin{array}{l} -0.6936808031254492 + (0 \cdot 1) + (1.4148635324992724 \cdot Bv1) + (2.6008011701702127 \cdot Hv1) \\ (-1.3214685314685763 \cdot (Bv1^2)) + (-2.1869483373769296 \cdot (Bv1 \cdot Hv1)) + (-2.828404954833509 \cdot (Hv1^2)) \\ (0.5222222222222415 \cdot Bv1^3) + (0.8360639360639665 \cdot (Bv1^2 \cdot Hv1)) \\ (0.9731582703011239 \cdot (Bv1 \cdot Hv1^2)) + (1.0812915479582066 \cdot Hv1^3) \end{array} \right]$$

$$f1_Mdistribuida := \sum \left[\begin{array}{l} -2.7732369229976452 + (0 \cdot 1) + (5.802508663624821 \cdot Bv1) + (10.678274375536244 \cdot Hv1) \\ (-5.4086143023644615 \cdot (Bv1^2)) + (-9.05006086770379 \cdot (Bv1 \cdot Hv1)) + (-11.641354148496914 \cdot (Hv1^2)) \\ (2.135185185185253 \cdot Bv1^3) + (3.457592407592518 \cdot (Bv1^2 \cdot Hv1)) \\ (4.032424718138982 \cdot (Bv1 \cdot Hv1^2)) + (4.4533195199861435 \cdot Hv1^3) \end{array} \right]$$

"CORTANTES"
 "VIGA 2"

$$h_{v2} := \text{Min} \left(d_{df}; \left(\text{Max} \left(h_{v2}; ca \right) \right) \right)$$

"Factor de ajuste para Cortante por relación base, altura"

$$Bv22 := \frac{ca}{\text{UnitsOf}(ca)}$$

$$Hv22 := \frac{h_{v2}}{\text{UnitsOf}(h_{v2})}$$

$$f22_Vpuntual := \sum \left[\begin{array}{l} 0.08602477403548875 + (0 \cdot 1) + ((-0.17835585948443403) \cdot Bv2) + (-0.32341241034098095 \cdot Hv2) \\ (0.1733699633699693 \cdot (Bv2^2)) + (0.2698875410304003 \cdot (Bv2 \cdot Hv2)) + (0.35270427984713465 \cdot (Hv2^2)) \\ ((-0.07407407407407675) \cdot Bv2^3) + (-0.10329670329670684 \cdot (Bv2^2 \cdot Hv2)) \\ (-0.11945768517197033 \cdot (Bv2 \cdot Hv2^2)) + ((-0.13540533540533428) \cdot Hv2^3) \end{array} \right]$$

$$f22_Vmomento := \sum \left[\begin{array}{l} 0.08693212759462797 + (0 \cdot 1) + (-0.16907156477781765 \cdot Bv2) + (-0.31983267658267583 \cdot Hv2) \\ (0.15218552281052805 \cdot (Bv2^2)) + (0.2687954545454569 \cdot (Bv2 \cdot Hv2)) + (0.34999722499722263 \cdot (Hv2^2)) \\ ((-0.056481481483485) \cdot Bv2^3) + (-0.10197302697303075 \cdot (Bv2^2 \cdot Hv2)) \\ (-0.11996003996003939 \cdot (Bv2 \cdot Hv2^2)) + ((-0.13431753431753313) \cdot Hv2^3) \end{array} \right]$$

$$f22_VmomentoZ := \sum \left[\begin{array}{l} -0.1775091787841794 + (0 \cdot 1) + (0.3948261297344702 \cdot Bv2) + (0.7179540521207162 \cdot Hv2) \\ ((-0.3805147630147776) \cdot (Bv2^2)) + (-0.5996903096903133 \cdot (Bv2 \cdot Hv2)) + (-0.7820494320494262 \cdot (Hv2^2)) \\ (0.16049382716050142 \cdot Bv2^3) + (0.22717282717283524 \cdot (Bv2^2 \cdot Hv2)) \\ (0.2676523476523454 \cdot (Bv2 \cdot Hv2^2)) + (0.2993352326685632 \cdot Hv2^3) \end{array} \right]$$

$$f22_Vdistribuida := \sum \left[\begin{array}{l} 0.7841819434533752 + (0 \cdot 1) + (-1.6006441360888053 \cdot Bv2) + (-2.945385605576075 \cdot Hv2) \\ (1.4929749417249902 \cdot (Bv2^2)) + (2.4948844726702055 \cdot (Bv2 \cdot Hv2)) + (3.2112390255247183 \cdot (Hv2^2)) \\ (-0.5907407407407608 \cdot Bv2^3) + (-0.9519980019980334 \cdot (Bv2^2 \cdot Hv2)) \\ (-1.1120422434708088 \cdot (Bv2 \cdot Hv2^2)) + (-1.228455495122152 \cdot Hv2^3) \end{array} \right]$$

"VIGA 1"

$$h_{v1} := \text{Min} \left(d_{df}; \left(\text{Max} \left(h_{v1}; cb \right) \right) \right)$$

"Factor de ajuste para Cortante por relación base, altura"

$$Bv11 := \frac{cb}{\text{UnitsOf}(cb)}$$

$$Hv11 := \frac{h_{v1}}{\text{UnitsOf}(h_{v1})}$$

$$f11_Vpuntual := \sum \left[\begin{array}{l} 0.08602477403548875 + (0 \cdot 1) + ((-0.17835585948443403) \cdot Bv1) + (-0.32341241034098095 \cdot Hv2) \\ (0.1733699633699693 \cdot (Bv1^2)) + (0.2698875410304003 \cdot (Bv1 \cdot Hv2)) + (0.35270427984713465 \cdot (Hv2^2)) \\ ((-0.07407407407407675) \cdot Bv1^3) + (-0.10329670329670684 \cdot (Bv1^2 \cdot Hv2)) \\ (-0.11945768517197033 \cdot (Bv1 \cdot Hv2^2)) + ((-0.13540533540533428) \cdot Hv2^3) \end{array} \right]$$

$$f11_Vmomento := \sum \left[\begin{array}{l} 0.08693212759462797 + (0 \cdot 1) + (-0.16907156477781765 \cdot Bv1) + (-0.31983267658267583 \cdot Hv2) \\ (0.15218552281052805 \cdot (Bv1^2)) + (0.2687954545454569 \cdot (Bv1 \cdot Hv2)) + (0.34999722499722263 \cdot (Hv2^2)) \\ ((-0.056481481483485) \cdot Bv1^3) + (-0.10197302697303075 \cdot (Bv1^2 \cdot Hv2)) \\ (-0.11996003996003939 \cdot (Bv1 \cdot Hv2^2)) + ((-0.13431753431753313) \cdot Hv2^3) \end{array} \right]$$

$$f11_VmomentoZ := \sum \left[\begin{array}{l} -0.1775091787841794 + (0 \cdot 1) + (0.3948261297344702 \cdot Bv1) + (0.7179540521207162 \cdot Hv2) \\ ((-0.3805147630147776) \cdot (Bv1^2)) + (-0.5996903096903133 \cdot (Bv1 \cdot Hv2)) + (-0.7820494320494262 \cdot (Hv2^2)) \\ (0.16049382716050142 \cdot Bv1^3) + (0.22717282717283524 \cdot (Bv1^2 \cdot Hv2)) \\ (0.2676523476523454 \cdot (Bv1 \cdot Hv2^2)) + (0.2993352326685632 \cdot Hv2^3) \end{array} \right]$$

$$f11_Vdistribuida := \sum \left[\begin{array}{l} 0.7841819434533752 + (0 \cdot 1) + (-1.6006441360888053 \cdot Bv1) + (-2.945385605576075 \cdot Hv2) \\ (1.4929749417249902 \cdot (Bv1^2)) + (2.4948844726702055 \cdot (Bv1 \cdot Hv2)) + (3.2112390255247183 \cdot (Hv2^2)) \\ (-0.5907407407407608 \cdot Bv1^3) + (-0.9519980019980334 \cdot (Bv1^2 \cdot Hv2)) \\ (-1.1120422434708088 \cdot (Bv1 \cdot Hv2^2)) + (-1.228455495122152 \cdot Hv2^3) \end{array} \right]$$

```

"FACTORES VIGA 2"
"MOMENTOS"
"Factor de ajuste total para el momento producido por una carga puntual"
M2_PUNTUAL := (f2_Mpuntual + M2_puntual)
"Factor de ajuste total para el momento producido por un momento en la zapata2"
M2_MOMENTO := (f2_Mmomento + M2_momento)
"Factor de ajuste total para el momento producido por un momento en la zapata de esquina"
M2_MomentoZ := (f2_MmomentoZ + M2_momentoZ)
"Factor de ajuste total para el momento producido por una carga distribuida sobre la viga"
M2_Distribuida := (f2_Mdistribuida + M2_distribuida)
"CORTANTES"
"Factor de ajuste total para la cortante producida por una carga puntual"
V2_PUNTUAL := (V2_puntual + f22_Vpuntual)
"Factor de ajuste total para la cortante producido por un momento en la zapata2"
V2_MOMENTO := (V2_momento + f22_VMomento)
"Factor de ajuste total para la cortante producido por un momento en la zapata de esquina"
V2_MomentoZ := (V2_momentoZ + f22_VMomentoZ)
"Factor de ajuste total para la cortante producido por una carga distribuida sobre la viga"
V2_Distribuida := (V2_distribuida + f22_Vdistribuida)
"FACTORES VIGA 1"
"MOMENTOS"
"Factor de ajuste total para el momento producido por una carga puntual"
M1_PUNTUAL := - (f1_Mpuntual + M1_puntual)
"Factor de ajuste total para el momento producido por un momento en la zapata2"
M1_MOMENTO := (f1_Mmomento + M1_momento)
"Factor de ajuste total para el momento producido por un momento en la zapata de esquina"
M1_MomentoZ := (f1_MmomentoZ + M1_momentoZ)
"Factor de ajuste total para el momento producido por una carga distribuida sobre la viga"
M1_Distribuida := (f1_Mdistribuida + M1_distribuida)
"CORTANTES"
"Factor de ajuste total para la cortante producida por una carga puntual"
V1_PUNTUAL := (V1_puntual + f11_Vpuntual)
"Factor de ajuste total para la cortante producido por un momento en la zapata2"
V1_MOMENTO := (V1_momento + f11_VMomento)
"Factor de ajuste total para la cortante producido por un momento en la zapata de esquina"
V1_MomentoZ := (V1_momentoZ + f11_VMomentoZ)
"Factor de ajuste total para la cortante producido por una carga distribuida sobre la viga"
V1_Distribuida := (V1_distribuida + f11_Vdistribuida)

```

☐ — MOMENTOS Y CORTANTES RESULTANTES

```

"Simplificación de Unidades"
"La función UnitsOf devuelve las unidades del argumento"
"Carga Puntual"
Pu :=  $\frac{P_u}{\text{UnitsOf}(P_u)}$ 
Pe :=  $\frac{P_e}{\text{UnitsOf}(P_e)}$ 

```

"Momento en la zapata2"

$$\text{Muy2} := \frac{\left(\frac{\text{MY2}_U}{\text{UnitsOf}(\text{MY2}_U)} \right)}{1000}$$

$$\text{Msy2} := \frac{\left(\frac{\text{My2}}{\text{UnitsOf}(\text{My2})} \right)}{1000}$$

"Momento en la zapata1"

$$\text{Mux1} := \frac{\left(\frac{\text{MX1}_U}{\text{UnitsOf}(\text{MX1}_U)} \right)}{1000}$$

$$\text{Msx1} := \frac{\left(\frac{\text{Mx1}}{\text{UnitsOf}(\text{Mx1})} \right)}{1000}$$

"Momento en la zapata de esquina"

$$\text{Muye} := \frac{\left(\frac{\text{MU}_{Ye}}{\text{UnitsOf}(\text{MU}_{Ye})} \right)}{1000}$$

$$\text{Msye} := \frac{\left(\frac{\text{Mye}}{\text{UnitsOf}(\text{Mye})} \right)}{1000}$$

$$\text{Muxe} := \frac{\left(\frac{\text{MU}_{Xe}}{\text{UnitsOf}(\text{MU}_{Xe})} \right)}{1000}$$

$$\text{Msxe} := \frac{\left(\frac{\text{Mxe}}{\text{UnitsOf}(\text{Mxe})} \right)}{1000}$$

"MOMENTOS"

"Momentos de Servicio máximos que actúan en la viga al borde de la zapata"

"Viga2"

$$\text{MS2}_{\text{Puntual}} := \text{M2}_{\text{PUNTUAL}} \cdot \text{Pe}$$

$$\text{MS2}_{\text{Momento}} := \left(-\text{M2}_{\text{MOMENTO}} \right) \cdot \text{Msy2}$$

$$\text{MS2}_{\text{MomentoZ}} := \text{M2}_{\text{MomentoZ}} \cdot \text{Msye}$$

"Viga1"

$$\text{MS1}_{\text{Puntual}} := \text{M1}_{\text{PUNTUAL}} \cdot \text{Pe}$$

$$\text{MS1}_{\text{Momento}} := \left(-\text{M1}_{\text{MOMENTO}} \right) \cdot \text{Msx1}$$

$$\text{MS1}_{\text{MomentoZ}} := \text{M1}_{\text{MomentoZ}} \cdot \text{Msxe}$$

"Momentos Últimos máximos que actúan en la viga al borde de la zapata"

"Viga2"

$$\text{MU2}_{\text{Puntual}} := \text{M2}_{\text{PUNTUAL}} \cdot \text{Pu}$$

$$\text{MU2}_{\text{Momento}} := \left(-\text{M2}_{\text{MOMENTO}} \right) \cdot \text{Muy2}$$

$$\text{MU2}_{\text{MomentoZ}} := \text{M2}_{\text{MomentoZ}} \cdot \text{Muye}$$

"Viga1"

$$\text{MU1}_{\text{Puntual}} := \text{M1}_{\text{PUNTUAL}} \cdot \text{Pu}$$

$$\text{MU1}_{\text{Momento}} := \left(-\text{M1}_{\text{MOMENTO}} \right) \cdot \text{Mux1}$$

$$\text{MU1}_{\text{MomentoZ}} := \text{M1}_{\text{MomentoZ}} \cdot \text{Muxe}$$

"Momento de resistencia estado Servicio"

"Viga1"

$$\text{MS1}_{\text{Resultante}} := \left(\text{MS1}_{\text{Puntual}} + \text{MS1}_{\text{Momento}} + \text{MS1}_{\text{MomentoZ}} \right) \text{ kN m}$$

"Viga2"

$$\text{MS2}_{\text{Resultante}} := \left(\text{MS2}_{\text{Puntual}} + \text{MS2}_{\text{Momento}} + \text{MS2}_{\text{MomentoZ}} \right) \text{ kN m}$$

"Momento de resistencia estado Último"

"Viga1"

$$\text{MU1}_{\text{Resultante}} := \left(\text{MU1}_{\text{Puntual}} + \text{MU1}_{\text{Momento}} + \text{MU1}_{\text{MomentoZ}} \right) \text{ kN m}$$

"Viga2"

$$\text{MU2}_{\text{Resultante}} := \left(\text{MU2}_{\text{Puntual}} + \text{MU2}_{\text{Momento}} + \text{MU2}_{\text{MomentoZ}} \right) \text{ kN m}$$

```

"CORTANTES"
"Cortantes de Servicio máximos que actúan en la viga al borde de la zapata"
"Viga2"
VS2_Puntual := V2_PUNTUAL · Pe
VS2_Momento := V2_MOMENTO · Msy2
VS2_MomentoZ := V2_MomentoZ · Msye
"Viga1"
VS1_Puntual := V1_PUNTUAL · Pe
VS1_Momento := V1_MOMENTO · Msx1
VS1_MomentoZ := V1_MomentoZ · Msxe
"Cortantes Últimos máximos que actúan en la viga al borde de la zapata"
"Viga2"
VU2_Puntual := V2_PUNTUAL · Pu
VU2_Momento := V2_MOMENTO · Muy2
VU2_MomentoZ := V2_MomentoZ · Muye
"Viga1"
VU1_Puntual := V1_PUNTUAL · Pu
VU1_Momento := V1_MOMENTO · Mux1
VU1_MomentoZ := V1_MomentoZ · Muxe
"Cambio de signos por la posición del momento vs cortante"
"Cortantes de resistencia estado Servicio"
"Viga1"
VS1_Resultante := ( - VS1_Puntual - VS1_Momento - VS1_MomentoZ ) kN
"Viga2"
VS2_Resultante := ( VS2_Puntual + VS2_Momento + VS2_MomentoZ ) kN
"Cortantes de resistencia estado Último"
"Viga1"
VU1_Resultante := ( - VU1_Puntual - VU1_Momento - VU1_MomentoZ ) kN
"Viga2"
VU2_Resultante := ( VU2_Puntual + VU2_Momento + VU2_MomentoZ ) kN
M | VResultantesSP := [ "Viga" "Momento Resultante ELU" "Cortante Resultante ELU" "Momento Resultante ELS" "Cortante Resultante ELS"
  "1" MU1_Resultante VU1_Resultante MS1_Resultante VS1_Resultante
  "2" MU2_Resultante VU2_Resultante MS2_Resultante VS2_Resultante ]

```

$$M | VResultantesSP = \begin{bmatrix} \text{"Viga"} & \text{"Momento Resultante ELU"} & \text{"Cortante Resultante ELU"} & \text{"Momento Resultante ELS"} & \text{"Cortante Resultante ELS"} \\ \text{"1"} & 2.1784 \cdot 10^5 \frac{\text{kg m}^2}{\text{s}^2} & 31158.9286 \frac{\text{kg m}}{\text{s}^2} & 1.5826 \cdot 10^5 \frac{\text{kg m}^2}{\text{s}^2} & 22588.3441 \frac{\text{kg m}}{\text{s}^2} \\ \text{"2"} & -1.8829 \cdot 10^5 \frac{\text{kg m}^2}{\text{s}^2} & -34627.0805 \frac{\text{kg m}}{\text{s}^2} & -1.3709 \cdot 10^5 \frac{\text{kg m}^2}{\text{s}^2} & -25435.1693 \frac{\text{kg m}}{\text{s}^2} \end{bmatrix}$$

□— Diseño de Viga 1 —

```

"Datos de Ingreso"
"Ancho de la sección"
bw_V1 := cb
"Momento de diseño"
Mu_V1 := | MU1_Resultante |
"Cortante de diseño"
Vu_V1 := | VU1_Resultante |
fy := Fy

```

```

"Bucle para recalculer la altura de la viga según el área de refuerzo"
dV1 := hV1 - recv
φV1 := 0.9
AsV1 := 
$$\frac{0.85 \cdot f'c \cdot bw_{V1} \cdot \left( d_{V1} - \sqrt{d_{V1}^2 - 2 \cdot \left( \frac{Mu_{V1}}{\phi_{V1} \cdot 0.85 \cdot f'c \cdot bw_{V1}} \right)} \right)}{fy}$$

"arg devuelve el angulo entre el eje real y el número complejo"
"arg nos permite verificar si un número es imaginario"
hV1 := if (arg (AsV1) = 0)
    hV1
  else
    while (arg (AsV1) ≠ 0)
      Δh := 5 cm
      hV1 := hV1 + Δh
      dV1 := hV1 - recv
      AsV1 := 
$$\frac{0.85 \cdot f'c \cdot bw_{V1} \cdot \left( d_{V1} - \sqrt{d_{V1}^2 - 2 \cdot \left( \frac{Mu_{V1}}{\phi_{V1} \cdot 0.85 \cdot f'c \cdot bw_{V1}} \right)} \right)}{fy}$$

      hV1
    hV1

```

□— CÁLCULO DE ALTURA DE VIGA 1 SEGÚN DISEÑO A FLEXIÓN

```

"DISEÑO A FLEXIÓN"
"Distancia desde la fibra extrema en compresión hasta el centroide del refuerzo longitudinal"
"en tracción"
dV1 := hV1 - recv
"Cálculo del factor β1(ACI318-19) 22.2.2.4.3"
β1 := "Cálculo del factor β1(ACI318-19) 22.2.2.4.3 "
    "Distribución rectangular equivalente de esfuerzos en el concreto"
    { 0.85 if (2500 psi ≤ f'c) ∧ (f'c ≤ 4000 psi)
      0.85 -  $\frac{(0.05) \cdot (f'c - 4000 \text{ psi})}{10000 \text{ psi}}$  if (4000 psi ≤ f'c) ∧ (f'c ≤ 8000 psi)
      0.65 otherwise
    }
"Factor de reducción de resistencia para momento φ (ACI318-19) 21.2.2"
"Asumido"
φV1 := 0.9
"Cálculo área de refuerzo longitudinal no preesforzado a tracción"
AsV1 := 
$$\frac{0.85 \cdot f'c \cdot bw_{V1} \cdot \left( d_{V1} - \sqrt{d_{V1}^2 - 2 \cdot \left( \frac{Mu_{V1}}{\phi_{V1} \cdot 0.85 \cdot f'c \cdot bw_{V1}} \right)} \right)}{fy}$$

"Profundidad del bloque rectangular equivalente de esfuerzos"
aV1 := 
$$\frac{As_{V1} \cdot fy}{0.85 \cdot f'c \cdot bw_{V1}}$$

"Distancia medida desde la fibra extrema en compresión al eje neutro"
cV1 := 
$$\frac{a_{V1}}{\beta_1}$$

"Verificación del factor de resistencia"

```

"Máxima deformación unitaria del concreto, en la fibra extrema sometida a compresión"

"(ACI318-19) 22.2.2.1"

$$\epsilon_{cu} := 0.003$$

"Deformación Unitaria de fluencia para acero de refuerzo corrugado (ACI318-19) 21.2.2.1"

$$\epsilon_{ty} := \frac{f_y}{E_s}$$

"Valor limite de la deformación neta por tracción en la capa extrema del refuerzo de tensión longitudinal"

"utilizado para definir la sección controlada por tensión"

$$\epsilon_t = \epsilon_{ty} + 0.003$$

$$\frac{\epsilon_{cu} + \epsilon_t}{d_t} = \frac{\epsilon_{cu}}{c}$$

$$\epsilon_t := \frac{\epsilon_{cu}}{c_{V1}} \cdot d_{V1} - \epsilon_{cu}$$

"Factor de reducción de resistencia (ACI318-19) 21.2.2"

"Sección controlada por tensión"

"BUCLE PARA CALCULAR EL NUEVO FACTOR DE REDUCCIÓN"

if $\epsilon_t \geq \epsilon_{ty} + 0.003$

$$\phi_{V1} := 0.9$$

else

while $\epsilon_t \leq \epsilon_{ty} + 0.003$

$$\Delta_{V1} := 10 \text{ cm}$$

$$h_{V1} := h_{V1} + \Delta_{V1}$$

$$d_{V1} := h_{V1} - \text{rec}_v$$

$$b_{w_{V1}} := \begin{cases} 0.25 \text{ m} & \text{if } C_X \leq 0.25 \text{ m} \\ \frac{h_{V1}}{2} & \text{if } \frac{h_{V1}}{2} \geq C_X \\ C_X & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\phi_{V1i} := 0.9$$

$$A_{s_{V1}} := \frac{0.85 \cdot f_c \cdot b_{w_{V1}} \cdot \left(d_{V1} - \sqrt{d_{V1}^2 - 2 \cdot \left(\frac{M_{u_{V1}}}{\phi_{V1i} \cdot 0.85 \cdot f_c \cdot b_{w_{V1}}} \right)} \right)}{f_y}$$

$$a_{V1} := \frac{A_{s_{V1}} \cdot f_y}{0.85 \cdot f_c \cdot b_{w_{V1}}}$$

$$c_{V1} := \frac{a_{V1}}{\beta_1}$$

$$\epsilon_{cu} := 0.003$$

$$\epsilon_{ty} := \frac{f_y}{E_s}$$

$$\epsilon_t := \frac{\epsilon_{cu}}{c_{V1}} \cdot d_{V1} - \epsilon_{cu}$$

$$\phi_{V1} := 0.9$$

$$h_{V1}$$

$$h_{V1}$$

$$\phi_{V1}$$

"Altura efectiva Verificada o recalculada"

$$d_{V1} := h_{V1} - \text{rec}_v$$

"Recálculo área de refuerzo longitudinal no preesforzado a tracción"

(- - - - -)

$$A_{scalV1} := \frac{0.85 \cdot f'c \cdot bw_{V1} \cdot \left(d_{V1} - \sqrt{d_{V1}^2 - 2 \cdot \left(\frac{Mu_{V1}}{\phi V1 \cdot 0.85 \cdot f'c \cdot bw_{V1}} \right)} \right)}{fy}$$

"Cuantía del acero de refuerzo(ACI318–19) Notación 2.2"

$$\rho_{calV1} := \frac{A_{scalV1}}{bw_{V1} \cdot d_{V1}}$$

"Área de refuerzo mínimo para flexión en vigas no preesforzadas (ACI318–19)9.6.1"

"As.min debe ser el mayor de a, b (ACI318–19) 9.6.1.2"

$$As_{minV1} := \text{Max} \left(\left(\frac{3 \cdot \left(\sqrt{\frac{f'c}{psi}} \right)}{fy} \cdot bw_{V1} \cdot d_{V1} \right); \left(\frac{200 \text{ psi}}{fy} \cdot bw_{V1} \cdot d_{V1} \right) \right)$$

"Cuantía del acero de refuerzo(ACI318–19) Notación 2.2"

$$\rho_{minV1} := \frac{As_{minV1}}{bw_{V1} \cdot d_{V1}}$$

"Área de refuerzo máximo para flexión"

$$As_{maxV1} := \frac{0.85 \cdot f'c \cdot \beta_1 \cdot \epsilon_{cu}}{fy \cdot (\epsilon_{cu} + \epsilon_{ty} + 0.003)} \cdot bw_{V1} \cdot d_{V1}$$

"Cuantía máxima del acero de refuerzo"

$$\rho_{maxV1} := \frac{As_{maxV1}}{bw_{V1} \cdot d_{V1}}$$

"Área de acero requerido"

$$As_{V1re} := \text{Min} \left(\text{Max} \left(As_{minV1}; A_{scalV1} \right); As_{maxV1} \right)$$

"Momento de diseño máximo"

$$Mu_{maxV1} := \phi V1 \cdot \rho_{maxV1} \cdot fy \cdot bw_{V1} \cdot d_{V1}^2 \cdot \left(1 - \frac{\rho_{maxV1} \cdot fy}{1.7 \cdot f'c} \right)$$

"Cuantía del acero de refuerzo(ACI318–19) Notación 2.2"

$$\rho_{reqV1} := \frac{As_{V1re}}{bw_{V1} \cdot d_{V1}}$$

$$\text{AceroViga1} := \left[\begin{array}{c} \text{"Peralte Efectivo"} \\ d_{V1} \end{array} \quad \begin{array}{c} \text{"Área de acero requerido"} \\ As_{V1re} \end{array} \quad \begin{array}{c} \text{"Área de acero Máximo"} \\ As_{maxV1} \end{array} \quad \begin{array}{c} \text{"Área de acero mínimo"} \\ As_{minV1} \end{array} \quad \begin{array}{c} \text{"Área de acero Calculada"} \\ A \end{array} \right]$$

$$As_{V1re} = 1230.4507 \text{ mm}^2$$

$$\text{AceroViga1} = \left[\begin{array}{c} \text{"Peralte Efectivo"} \\ 0.5 \text{ m} \end{array} \quad \begin{array}{c} \text{"Área de acero requerido"} \\ 0.0012 \text{ m}^2 \end{array} \quad \begin{array}{c} \text{"Área de acero Máximo"} \\ 0.0031 \text{ m}^2 \end{array} \quad \begin{array}{c} \text{"Área de acero mínimo"} \\ 0.0006 \text{ m}^2 \end{array} \quad \begin{array}{c} \text{"Área de acero Calculada"} \\ 0.0012 \text{ m}^2 \end{array} \right]$$

□— CÁLCULO DE LA ALTURA DE VIGA 1 SEGÚN DISEÑO A CORTANTE —

"Diseño a Cortante"

"Factor de reducción de resistencia ϕ Cortante (ACI318–19) 21.2.1"

$$\phi V_1 := 0.75$$

"Área total de refuerzo longitudinal no preesforzado (ACI318–19) Notación 2.2"

$$A_{stV1} := As_{V1re}$$

"Cuantía del acero de refuerzo A.s evaluada en bwd (ACI318–19) Notación 2.2"

$$\rho w_{V1} := \rho_{reqV1}$$

"Área bruta de la sección de concreto (ACI318–19) Notación 2.2"

$$Ag_{V1} := bw_{V1} \cdot h_{V1}$$

"Refuerzo corrugado no preesforzado (ACI318–19) 20.2.2.4(a)"

$$fy_t := \text{if } fy \leq 60000 \text{ psi}$$

```

    fy
  else
    60000 psi
"Factor de modificación λ concreto normal (ACI318–19) 19.2.4.3"
λ1 := 1
"Resistencia límite para cortante (ACI318–19)22.5.1.2"
VSMaxV1 := 8 ·  $\left(\sqrt{\frac{f_c}{psi}}\right)$  · bwV1 · dV1
"Resistencia máxima a cortante que aportan el concreto (ACI318–19)22.5.1.1"
VcmaxV1 := 5 · λ1 ·  $\left(\sqrt{\frac{f_c}{psi}}\right)$  · bwV1 · dV1
"Fuerza axial Nu"
NuV1 := 0 kN
"Factor de modificación por efecto de tamaño (ACI318–19)22.5.1.3"
λ1sV1 =  $\sqrt{\frac{2}{1 + \frac{d_{V1}}{10 \text{ in}}}}$ 
λ1sV1 := if  $\sqrt{\frac{2}{1 + \frac{d_{V1}}{10 \text{ in}}}} \leq 1$ 
   $\sqrt{\frac{2}{1 + \frac{d_{V1}}{10 \text{ in}}}}$ 
  else
    1
"Cortante resistente del concreto (ACI318–19)22.5.1.1"
Vc1V1 :=  $\left(2 \cdot \lambda_1 \cdot \left(\sqrt{\frac{f_c}{psi}}\right) + \frac{Nu_{V1}}{6 \cdot Ag_{V1}}\right) \cdot bw_{V1} \cdot d_{V1}$ 
Vc2V1 :=  $\left(8 \cdot \lambda_1 \cdot \rho_{w_{V1}} \cdot \frac{1}{3} \cdot \left(\sqrt{\frac{f_c}{psi}}\right) + \frac{Nu_{V1}}{6 \cdot Ag_{V1}}\right) \cdot bw_{V1} \cdot d_{V1}$ 
Vc3V1 :=  $\left(8 \cdot \lambda_1 \cdot \lambda_{1s_{V1}} \cdot \rho_{w_{V1}} \cdot \frac{1}{3} \cdot \left(\sqrt{\frac{f_c}{psi}}\right) + \frac{Nu_{V1}}{6 \cdot Ag_{V1}}\right) \cdot bw_{V1} \cdot d_{V1}$ 
"Refuerzo mínimo a cortante (ACI318–19)9.6.3.1"
φV1 · λ1 ·  $\left(\sqrt{\frac{f_c}{psi}}\right)$  · bwV1 · dV1
VcV1 := if VuV1 ≤ φV1 · λ1 ·  $\left(\sqrt{\frac{f_c}{psi}}\right)$  · bwV1 · dV1
  Vc3V1
  else
    Max(Vc1V1 ; Vc2V1)
"Cortante máximo que soporta nuestra sección (ACI318–19)22.5.1.2"
VumaxV1 := φV1 ·  $\left(V_{c_{V1}} + 8 \cdot \left(\sqrt{\frac{f_c}{psi}}\right) \cdot bw_{V1} \cdot d_{V1}\right)$ 
"BUCLE PARA VERIFICAR O RECALCULAR LA ALTURA DE LA VIGA"
if VumaxV1 ≥ VuV1
  hV1
else
  while VumaxV1 < VuV1
    hV1 := hV1 + ΔV1

```

$$\begin{aligned}
d_{V1} &:= h_{V1} - \text{rec}_v \\
\lambda 1 &:= 1 \\
V_{S_{\text{Max}V1}} &:= 8 \cdot \left(\sqrt{\frac{f_c}{\text{psi}}} \right) \text{psi} \cdot b_{w_{V1}} \cdot d_{V1} \\
V_{c_{\text{max}V1}} &:= 5 \cdot \lambda 1 \cdot \left(\sqrt{\frac{f_c}{\text{psi}}} \right) \text{psi} \cdot b_{w_{V1}} \cdot d_{V1} \\
Nu_{V1} &:= 0 \text{ kN} \\
\lambda 1s_{V1} &:= \text{if } \sqrt{\frac{2}{1 + \frac{d_{V1}}{10 \text{ in}}}} \leq 1 \\
&\quad \sqrt{\frac{2}{1 + \frac{d_{V1}}{10 \text{ in}}}} \\
&\quad \text{else} \\
&\quad 1 \\
V_{c1_{V1}} &:= \left(2 \cdot \lambda 1 \cdot \left(\sqrt{\frac{f_c}{\text{psi}}} \right) \text{psi} + \frac{Nu_{V1}}{6 \cdot Ag_{V1}} \right) \cdot b_{w_{V1}} \cdot d_{V1} \\
V_{c2_{V1}} &:= \left(8 \cdot \lambda 1 \cdot \rho_{w_{V1}} \cdot \frac{1}{3} \cdot \left(\sqrt{\frac{f_c}{\text{psi}}} \right) \text{psi} + \frac{Nu_{V1}}{6 \cdot Ag_{V1}} \right) \cdot b_{w_{V1}} \cdot d_{V1} \\
V_{c3_{V1}} &:= \left(8 \cdot \lambda 1 \cdot \lambda 1s_{V1} \cdot \rho_{w_{V1}} \cdot \frac{1}{3} \cdot \left(\sqrt{\frac{f_c}{\text{psi}}} \right) \text{psi} + \frac{Nu_{V1}}{6 \cdot Ag_{V1}} \right) \cdot b_{w_{V1}} \cdot d_{V1} \\
V_{c_{V1}} &:= \text{if } Vu_{V1} \leq \phi V_1 \cdot \lambda 1 \cdot \left(\sqrt{\frac{f_c}{\text{psi}}} \right) \text{psi} \cdot b_{w_{V1}} \cdot d_{V1} \\
&\quad V_{c3_{V1}} \\
&\quad \text{else} \\
&\quad \text{Max} \left(V_{c1_{V1}} ; V_{c2_{V1}} \right) \\
Vu_{\text{max}V1} &:= \phi V_1 \cdot \left(V_{c_{V1}} + 8 \cdot \left(\sqrt{\frac{f_c}{\text{psi}}} \right) \text{psi} \cdot b_{w_{V1}} \cdot d_{V1} \right) \\
h_{V1} &
\end{aligned}$$

"Verificación del refuerzo mínimo a cortante requerido que cumple con la tabla (ACI318–19)9.6.3.4"

$$Av_{\text{min}} | S_{V1} := \text{Max} \left[\left(0.75 \cdot \left(\sqrt{\frac{f_c}{\text{psi}}} \right) \text{psi} \cdot \frac{b_{w_{V1}}}{f_{yt}} \right) ; \left(50 \text{ psi} \cdot \frac{b_{w_{V1}}}{f_{yt}} \right) \right]$$

"Área de refuerzo a cortante requerida (ACI318–19)R9.6.3.1–22.5.8.5"

"Área por unidad de longitud"

$$Av | S_{V1} := \text{if } Vu_{V1} \leq \phi V_1 \cdot \lambda 1 \cdot \left(\sqrt{\frac{f_c}{\text{psi}}} \right) \text{psi} \cdot b_{w_{V1}} \cdot d_{V1}$$

$$0 \frac{\text{mm}}{\text{m}}$$

else

$$\text{Max} \left[\left(\frac{Vu_{V1} - \phi V_1 \cdot V_{c_{V1}}}{\phi V_1 \cdot f_{yt} \cdot d_{V1}} \right) ; Av_{\text{min}} | S_{V1} \right]$$

"Resistencia a cortante proporcionada por el refuerzo transversal (ACI318–19)R9.6.3.1–22.5.8.5"

$$Vs_{V1} := Av | S_{V1} \cdot f_{yt} \cdot d_{V1}$$

"Espaciamiento máximo para las ramas del refuerzo de cortante (ACI318–19) 9.7.6.2.2"

$$S_{\text{max}V1} := \text{if } Vs_{V1} \leq \left(4 \cdot \left(\sqrt{\frac{f_c}{\text{psi}}} \right) \text{psi} \right) \cdot b_{w_{V1}} \cdot d_{V1}$$

$$\text{Min} \left[\frac{d_{V1}}{2} ; 24 \text{ in} \right]$$

```

else
    Min  $\left( \frac{d_{V1}}{4} ; 12 \text{ in} \right)$ 
"Resistencia nominal para cortante en una dirección (ACI318-19) 22.5.1.1"
VnV1 := VcV1 + VsV1
"Ratio de corte"
rcorteV1 :=  $\frac{Vu_{V1}}{\phi_{V1} \cdot Vn_{V1}}$ 

```

$$Av | S_{V1} = 0 \frac{\text{mm}^2}{\text{mm}}$$

$$\phi_{V1} \cdot Vn_{V1} = 71.8417 \text{ kN}$$

□—Diseño de Viga 2

```

"Datos de Ingreso"
"Ancho de la sección"
bwV2 := ca
"Momento de diseño"
MuV2 := |MU2Resultante|
"Cortante de diseño"
VuV2 := |VU2Resultante|
fy := Fy
"Bucle para recalcular la altura inicial de la viga según el área de refuerzo"
dV2 := hV2 - recv
φV2 := 0.9
AsV2 :=  $\frac{0.85 \cdot f'c \cdot bw_{V2} \cdot \left( d_{V2} - \sqrt{d_{V2}^2 - 2 \cdot \left( \frac{Mu_{V2}}{\phi_{V2} \cdot 0.85 \cdot f'c \cdot bw_{V2}} \right)} \right)}{fy}$ 
"arg devuelve el ángulo entre el eje real y el número complejo"
"No permite verificar si un número es imaginario"
hV2 := if ( arg ( AsV2 ) = 0 )
    hV2
else
    while ( arg ( AsV2 ) ≠ 0 )
        Δh := 5 cm
        hV2 := hV2 + Δh
        dV2 := hV2 - recv
        AsV2 :=  $\frac{0.85 \cdot f'c \cdot bw_{V2} \cdot \left( d_{V2} - \sqrt{d_{V2}^2 - 2 \cdot \left( \frac{Mu_{V2}}{\phi_{V2} \cdot 0.85 \cdot f'c \cdot bw_{V2}} \right)} \right)}{fy}$ 
        hV2
    hV2

```

□—CÁLCULO DE ALTURA DE VIGA 2 SEGÚN DISEÑO A FLEXIÓN

| "DISEÑO A FLEXIÓN"

"Distancia desde la fibra extrema en compresión hasta el centroide del refuerzo longitudinal"
 "en tracción"
 $d_{V2} := h_{V2} - rec_v$
 "Cálculo del factor β_1 (ACI318-19) 22.2.2.4.3"
 $\beta_2 := \begin{cases} \text{"Cálculo del factor } \beta_1 \text{ (ACI318-19) 22.2.2.4.3"} \\ \text{"Distribución rectangular equivalente de esfuerzos en el concreto"} \\ \left\{ \begin{array}{ll} 0.85 & \text{if } (2500 \text{ psi} \leq f_c) \wedge (f_c \leq 4000 \text{ psi}) \\ 0.85 - \frac{(0.05) \cdot (f_c - 4000 \text{ psi})}{10000 \text{ psi}} & \text{if } (4000 \text{ psi} \leq f_c) \wedge (f_c \leq 8000 \text{ psi}) \\ 0.65 & \text{otherwise} \end{array} \right. \end{cases}$
 "Factor de reducción de resistencia para momento ϕ (ACI318-19) 21.2.2"
 "Asumido"
 $\phi_{V2} := 0.9$
 "Cálculo área de refuerzo longitudinal no preesforzado a tracción"
 $As_{V2} := \frac{0.85 \cdot f_c \cdot bw_{V2} \cdot \left(d_{V2} - \sqrt{d_{V2}^2 - 2 \cdot \left(\frac{Mu_{V2}}{\phi_{V2} \cdot 0.85 \cdot f_c \cdot bw_{V2}} \right)} \right)}{f_y}$
 "Profundidad del bloque de rectangular equivalente de esfuerzos"
 $a_{V2} := \frac{As_{V2} \cdot f_y}{0.85 \cdot f_c \cdot bw_{V2}}$
 "Distancia medida desde la fibra extrema en compresión al eje neutro"
 $c_{V2} := \frac{a_{V2}}{\beta_2}$
 "Verificación del factor de resistencia"
 "Máxima deformación unitaria del concreto, en la fibra extrema sometida a compresión"
 "(ACI318-19) 22.2.2.1"
 $\epsilon_{cu} := 0.003$
 "Deformación Unitaria de fluencia para acero de refuerzo corrugado (ACI318-19) 21.2.2.1"
 $\epsilon_{ty} := \frac{f_y}{E_s}$
 "Valor limite de la deformación neta por tracción en la capa extrema del refuerzo de tensión longitudinal"
 "utilizado para definir la sección controlada por tensión"
 $\epsilon_t = \epsilon_{ty} + 0.003$
 $\frac{\epsilon_{cu} + \epsilon_t}{d_t} = \frac{\epsilon_{cu}}{c}$
 $\epsilon_t := \frac{\epsilon_{cu}}{c_{V2}} \cdot d_{V2} - \epsilon_{cu}$
 "Factor de reducción de resistencia (ACI318-19) 21.2.2"
 "Sección controlada por tensión"
 "BUCLE PARA CALCULAR EL NUEVO FACTOR DE REDUCCIÓN"
 if $\epsilon_t \geq \epsilon_{ty} + 0.003$
 $\phi_{V2} := 0.9$
 else
 while $\epsilon_t \leq \epsilon_{ty} + 0.003$
 | $\Delta_{V2} := 10 \text{ cm}$
 | $h_{V2} := h_{V2} + \Delta_{V2}$
 | $d_{V2} := h_{V2} - rec_v$
 | $\left\{ \begin{array}{ll} 0.25 \text{ m} & \text{if } C_V \leq 0.25 \text{ m} \\ \frac{h_{V2}}{c} & \text{if } \frac{h_{V2}}{c} \geq C_V \end{array} \right.$
 | $bw_{V2} := \left\{ \begin{array}{ll} 0.25 \text{ m} & \text{if } C_V \leq 0.25 \text{ m} \\ \frac{h_{V2}}{c} & \text{if } \frac{h_{V2}}{c} \geq C_V \end{array} \right.$

$$\phi_{V2i} := \begin{cases} C_Y & \text{otherwise} \\ 0.9 \end{cases}$$

$$A_{s_{V2}} := \frac{0.85 \cdot f'c \cdot bw_{V2} \cdot \left(d_{V2} - \sqrt{d_{V2}^2 - 2 \cdot \left(\frac{Mu_{V2}}{\phi_{V2i} \cdot 0.85 \cdot f'c \cdot bw_{V2}} \right)} \right)}{fy}$$

$$a_{V2} := \frac{A_{s_{V2}} \cdot fy}{0.85 \cdot f'c \cdot bw_{V2}}$$

$$c_{V2} := \frac{a_{V2}}{\beta_2}$$

$$\epsilon_{cu} := 0.003$$

$$\epsilon_{ty} := \frac{fy}{E_s}$$

$$\epsilon_t := \frac{\epsilon_{cu}}{c_{V2}} \cdot d_{V2} - \epsilon_{cu}$$

$$\phi_{V2} := 0.9$$

$$h_{V2}$$

$$h_{V2}$$

$$\phi_{V2}$$

"Altura efectiva Verificada o recalculada"

$$d_{V2} := h_{V2} - rec_v$$

"Recálculo área de refuerzo longitudinal no preesforzado a tracción"

$$A_{scalV2} := \frac{0.85 \cdot f'c \cdot bw_{V2} \cdot \left(d_{V2} - \sqrt{d_{V2}^2 - 2 \cdot \left(\frac{Mu_{V2}}{\phi_{V2} \cdot 0.85 \cdot f'c \cdot bw_{V2}} \right)} \right)}{fy}$$

"Cuantía del acero de refuerzo(ACI318–19) Notación 2.2"

$$\rho_{calV2} := \frac{A_{scalV2}}{bw_{V2} \cdot d_{V2}}$$

"Área de refuerzo mínimo para flexión en vigas no preesforzadas (ACI318–19)9.6.1"

"As.min debe ser el mayor de a, b (ACI318–19) 9.6.1.2"

$$As_{minV2} := \text{Max} \left(\left[\frac{3 \cdot \left(\sqrt{\frac{f'c}{psi}} \cdot psi \right)}{fy} \cdot bw_{V2} \cdot d_{V2} \right]; \left[\frac{200 \text{ psi}}{fy} \cdot bw_{V2} \cdot d_{V2} \right] \right)$$

"Cuantía del acero de refuerzo(ACI318–19) Notación 2.2"

$$\rho_{minV2} := \frac{As_{minV2}}{bw_{V2} \cdot d_{V2}}$$

"Área de refuerzo máximo para flexión"

$$As_{maxV2} := \frac{0.85 \cdot f'c \cdot \beta_2 \cdot \epsilon_{cu}}{fy \cdot (\epsilon_{cu} + \epsilon_{ty} + 0.003)} \cdot bw_{V2} \cdot d_{V2}$$

"Cuantía máxima del acero de refuerzo"

$$\rho_{maxV2} := \frac{As_{maxV2}}{bw_{V2} \cdot d_{V2}}$$

"Área de acero requerido"

$$As_{V2re} := \text{Min} \left(\text{Max} \left(As_{minV2}; A_{scalV2} \right); As_{maxV2} \right)$$

"Momento de diseño máximo"

$$Mu_{maxV2} := \phi_{V2} \cdot \rho_{maxV2} \cdot fy \cdot bw_{V2} \cdot d_{V2}^2 \cdot \left(1 - \frac{\rho_{maxV2} \cdot fy}{1.7 \cdot f'c} \right)$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{"Cuantía del acero de refuerzo(ACI318-19) Notación 2.2"} \\ \rho_{reqV2} := \frac{A_{s_{V2re}}}{b_{w_{V2}} \cdot d_{V2}} \\ \text{AceroViga2} := \left[\begin{array}{cccc} \text{"Peralte efectivo"} & \text{"Área de acero requerido"} & \text{"Área de acero Máximo"} & \text{"Área de acero mínimo"} \\ d_{V2} & A_{s_{V2re}} & A_{s_{max_{V2}}} & A_{s_{min_{V2}}} \end{array} \right] \end{array} \right\}$$

$$\text{AceroViga2} = \left[\begin{array}{ccccc} \text{"Peralte efectivo"} & \text{"Área de acero requerido"} & \text{"Área de acero Máximo"} & \text{"Área de acero mínimo"} & \text{"Área de acero Calculada"} \\ 0.5 \text{ m} & 0.001 \text{ m}^2 & 0.0048 \text{ m}^2 & 0.0009 \text{ m}^2 & 0.001 \text{ m}^2 \end{array} \right]$$

□— CÁLCULO DE LA ALTURA DE VIGA 2 SEGÚN DISEÑO A CORTANTE —

$$\left. \begin{array}{l} \text{"Diseño a Cortante"} \\ \text{"Factor de reducción de resistencia } \phi \text{ Cortante (ACI318-19) 21.2.1"} \\ \phi_{V2} := 0.75 \\ \text{"Área total de refuerzo longitudinal no preesforzado (ACI318-19) Notación 2.2"} \\ A_{st_{V2}} := A_{s_{V2re}} \\ \text{"Cuantía del acero de refuerzo A.s evaluada en bwd (ACI318-19) Notación 2.2"} \\ \rho_{w_{V2}} := \rho_{req_{V2}} \\ \text{"Área bruta de la sección de concreto (ACI318-19) Notación 2.2"} \\ A_{g_{V2}} := b_{w_{V2}} \cdot h_{V2} \\ \text{"Refuerzo corrugado no preesforzado (ACI318-19) 20.2.2.4(a)"} \\ f_{yt} := \text{if } f_y \leq 60000 \text{ psi} \\ \quad \left. \begin{array}{l} f_y \\ \text{else} \\ 60000 \text{ psi} \end{array} \right\} \\ \text{"Factor de modificación } \lambda \text{ concreto normal (ACI318-19) 19.2.4.3"} \\ \lambda_2 := 1 \\ \text{"Resistencia límite para cortante (ACI318-19)22.5.1.2"} \\ V_{S_{Max_{V2}}} := 8 \cdot \left(\sqrt{\frac{f_c}{\text{psi}}} \right) \text{ psi} \cdot b_{w_{V2}} \cdot d_{V2} \\ \text{"Resistencia máxima a cortante que aportan el concreto(ACI318-19)22.5.5.1.1"} \\ V_{c_{max_{V2}}} := 5 \cdot \lambda_2 \cdot \left(\sqrt{\frac{f_c}{\text{psi}}} \right) \text{ psi} \cdot b_{w_{V2}} \cdot d_{V2} \\ \text{"Fuerza axial Nu"} \\ N_{u_{V2}} := 0 \text{ kN} \\ \text{"Factor de modificación por efecto de tamaño(ACI318-19)22.5.5.1.3"} \\ \lambda_{2s_{V2}} = \sqrt{\frac{2}{1 + \frac{d_{V2}}{10 \text{ in}}}} \\ \lambda_{2s_{V2}} := \text{if } \sqrt{\frac{2}{1 + \frac{d_{V2}}{10 \text{ in}}}} \leq 1 \\ \quad \left(\sqrt{\frac{2}{1 + \frac{d_{V2}}{10 \text{ in}}}} \right) \\ \quad \text{else} \\ \quad 1 \\ \text{"Cortante resistente del concreto (ACI318-19)22.5.5.1"} \\ \left(\left(\sqrt{\frac{f_c}{\text{psi}}} \right) \cdot N_{u_{V2}} \right) \end{array} \right\}$$

$$Vc1_{V2} := \left(2 \cdot \lambda2 \cdot \left(\sqrt{\frac{f_c}{psi}} \cdot psi \right) + \frac{Nu_{V2}}{6 \cdot Ag_{V2}} \right) \cdot bw_{V2} \cdot d_{V2}$$

$$Vc2_{V2} := \left(8 \cdot \lambda2 \cdot \rho w_{V2} \cdot \frac{1}{3} \cdot \left(\sqrt{\frac{f_c}{psi}} \cdot psi \right) + \frac{Nu_{V2}}{6 \cdot Ag_{V2}} \right) \cdot bw_{V2} \cdot d_{V2}$$

$$Vc3_{V2} := \left(8 \cdot \lambda2 \cdot \lambda2s_{V2} \cdot \rho w_{V2} \cdot \frac{1}{3} \cdot \left(\sqrt{\frac{f_c}{psi}} \cdot psi \right) + \frac{Nu_{V2}}{6 \cdot Ag_{V2}} \right) \cdot bw_{V2} \cdot d_{V2}$$

"Refuerzo mínimo a cortante (ACI318-19)9.6.3.1"

$$\phi V_2 \cdot \lambda2 \cdot \left(\sqrt{\frac{f_c}{psi}} \cdot psi \right) \cdot bw_{V2} \cdot d_{V2}$$

$$Vc_{V2} := \text{if } Vu_{V2} \leq \phi V_2 \cdot \lambda2 \cdot \left(\sqrt{\frac{f_c}{psi}} \cdot psi \right) \cdot bw_{V2} \cdot d_{V2}$$

$$Vc3_{V2}$$

else

$$\text{Max} \left(Vc1_{V2}; Vc2_{V2} \right)$$

"Cortante máximo que soporta nuestra sección (ACI318-19)22.5.1.2"

$$Vu_{\text{max}V2} := \phi V_2 \cdot \left(Vc_{V2} + 8 \cdot \left(\sqrt{\frac{f_c}{psi}} \cdot psi \right) \cdot bw_{V2} \cdot d_{V2} \right)$$

"BUCLE PARA VERIFICAR O RECALCULAR LA ALTURA DE LA VIGA"

if $Vu_{\text{max}V2} \geq Vu_{V2}$

$$h_{V2}$$

else

while $Vu_{\text{max}V2} < Vu_{V2}$

$$h_{V2} := h_{V2} + \Delta_{V2}$$

$$d_{V2} := h_{V2} - \text{rec}_v$$

$$\lambda2 := 1$$

$$V_{S\text{Max}V2} := 8 \cdot \left(\sqrt{\frac{f_c}{psi}} \cdot psi \right) \cdot bw_{V2} \cdot d_{V2}$$

$$Vc_{\text{max}V2} := 5 \cdot \lambda2 \cdot \left(\sqrt{\frac{f_c}{psi}} \cdot psi \right) \cdot bw_{V2} \cdot d_{V2}$$

$$Nu_{V2} := 0 \text{ kN}$$

$$\lambda2s_{V2} := \text{if } \sqrt{\frac{2}{\left(1 + \frac{d_{V2}}{10 \text{ in}} \right)}} \leq 1$$

$$\sqrt{\frac{2}{\left(1 + \frac{d_{V2}}{10 \text{ in}} \right)}}$$

else

$$1$$

$$Vc1_{V2} := \left(2 \cdot \lambda2 \cdot \left(\sqrt{\frac{f_c}{psi}} \cdot psi \right) + \frac{Nu_{V2}}{6 \cdot Ag_{V2}} \right) \cdot bw_{V2} \cdot d_{V2}$$

$$Vc2_{V2} := \left(8 \cdot \lambda2 \cdot \rho w_{V2} \cdot \frac{1}{3} \cdot \left(\sqrt{\frac{f_c}{psi}} \cdot psi \right) + \frac{Nu_{V2}}{6 \cdot Ag_{V2}} \right) \cdot bw_{V2} \cdot d_{V2}$$

$$Vc3_{V2} := \left(8 \cdot \lambda2 \cdot \lambda2s_{V2} \cdot \rho w_{V2} \cdot \frac{1}{3} \cdot \left(\sqrt{\frac{f_c}{psi}} \cdot psi \right) + \frac{Nu_{V2}}{6 \cdot Ag_{V2}} \right) \cdot bw_{V2} \cdot d_{V2}$$

$$Vc_{V2} := \text{if } Vu_{V2} \leq \phi V_2 \cdot \lambda2 \cdot \left(\sqrt{\frac{f_c}{psi}} \cdot psi \right) \cdot bw_{V2} \cdot d_{V2}$$

$$Vc3_{V2}$$

$$V_{u_{\max V_2}} := \phi V_2 \cdot \left(V_{c_{V_2}} + 8 \cdot \left(\sqrt{\frac{f_c}{\text{psi}}} \text{ psi} \right) \cdot b_{w_{V_2}} \cdot d_{V_2} \right)$$

"Verificación del refuerzo mínimo a cortante requerido que cumple con la tabla (ACI318-19)9.6.3.4"

$$A_{v_{\min} | S_{V_2}} := \text{Max} \left(\left(0.75 \cdot \left(\sqrt{\frac{f_c}{\text{psi}}} \text{ psi} \right) \cdot \frac{b_{w_{V_2}}}{f_{yt}} \right); \left(50 \text{ psi} \cdot \frac{b_{w_{V_2}}}{f_{yt}} \right) \right)$$

"Área de refuerzo a cortante requerida (ACI318-19)R9.6.3.1-22.5.8.5"

"Área por unidad de longitud"

$$A_v | S_{V_2} := \text{if } V_{u_{V_2}} \leq \phi V_2 \cdot \lambda_2 \cdot \left(\sqrt{\frac{f_c}{\text{psi}}} \text{ psi} \right) \cdot b_{w_{V_2}} \cdot d_{V_2}$$

$$0 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$$

else

$$\text{Max} \left(\left(\frac{V_{u_{V_2}} - \phi V_2 \cdot V_{c_{V_2}}}{\phi V_2 \cdot f_{yt} \cdot d_{V_2}} \right); A_{v_{\min} | S_{V_2}} \right)$$

"Resistencia a cortante proporcionada por el refuerzo transversal (ACI318-19)R9.6.3.1-22.5.8.5"

$$V_{s_{V_2}} := A_v | S_{V_2} \cdot f_{yt} \cdot d_{V_2}$$

"Espaciamiento máximo para las ramas del refuerzo de cortante (ACI318-19) 9.7.6.2.2"

$$S_{\max V_2} := \text{if } V_{s_{V_2}} \leq \left(4 \cdot \left(\sqrt{\frac{f_c}{\text{psi}}} \text{ psi} \right) \cdot b_{w_{V_2}} \cdot d_{V_2} \right)$$

$$\text{Min} \left(\frac{d_{V_2}}{2}; 24 \text{ in} \right)$$

else

$$\text{Min} \left(\frac{d_{V_2}}{4}; 12 \text{ in} \right)$$

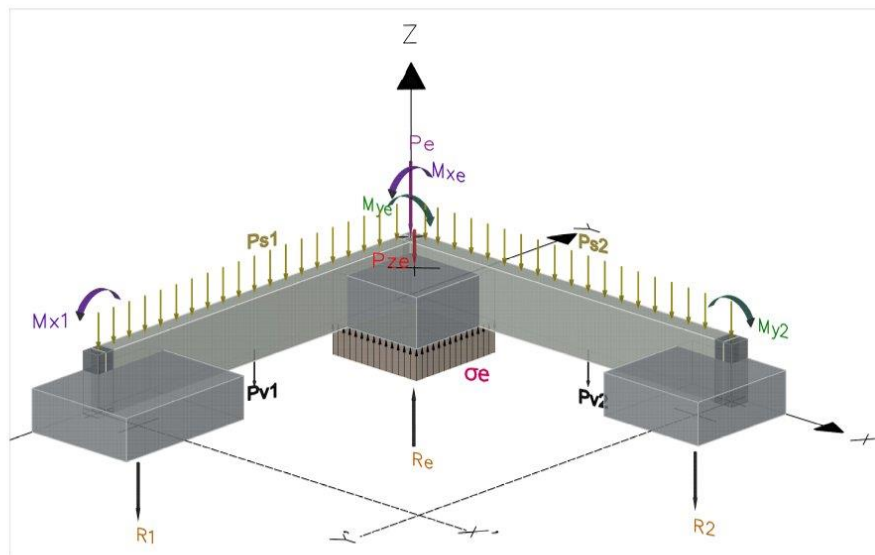
"Resistencia nominal para cortante en una dirección (ACI318-19) 22.5.1.1"

$$V_{n_{V_2}} := V_{c_{V_2}} + V_{s_{V_2}}$$

"Ratio de corte"

$$r_{\text{corte}V_2} := \frac{V_{u_{V_2}}}{\phi V_2 \cdot V_{n_{V_2}}}$$

$$A_v | S_{V_2} = 0 \frac{\text{mm}^2}{\text{mm}} \quad \phi V_2 \cdot V_{n_{V_2}} = 91.5462 \text{ kN}$$



☐—Cálculos con Peso de elementos

☐—Peso de los Elementos

```

"Base viga 1"
bwv1 := bwv1
"Base viga 2"
bwv2 := bwv2

"Factor de redondeo a multiplo decimal para la altura de la zapata"
t := 5 cm
"--Peso de VIGAS Y ZAPATA--"
"Dimensiones de la Columna de Esquina"
["Dimensión X" "Dimensión Y" "Altura h" ]
[ CX CY hz := [h1sp]t ]
"Dimensiones de la Zapata de Esquina"
["Dimensión X" "Dimensión Y" "Altura h" ]
[ a b hz := [h1sp]t ]
"Dimensiones de la Viga 1"
["Base" "Altura" "Longitud" ]
[ bwv1 hv1 := dv1 + recv Lx ]
cb := CX
"Dimensiones de la Viga 2"
["Base" "Altura" "Longitud" ]
[ bwv2 hv2 := dv2 + recv Ly ]
ca := CY
"Dimensiones de la solera sobre Viga 1"
["Base" "Altura" "Longitud" ]
[ dsl1 := if hz > hv1
[hv - hv1] ]

```

```

bvw1 |           else           Lx
      |           dsl
      |  $h_{SV1} := d_f - (h_{V1} + dsl1)$ 
      |
      | "Dimensiones de la solera sobre Viga 2"
      | "Base"           "Altura"           "Longitud"
      |  $dsl2 := \text{if } h_z > h_{V2}$ 
      |            $(h_z - h_{V2})$ 
      | bwv2           else           Ly
      |           dsl
      |  $h_{SV2} := d_f - (h_{V2} + dsl2)$ 
      |
      | "Peso de la zapata"
      |  $Pze := a \cdot b \cdot h_z \cdot \gamma_{hor}$ 
      | "Peso de la columna"
      |  $Pce := C_X \cdot C_Y \cdot h_z \cdot \gamma_{hor}$ 
      | "Peso ajustado de la zapata"
      |  $Pze_R := Pze - Pce$ 
      | "ÁREA DE LA SECCIONES DE LAS VIGAS"
      | "Altura de la viga 1* Base de la viga 1"
      |  $Av1 := h_{V1} \cdot bwv1$ 
      | "Conversión del Peso de la viga 1 a carga distribuida"
      |  $P1 := Av1 \cdot \gamma_{hor}$ 
      | "Peso Viga1"
      |  $Pv1 := P1 \cdot Ly$ 
      | "Altura de la viga 2* Base de la viga 2"
      |  $Av2 := h_{V2} \cdot bwv2$ 
      | "Conversión del Peso de la viga 2 a carga distribuida"
      |  $P2 := Av2 \cdot \gamma_{hor}$ 
      | "Peso Viga2"
      |  $Pv2 := P2 \cdot Lx$ 
      | "Conversión del Peso de la solera sobre la viga 1 a carga distribuida"
      |  $Psv1 := (h_{SV1} \cdot bwv1) \cdot \gamma_{s\_relle}$ 
      |  $Ps1 := Psv1 \cdot Ly$ 
      | "Conversión del Peso de la solera sobre la viga 2 a carga distribuida"
      |  $Psv2 := (h_{SV2} \cdot bwv2) \cdot \gamma_{s\_relle}$ 
      |  $Ps2 := Psv2 \cdot Lx$ 
      | "—Factorización del peso de Vigas y Zapata—"
      | "Peso mayorado de la zapata"
      |  $Pze_{RU} := Pze_R \cdot Fm$ 
      | "Peso mayorado viga 1"
      |  $Pv1_U := Pv1 \cdot Fm$ 
      | "Peso mayorado viga 2"
      |  $Pv2_U := Pv2 \cdot Fm$ 
      | "Peso mayorado de solera sobre viga 1"
      |  $Ps1_U := Fm \cdot Ps1$ 
      | "Peso mayorado de solera sobre viga 2"
      |  $Ps2_U := Fm \cdot Ps1$ 
      | "—Cargas Distribuidas—"
      | "Carga Distribuida Viga 1"
      | "Servicio"
      |  $w_{s1} := Pv1 + Psv1$ 

```

$$W_{S_{V1}} := r1 + r_{sv1}$$

"Factorizada"

$$W_{u_{V1}} := W_{S_{V1}} \cdot F_m$$

"Carga Distribuida Viga 2"

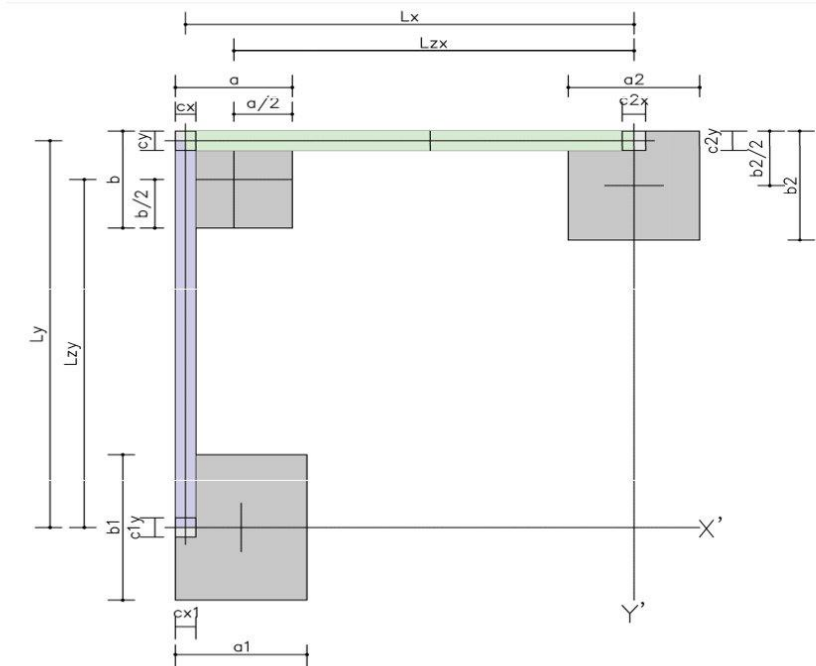
"Servicio"

$$W_{S_{V2}} := P2 + P_{sv2}$$

"Factorizada"

$$W_{u_{V2}} := W_{S_{V2}} \cdot F_m$$

☐—Recalculo de Distancias



$$\begin{aligned}
& \text{"Peralte efectivo de la zapata"} \\
d_{z1} &:= d_{zf} \\
& \text{"Distancia centro zapata de esquina – centro zapata 2"} \\
Lzx &:= \left(Lx + \frac{C_x}{2} \right) - \frac{a}{2} \\
& \text{"Distancia centro zapata de esquina – centro zapata 1"} \\
Lzy &:= \left(Ly + \frac{C_y}{2} \right) - \frac{b}{2} \\
& \text{"Distancia libre viga 2"} \\
av2 &:= Lzx - \frac{a}{2} - \frac{a2}{2} \\
& \text{"Distancia libre viga 1"} \\
av1 &:= Lzy - \frac{b}{2} - \frac{b1}{2} \\
Lx' &:= Lx \\
Ly' &:= Ly \\
& \text{"Distancia centro zapata 1 – centro zapata 2"} \\
Lzx' &:= \left(Lx' + \frac{C_{1x}}{2} \right) - \frac{a1}{2} \\
& \text{"Distancia centro zapata 2 – centro zapata 1"} \\
Lzy' &:= \left(Ly' + \frac{C_{2y}}{2} \right) - \frac{b2}{2} \\
& \text{"Distancia centro viga 1 – centro zapata 2"} \\
Lc1x &:= Lx \\
& \text{"Distancia centro viga 2 – centro zapata 1"} \\
Lc2y &:= Ly \\
& \text{"Distancia Centro viga 2 – centro zapata 2"} \\
Lc2x &:= \frac{\left(Lzx - \frac{a}{2} - \frac{a2}{2} \right)}{2} + \frac{a2}{2} \\
& \text{"Distancia Centro viga 1 – centro zapata 1"} \\
Lc1y &:= \frac{\left(Lzy - \frac{b}{2} - \frac{b1}{2} \right)}{2} + \frac{b1}{2}
\end{aligned}$$

"EQUILIBRIO ESTÁTICO"

"SUMATORIA DE FUERZAS EN Z"

"Ecuación 1"

$$Re_2 - R1 - R2 - P_e - Pze - Ps1 - Ps2 - Pv1 - Pv2 = 0$$

"SUMATORIA DE MOMENTOS (HORARIO POSITIVO) RESPECTO X'"

"Ecuación 2"

$$\left(Ly \cdot P_e \right) + \left(R2 \cdot Lzy' \right) - \left(Re_2 \cdot Lzy \right) + \left(Pze \cdot Lzy \right) + \left(Ps1 \cdot Lc1y \right) + \left(Pv1 \cdot Lc1y \right) + \left(Ps2 \cdot Lc2y \right) + \left(Pv2 \cdot Lc2y \right) - Mxe - Mx1 = 0$$

"SUMATORIA DE MOMENTOS (HORARIO POSITIVO) RESPECTO Y'"

"Ecuación 3"

$$-\left(Lx \cdot P_e \right) - \left(R1 \cdot Lzx' \right) + \left(Re_2 \cdot Lzx \right) - \left(Pv2 \cdot Lc2x \right) - \left(Ps2 \cdot Lc2x \right) - \left(Pze \cdot Lzx \right) - \left(Ps1 \cdot Lc1x \right) - \left(Pv1 \cdot Lc1x \right) + Mye + My2 = 0$$

"Fuerza Estabilizadora R2"

$$R2 = \frac{Mxe + Mx1 + Lzy \cdot \left(Re_2 - Pze \right) - Lc2y \cdot \left(Pv2 + Ps2 \right) - Lc1y \cdot \left(Pv1 + Ps1 \right) - Ly \cdot P_e}{Lzy'}$$

"Fuerza Estabilizadora R1"

$$R1 = \frac{Mye + My2 + Lzx \cdot \left(Re_2 - Pze \right) - Lc2x \cdot \left(Pv2 + Ps2 \right) - Lc1x \cdot \left(Pv1 + Ps1 \right) - Lx \cdot P_e}{Lzx'}$$

"Dejando R2 en la ecuación 2 y R1 en la ecuación 3"

"Al reemplazar R2 y R1 en la ecuación 1 se obtiene Re"

$$Re_2 = \frac{\left(\left(Lzx' - Lzx \right) \cdot Lzy' - Lzx' \cdot Lzy \right) \cdot Pze + \left(\left(Lzx' - Lc2x \right) \cdot Lzy' - Lc2y \cdot Lzx' \right) \cdot \left(Pv2 + Ps2 \right) + \left(\left(Lzx' - Lc1x \right) \cdot Lzy' - Lc1y \right) \cdot \left(Pv1 + Ps1 \right)}{\left(Lzx' - Lzx \right) \cdot Lzy' - Lzx' \cdot Lzy}$$

Resultante valor inicial previo a iteraciones

$$Re_2 := \frac{\left(\left(Lzx' - Lzx \right) \cdot Lzy' - Lzx' \cdot Lzy \right) \cdot Pze + \left(\left(Lzx' - Lc2x \right) \cdot Lzy' - Lc2y \cdot Lzx' \right) \cdot \left(Pv2 + Ps2 \right) + \left(\left(Lzx' - Lc1x \right) \cdot Lzy' - Lc1y \right) \cdot \left(Pv1 + Ps1 \right)}{\left(Lzx' - Lzx \right) \cdot Lzy' - Lzx' \cdot Lzy}$$

```

"PRESIÓN DEL SUELO CARGAS DE SERVICIO"
"Vector que va a contener las respuestas"
VR2 := matrix { 1 ; 3 }
"Bucle for 4, compuesto por un contador, condición y el avance del contador"
for j1 := 1;  $\left| \frac{Re_2}{a \cdot b} \right| \geq q_{adm}; j1 := j1 + 1$ 
  "Variables que se utilizan en la condición"
  Lzx :=  $\left( Lx + \frac{C_x}{2} \right) - \frac{a}{2}$ 
  Lzy :=  $\left( Ly + \frac{C_y}{2} \right) - \frac{b}{2}$ 
  Lx' := Lx
  Ly' := Ly
  Lzx' :=  $\left( Lx' + \frac{C_{1x}}{2} \right) - \frac{a1}{2}$ 
  Lzy' :=  $\left( Ly' + \frac{C_{2y}}{2} \right) - \frac{b2}{2}$ 
  Re_2 :=  $\frac{((Lzx' - Lzx) \cdot Lzy' - Lzx' \cdot Lzy) \cdot Pze + ((Lzx' - Lc2x) \cdot Lzy' - Lc2y \cdot Lzx') \cdot (Pv2 + Ps2) + ((Lzx' - Lc1x) \cdot Lzy' - Lc1y \cdot Lzx') \cdot (Pv1 + Ps1) - Ly \cdot P_e}{(Lzx' - Lzx) \cdot Lzy' - Lzx \cdot Lzy}$ 
  "Se define los elementos que van ir en el vector de salida"
  VR2_j1_1 := a
  VR2_j1_2 := b
  VR2_j1_3 :=  $\left( \frac{Re_2}{a \cdot b} \right)$ 
  "Se define que variable cambia, como crece o decrece en cada iteración"
  Δ := 5 cm
  a := a + Δ
  b := b + Δ
VR2
"Fuera estabilizadora Resultante Zapata 2 ELS"
R2s :=  $\frac{Mxe + Mx1 + Lzy \cdot (Re_2 - Pze) - Lc2y \cdot (Pv2 + Ps2) - Lc1y \cdot (Pv1 + Ps1) - Ly \cdot P_e}{Lzy'}$ 
"Fuera estabilizadora Resultante Zapata 1 ELS"
R1s :=  $\frac{Mye + My2 + Lzx \cdot (Re_2 - Pze) - Lc2x \cdot (Pv2 + Ps2) - Lc1x \cdot (Pv1 + Ps1) - Lx \cdot P_e}{Lzx'}$ 
VR2
"Obtengo un vector solo con respuestas finales"
Dimensiones_Zapata :=  $\begin{bmatrix} \text{"Dimensión X"} & \text{"Dimensión Y"} & \text{"Reacción"} & \text{"Presión Actante"} \\ a & b & Re_2 & \frac{Re_2}{a \cdot b} \end{bmatrix}$ 

```

$$Dimensiones_{Zapata} = \begin{bmatrix} \text{"Dimensión X"} & \text{"Dimensión Y"} & \text{"Reacción"} & \text{"Presión Actante"} \\ 1.1 \text{ m} & 1.7 \text{ m} & 6.5098 \cdot 10^5 \frac{\text{m kg}}{\text{s}^2} & 3.4812 \cdot 10^5 \frac{\text{kg}}{\text{m s}^2} \end{bmatrix}$$

$$\sum \left[\frac{((Lzx' - Lc1x) \cdot Lzy' - Lc1y \cdot Lzx') \cdot (Pv1 + Ps1) + ((Lzx' - Lc2x) \cdot Lzy' - Lc2y \cdot Lzx') \cdot (Pv2 + Ps2) + ((Lzx' - Lzx) \cdot Lzy' - Lzx \cdot Lzy) \cdot Pze}{(Lzx' - Lzx) \cdot Lzy' - Lzx \cdot Lzy} \right]$$

"Peso mayorado de la zapata"

$$Pze_{RU} := Pze_R \cdot Fm$$

"Peso mayorado viga 1"

$$Pv1_U := Pv1 \cdot Fm$$

"Peso mayorado viga 2"

$$Pv2_U := Pv2 \cdot Fm$$

"Peso mayorado de solera sobre viga 1"

$$Ps1_U := Fm \cdot Ps1$$

"Peso mayorado de solera sobre viga 2"

$$Ps2_U := Fm \cdot Ps1$$

"Resultante estado limite Último"

$$Re_{2U} := \frac{\left((Lzx' - Lzx) \cdot Lzy' - Lzx' \cdot Lzy \right) \cdot Pze_{RU} + \left((Lzx' - Lc2x) \cdot Lzy' - Lc2y \cdot Lzx' \right) \cdot (Pv2_U + Ps2_U) + \left((Lzx' - Lc1x) \cdot Lzy' - (Lzx' - Lzx) \cdot Lc1y \right) \cdot (Pv1_U + Ps1_U) - Ly \cdot P_U}{(Lzx' - Lzx) \cdot Lc1y}$$

"Presión estado limite Último"

$$\sigma_{U2} := \frac{Re_{2U}}{a \cdot b}$$

"Fuerza estabilizadora Resultante Zapata 2 ELU"

$$R2u := \frac{MU_{Xe} + MX1_U + Lzy \cdot (Re_{2U} - Pze_{RU}) - Lc2y \cdot (Pv2_U + Ps2_U) - Lc1y \cdot (Pv1_U + Ps1_U) - Ly \cdot P_U}{Lzy'}$$

"Fuerza estabilizadora Resultante Zapata 1 ELU"

$$R1u := \frac{MU_{Ye} + MY2_U + Lzx \cdot (Re_{2U} - Pze_{RU}) - Lc2x \cdot (Pv2_U + Ps2_U) - Lc1x \cdot (Pv1_U + Ps1_U) - Lx \cdot P_U}{Lzx'}$$

☐—Cálculo de factores λ - β_1 —————

☐—Altura de la zapata —————

☐—Verificación Cortante Unidireccional —————

$$VerificaciónX_{top} = \begin{bmatrix} \text{"Cortante Nominal Resistente"} & \phi \text{ Cortante Nominal Resistente} & \text{"Cortante Ultimo"} & \text{"Verificación"} \\ 4.4659 \cdot 10^5 \frac{\text{kg m}}{\text{s}^2} & 3.3495 \cdot 10^5 \frac{\text{kg m}}{\text{s}^2} & 1.2218 \cdot 10^5 \frac{\text{kg m}}{\text{s}^2} & \text{"Cumple"} \end{bmatrix}$$

$$VerificaciónY_{top} = \begin{bmatrix} \text{"Cortante Nominal Resistente"} & \phi \text{ Cortante Nominal Resistente} & \text{"Cortante Ultimo"} & \text{"Verificación"} \\ 4.1916 \cdot 10^5 \frac{\text{kg m}}{\text{s}^2} & 3.1437 \cdot 10^5 \frac{\text{kg m}}{\text{s}^2} & 3.133 \cdot 10^5 \frac{\text{kg m}}{\text{s}^2} & \text{"Cantidad Recalculada Cumple"} \end{bmatrix}$$

☐—Verificación peralte por punzonamiento —————

"Valor inicial de cortante nominal"

"Se selecciona el valor mas grande para la altura"

$$h2_{pZ} := \text{Max} (h1t ; h1b ; h2t ; h2b)$$

"Se selecciona el valor mas grande del diametro de varilla"

$$\varphi_{varillaZ} := \text{Max} (\varphi_{var1} ; \varphi_{var2} ; \varphi_{var11} ; \varphi_{var22})$$

"Cálculo del peralte efectivo"

$$dz2_{min} := h2_{pZ} - \text{rec} - \varphi_{varillaZ}$$

$$\lambda_s := \text{if } \sqrt{\frac{2}{1 + \left(0.004 \cdot \frac{dz2_{min}}{\text{mm}}\right)}} \leq 1$$

$$1$$

else

$$\sqrt{\frac{2}{1 + \left(0.004 \cdot \frac{dz2_{min}}{\text{mm}}\right)}}$$

$$b_o := \left(C_X + \frac{dz2_{min}}{2}\right) + \left(C_Y + \frac{dz2_{min}}{2}\right)$$

$$d_{Largo} := \begin{cases} C_X & \text{if } C_X = C_Y \\ \text{Max} (C_X ; C_Y) & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$d_{Corta} := \begin{cases} C_Y & \text{if } C_Y = C_X \\ \text{Min} (C_X ; C_Y) & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\beta := \frac{d_{Largo}}{d_{Corta}}$$

$$\alpha_s := 20$$

$$A := a \cdot b$$

$$A_c := \left(C_X + \frac{dz2_{min}}{2}\right) \cdot \left(C_Y + \frac{dz2_{min}}{2}\right)$$

$$V2_{UPZ} := \frac{P_U - P_{zeRU} \cdot Fm - |\sigma_{U2} \cdot A_c|}{b_o \cdot dz2_{min}}$$

$$V_{CPa2} := 4 \cdot \lambda_s \cdot \lambda \cdot \left(\sqrt{\frac{F_c}{\text{psi}}}\right) \text{ psi}$$

$$V_{CPb2} := \left(2 + \frac{4}{\beta}\right) \cdot \lambda_s \cdot \lambda \cdot \left(\sqrt{\frac{F_c}{\text{psi}}}\right) \text{ psi}$$

$$V_{CPc2} := \left(2 + \frac{\alpha_s \cdot dz2_{min}}{b_o}\right) \cdot \lambda_s \cdot \lambda \cdot \left(\sqrt{\frac{F_c}{\text{psi}}}\right) \text{ psi}$$

$$V2_{CP} := \text{Min} (V_{CPa2} ; V_{CPb2} ; V_{CPc2})$$

$$\phi := 0.75$$

$$\phi VN2 := \phi \cdot V2_{CP}$$

$$\text{PSR2} := \left\lfloor \frac{V2_{UPZ}}{\phi VN2} \right\rfloor$$

```

"SI CORTANTE RESISTENTE VN > VUPZ CORTANTE SOLICITANTE CUMPLE"
"Mediante la funcion CEIL(2) devuelve el valor redondeado en múltiplo del subíndice indicado" if  $\phi VN2 \geq V2_{UPZ}$ 
 $h2_{sp} := \lceil dz2_{min} + rec + \varphi_{varillaZ} \rceil_{\zeta}$ 
 $d_{z2min} := h2_{sp} - rec - \varphi_{varillaZ}$ 
"SI CORTANTE RESISTENTE VN > VUPZ CORTANTE SOLICITANTE NO CUMPLE" otherwise
"El BUCLE while cumple un proceso iterativo hasta que VN > VUPZ"
while  $\phi VN2 < V2_{UPZ}$ 
   $\Delta_d := 2.5 \text{ cm}$ 
   $dz2_{min} := dz2_{min} + \Delta_d$ 
   $\lambda_s := \text{if } \sqrt{\frac{2}{1 + \left(0.004 \cdot \frac{dz2_{min}}{\text{mm}}\right)}} \leq 1$ 
  else
     $\sqrt{\frac{2}{1 + \left(0.004 \cdot \frac{dz2_{min}}{\text{mm}}\right)}}$ 
   $b_o := \left(C_X + \frac{dz2_{min}}{2}\right) + \left(C_Y + \frac{dz2_{min}}{2}\right)$ 
   $d_{Largo} := \begin{cases} C_X & \text{if } C_X = C_Y \\ \text{Max}(C_X; C_Y) & \text{otherwise} \end{cases}$ 
   $d_{Corta} := \begin{cases} C_Y & \text{if } C_Y = C_X \\ \text{Min}(C_X; C_Y) & \text{otherwise} \end{cases}$ 
   $\beta := \frac{d_{Largo}}{d_{Corta}}$ 
   $\alpha_s := 20$ 
   $A := a \cdot b$ 
   $A_c := \left(C_X + \frac{dz2_{min}}{2}\right) \cdot \left(C_Y + \frac{dz2_{min}}{2}\right)$ 
   $V2_{UPZ} := \frac{P_U - P_{zceRU} \cdot Fm - \sigma_{U2} \cdot A_c}{b_o \cdot dz2_{min}}$ 
   $V_{CPa2} := 4 \cdot \lambda_s \cdot \lambda \cdot \left(\sqrt{\frac{f_c}{\text{psi}}}\right) \text{ psi}$ 
   $V_{CPb2} := \left(2 + \frac{4}{\beta}\right) \cdot \lambda_s \cdot \lambda \cdot \left(\sqrt{\frac{f_c}{\text{psi}}}\right) \text{ psi}$ 
   $V_{CPe2} := \left(2 + \frac{\alpha_s \cdot dz2_{min}}{b_o}\right) \cdot \lambda_s \cdot \lambda \cdot \left(\sqrt{\frac{f_c}{\text{psi}}}\right) \text{ psi}$ 
   $V2_{CP} := \text{Min}(V_{CPa2}; V_{CPb2}; V_{CPe2})$ 
   $\phi := 0.75$ 
   $\phi VN2 := \phi \cdot V2_{CP}$ 
  "Mediante la funcion CEIL(2) se redondea"
   $h2_{sp} := \lceil dz2_{min} + rec \rceil_{\zeta}$ 
   $d_{z2min} := h2_{sp} - rec - \varphi_{varillaZ}$ 
   $h2_{sp}$ 
   $d_{z2min}$ 
  "Ratio de punzonamiento"
   $PSR2 := \left|\frac{V2_{UPZ}}{\phi VN2}\right|$ 
  "Peralte efectivo minimo"
   $d_{z2min}$ 
  "Altura de la zapata minima"
   $h_{zapat} := d_{z2min} + rec + \varphi_{varillaZ}$ 
  "Verificación"
  txtPUNZONAMIENTO := if  $\phi VN2 \geq V2_{UPZ}$ 
    "Cumple"
  else
    "No Cumple"
  Diseño_punzonamiento :=  $\left[ \begin{array}{ccccc} \text{"Cortante Resistente"} & \text{"Cortante Último"} & \text{"Ratio de punzonamiento"} & \text{"Altura de la Zapata"} & \text{"Verificación"} \\ \phi VN2 & V2_{UPZ} & PSR2 & h_{zapat} & \text{txtPUNZONAMIENTO} \end{array} \right]$ 

```

$$\text{Diseño}_{\text{Punzamiento}} = \begin{bmatrix} \text{"Cortante Resistente"} & \text{"Cortante Último"} & \text{"Ratio de punzamiento"} & \text{"Altura de la Zapata"} & \text{"Verificación"} \\ 1.3053 \cdot 10^6 \frac{\text{kg}}{\text{m s}^2} & 3.003 \cdot 10^5 \frac{\text{kg}}{\text{m s}^2} & 0.2301 & 0.7 \text{ m} & \text{"Cumple"} \end{bmatrix}$$

☐—Acero de refuerzo y Distribución

☐—Acero de Refuerzo

```

"Evaluación de la altura, después de su verificación por punzamiento"
"Si el peralte no fue recalculado el acero de refuerzo se mantiene caso contrario se recalcula"
if dz2min +  $\frac{\varphi_{\text{varillaZ}}}{2} = \text{Max}(d_{z1t}; d_{z1b}; d_{z2t}; d_{z1b})$ 
  ASyS := [ "Altura" "Peralte efectivo" "Acero Mínimo" "Acero Requerido" "Acero Colocado" "Cuantía" "Ubicación" ]
           [ h1t      d_z1t      Asy_mintop      ASy1top      Asytop      rho_w_realYtop      "top" ]
  ASyT := [ "Altura" "Peralte efectivo" "Acero Mínimo" "Acero Requerido" "Acero Colocado" "Cuantía" "Ubicación" ]
           [ h1b      d_z1b      Asy_minbot      ASy1bot      Asybot      rho_w_realYbot      "bot" ]
  ASxS := [ "Altura" "Peralte efectivo" "Acero Mínimo" "Acero Requerido" "Acero Colocado" "Cuantía" "Ubicación" ]
           [ h2t      d_z2t      Asy_mintop      ASx1top      Asxtop      rho_w_realXtop      "top" ]
  ASxT := [ "Altura" "Peralte efectivo" "Acero Mínimo" "Acero Requerido" "Acero Colocado" "Cuantía" "Ubicación" ]
           [ h2b      d_z2b      Asx_minbot      ASx1bot      Asxbot      rho_w_realXbot      "bot" ]
  dz2f := dz2_min
  h_zapata := Max(h1t; h2t; h1b; h2b)
else
  "Recálculo de acero y su distribución en Y top"
  q_ytop := |sigma_U2 * a|
  lvb := (b - C_y)
  F_qytop := q_ytop * lvb
   $\frac{lvb}{2}$ 
  M_y1top := F_qytop *  $\frac{lvb}{2}$ 
  h1t := [ dz2_min + rec ]_1 cm
  dz2_min := h1t - rec
  phi := 0.9
  a_c1 := dz2_min -  $\sqrt{dz2_min^2 - \frac{2 \cdot M_y1top}{\phi \cdot 0.85 \cdot F_c \cdot bw1}}$ 
  ASy1top :=  $\frac{M_y1top}{\phi \cdot F_y \cdot \left( dz2_min - \frac{a_c1}{2} \right)}$ 
  ASy_mintop := 0.0018 * bw1 * h1t
  ASytop := if OS = 0
             ASy1top
            else if OS = 1
             ASy_mintop
            else
             Max(ASy1top; ASy_mintop)
  A_var1 :=  $\frac{\pi \cdot \varphi_{\text{var1}}^2}{4}$ 
  N_varY :=  $\frac{ASytop}{A_var1}$ 
  NvarY_Realtop := [N_varY]
  rho_w_realYtop :=  $\frac{NvarY\_Realtop \cdot A_var1}{bw1 \cdot h1t}$ 
  ASyS := [ "Altura" "Peralte efectivo" "Acero Mínimo" "Acero Requerido" "Acero Colocado" "Cuantía" "Ubicación" ]
           [ h1t      d_z1t      Asy_mintop      ASy1top      Asytop      rho_w_realYtop      "top" ]
  "Recálculo de acero y su distribución en Y bot"
  q_ybot := |sigma_U2 * 0.6 * a|
  lvb := (b - C_y)
  F_qybot := q_ybot * lvb
   $\frac{lvb}{2}$ 
  M_y1bot := F_qybot *  $\frac{lvb}{2}$ 

```

```

h1b := | dz2_min + rec | 1 cm
dz2_min := h1b - rec
phi := 0.9
a_c1 := dz2_min - sqrt(dz2_min^2 - (2 * M_y1bot) / (phi * 0.85 * f_c * bw1))
A_sy1bot := (M_y1bot) / (phi * F_y * (dz2_min - a_c1 / 2))
Asy_minbot := 0.0018 * bw1 * h1b
Asybot := if OS = 0
           A_sy1bot
         else if OS = 1
           Asy_minbot
         else
           Max(A_sy1bot ; Asy_minbot)
A_var1 := (pi * phi_var1^2) / 4
N_varY := A_sybot / A_var1
NvarY_Realbot := [N_varY]
rho_w_realYbot := (NvarY_Realbot * A_var1) / (bw1 * h1b)
Asybot := [ "Altura" "Peralte efectivo" "Acero Mínimo" "Acero Requerido" "Acero Colocado" "Cuantía" "Ubicación" ]
Asy1 := [ h1b d_z1b Asy_minbot A_sy1bot Asybot rho_w_realYbot "bot" ]

"Recálculo de acero y su distribución en X top"
q_xtop := | sigma_U2 * b |
lva := (a - C_X)
F_qx_top := q_xtop * lva
lva / 2
M_x1top := F_qx_top * lva / 2
h2t := | dz2_min + rec | 1 cm
dz2_min := h2t - rec
phi2 := 0.9
a_c2 := dz2_min - sqrt(dz2_min^2 - (2 * M_x1top) / (phi2 * 0.85 * f_c * bw2))
A_sx1top := (M_x1top) / (phi2 * F_y * (dz2_min - a_c2 / 2))
Asx_min_top := 0.0018 * bw2 * h2t
Asx_top := if OS = 0
            A_sx1top
          else if OS = 1
            Asx_min_top
          else
            Max(A_sx1top ; Asx_min_top)
A_var2 := (pi * phi_var2^2) / 4
N_varX := A_sx_top / A_var2
NvarX_Realtop := [N_varX]
rho_w_realX_top := (NvarX_Realtop * A_var2) / (bw2 * h2t)
Asx_top := Asx_top
Asxs := [ "Altura" "Peralte efectivo" "Acero Mínimo" "Acero Requerido" "Acero Colocado" "Cuantía" "Ubicación" ]
Asxs := [ h2t dz2_min Asx_min_top A_sx1top Asx_top rho_w_realX_top "top" ]

"Recálculo de acero y su distribución en X bot"
q_xbot := | sigma_U2 * 0.6 * b |
lva := (a - C_X)
F_qx_bot := q_xbot * lva
lva / 2
M_x_bot := F_qx_bot * lva / 2

```

```

x1bot := x1bot - qxbot
h2b := [ dz2_min + rec ] 1 cm
dz2_min := h2b - rec
phi2 := 0.9
a_c2 := dz2_min - sqrt( dz2_min^2 - (2 * M_xlbot) / (phi2 * 0.85 * f_c * bw2) )
A_sx1bot := ( M_xlbot / ( phi2 * F_y * ( dz2_min - ( a_c2 / 2 ) ) ) )
A_sx_minbot := 0.0018 * h2b * bw2
A_sxbot := if O8 = 0
            A_sx1bot
        else if O8 = 1
            A_sx_minbot
        else
            Max( A_sx1bot ; A_sx_minbot )
A_var2 := ( pi * phi_var2^2 / 4 )
N_varX := ( A_sxbot / A_var2 )
NvarX_Realbot := [ N_varX ]
rho_w_realXbot := ( NvarX_Realbot * A_var2 / ( bw2 * h2t ) )
A_sx1 := [ "Altura" "Peralte efectivo" "Acero Mínimo" "Acero Requerido" "Acero Colocado" "Cantidad" "Ubicación" ]
           [ h2b dz2_min A_sx_minbot A_sx1bot A_sxbot rho_w_realXbot "bot" ]
dz2_zf := dz2_min
h_zapata := Max( h1t ; h2t )
"Verificación del Peralte"
TXT_ALTURA := if [ dz2_min - dz2_zf ] <= 2 cm
                "No requiere recalculo"
            else
                "Requiere recalculo"

```

$$\begin{aligned}
 A_{s_{YS}} &= \begin{bmatrix} \text{"Altura"} & \text{"Peralte efectivo"} & \text{"Acero Mínimo"} & \text{"Acero Requerido"} & \text{"Acero Colocado"} & \text{"Cantidad"} & \text{"Ubicación"} \\ 0.7 \text{ m} & 0.615 \text{ m} & 0.0014 \text{ m}^2 & 0.0015 \text{ m}^2 & 0.0015 \text{ m}^2 & 0.0056 & \text{"top"} \end{bmatrix} \\
 A_{s_{YI}} &= \begin{bmatrix} \text{"Altura"} & \text{"Peralte efectivo"} & \text{"Acero Mínimo"} & \text{"Acero Requerido"} & \text{"Acero Colocado"} & \text{"Cantidad"} & \text{"Ubicación"} \\ 0.7 \text{ m} & 0.615 \text{ m} & 0.0014 \text{ m}^2 & 0.0009 \text{ m}^2 & 0.0014 \text{ m}^2 & 0.002 & \text{"bot"} \end{bmatrix} \\
 A_{s_{XS}} &= \begin{bmatrix} \text{"Altura"} & \text{"Peralte efectivo"} & \text{"Acero Mínimo"} & \text{"Acero Requerido"} & \text{"Acero Colocado"} & \text{"Cantidad"} & \text{"Ubicación"} \\ 0.7 \text{ m} & 0.615 \text{ m} & 0.0021 \text{ m}^2 & 0.001 \text{ m}^2 & 0.0021 \text{ m}^2 & 0.0018 & \text{"top"} \end{bmatrix} \\
 A_{s_{XI}} &= \begin{bmatrix} \text{"Altura"} & \text{"Peralte efectivo"} & \text{"Acero Mínimo"} & \text{"Acero Requerido"} & \text{"Acero Colocado"} & \text{"Cantidad"} & \text{"Ubicación"} \\ 0.7 \text{ m} & 0.615 \text{ m} & 0.0021 \text{ m}^2 & 0.0006 \text{ m}^2 & 0.0021 \text{ m}^2 & 0.0018 & \text{"bot"} \end{bmatrix}
 \end{aligned}$$

□—Separaciones y distribución del acero

“Separación mínima según la (ACI318–19) 25.2.1”

$$Mayor \left(25 \text{ mm}; d_b; \frac{4}{3} \cdot d_{agg} \right)$$

$$S_{min} = \text{Max} \left(25 \text{ mm}; \varphi_{var1}; \frac{4}{3} \cdot d_{agg} \right)$$

“Separación máxima según la (ACI318–19) 8.7.2.2”

$$Menor (2 \cdot h; 450 \text{ mm})$$

$$S_{max} = \text{Min} (2 \cdot h1; 450 \text{ mm})$$

“Número de varillas calculado”

$$Nv\# = \frac{Asy}{\frac{\pi \cdot \varphi_{var1}^2}{4}}$$

“Número de varillas real a colocar”

“Utilizando la función ceil”

$$Nv\#R = \left\lceil \frac{Asy}{\frac{\pi \cdot \varphi_{var1}^2}{4}} \right\rceil$$

“Acero Colocado”

$$As1_{colocado} = \frac{\pi \cdot \varphi_{var1}^2}{4} \cdot Nv\#R$$

“Separación entre varillas”

$$S_{long} = \frac{a - (2 \cdot rec) - \varphi_{var1}}{Nv\#R - 1}$$

“Acero Eje Y Superior”

$$S1_{min} := \text{Max} \left(25 \text{ mm}; \varphi_{var1}; \frac{4}{3} \cdot d_{agg} \right)$$

$$S1_{max} := \text{Min} (2 \cdot h_{zapata}; 450 \text{ mm})$$

$$Nv\#Y_{1C} := \frac{As_{YS} 2.5}{\frac{\pi \cdot \varphi_{var1}^2}{4}}$$

$$Nv\#Y_{1R} := \left\lceil \frac{As_{YS} 2.5}{\frac{\pi \cdot \varphi_{var1}^2}{4}} \right\rceil$$

$$AsY_{Scolocado} := \frac{\pi \cdot \varphi_{var1}^2}{4} \cdot Nv\#Y_{1R}$$

$$S_{longYS} := \frac{a - (2 \cdot rec) - \varphi_{var1}}{Nv\#Y_{1R} - 1}$$

$$\text{SeparaciónYS} := \begin{cases} \text{“Reduzca el Diametro de la varilla”} & \text{if } S_{longYS} > S1_{max} \\ \text{“Aumente el Diametro de la varilla”} & \text{if } S_{longYS} < S1_{min} \\ \text{“Cumple”} & \text{otherwise} \end{cases}$$

“Acero Eje Y Inferior”

$$S11_{min} := \text{Max} \left(25 \text{ mm}; \varphi_{var11}; \frac{4}{3} \cdot d_{agg} \right)$$

$$S11_{max} := \text{Min} (2 \cdot h_{zapata}; 450 \text{ mm})$$

$$Nv\#Y_{11C} := \frac{As_{YI} 2.5}{\frac{\pi \cdot \varphi_{var11}^2}{4}}$$

$$Nv\#Y_{11R} := \left\lceil \frac{As_{YI} 2.5}{\frac{\pi \cdot \varphi_{var11}^2}{4}} \right\rceil$$

$$AsY_{Icolocado} := \frac{\pi \cdot \varphi_{var11}^2}{4} \cdot Nv\#Y_{11R}$$

$$S_{longYI} := \frac{a - (2 \cdot rec) - \varphi_{var11}}{Nv\#Y_{11R} - 1}$$

$$\text{SeparaciónYI} := \begin{cases} \text{“Reduzca el Diametro de la varilla”} & \text{if } S_{longYI} > S11_{max} \\ \text{“Aumente el Diametro de la varilla”} & \text{if } S_{longYI} < S11_{min} \\ \text{“Cumple”} & \text{otherwise} \end{cases}$$

“Acero Eje X Superior”

$$S2_{min} := \text{Max} \left(25 \text{ mm}; \varphi_{var2}; \frac{4}{3} \cdot d_{agg} \right)$$

$$S2_{max} := \text{Min} (2 \cdot h_{zapata}; 450 \text{ mm})$$

$$Nv\#X_{2C} := \frac{As_{XS} 2.5}{2}$$

$$\begin{aligned}
 & \frac{\pi \cdot \varphi_{var2}}{4} \\
 Nv\#X_{2R} & := \left[\frac{As_{XS} \cdot 2.5}{\frac{\pi \cdot \varphi_{var2}}{4}} \right] \\
 AsX_{Scolocado} & := \frac{\pi \cdot \varphi_{var2}^2}{4} \cdot Nv\#X_{2R} \\
 S_{longXS} & := \frac{b - (2 \cdot rec) - \varphi_{var2}}{Nv\#X_{2R} - 1} \\
 SeparaciónXS & := \begin{cases} \text{"Reduce el Diametro de la varilla"} & \text{if } S_{longXS} > S2_{max} \\ \text{"Aumente el Diametro de la varilla"} & \text{if } S_{longXS} < S2_{min} \\ \text{"Cumple"} & \text{otherwise} \end{cases} \\
 & \text{"Acero Eje X Inferior"} \\
 S22_{min} & := \text{Max} \left(25 \text{ mm} ; \varphi_{var22} ; \frac{4}{3} \cdot d_{agg} \right) \\
 S22_{max} & := \text{Min} \left(2 \cdot h_{zapata} ; 450 \text{ mm} \right) \\
 Nv\#X_{22C} & := \frac{As_{XI} \cdot 2.5}{\frac{\pi \cdot \varphi_{var22}}{4}} \\
 Nv\#X_{22R} & := \left[\frac{As_{XI} \cdot 2.5}{\frac{\pi \cdot \varphi_{var22}}{4}} \right] \\
 AsX_{Icolocado} & := \frac{\pi \cdot \varphi_{var22}^2}{4} \cdot Nv\#X_{22R} \\
 S_{longXI} & := \frac{b - (2 \cdot rec) - \varphi_{var22}}{Nv\#X_{22R} - 1} \\
 SeparaciónXI & := \begin{cases} \text{"Reduce el Diametro de la varilla"} & \text{if } S_{longXI} > S22_{max} \\ \text{"Aumente el Diametro de la varilla"} & \text{if } S_{longXI} < S22_{min} \\ \text{"Cumple"} & \text{otherwise} \end{cases} \\
 Verificación_{Separación} & := \begin{bmatrix} \text{"Eje"} & \text{"Posición del Acero"} & \text{"Separación"} & \text{"Verificación"} \\ \text{"X"} & \text{"Superior"} & S_{longXS} & SeparaciónXS \\ \text{"X"} & \text{"Inferior"} & S_{longXI} & SeparaciónXI \\ \text{"Y"} & \text{"Superior"} & S_{longYS} & SeparaciónYS \\ \text{"Y"} & \text{"Inferior"} & S_{longYI} & SeparaciónYI \end{bmatrix}
 \end{aligned}$$

$$Verificación_{Separación} = \begin{bmatrix} \text{"Eje"} & \text{"Posición del Acero"} & \text{"Separación"} & \text{"Verificación"} \\ \text{"X"} & \text{"Superior"} & \mathbf{0.255 \text{ m}} & \text{"Cumple"} \\ \text{"X"} & \text{"Inferior"} & \mathbf{0.255 \text{ m}} & \text{"Cumple"} \\ \text{"Y"} & \text{"Superior"} & \mathbf{0.2325 \text{ m}} & \text{"Cumple"} \\ \text{"Y"} & \text{"Inferior"} & \mathbf{0.2325 \text{ m}} & \text{"Cumple"} \end{bmatrix}$$

□ Longitud de desarrollo Acero en Zapatas

"Descripción del cálculo de la longitud de desarrollo"

"Utilizando elemento matriz se extrae de un vector el elemento según el subíndice del número de fila y columna"

$As_{ys} 2 7$

"Factor por ubicación del refuerzo ψ_t (ACI318-19) 25.4.2.5"

$\psi_t = \text{if } As_{ys} 2 7 = \text{top}$

1.3

else

1

"Factor de revetimiento epóxico ψ_e (ACI318-19) 25.4.2.5"

"Refuerzo sin recubrimiento o refuerzo recubierto con zinc (galvanizado)"

$\psi_e = 1$

"Factor de resistencia del refuerzo ψ_g (ACI318-19) 25.4.2.5"

"Utiliza cases que nos permite definir por partes funciones condicionales"

"Utiliza el operador booleano or v para condicionar el resultado"

$$\psi_g = \begin{cases} 1 & \text{if } (F_y = 280 \text{ MPa}) \vee (F_y = 40 \text{ ksi}) \\ 1 & \text{if } ((F_y = 420 \text{ MPa}) \vee (F_y = 60 \text{ ksi})) \vee (F_y = 4200 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}) \\ 1.15 & \text{if } (F_y = 550 \text{ MPa}) \vee (F_y = 80 \text{ ksi}) \\ 1.3 & \text{if } (F_y = 690 \text{ MPa}) \vee (F_y = 100 \text{ ksi}) \\ \text{"Grado No Válido"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

"Factor de modificación (ACI318-19) 25.4.2.5"

"Concreto Peso Normal"

$\lambda = 1$

"Longitud de desarrollo para barras corrugadas en tracción (ACI318-19) 25.4.2.3"

$l_{x_{dr}} = \text{if } \varphi_{var} \geq 22 \text{ mm}$

$\left(\frac{F_y \cdot \psi_t \cdot \psi_e \cdot \psi_g}{20 \cdot \lambda \cdot \left(\sqrt{\frac{f_c}{\text{psi}}} \right)} \right) \cdot \varphi_{var}$

else

$\left(\frac{F_y \cdot \psi_t \cdot \psi_e \cdot \psi_g}{25 \cdot \lambda \cdot \left(\sqrt{\frac{f_c}{\text{psi}}} \right)} \right) \cdot \varphi_{var}$

"Distancia desde la cara de la columna hasta el borde de la zapata"

"Se resta la longitud de la zapata menos el recubrimiento y el lado de columna correspondiente"

$l_{x_d} = a - C_x - \text{rec}$

"Verificación longitud de desarrollo requerida vs longitud disponible"

if $l_{x_{dr}} \geq l_{x_d}$

"No requiere ganchos"

else

"Geometría del gancho estándar para el desarrollo de barras corrugadas en tracción (ACI318-19) 25.3.1"

"Tipo de gancho estándar 90 grados"

"Se utiliza función cases"

"Diámetro interior del doblado" if $25 \text{ mm} \geq \varphi_{var} \geq 10 \text{ mm}$

$D_{int} = 6 \cdot \varphi_{var}$

"Extensión recta"

$l_{ext} = 12 \cdot \varphi_{var}$

"Diámetro interior del doblado" if $36 \text{ mm} \geq \varphi_{var} \geq 28 \text{ mm}$

$D_{int} = 8 \cdot \varphi_{var}$

"Extensión recta"

$l_{ext} = 12 \cdot \varphi_{var}$

"Diámetro interior del doblado" if $57 \text{ mm} \geq \varphi_{var} \geq 40 \text{ mm}$

$D_{int} = 10 \cdot \varphi_{var}$

"Extensión recta"

$l_{ext} = 12 \cdot \varphi_{var}$

"Diámetro no válido" otherwise

D_{int}

l_{ext}

"Longitudes de desarrollo calculadas"

$lg1 = l_{ext} + \frac{D_{int}}{2}$

$lg2 = |l_{x_d} - l_{x_{dr}}|$

"Longitud el gancho"

"Utiliza Max para seleccionar el valor más grande de una lista"

$lg = \text{Max} (lg1 ; lg2)$

□ Longitud de desarrollo en X

```

"Longitud de desarrollo En Y superior"
psi_t := if As_XS_27 = "top"
    1.3
    else
    1
psi_g := 1
psi_g := {
    1 if (F_y = 280 MPa) ∨ (F_y = 40 ksi)
    1 if ((F_y = 420 MPa) ∨ (F_y = 60 ksi)) ∨ (F_y = 4200  $\frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$ )
    1.15 if (F_y = 550 MPa) ∨ (F_y = 80 ksi)
    1.3 if (F_y = 690 MPa) ∨ (F_y = 100 ksi)
    "Grado No Válido" otherwise
}
lambda := 1
lxs_dr := if phi_var2 ≥ 22 mm
    (  $\frac{F_y \cdot \psi_t \cdot \psi_e \cdot \psi_g}{20 \cdot \lambda \cdot \left( \sqrt{\frac{f_c}{\text{psi}}} \right)}$  ) · phi_var2
    else
    (  $\frac{F_y \cdot \psi_t \cdot \psi_e \cdot \psi_g}{25 \cdot \lambda \cdot \left( \sqrt{\frac{f_c}{\text{psi}}} \right)}$  ) · phi_var2
lxs_d := a - C_X - rec
if lxs_d ≥ lxs_dr
    lg_xs := 0 cm
    lg_xsTXT := " No requiere ganchos"
else
    {
        D_int := 6 · phi_var2 if 25 mm ≥ phi_var2 ≥ 10 mm
        l_ext := 12 · phi_var2
        D_int := 8 · phi_var2 if 36 mm ≥ phi_var2 ≥ 28 mm
        l_ext := 12 · phi_var2
        D_int := 10 · phi_var2 if 57 mm ≥ phi_var2 ≥ 40 mm
        l_ext := 12 · phi_var2
        "Diámetro no valido" otherwise
    }
    D_int
    l_ext
    lg1_xs := l_ext +  $\frac{D_{\text{int}}}{2}$ 
    lg2_xs := |lxs_d - lxs_dr|
    lg_xs := Max (lg1_xs ; lg2_xs)
    lg_xsTXT := " Requiere Ganchos"

```

$$lg_{xs} = 0.3289 \text{ m}$$

□—Longitud de desarrollo en X

```

"Longitud de desarrollo En Y superior"
psi_t := if AS_XI_27 = "top"
    1.3
    else
    1
psi_g := 1
psi_g := {
    1 if (F_y = 280 MPa) ∨ (F_y = 40 ksi)
    1 if ((F_y = 420 MPa) ∨ (F_y = 60 ksi)) ∨ (F_y = 4200  $\frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$ )
    1.15 if (F_y = 550 MPa) ∨ (F_y = 80 ksi)
    1.3 if (F_y = 690 MPa) ∨ (F_y = 100 ksi)
    "Grado No Válido" otherwise
}
lambda := 1
lxi_dr := if phi_var22 >= 22 mm
    {
         $\frac{F_y \cdot \psi_t \cdot \psi_e \cdot \psi_g}{20 \cdot \lambda \cdot \left(\sqrt{\frac{f_c}{\text{psi}}}\right)} \cdot \phi_{\text{var22}}$ 
    }
    else
    {
         $\frac{F_y \cdot \psi_t \cdot \psi_e \cdot \psi_g}{25 \cdot \lambda \cdot \left(\sqrt{\frac{f_c}{\text{psi}}}\right)} \cdot \phi_{\text{var22}}$ 
    }
lxi_d := a - C_x - rec
if lxi_d >= lxi_dr
    {
        lgs_xi := 0 cm
        lgs_TXT := " No requiere ganchos"
    }
else
    {
        {
            D_int := 6 · phi_var22 if 25 mm >= phi_var22 >= 10 mm
            l_ext := 12 · phi_var22
        }
        {
            D_int := 8 · phi_var22 if 36 mm >= phi_var22 >= 28 mm
            l_ext := 12 · phi_var22
        }
        {
            D_int := 10 · phi_var22 if 57 mm >= phi_var22 >= 40 mm
            l_ext := 12 · phi_var22
        }
        "Diámetro no valido" otherwise
    }
    D_int
    l_ext
    lgs_xi := l_ext +  $\frac{D_{\text{int}}}{2}$ 
    lgs2_xi := |lxi_d - lxi_dr|
    lgs_xi := Max (lgs_xi ; lgs2_xi)
    lgs_TXT := " Requiere Ganchos"

```

$$l_{g_{xi}} = 0.3 \text{ m}$$

□—Longitud de desarrollo en Y

```

"Longitud de desarrollo En Y superior"
psi_t := if As_ys_27 = "top"
    1.3
    else
    1
psi_g := 1
psi_g := {
    1 if (F_y = 280 MPa) ∨ (F_y = 40 ksi)
    1 if ((F_y = 420 MPa) ∨ (F_y = 60 ksi)) ∨ (F_y = 4200  $\frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$ )
    1.15 if (F_y = 550 MPa) ∨ (F_y = 80 ksi)
    1.3 if (F_y = 690 MPa) ∨ (F_y = 100 ksi)
    "Grado No Válido" otherwise
}
lambda := 1
lys_dr := if phi_var1 ≥ 22 mm
     $\left( \frac{F_y \cdot \psi_t \cdot \psi_e \cdot \psi_g}{20 \cdot \lambda \cdot \left( \sqrt{\frac{f_c}{\text{psi}}} \right)} \right) \cdot \phi_{\text{var1}}$ 
    else
     $\left( \frac{F_y \cdot \psi_t \cdot \psi_e \cdot \psi_g}{25 \cdot \lambda \cdot \left( \sqrt{\frac{f_c}{\text{psi}}} \right)} \right) \cdot \phi_{\text{var1}}$ 
lys_d := b - C_v - rec
if lys_d ≥ lys_dr
    lg_ys := 0 cm
    lg_ysTXT := " No requiere ganchos"
else
    {
        D_int := 6 · phi_var1 if 25 mm ≥ phi_var1 ≥ 10 mm
        l_ext := 12 · phi_var1
        D_int := 8 · phi_var1 if 36 mm ≥ phi_var1 ≥ 28 mm
        l_ext := 12 · phi_var1
        D_int := 10 · phi_var1 if 57 mm ≥ phi_var1 ≥ 40 mm
        l_ext := 12 · phi_var1
        "Diámetro no valido" otherwise
    }
    D_int
    l_ext
    lg1_ys := l_ext +  $\frac{D_{\text{int}}}{2}$ 
    lg2_ys := |lys_d - lys_dr|
    lg_ys := Max (lg1_ys ; lg2_ys)
    lg_ysTXT := " Requiere Ganchos"

```

lg_ys = 0

□— Longitud de desarrollo en Y

```

"Longitud de desarrollo En Y superior"
psi_t := if AS_YT_27 = "top"
    1.3
    else
    1
psi_g := 1
psi_e := {
    1 if (F_y = 280 MPa) v (F_y = 40 ksi)
    1 if ((F_y = 420 MPa) v (F_y = 60 ksi)) v (F_y = 4200  $\frac{kgf}{cm^2}$ )
    1.15 if (F_y = 550 MPa) v (F_y = 80 ksi)
    1.3 if (F_y = 690 MPa) v (F_y = 100 ksi)
    "Grado No Válido" otherwise
}
lambda := 1
lyi_dr := if phi_var11 >= 22 mm
    (  $\frac{F_y \cdot \psi_t \cdot \psi_e \cdot \psi_g}{20 \cdot \lambda \cdot \left(\sqrt{\frac{f_c}{psi}}\right)}$  ) \cdot phi_var11
    else
    (  $\frac{F_y \cdot \psi_t \cdot \psi_e \cdot \psi_g}{25 \cdot \lambda \cdot \left(\sqrt{\frac{f_c}{psi}}\right)}$  ) \cdot phi_var11
lyi_d := b - C_y - rec
if lyi_d >= lyi_dr
    lg_yi := 0 cm
    lg_yiTXT := " No requiere ganchos"
else
    {
        D_int := 6 \cdot phi_var11 if 25 mm >= phi_var11 >= 10 mm
        l_ext := 12 \cdot phi_var11
        D_int := 8 \cdot phi_var11 if 36 mm >= phi_var11 >= 28 mm
        l_ext := 12 \cdot phi_var11
        D_int := 10 \cdot phi_var11 if 57 mm >= phi_var11 >= 40 mm
        l_ext := 12 \cdot phi_var11
        "Diámetro no valido" otherwise
    }
    D_int
    l_ext
    lg1_yi := l_ext +  $\frac{D_int}{2}$ 
    lg2_yi := |lyi_d - lyi_dr|
    lg_yi := Max (lg1_yi ; lg2_yi)
    lg_yiTXT := " Requiere Ganchos"
}

Longitud_Desarrollo := {
    "Eje" "Posición" "Longitud" "Verificación"
    "x" "Superior" lg_xs lg_xsTXT
    "x" "Inferior" lg_xi lg_xiTXT
    "y" "Superior" lg_ys lg_ysTXT
    "y" "Inferior" lg_yi lg_yiTXT
}

```

```

Longitud_Desarrollo = {
    "Eje" "Posición" "Longitud" "Verificación"
    "x" "Superior" 0.3289 m " Requiere Ganchos"
    "x" "Inferior" 0.3 m " Requiere Ganchos"
    "y" "Superior" 0 " No requiere ganchos"
    "y" "Inferior" 0 " No requiere ganchos"
}

```

- Coeficiente de Ajuste _____
- Factor Ajuste relación base-altura de la viga _____
- Factores Resultantes _____
- Momentos y Cortantes Resultantes _____

"Simplificación de Unidades"

"Carga Puntual"

$$P_u := \frac{\left(\frac{P_U}{\text{UnitsOf}(P_U)} \right)}{1000}$$

$$P_e := \frac{\left(\frac{P_e}{\text{UnitsOf}(P_e)} \right)}{1000}$$

"Momento en la zapata2"

$$M_{uy2} := \frac{\left(\frac{MY2_U}{\text{UnitsOf}(MY2_U)} \right)}{1000}$$

$$M_{sy2} := \frac{\left(\frac{My2}{\text{UnitsOf}(My2)} \right)}{1000}$$

"Momento en la zapata1"

$$M_{ux1} := \frac{\left(\frac{MX1_U}{\text{UnitsOf}(MX1_U)} \right)}{1000}$$

$$M_{sx1} := \frac{\left(\frac{Mx1}{\text{UnitsOf}(Mx1)} \right)}{1000}$$

"Momento en la zapata de esquina"

$$M_{uye} := \frac{\left(\frac{MU_{Ye}}{\text{UnitsOf}(MU_{Ye})} \right)}{1000}$$

$$M_{sye} := \frac{\left(\frac{Mye}{\text{UnitsOf}(Mye)} \right)}{1000}$$

$$M_{uxe} := \frac{\left(\frac{MU_{Xe}}{\text{UnitsOf}(MU_{Xe})} \right)}{1000}$$

$$M_{sxe} := \frac{\left(\frac{Mxe}{\text{UnitsOf}(Mxe)} \right)}{1000}$$

"Peso de la zapata"

$$P_{zeR} := \frac{\left(\frac{Pze_R}{\text{UnitsOf}(Pze_R)} \right)}{1000}$$

$$P_{zeRU} := \frac{\left(\frac{Pze_{RU}}{\text{UnitsOf}(Pze_{RU})} \right)}{1000}$$

"Carga distribuida Viga 1"

$$W_{sV1} := \frac{\left(\frac{Ws_{V1}}{\text{UnitsOf}(Ws_{V1})} \right)}{1000}$$

$$W_{uV1} := \frac{\left(\frac{Wu_{V1}}{\text{UnitsOf}(Wu_{V1})} \right)}{1000}$$

```

**V1      1000
"Carga ditribuida Viga 2"
WsV2 :=  $\frac{\left(\frac{Ws_{V2}}{\text{UnitsOf}(Ws_{V2})}\right)}{1000}$ 
WuV2 :=  $\frac{\left(\frac{Wu_{V2}}{\text{UnitsOf}(Wu_{V2})}\right)}{1000}$ 
"MOMENTOS"
"Momentos de Servicio máximos que actuan en la viga al borde de la zapata"
"Viga2"
MS2_Puntual := M2_PUNTUAL · Pe
MS2_Momento := - (M2_MOMENTO · Msy2)
MS2_MomentoZ := (M2_MomentoZ · Msye)
MS2_Distribuida := M2_Distribuida · WsV2
"Viga1"
MS1_Puntual := (M1_PUNTUAL · Pe)
MS1_Momento := - (M1_MOMENTO · Msx1)
MS1_MomentoZ := M1_MomentoZ · Msxe
MS1_Distribuida := (- M1_Distribuida) · WsV1
"Momentos Ultimos máximos que actuan en la viga al borde de la zapata"
"Viga2"
MU2_Puntual := M2_PUNTUAL · Pu
MU2_Momento := - (M2_MOMENTO · Muy2)
MU2_MomentoZ := M2_MomentoZ · Muye
MU2_Distribuida := M2_Distribuida · WuV2
"Viga1"
MU1_Puntual := (M1_PUNTUAL · Pu)
MU1_Momento := - (M1_MOMENTO · Mux1)
MU1_MomentoZ := M1_MomentoZ · Muxe
MU1_Distribuida := (- M1_Distribuida) · WuV1
"Momento de resistencia estado Servicio"
"Viga1"
MS11_Resultante := (MS1_Puntual + MS1_Momento + MS1_MomentoZ + MS1_Distribuida) kN m
"Viga2"
MS22_Resultante := (MS2_Puntual + MS2_Momento + MS2_MomentoZ + MS2_Distribuida) kN m
"Momento de resistencia estado Último"
"Viga1"
MU11_Resultante := (MU1_Puntual + MU1_Momento + MU1_MomentoZ + MU1_Distribuida) kN m
"Viga2"
MU22_Resultante := (MU2_Puntual + MU2_Momento + MU2_MomentoZ + MU2_Distribuida) kN m

```

```

"CORTANTES"
"Cortantes de Servicio máximos que actuan en la viga al borde de la zapata"
"Viga2"
VS2_Puntual := V2_PUNTUAL · Pe
VS2_Momento := V2_MOMENTO · Msy2
VS2_MomentoZ := V2_MomentoZ · Msye
VS2_Distribuida := V2_Distribuida · Ws_V2
"Viga1"
VS1_Puntual := (- V1_PUNTUAL) · Pe
VS1_Momento := (- V1_MOMENTO) · Msx1
VS1_MomentoZ := (- V1_MomentoZ) · Msxe
VS1_Distribuida := (- V1_Distribuida) · Ws_V1
"Cortantes Ultimos máximos que actuan en la viga al borde de la zapata"
"Viga2"
VU2_Puntual := V2_PUNTUAL · Pu
VU2_Momento := V2_MOMENTO · Muy2
VU2_MomentoZ := V2_MomentoZ · Muye
VU2_Distribuida := V2_Distribuida · Wu_V2
"Viga1"
VU1_Puntual := -(V1_PUNTUAL · Pu)
VU1_Momento := -(V1_MOMENTO · Mux1)
VU1_MomentoZ := -(V1_MomentoZ · Muxe)
VU1_Distribuida := -(V1_Distribuida · Wu_V1)
"Cambio de signos por la posición del momento vs cortante"
"Cortantes de resistencia estado Servicio"
"Viga1"
VS11_Resultante := (VS1_Puntual + VS1_Momento + VS1_MomentoZ + VS1_Distribuida) kN
"Viga2"
VS22_Resultante := (VS2_Puntual + VS2_Momento + VS2_MomentoZ + VS2_Distribuida) kN
"Cortantes de resistencia estado Último"
"Viga1"
VU11_Resultante := (VU1_Puntual + VU1_Momento + VU1_MomentoZ + VU1_Distribuida) kN
"Viga2"
VU22_Resultante := (VU2_Puntual + VU2_Momento + VU2_MomentoZ + VU2_Distribuida) kN
Cortantes_Momentos_MAX := [
    " " " " "Viga 1" "Viga 2"
    "ELU" "Momentos Máximos" MU11_Resultante MU22_Resultante
    "ELU" "Cortantes Máximos" VU11_Resultante VU22_Resultante
    "ELS" "Cortantes Máximos" VS11_Resultante VS22_Resultante
    "ELS" "Momentos Máximos" MS11_Resultante MS22_Resultante
]

```

$$\text{Cortantes_Momentos}_{\text{MAX}} = \begin{bmatrix} \text{" " " " "Viga 1" "Viga 2"} \\ \text{"ELU" "Momentos M\u00e1ximos" } - 2.2756 \cdot 10^5 \frac{\text{kg m}^2}{\text{s}^2} - 1.4536 \cdot 10^5 \frac{\text{kg m}^2}{\text{s}^2} \\ \text{"ELU" "Cortantes M\u00e1ximos" } 96502.399 \frac{\text{kg m}}{\text{s}^2} - 1.053 \cdot 10^5 \frac{\text{kg m}}{\text{s}^2} \\ \text{"ELS" "Cortantes M\u00e1ximos" } 69262.2515 \frac{\text{kg m}}{\text{s}^2} - 75913.0144 \frac{\text{kg m}}{\text{s}^2} \\ \text{"ELS" "Momentos M\u00e1ximos" } - 1.6509 \cdot 10^5 \frac{\text{kg m}^2}{\text{s}^2} - 1.0642 \cdot 10^5 \frac{\text{kg m}^2}{\text{s}^2} \end{bmatrix}$$

□— VIGA1

□— Dise\u00f1o de Viga 1

```

"Datos de Ingreso"
"Ancho de la secci\u00f3n"
bw_V1 := bwv1
"Momento de dise\u00f1o"
Mu_V1 := |MU11_Resultante|
"Cortante de dise\u00f1o"
Vu_V1 := |VU11_Resultante|
fy := Fy
"Bucle para recalculer la altura de la viga seg\u00fan el \u00e1rea de refuerzo"
d_V1 := h_V1 - rec_v
phi_V1 := 0.9
As_V11 := 
$$\frac{0.85 \cdot f_c \cdot bw_{V1} \cdot \left( d_{V1} - \sqrt{d_{V1}^2 - 2 \cdot \left( \frac{Mu_{V1}}{\phi_{V1} \cdot 0.85 \cdot f_c \cdot bw_{V1}} \right)} \right)}{f_y}$$

"arg devuelve el angulo entre el eje real y el n\u00famero complejo"
"arg nos permite verificar si un n\u00famero es imaginario"
hr1 := if (arg(As_V11) = 0)
    h_V1
  else
    while (arg(As_V11) \neq 0)
      |Delta h := 5 cm
      |h_V1 := h_V1 + Delta h
      |d_V1 := h_V1 - rec_v
      |
$$As_{V11} := \frac{0.85 \cdot f_c \cdot bw_{V1} \cdot \left( d_{V1} - \sqrt{d_{V1}^2 - 2 \cdot \left( \frac{Mu_{V1}}{\phi_{V1} \cdot 0.85 \cdot f_c \cdot bw_{V1}} \right)} \right)}{f_y}$$

      |h_V1
    end while
  end if

```

□— C\u00c1LCULO DE ALTURA DE VIGA 1 SEG\u00daN DISE\u00d1O A FLEXI\u00d3N

```

"DISE\u00d1O A FLEXI\u00d3N"
"Distancia desde la fibra extrema en compresi\u00f3n hasta el centroide del refuerzo longitudinal"
"en tracci\u00f3n"
d_V1 := h_V1 - rec_v
"C\u00e1lculo del factor beta(ACI318-19) 22.2.2.4.3"
beta := 
$$\begin{cases} 0.85 & \text{if } (2500 \text{ psi} \leq f_c) \wedge (f_c \leq 4000 \text{ psi}) \\ 0.85 \cdot f_c & \text{if } (f_c > 4000 \text{ psi}) \end{cases}$$


```

```

    { 0.85 * (0.009 * fcc - 4000 psi) / 10000 psi if (4000 psi ≤ f'c) ∧ (f'c ≤ 8000 psi)
    { 0.65 otherwise
  }
  "Factor de reducción de resistencia para momento φ (ACI318-19) 21.2.2"
  "Assumido"
  φV1 := 0.9
  "Cálculo área de refuerzo longitudinal no preesforzado a tracción"
  AsV11 := 
$$\frac{0.85 \cdot f'c \cdot bw_{V1} \cdot \left( d_{V1} - \sqrt{d_{V1}^2 - 2 \cdot \left( \frac{Mu_{V1}}{\phi_{V1} \cdot 0.85 \cdot f'c \cdot bw_{V1}} \right)} \right)}{f_y}$$

  "Profundidad del bloque de rectangular equivalente de esfuerzos"
  aV1 := 
$$\frac{A_{sV11} \cdot f_y}{0.85 \cdot f'c \cdot bw_{V1}}$$

  "Distancia medida desde la fibra extrema en compresión al eje neutro"
  cV1 := 
$$\frac{a_{V1}}{\beta_1}$$

  "Verificación del factor de resistencia"
  "Máxima deformación unitaria del concreto, en la fibra extrema sometida a compresión"
  " (ACI318-19) 22.2.2.1 "
  εcu := 0.003
  "Deformación Unitaria de fluencia para acero de refuerzo corrugado (ACI318-19) 21.2.2.1"
  εty := 
$$\frac{f_y}{E_s}$$

  "Valor límite de la deformación neta por tracción en la capa extrema del refuerzo de tensión longitudinal"
  "utilizado para definir la sección controlada por tensión"
  εt = εty + 0.003
  
$$\frac{\epsilon_{cu} + \epsilon_t}{d_t} = \frac{\epsilon_{cu}}{c}$$

  εt := 
$$\frac{\epsilon_{cu}}{c_{V1}} \cdot d_{V1} - \epsilon_{cu}$$

  "Factor de reducción de resistencia (ACI318-19) 21.2.2"
  "Sección controlada por tensión"
  "BUCLE PARA CALCULAR EL NUEVO FACTOR DE REDUCCIÓN"
  if εt ≥ εty + 0.003
    φV1 := 0.9
  else
    while εt ≤ εty + 0.003
      ΔV1 := 10 cm
      hV1 := hV1 + ΔV1
      dV1 := hV1 - recv
      bwV1 := bwV1
      φV11 := 0.9
      AsV11 := 
$$\frac{0.85 \cdot f'c \cdot bw_{V1} \cdot \left( d_{V1} - \sqrt{d_{V1}^2 - 2 \cdot \left( \frac{Mu_{V1}}{\phi_{V11} \cdot 0.85 \cdot f'c \cdot bw_{V1}} \right)} \right)}{f_y}$$

      aV1 := 
$$\frac{A_{sV11} \cdot f_y}{0.85 \cdot f'c \cdot bw_{V1}}$$

      cV1 := 
$$\frac{a_{V1}}{\beta_1}$$

      εcu := 0.003
      εty := 
$$\frac{f_y}{E_s}$$

      εt := 
$$\frac{\epsilon_{cu}}{c_{V1}} \cdot d_{V1} - \epsilon_{cu}$$

      φV1 := 0.9
      hV1
      φV1
      hV1
    "Altura efectiva Verificada o recalculada"
    dV1 := hV1 - recv
    "Recálculo área de refuerzo longitudinal no preesforzado a tracción"
    AscalV1 := 
$$\frac{0.85 \cdot f'c \cdot bw_{V1} \cdot \left( d_{V1} - \sqrt{d_{V1}^2 - 2 \cdot \left( \frac{Mu_{V1}}{\phi_{V1} \cdot 0.85 \cdot f'c \cdot bw_{V1}} \right)} \right)}{f_y}$$

    "Cuantía del acero de refuerzo (ACI318-19) Notación 2.2"
    ρcalV1 := 
$$\frac{A_{s_{cal}V1}}{b \cdot d_{V1}}$$


```

$$\begin{aligned}
 & \cdot \cdot \quad b w_{V1} \cdot d_{V1} \\
 & \text{"Área de refuerzo mínimo para flexión en vigas no preesforzadas (ACI318-19)9.6.1"} \\
 & \text{"As.min debe ser el mayor de a, b (ACI318-19) 9.6.1.2"} \\
 & A_{smin_{V1}} := \text{Max} \left(\left(\frac{3 \cdot \left(\sqrt{\frac{f_c}{\text{psi}}} \right) \cdot \text{psi}}{f_y} \cdot b w_{V1} \cdot d_{V1} \right); \left(\frac{200 \text{ psi}}{f_y} \cdot b w_{V1} \cdot d_{V1} \right) \right) \\
 & \text{"Cuantía del acero de refuerzo(ACI318-19) Notación 2.2"} \\
 & \rho_{min_{V1}} := \frac{A_{smin_{V1}}}{b w_{V1} \cdot d_{V1}} \\
 & \text{"Área de refuerzo máximo para flexión"} \\
 & A_{smax_{V1}} := \frac{0.85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot \epsilon_{cu}}{f_y \cdot (\epsilon_{cu} + \epsilon_{ly} + 0.003)} \cdot b w_{V1} \cdot d_{V1} \\
 & \text{"Cuantía máxima del acero de refuerzo"} \\
 & \rho_{max_{V1}} := \frac{A_{smax_{V1}}}{b w_{V1} \cdot d_{V1}} \\
 & \text{"Área de acero requerido"} \\
 & A_{s_{V1re}} := \text{Min} \left(\text{Max} \left(A_{smin_{V1}}; A_{scal_{V1}} \right); A_{smax_{V1}} \right) \\
 & \text{"Momento de diseño máximo"} \\
 & M_{u_{max_{V1}}} := \phi_{V1} \cdot \rho_{max_{V1}} \cdot f_y \cdot b w_{V1} \cdot d_{V1}^2 \cdot \left(1 - \frac{\rho_{max_{V1}} \cdot f_y}{1.7 \cdot f_c} \right) \\
 & \text{"Cuantía del acero de refuerzo(ACI318-19) Notación 2.2"} \\
 & \rho_{req_{V1}} := \frac{A_{s_{V1re}}}{b w_{V1} \cdot d_{V1}} \\
 & \text{DiseñoAcero}_{V1} := \left[\begin{array}{l} \text{"Peralte Efectivo"} \quad \text{"Área de acero requerido"} \quad \text{"Área de acero Máximo"} \quad \text{"Área de acero mínimo"} \quad \text{"Área de acero Calculada"} \\ d_{V1} \quad A_{s_{V1re}} \quad A_{smax_{V1}} \quad A_{smin_{V1}} \quad A_{scal_{V1}} \end{array} \right]
 \end{aligned}$$

$$A_{s_{V1re}} = 1289.5105 \text{ mm}^2 \quad A_{smin_{V1}} = 574.5631 \text{ mm}^2$$

$$\text{DiseñoAcero}_{V1} = \left[\begin{array}{l} \text{"Peralte Efectivo"} \quad \text{"Área de acero requerido"} \quad \text{"Área de acero Máximo"} \quad \text{"Área de acero mínimo"} \quad \text{"Área de acero Calculada"} \\ 0.5 \text{ m} \quad 0.0013 \text{ m}^2 \quad 0.0031 \text{ m}^2 \quad 0.0006 \text{ m}^2 \quad 0.0013 \text{ m}^2 \end{array} \right]$$

□— CÁLCULO DE LA ALTURA DE VIGA 1 SEGÚN DISEÑO A CORTANTE —

$$\begin{aligned}
 & \text{"Diseño a Cortante"} \\
 & \text{"Factor de reducción de resistencia } \phi \text{ Cortante (ACI318-19) 21.2.1"} \\
 & \phi_{V1} := 0.75 \\
 & \text{"Área total de refuerzo longitudinal no preesforzado (ACI318-19) Notación 2.2"} \\
 & A_{st_{V1}} := A_{s_{V1re}} \\
 & \text{"Cuantía del acero de refuerzo A.s evaluada en bwd (ACI318-19) Notación 2.2"} \\
 & \rho_{w_{V1}} := \rho_{req_{V1}} \\
 & \text{"Área bruta de la sección de concreto (ACI318-19) Notación 2.2"} \\
 & A_{g_{V1}} := b w_{V1} \cdot h_{V1} \\
 & \text{"Refuerzo corrugado no preesforzado (ACI318-19) 20.2.2.4(a)"} \\
 & f_{yt} := \begin{cases} \text{if } f_y \leq 60000 \text{ psi} \\ \quad f_y \\ \text{else} \\ \quad 60000 \text{ psi} \end{cases} \\
 & \text{"Factor de modificación } \lambda \text{ concreto normal (ACI318-19) 19.2.4.3"} \\
 & \lambda_1 := 1 \\
 & \text{"Resistencia límite para cortante que aporta el acero(ACI318-19)22.5.1.2"} \\
 & V_{sMax_{V1}} := 8 \cdot \left(\sqrt{\frac{f_c}{\text{psi}}} \right) \cdot \text{psi} \cdot b w_{V1} \cdot d_{V1} \\
 & \text{"Resistencia máxima a cortante que aportan el concreto(ACI318-19)22.5.5.1.1"} \\
 & V_{c_{max_{V1}}} := 5 \cdot \lambda_1 \cdot \left(\sqrt{\frac{f_c}{\text{psi}}} \right) \cdot \text{psi} \cdot b w_{V1} \cdot d_{V1} \\
 & \text{"Fuerza axial Nu"} \\
 & N_{u_{V1}} := 0 \text{ kN} \\
 & \text{"Factor de modificación por efecto de tamaño(ACI318-19)22.5.5.1.3"} \\
 & \lambda_1 s_{V1} := \text{if } \sqrt{\frac{2}{1 + \frac{d_{V1}}{1000}}} \leq 1
 \end{aligned}$$

```

      1 ( 10 in )
      |-----|
      | 2 |
      |-----|
      | 1 + dV1 |
      |-----|
      | 10 in |
    else
      1
    "Cortante resistente del concreto (ACI318-19)22.5.5.1"
    Vc1V1 := 2 · λ1 · ( √( fc / psi ) psi ) + ( NuV1 / ( 6 · AgV1 ) ) · bwV1 · dV1
    Vc2V1 := ( 8 · λ1 · ρwV1 )1/3 · ( √( fc / psi ) psi ) + ( NuV1 / ( 6 · AgV1 ) ) · bwV1 · dV1
    Vc3V1 := ( 8 · λ1 · λ1sV1 · ρwV1 )1/3 · ( √( fc / psi ) psi ) + ( NuV1 / ( 6 · AgV1 ) ) · bwV1 · dV1
    VcV1 := if AstV1 ≤ AsminV1
      Vc3V1
    else
      Max ( Vc1V1 ; Vc2V1 )
    "Bucle para condicionar que el Cortante resistente sea menor que el cortante máximo que resiste el hotmigón"
    if φV1 · VcV1 > φV1 · VcmaxV1
      while φV1 · VcV1 > φV1 · VcmaxV1
        hV1 := hV1 + ΔV1
        dV1 := hV1 - recv
        λ1 := 1
        VcmaxV1 := 5 · λ1 · ( √( fc / psi ) psi ) · bwV1 · dV1
      else
        hV1
    VcV1 := if AstV1 ≤ AsminV1
      Vc3V1
    else
      Max ( Vc1V1 ; Vc2V1 )
    "Recálculo de cotante máximo que aporta el acero de refuerzo"
    VSMaxV1 := 8 · ( √( fc / psi ) psi ) · bwV1 · dV1
    "Cortante máximo que soporta nuestra sección (ACI318-19)22.5.1.2"
    VumaxV1 := φV1 · ( VcV1 + VSMaxV1 )
    if ( VuV1 ≤ φV1 · VcV1 ) ∧ ( hV1 ≤ 10 in )
      Av | SV1 := 0  $\frac{mm^2}{m}$ 
    else
      "BUCLE PARA RECALCULAR LA ALTURA DE LA VIGA"
      while φV1 · VumaxV1 < VuV1
        hV1 := hV1 + ΔV1
        dV1 := hV1 - recv
        λ1 := 1
        VSMaxV1 := 8 · ( √( fc / psi ) psi ) · bwV1 · dV1
        VcmaxV1 := 5 · λ1 · ( √( fc / psi ) psi ) · bwV1 · dV1
        NuV1 := 0 kN
        Vc1V1 := 2 · λ1 · ( √( fc / psi ) psi ) + ( NuV1 / ( 6 · AgV1 ) ) · bwV1 · dV1
        Vc2V1 := ( 8 · λ1 · ρwV1 )1/3 · ( √( fc / psi ) psi ) + ( NuV1 / ( 6 · AgV1 ) ) · bwV1 · dV1
        VcV1 := Max ( Vc1V1 ; Vc2V1 )
        VumaxV1 := φV1 · ( VcV1 + VSMaxV1 )
      " Refuerzo minimo a cortante requerido que cumple con la tabla (ACI318-19)9.6.3.4"

```

"Tipo de viga NO preesforzada"

$$Av_{min} | S_{V1} := \text{Max} \left(\left(0.75 \cdot \sqrt{\frac{f_c}{\text{psi}}} \cdot \frac{bw_{V1}}{f_{yt}} \right); \left(50 \text{ psi} \cdot \frac{bw_{V1}}{f_{yt}} \right) \right)$$

"Área de refuerzo a cortante requerida (ACI318-19)R9.6.3.1-22.5.8.5"

"Área por unidad de longitud"

$$Av | \text{Scal}_{V1} := \frac{(Vu_{V1} - \phi V_1 \cdot Vc_{V1})}{\phi V_1 \cdot f_{yt} \cdot d_{V1}}$$

$$Av | S_{V1} := \text{if } Av | \text{Scal}_{V1} > 0$$

$$\quad \text{Max} (Av_{min} | S_{V1}; Av | \text{Scal}_{V1})$$

$$\quad \text{else}$$

$$\quad \text{Max} \left(0 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}; Av_{min} | S_{V1} \right)$$

"Resistencia a cortante proporcionada por el refuerzo transversal (ACI318-19)R9.6.3.1-22.5.8.5"

$$Vs_{V1} := Av | S_{V1} \cdot f_{yt} \cdot d_{V1}$$

" ϕ Vc Cortante resistente del concreto"

$$\phi Vc_{V1} := \phi V_1 \cdot Vc_{V1}$$

" ϕ Vs Resistencia a cortante proporcionada por el refuerzo transversal"

$$\phi Vs_{V1} := \phi V_1 \cdot Vs_{V1}$$

"Refuerzo mínimo a cortante (ACI318-19) 9.6.3.1"

$$\phi V_1 \cdot \lambda_1 \cdot \left(\sqrt{\frac{f_c}{\text{psi}}} \cdot \text{psi} \right) \cdot bw_{V1} \cdot d_{V1}$$

"Espaciamento máximo para las ramas del refuerzo de cortante (ACI318-19) 9.7.6.2.2"

$$S_{maxV1} := \text{if } Vs_{V1} \leq \left(4 \cdot \left(\sqrt{\frac{f_c}{\text{psi}}} \cdot \text{psi} \right) \cdot bw_{V1} \cdot d_{V1} \right)$$

$$\quad \text{Min} \left(\frac{d_{V1}}{2}; 24 \text{ in} \right)$$

$$\quad \text{else}$$

$$\quad \text{Min} \left(\frac{d_{V1}}{4}; 12 \text{ in} \right)$$

"Resistencia nominal para cortante en una dirección (ACI318-19) 22.5.1.1"

$$Vn_{V1} := Vc_{V1} + Vs_{V1}$$

"Ratio de corte"

$$r_{corteV1} := \frac{Vu_{V1}}{\phi V_1 \cdot Vn_{V1}}$$

Dimensiones_{VIGA1} := ["Base" "Altura" "Recubrimiento"]

$$\left[\begin{array}{ccc} bw_{V1} & h_{V1} & rec_v \end{array} \right]$$

Diseño_Corte_{V1} := ["Cortante Nominal" " ϕ Cortante Nominal" "Cortante Último Actuante" "Refuerzo Requerido" "fi cortante que aporta el hormi6n"]

$$\left[\begin{array}{ccccc} Vn_{V1} & \phi V_1 \cdot Vn_{V1} & Vu_{V1} & Av | S_{V1} & \phi Vc_{V1} \end{array} \right]$$

$$Av | S_{V1} = 0.29167 \frac{\text{mm}^2}{\text{mm}} \quad \phi V_1 \cdot Vn_{V1} = 159.4632 \text{ kN}$$

$$\text{Dimensiones}_{VIGA1} = \left[\begin{array}{ccc} \text{"Base"} & \text{"Altura"} & \text{"Recubrimiento"} \\ 0.35 \text{ m} & 0.55 \text{ m} & 0.05 \text{ m} \end{array} \right]$$

$$\text{Diseño_Corte}_{V1} = \left[\begin{array}{ccccc} \text{"Cortante Nominal"} & \text{"}\phi\text{Cortante Nominal"} & \text{"Cortante Último Actuante"} & \text{"Refuerzo Requerido"} & \text{"fi cortante que aporta el hormi6n"} \\ 2.1262 \cdot 10^5 \frac{\text{kg m}}{\text{s}^2} & 1.5946 \cdot 10^5 \frac{\text{kg m}}{\text{s}^2} & 96502.399 \frac{\text{kg m}}{\text{s}^2} & 0.0003 \text{ m} & 1.1422 \cdot 10^5 \frac{\text{kg m}}{\text{s}^2} \end{array} \right]$$

□ Acero de Refuerzo y Distribución VIGA 1

$$As_{V1re} = 1289.5105 \text{ mm}^2 \quad As_{min}_{V1} = 574.5631 \text{ mm}^2$$

```

φVAR := [ 10 mm 12 mm 14 mm 16 mm 18 mm 20 mm 22 mm 25 mm 28 mm 32 mm 36 mm 40 mm ]
"FUNCIONES Y DISTRIBUCIÓN DE ACERO A FLEXIÓN"
calcularNv (AsR ; φV) :=  $\left[ \frac{AsR}{\pi \cdot \left( \frac{\phi V}{2} \right)^2} \right]$ 
calcularAsC (NV ; φV) := NV ·  $\left( \pi \cdot \left( \frac{\phi V}{2} \right)^2 \right)$ 
calcularS (bv ; rec ; φV ; NV) :=  $\frac{bv - 2 \cdot (rec_v + 10 \text{ mm}) - (\phi V \cdot NV)}{(NV - 1)}$ 
AsminV1 = 574.5631 mm2
bwV1 = 0.35 m

"ACERO SUPERIOR VIGA I"
for i := 1; i < length (φVAR); i := i + 1
  φV1 := φVARi
  SminV1 := Max ( 50 mm ; φV1 ;  $\frac{4}{3} \cdot d_{agg}$  )
  NvarV1 := calcularNv ( AsV1re ; φV1 )
  AsCV1 := calcularAsC ( NvarV1 ; φV1 )
  SV1 := calcularS ( bwV1 ; recv ; φV1 ; NvarV1 )
  if SminV1 ≥ SV1
    i := i
  else
    break
DistribuciónV1s := [ "Diametro" φV1 "N°Varillas" NvarV1 "Acero Requerido" AsCV1 "Separación" SV1 ]
ResultadoV1s
"ACERO INFERIOR VIGA I"
for o := 1; o < length (φVAR); o := o + 1
  φV1i := φVARo
  SminV1i := Max ( 50 mm ; φV1i ;  $\frac{4}{3} \cdot d_{agg}$  )
  NvarV1i := calcularNv ( AsminV1 ; φV1i )
  AsCV1i := calcularAsC ( NvarV1i ; φV1i )
  SV1i := calcularS ( bwV1 ; recv ; φV1i ; NvarV1i )
  if SminV1i ≥ SV1i
    o := o
  else
    break
DistribuciónV1i := [ "Diametro" φV1i "N°Varillas" NvarV1i "Acero Requerido" AsCV1i "Separación" SV1i ]

φVarestbV1 := [ 10 mm 12 mm 14 mm 16 mm 18 mm 20 mm 22 mm 25 mm ]
"FUNCIONES Y DISTRIBUCIÓN DE ACERO A CORTE"
redondearMenos (num) :=  $\left( \frac{num}{cm} - \text{trunc} \left( \frac{num}{cm} \right) \right) cm$ 
if decimal ≥ 0.5 cm
  decimal := 0.5 cm
else
  decimal := 0 cm
num :=  $\left( \text{trunc} \left( \frac{num}{cm} \right) \right) cm + decimal$ 
num
calcularAv (nR ; φestb) := nR ·  $\left( \pi \cdot \left( \frac{\phi estb}{2} \right)^2 \right)$ 
calcularSR (Avc ; AvS) :=  $\frac{Avc}{AvS}$ 
"Función para probar todos los diámetros de varilla y calcular la separación"
Sf (φd ; Avs) :=  $\frac{\left( nR \cdot \left( \pi \cdot \left( \frac{\phi d}{2} \right)^2 \right) \right)}{Avs}$ 
if Av | SV1 ≤ 0
  Smin := Max ( 50 mm ; φestbV1 ;  $\frac{4}{3} \cdot d_{agg}$  )
  Smax1 :=  $\left[ \text{if } V_{S_{V1}} \leq 4 \cdot \left( \sqrt{\frac{Fc}{psi}} \right) \cdot bw_{V1} \cdot d_{V1} \right]$ 

```

```

    Min (  $\frac{d_{V1}}{2}$  ; 60 cm )
  else
    Min (  $\frac{d_{V1}}{4}$  ; 30 cm )
Smax2 :=  $\frac{d_{V1}}{2}$ 
Smax := Min ( Smax1 ; Smax2 )
 $\varphi_{estb_{V1}} := 10$  mm
SCRV1 := redondearMenos ( Smax )
DistribuciónCorteV1 := [ "Diametro"  $\varphi_{estb_{V1}}$  "Acero Requerido" Av | SV1 "Separación" SCRV1 ]
Smin := Max ( 50 mm ;  $\varphi_{V_{estbV1}} ; \frac{4}{3} \cdot d_{agg}$  ) if Av | SV1 ≤ Avmin | SV1
Smax1 := if VSV1 ≤ 4 ·  $\left( \sqrt{\frac{f_c}{psi}} \right)$  · bwV1 · dV1
    Min (  $\frac{d_{V1}}{2}$  ; 60 cm )
  else
    Min (  $\frac{d_{V1}}{4}$  ; 30 cm )
Smax2 :=  $\frac{d_{V1}}{2}$ 
Smax := Min ( Smax1 ; Smax2 )
 $\varphi_{estb_{V1}} := 10$  mm
SCRV1 := redondearMenos ( Smax )
DistribuciónCorteV1 := [ "Diametro"  $\varphi_{estb_{V1}}$  "Acero Requerido" Av | SV1 "Separación" SCRV1 ]
Smin := Max ( 50 mm ;  $\varphi_{V_{estbV1}} ; \frac{4}{3} \cdot d_{agg}$  ) if Av | SV1 > Avmin | SV1
Smax := if VSV1 ≤ 4 ·  $\left( \sqrt{\frac{f_c}{psi}} \right)$  · bwV1 · dV1
    Min (  $\frac{d_{V1}}{2}$  ; 60 cm )
  else
    Min (  $\frac{d_{V1}}{4}$  ; 30 cm )
vecfV1 := matrix ( 1 ; 3 )
for j1 := 1 ; j1 ≤ length (  $\varphi_{Var_{estbV1}}$  ) ; j1 := j1 + 1
  nR := 2
  Smax := 20 cm
  Smin := 10 cm
  vecfV1 j1 1 :=  $\varphi_{Var_{estbV1}}$  j1
  vecfV1 j1 2 :=  $\left( \frac{nR \cdot \left( \pi \cdot \left( \frac{\varphi_{Var_{estbV1}}}{2} \right)^2 \right)}{Av | S_{V1}} \right)$ 
  vecfV1 j1 3 := if Smax ≥ vecfV1 j1 2 > Smin
    1
  else
    0
MdiamV1 := findrows ( vecfV1 ; 1 ; 3 )
VecdiamV1 := row ( MdiamV1 ; rows ( MdiamV1 ) )
 $\varphi_{estb_{V1}} := Vec_{diamV1}$  1 1
SCRV1 := redondearMenos  $\left( \frac{nR \cdot \left( \pi \cdot \left( \frac{\varphi_{estb_{V1}}}{2} \right)^2 \right)}{Av | S_{V1}} \right)$ 
DistribuciónCorteV1 := [ "Diametro"  $\varphi_{estb_{V1}}$  "Acero Requerido" Av | SV1 "Separación" SCRV1 ]
"REVISAR" otherwise

```

DistribuciónCorte_{V1} = ["Diámetro" 0.01 m "Acero Requerido" 0.0003 m "Separación" 0.25 m]

Distribución_{V1s} = ["Diámetro" 0.025 m "N°Varillas" 3 "Acero Requerido" 0.0015 m² "Separación" 0.0775 m]

Distribución_{V1l} = ["Diámetro" 0.014 m "N°Varillas" 4 "Acero Requerido" 0.0006 m² "Separación" 0.058 m]

□— VIGA2 —

□— Diseño de Viga 2 —

```

"Datos de Ingreso"
"Ancho de la sección"
bwV2 := bwv2
"Momento de diseño"
MuV2 := |MU22Resultante|
"Cortante de diseño"
VuV2 := |VU22Resultante|
fy := Fy

"Bucle para recalcular la altura inicial de la viga según el área de refuerzo"
dV2 := hV2 - recv
φV2 := 0.9

AsV22 := 
$$\frac{0.85 \cdot f'c \cdot bw_{V2} \cdot \left( d_{V2} - \sqrt{d_{V2}^2 - 2 \cdot \left( \frac{Mu_{V2}}{\phi_{V2} \cdot 0.85 \cdot f'c \cdot bw_{V2}} \right)} \right)}{fy}$$

"arg devuelve el angulo entre el eje real y el número complejo"
"No permite verificar si un número es imaginario"
hV2 := if (arg (AsV22) = 0)
    hV2
else
    while (arg (AsV22) ≠ 0)
        Δh := 5 cm
        hV2 := hV2 + Δh
        dV2 := hV2 - recv
        AsV22 := 
$$\frac{0.85 \cdot f'c \cdot bw_{V2} \cdot \left( d_{V2} - \sqrt{d_{V2}^2 - 2 \cdot \left( \frac{Mu_{V2}}{\phi_{V2} \cdot 0.85 \cdot f'c \cdot bw_{V2}} \right)} \right)}{fy}$$

        hV2
    hV2

```

□— CÁLCULO DE ALTURA DE VIGA 2 SEGÚN DISEÑO A FLEXIÓN —

```

"DISEÑO A FLEXIÓN"
"Distancia desde la fibra extrema en compresión hasta el centroide del refuerzo longitudinal"
"en tracción"
dV2 := hV2 - recv
"Cálculo del factor β1(ACI318-19) 22.2.2.4.3"
β2 := "Cálculo del factor β1(ACI318-19) 22.2.2.4.3"
"Distribución rectangular equivalente de esfuerzos en el concreto"

$$\begin{cases} 0.85 & \text{if } (2500 \text{ psi} \leq f'c) \wedge (f'c \leq 4000 \text{ psi}) \\ 0.85 - \frac{(0.05) \cdot (f'c - 4000 \text{ psi})}{10000} & \text{if } (4000 \text{ psi} < f'c) \wedge (f'c < 8000 \text{ psi}) \end{cases}$$


```

```

    | | | | | 10000 psi
    | | | | | otherwise
  "Factor de reducción de resistencia para momento  $\phi$  (ACI318-19) 21.2.2"
  "Asumido"
   $\phi_{V2} := 0.9$ 
  "Cálculo área de refuerzo longitudinal no preeforzado a tracción"
  
$$As_{V22} := \frac{0.85 \cdot f'c \cdot bw_{V2} \cdot \left( d_{V2} - \sqrt{d_{V2}^2 - 2 \cdot \left( \frac{Mu_{V2}}{\phi_{V2} \cdot 0.85 \cdot f'c \cdot bw_{V2}} \right)} \right)}{fy}$$

  "Profundidad del bloque de rectangular equivalente de esfuerzos"
  
$$a_{V2} := \frac{As_{V22} \cdot fy}{0.85 \cdot f'c \cdot bw_{V2}}$$

  "Distancia medida desde la fibra extrema en compresión al eje neutro"
  
$$c_{V2} := \frac{a_{V2}}{\beta_2}$$

  "Verificación del factor de resistencia"
  "Máxima deformación unitaria del concreto, en la fibra extrema sometida a compresión"
  "(ACI318-19) 22.2.2.1"
   $\epsilon_{cu} := 0.003$ 
  "Defomación Unitaria de fluencia para acero de refuerzo corrugado (ACI318-19) 21.2.2.1"
  
$$\epsilon_{ty} := \frac{fy}{E_s}$$

  "Valor limite de la deformación neta por tracción en la capa extrema del refuerzo de tensión longitudinal"
  "utilizado para definir la sección controlada por tensión"
   $\epsilon_t = \epsilon_{ty} + 0.003$ 
  
$$\frac{\epsilon_{cu} + \epsilon_t}{d_t} = \frac{\epsilon_{cu}}{c}$$

  
$$\epsilon_t := \frac{\epsilon_{cu}}{c_{V2}} \cdot d_{V2} - \epsilon_{cu}$$

  "Factor de reducción de resistencia (ACI318-19) 21.2.2"
  "Sección controlada por tensión"
  "BUCLE PARA CALCULAR EL NUEVO FACTOR DE REDUCCIÓN"
  if  $\epsilon_t \geq \epsilon_{ty} + 0.003$ 
     $\phi_{V2} := 0.9$ 
  else
    while  $\epsilon_t \leq \epsilon_{ty} + 0.003$ 
      | | | | |  $\Delta_{V2} := 10 \text{ cm}$ 
      | | | | |  $h_{V2} := h_{V2} + \Delta_{V2}$ 
      | | | | |  $d_{V2} := h_{V2} - rec_v$ 
      | | | | |  $bw_{V2} := bw_{V2}$ 
      | | | | |  $\phi_{V2i} := 0.9$ 
      | | | | | 
$$As_{V22} := \frac{0.85 \cdot f'c \cdot bw_{V2} \cdot \left( d_{V2} - \sqrt{d_{V2}^2 - 2 \cdot \left( \frac{Mu_{V2}}{\phi_{V2i} \cdot 0.85 \cdot f'c \cdot bw_{V2}} \right)} \right)}{fy}$$

      | | | | | 
$$a_{V2} := \frac{As_{V22} \cdot fy}{0.85 \cdot f'c \cdot bw_{V2}}$$

      | | | | | 
$$c_{V2} := \frac{a_{V2}}{\beta_2}$$


```

$$\begin{aligned} \epsilon_{cu} &:= 0.003 \\ \epsilon_{ty} &:= \frac{f_y}{E_s} \\ \epsilon_t &:= \frac{\epsilon_{cu}}{c_{V2}} \cdot d_{V2} - \epsilon_{cu} \\ \phi_{V2} &:= 0.9 \\ h_{V2} & \\ h_{V2} & \\ \phi_{V2} & \end{aligned}$$

"Altura efectiva Verificada o recalculada"

$$d_{V2} := h_{V2} - rec_v$$

"Recálculo área de refuerzo longitudinal no preesforzado a tracción"

$$A_{scalV2} := \frac{0.85 \cdot f_c \cdot bw_{V2} \cdot \left(d_{V2} - \sqrt{d_{V2}^2 - 2 \cdot \left(\frac{Mu_{V2}}{\phi_{V2} \cdot 0.85 \cdot f_c \cdot bw_{V2}} \right)} \right)}{f_y}$$

"Cantidad del acero de refuerzo(ACI318-19) Notación 2.2"

$$\rho_{calV2} := \frac{A_{scalV2}}{bw_{V2} \cdot d_{V2}}$$

"Área de refuerzo mínimo para flexión en vigas no preesforzadas (ACI318-19)9.6.1"

"As.min debe ser el mayor de a, b (ACI318-19) 9.6.1.2"

$$As_{minV2} := \text{Max} \left(\left[\frac{3 \cdot \left(\sqrt{\frac{f_c}{\text{psi}}} \cdot \text{psi} \right)}{f_y} \cdot bw_{V2} \cdot d_{V2} \right]; \left[\frac{200 \text{ psi}}{f_y} \cdot bw_{V2} \cdot d_{V2} \right] \right)$$

"Cantidad del acero de refuerzo(ACI318-19) Notación 2.2"

$$\rho_{minV2} := \frac{As_{minV2}}{bw_{V2} \cdot d_{V2}}$$

"Área de refuerzo máximo para flexión"

$$As_{maxV2} := \frac{0.85 \cdot f_c \cdot \beta_2 \cdot \epsilon_{cu}}{f_y \cdot (\epsilon_{cu} + \epsilon_{ty} + 0.003)} \cdot bw_{V2} \cdot d_{V2}$$

"Cantidad máxima del acero de refuerzo"

$$\rho_{maxV2} := \frac{As_{maxV2}}{bw_{V2} \cdot d_{V2}}$$

"Área de acero requerido"

$$As_{V22re} := \text{Min} \left(\text{Max} \left(As_{minV2}; A_{scalV2} \right); As_{maxV2} \right)$$

"Momento de diseño máximo"

$$Mu_{maxV2} := \phi_{V2} \cdot \rho_{maxV2} \cdot f_y \cdot bw_{V2} \cdot d_{V2}^2 \cdot \left(1 - \frac{\rho_{maxV2} \cdot f_y}{1.7 \cdot f_c} \right)$$

"Cantidad del acero de refuerzo(ACI318-19) Notación 2.2"

$$\rho_{reqV2} := \frac{As_{V22re}}{bw_{V2} \cdot d_{V2}}$$

$$\text{DiseñoAcero}_{V2} := \begin{bmatrix} \text{"Peralte efectivo"} & \text{"Área de acero requerido"} & \text{"Área de acero Máximo"} & \text{"Área de acero mínimo"} & \text{"Área} \\ d_{V2} & As_{V22re} & As_{maxV2} & As_{minV2} & \end{bmatrix}$$

$$As_{V22re} = 902.8849 \text{ mm}^2 \quad As_{minV2} = 902.8849 \text{ mm}^2 \quad h_{V2} = 0.55 \text{ m} \quad bw_{V2} = 0.55 \text{ m}$$

$$\text{DiseñoAcero}_{V2} = \begin{bmatrix} \text{"Peralte efectivo"} & \text{"Área de acero requerido"} & \text{"Área de acero Máximo"} & \text{"Área de acero mínimo"} & \text{"Área de acero Calculada"} \\ 0.5 \text{ m} & 0.0009 \text{ m}^2 & 0.0048 \text{ m}^2 & 0.0009 \text{ m}^2 & 0.0008 \text{ m}^2 \end{bmatrix}$$

☐—CÁLCULO DE LA ALTURA DE VIGA 2 SEGÚN DISEÑO A CORTANTE

"Diseño a Cortante"

"Factor de reducción de resistencia ϕ Cortante (ACI318–19) 21.2.1"

$$\phi_{V2} := 0.75$$

"Área total de refuerzo longitudinal no preesforzado (ACI318–19) Notación 2.2"

$$A_{stV2} := A_{sV2re}$$

"Cuantía del acero de refuerzo A.s evaluada en bwd (ACI318–19) Notación 2.2"

$$\rho_{wV2} := \rho_{reqV2}$$

"Área bruta de la sección de concreto (ACI318–19) Notación 2.2"

$$A_{gV2} := b_{wV2} \cdot h_{V2}$$

"Refuerzo corrugado no preesforzado (ACI318–19) 20.2.2.4(a)"

$$f_{yt} := \begin{cases} f_y & \text{if } f_y \leq 60000 \text{ psi} \\ 60000 \text{ psi} & \text{else} \end{cases}$$

"Factor de modificación λ concreto normal (ACI318–19) 19.2.4.3"

$$\lambda_2 := 1$$

"Resistencia límite para cortante (ACI318–19)22.5.1.2"

$$V_{sMaxV2} := 8 \cdot \left(\sqrt{\frac{f_c}{\text{psi}}} \right) \text{ psi} \cdot b_{wV2} \cdot d_{V2}$$

"Resistencia máxima a cortante que aportan el concreto (ACI318–19)22.5.5.1.1"

$$V_{c_{max}V2} := 5 \cdot \lambda_2 \cdot \left(\sqrt{\frac{f_c}{\text{psi}}} \right) \text{ psi} \cdot b_{wV2} \cdot d_{V2}$$

"Fuerza axial N_u "

$$N_{uV2} := 0 \text{ kN}$$

"Factor de modificación por efecto de tamaño (ACI318–19)22.5.5.1.3"

$$\lambda_{2sV2} = \sqrt{\frac{2}{1 + \frac{d_{V2}}{10 \text{ in}}}}$$

$$\lambda_{2sV2} := \begin{cases} \sqrt{\frac{2}{1 + \frac{d_{V2}}{10 \text{ in}}}} & \text{if } \sqrt{\frac{2}{1 + \frac{d_{V2}}{10 \text{ in}}}} \leq 1 \\ \sqrt{\frac{2}{1 + \frac{d_{V2}}{10 \text{ in}}}} & \text{else} \\ 1 & \end{cases}$$

"Cortante resistente del concreto (ACI318–19)22.5.5.1"

$$V_{c1V2} := \left(2 \cdot \lambda_2 \cdot \left(\sqrt{\frac{f_c}{\text{psi}}} \right) \text{ psi} + \frac{N_{uV2}}{6 \cdot A_{gV2}} \right) \cdot b_{wV2} \cdot d_{V2}$$

$$V_{c2V2} := \left(8 \cdot \lambda_2 \cdot \rho_{wV2} \cdot \frac{1}{3} \cdot \left(\sqrt{\frac{f_c}{\text{psi}}} \right) \text{ psi} + \frac{N_{uV2}}{6 \cdot A_{gV2}} \right) \cdot b_{wV2} \cdot d_{V2}$$

$$V_{c3V2} := \left(8 \cdot \lambda_2 \cdot \lambda_{2sV2} \cdot \rho_{wV2} \cdot \frac{1}{3} \cdot \left(\sqrt{\frac{f_c}{\text{psi}}} \right) \text{ psi} + \frac{N_{uV2}}{6 \cdot A_{gV2}} \right) \cdot b_{wV2} \cdot d_{V2}$$

"Refuerzo mínimo a cortante (ACI318–19)9.6.3.1"

$$\phi_{V2} \cdot \lambda_2 \cdot \left(\sqrt{\frac{f_c}{\text{psi}}} \right) \text{ psi} \cdot b_{wV2} \cdot d_{V2}$$

$$\begin{aligned}
 & \text{Vc}_{V2} := \text{if } Vu_{V2} \leq \phi V_2 \cdot \lambda_2 \cdot \left(\sqrt{\frac{f_c}{\text{psi}}} \text{ psi} \right) \cdot bw_{V2} \cdot d_{V2} \\
 & \quad \text{Vc3}_{V2} \\
 & \quad \text{else} \\
 & \quad \quad \text{Max} \left(\text{Vc1}_{V2}; \text{Vc2}_{V2} \right) \\
 & \text{"Cortante máximo que soporta nuestra sección (ACI318-19)22.5.1.2"} \\
 & Vu_{\text{max}V2} := \phi V_2 \cdot \left(\text{Vc}_{V2} + 8 \cdot \left(\sqrt{\frac{f_c}{\text{psi}}} \text{ psi} \right) \cdot bw_{V2} \cdot d_{V2} \right) \\
 & \text{"BUCLE PARA VERIFICAR O RECALCULAR LA ALTURA DE LA VIGA"} \\
 & \text{if } Vu_{\text{max}V2} \geq Vu_{V2} \\
 & \quad h_{V2} \\
 & \text{else} \\
 & \quad \text{while } Vu_{\text{max}V2} < Vu_{V2} \\
 & \quad \quad h_{V2} := h_{V2} + \Delta_{V2} \\
 & \quad \quad d_{V2} := h_{V2} - \text{rec}_v \\
 & \quad \quad \lambda_2 := 1 \\
 & \quad \quad V_{S\text{Max}V2} := 8 \cdot \left(\sqrt{\frac{f_c}{\text{psi}}} \right) \text{ psi} \cdot bw_{V2} \cdot d_{V2} \\
 & \quad \quad \text{Vc}_{\text{max}V2} := 5 \cdot \lambda_2 \cdot \left(\sqrt{\frac{f_c}{\text{psi}}} \text{ psi} \right) \cdot bw_{V2} \cdot d_{V2} \\
 & \quad \quad Nu_{V2} := 0 \text{ kN} \\
 & \quad \quad \lambda_{2sV2} := \text{if } \sqrt{\frac{2}{1 + \frac{d_{V2}}{10 \text{ in}}}} \leq 1 \\
 & \quad \quad \quad \sqrt{\frac{2}{1 + \frac{d_{V2}}{10 \text{ in}}}} \\
 & \quad \quad \quad \text{else} \\
 & \quad \quad \quad 1 \\
 & \quad \quad \text{Vc1}_{V2} := \left(2 \cdot \lambda_2 \cdot \left(\sqrt{\frac{f_c}{\text{psi}}} \text{ psi} \right) + \frac{Nu_{V2}}{6 \cdot Ag_{V2}} \right) \cdot bw_{V2} \cdot d_{V2} \\
 & \quad \quad \text{Vc2}_{V2} := \left(8 \cdot \lambda_2 \cdot \rho w_{V2} \cdot \frac{1}{3} \cdot \left(\sqrt{\frac{f_c}{\text{psi}}} \text{ psi} \right) + \frac{Nu_{V2}}{6 \cdot Ag_{V2}} \right) \cdot bw_{V2} \cdot d_{V2} \\
 & \quad \quad \text{Vc3}_{V2} := \left(8 \cdot \lambda_2 \cdot \lambda_{2sV2} \cdot \rho w_{V2} \cdot \frac{1}{3} \cdot \left(\sqrt{\frac{f_c}{\text{psi}}} \text{ psi} \right) + \frac{Nu_{V2}}{6 \cdot Ag_{V2}} \right) \cdot bw_{V2} \cdot d_{V2} \\
 & \quad \quad \text{Vc}_{V2} := \text{if } Vu_{V2} \leq \phi V_2 \cdot \lambda_2 \cdot \left(\sqrt{\frac{f_c}{\text{psi}}} \text{ psi} \right) \cdot bw_{V2} \cdot d_{V2} \\
 & \quad \quad \quad \text{Vc3}_{V2} \\
 & \quad \quad \quad \text{else} \\
 & \quad \quad \quad \text{Max} \left(\text{Vc1}_{V2}; \text{Vc2}_{V2} \right) \\
 & \quad \quad Vu_{\text{max}V2} := \phi V_2 \cdot \left(\text{Vc}_{V2} + 8 \cdot \left(\sqrt{\frac{f_c}{\text{psi}}} \text{ psi} \right) \cdot bw_{V2} \cdot d_{V2} \right) \\
 & \quad h_{V2} \\
 & \text{"Verificación del refuerzo mínimo a cortante requerido que cumple con la tabla (ACI318-19)9.6.3.4"} \\
 & \text{"Tipo de viga NO preesforzada"} \\
 & Av_{\text{min}} | S_{V2} := \text{Max} \left(\left[0.75 \cdot \left(\sqrt{\frac{f_c}{\text{psi}}} \text{ psi} \right) \cdot \frac{bw_{V2}}{f_y t} \right]; \left[50 \text{ psi} \cdot \frac{bw_{V2}}{f_y t} \right] \right)
 \end{aligned}$$

"Área de refuerzo a cortante requerida (ACI318-19)R9.6.3.1-22.5.8.5"

"Área por unidad de longitud"

$$A_v | S_{V2} := \text{if } Vu_{V2} \leq \phi V_2 \cdot \lambda_2 \cdot \left(\sqrt{\frac{f_c}{\text{psi}}} \text{ psi} \right) \cdot bw_{V2} \cdot d_{V2}$$

$$0 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$$

else

$$\text{Max} \left(\frac{(Vu_{V2} - \phi V_2 \cdot V_{cV2})}{\phi V_2 \cdot f_{yt} \cdot d_{V2}} ; A_{v\text{min}} | S_{V2} \right)$$

"Resistencia a cortante proporcionada por el refuerzo transversal(ACI318-19)R9.6.3.1-22.5.8.5"

$$Vs_{V2} := A_v | S_{V2} \cdot f_{yt} \cdot d_{V2}$$

"Espaciamiento máximo para las ramas del refuerzo de cortante (ACI318-19) 9.7.6.2.2"

$$S_{\text{max}V2} := \text{if } Vs_{V2} \leq \left(4 \cdot \sqrt{\frac{f_c}{\text{psi}}} \text{ psi} \right) \cdot bw_{V2} \cdot d_{V2}$$

$$\text{Min} \left(\frac{d_{V2}}{2} ; 24 \text{ in} \right)$$

else

$$\text{Min} \left(\frac{d_{V2}}{4} ; 12 \text{ in} \right)$$

"Resistencia nominal para cortante en una dirección (ACI318-19) 22.5.1.1"

$$Vn_{V2} := V_{cV2} + Vs_{V2}$$

"Ratio de corte"

$$r_{\text{corte}V2} := \frac{Vu_{V2}}{\phi V_2 \cdot Vn_{V2}}$$

Dimensiones_{VIGA2} := $\begin{bmatrix} \text{"Base"} & \text{"Altura"} & \text{"Recubrimiento"} \\ bw_{V2} & h_{V2} & rec_v \end{bmatrix}$

Diseño_Corte_{V2} := $\begin{bmatrix} \text{"Cortante Nominal"} & \text{"}\phi\text{Cortante Nominal"} & \text{"Cortante Último Actuante"} & \text{"Refuerzo Requerido"} \\ Vn_{V2} & \phi V_2 \cdot Vn_{V2} & Vu_{V2} & A_v | S_{V2} \end{bmatrix}$

$$A_v | S_{V2} = 0.4583 \frac{\text{mm}^2}{\text{mm}} \phi V_2 \cdot Vn_{V2} = 250.585 \text{ kN}$$

$$\text{Dimensiones}_{\text{VIGA2}} = \begin{bmatrix} \text{"Base"} & \text{"Altura"} & \text{"Recubrimiento"} \\ 0.55 \text{ m} & 0.55 \text{ m} & 0.05 \text{ m} \end{bmatrix}$$

$$\text{Diseño_Corte}_{V2} = \begin{bmatrix} \text{"Cortante Nominal"} & \text{"}\phi\text{Cortante Nominal"} & \text{"Cortante Último Actuante"} & \text{"Refuerzo Requerido"} & \text{"Refuerzo Mínimo"} \\ 3.3411 \cdot 10^5 \frac{\text{kg m}}{\text{s}^2} & 2.5058 \cdot 10^5 \frac{\text{kg m}}{\text{s}^2} & 1.053 \cdot 10^5 \frac{\text{kg m}}{\text{s}^2} & 0.0005 \text{ m} & 0.0005 \text{ m} \end{bmatrix}$$

☐ Acero de Refuerzo y Distribución VIGA 2

$$As_{V22\text{re}} = 902.8849 \text{ mm}^2$$

$$As_{\text{min}V2} = 902.8849 \text{ mm}^2$$

"Una función se crea definiendo el nombre y los argumentos de entrada"

"a continuación se definen las operaciones con los argumentos"

"Función para Calcular Número de varillas"

$$\text{calcularNv} (\text{AsR}; \varphi V) = \left\lceil \frac{\text{AsR}}{\left[\pi \cdot \left(\frac{\varphi V}{2} \right)^2 \right]} \right\rceil$$

"Función para Calcular el área de acero colocada"

$$\text{calcularAsC} (\text{NV}; \varphi V) = \text{NV} \cdot \left[\pi \cdot \left(\frac{\varphi V}{2} \right)^2 \right]$$

"Función para Calcular la separación entre varillas"

$$\text{calcularS} (\text{bV}; \text{rec}; \varphi V; \text{NV}) = \frac{\text{bV} - (2 \cdot \text{rec}) - \varphi V}{(\text{NV} - 1)}$$

□— BUCLE Y FUNCIONES DE DISEÑO

$\varphi \text{VAR2} := [10 \text{ mm } 12 \text{ mm } 14 \text{ mm } 16 \text{ mm } 18 \text{ mm } 20 \text{ mm } 22 \text{ mm } 25 \text{ mm } 28 \text{ mm } 32 \text{ mm } 36 \text{ mm } 40 \text{ mm }]$

"ACERO SUPERIOR VIGA 2"

for i := 1; i < length (φVAR2); i := i + 1

$\varphi V2 := \varphi \text{VAR2}_i$

$$S_{\text{min}V2} := \text{Max} \left(50 \text{ mm}; \varphi V2; \frac{4}{3} \cdot d_{\text{agg}} \right)$$

$$\text{Nvar}_{V2} := \text{calcularNv} (\text{As}_{V22\text{re}}; \varphi V2)$$

$$\text{AsC}_{V2} := \text{calcularAsC} (\text{Nvar}_{V2}; \varphi V2)$$

$$S_{V2} := \text{calcularS} (\text{bw}_{V2}; \text{rec}_v; \varphi V2; \text{Nvar}_{V2})$$

if $S_{\text{min}V2} \geq S_{V2}$

Distribución_{V2s} := [$\varphi V2$ Nvar_{V2} AsC_{V2} S_{V2}]

else

break

Distribución_{V2s} := ["Diametro" $\varphi V2$ "N°Varillas" Nvar_{V2} "Acero Requerido" AsC_{V2} "Separación" S_{V2}]

"ACERO INFERIOR VIGA 2"

for o := 1; o < length (φVAR2); o := o + 1

$\varphi V2i := \varphi \text{VAR2}_o$

$$S_{\text{min}V2i} := \text{Max} \left(50 \text{ mm}; \varphi V2i; \frac{4}{3} \cdot d_{\text{agg}} \right)$$

$$\text{Nvar}_{V2i} := \text{calcularNv} (\text{As}_{\text{min}V2i}; \varphi V2i)$$

$$\text{AsC}_{V2i} := \text{calcularAsC} (\text{Nvar}_{V2i}; \varphi V2i)$$

$$S_{V2i} := \text{calcularS} (\text{bw}_{V2i}; \text{rec}_v; \varphi V2i; \text{Nvar}_{V2i})$$

if $S_{\text{min}V2i} \geq S_{V2i}$

Distribución_{V2i} := [$\varphi V2i$ Nvar_{V2i} AsC_{V2i} S_{V2i}]

else

break

Distribución_{V2i} := ["Diametro" $\varphi V2i$ "N°Varillas" Nvar_{V2i} "Acero Requerido" AsC_{V2i} "Separación" S_{V2i}]

$\varphi \text{Var}_{\text{estb}V2} := [10 \text{ mm } 12 \text{ mm } 14 \text{ mm } 16 \text{ mm } 18 \text{ mm } 20 \text{ mm } 22 \text{ mm } 25 \text{ mm }]$

"FUNCIONES Y DISTRIBUCIÓN DE ACERO A CORTE"

redondearMenos (num) := decimal := $\left(\frac{\text{num}}{\text{cm}} - \text{trunc} \left(\frac{\text{num}}{\text{cm}} \right) \right)$ cm

if decimal ≥ 0.5 cm

decimal := 0.5 cm

else

decimal := 0 cm

num := $\left(\text{trunc} \left(\frac{\text{num}}{\text{cm}} \right) \right)$ cm + decimal

num

$$\text{calcularAv} (\text{nR}; \varphi \text{estb}) := \text{nR} \cdot \left[\pi \cdot \left(\frac{\varphi \text{estb}}{2} \right)^2 \right]$$

$$\text{calcularSR} (\text{AvC}; \text{AvS}) := \frac{\text{AvC}}{\text{AvS}}$$

"Función para probar todos los diámetros de varilla y calcular la separación"

$$Sf (\varphi d; \text{Avs}) := \frac{\left(\text{nR} \cdot \left[\pi \cdot \left(\frac{\varphi d}{2} \right)^2 \right] \right)}{\text{Avs}}$$

$$\left(\left(S_{\text{min}} := \text{Max} \left(50 \text{ mm}; \varphi V_{\text{estb}V2}; \frac{4}{3} \cdot d_{\text{agg}} \right) \right) \right)$$

if Av | S_{V2} ≤ 0

```

Smax1 := if  $V_{S_{V2}} \leq 4 \cdot \left( \sqrt{\frac{f_c}{\psi}} \right) \cdot \psi \cdot b_{w_{V2}} \cdot d_{V2}$ 
          then  $\text{Min} \left( \frac{d_{V2}}{2} ; 60 \text{ cm} \right)$ 
          else  $\text{Min} \left( \frac{d_{V2}}{4} ; 30 \text{ cm} \right)$ 
Smax2 :=  $\frac{d_{V2}}{2}$ 
Smax :=  $\text{Min} ( \text{Smax1} ; \text{Smax2} )$ 
 $\varphi_{\text{estb}_{V2}} := 10 \text{ mm}$ 
 $\text{SCR}_{V2} := \text{redondearMenos} ( \text{Smax} )$ 
DistribuciónCorte $_{V2} := [ \text{"Diametro"} \varphi_{\text{estb}_{V2}} \text{"Acero Requerido"} Av | S_{V2} \text{"Separación"} \text{SCR}_{V2} ]$ 
Smin :=  $\text{Max} \left( 50 \text{ mm} ; \varphi_{V_{\text{estb}_{V2}}} ; \frac{4}{3} \cdot d_{\text{agg}} \right)$  if  $Av | S_{V2} \leq Av_{\text{min}} | S_{V2}$ 
Smax1 := if  $V_{S_{V2}} \leq 4 \cdot \left( \sqrt{\frac{f_c}{\psi}} \right) \cdot \psi \cdot b_{w_{V2}} \cdot d_{V2}$ 
          then  $\text{Min} \left( \frac{d_{V2}}{2} ; 60 \text{ cm} \right)$ 
          else  $\text{Min} \left( \frac{d_{V2}}{4} ; 30 \text{ cm} \right)$ 
Smax2 :=  $\frac{d_{V2}}{2}$ 
Smax :=  $\text{Min} ( \text{Smax1} ; \text{Smax2} )$ 
 $\varphi_{\text{estb}_{V2}} := 10 \text{ mm}$ 
 $\text{SCR}_{V2} := \text{redondearMenos} ( \text{Smax} )$ 
DistribuciónCorte $_{V2} := [ \text{"Diametro"} \varphi_{\text{estb}_{V2}} \text{"Acero Requerido"} Av | S_{V2} \text{"Separación"} \text{SCR}_{V2} ]$ 
Smin :=  $\text{Max} \left( 50 \text{ mm} ; \varphi_{V_{\text{estb}_{V2}}} ; \frac{4}{3} \cdot d_{\text{agg}} \right)$  if  $Av | S_{V2} > Av_{\text{min}} | S_{V2}$ 
Smax := if  $V_{S_{V2}} \leq 4 \cdot \left( \sqrt{\frac{f_c}{\psi}} \right) \cdot \psi \cdot b_{w_{V2}} \cdot d_{V2}$ 
          then  $\text{Min} \left( \frac{d_{V2}}{2} ; 60 \text{ cm} \right)$ 
          else  $\text{Min} \left( \frac{d_{V2}}{4} ; 30 \text{ cm} \right)$ 
vecf $_{V2} := \text{matrix} ( 1 ; 3 )$ 
for j1 := 1 ; j1 ≤ length (  $\varphi_{\text{Var}_{\text{estb}_{V2}}}$  ) ; j1 := j1 + 1
  nR := 2
  Smax := 20 cm
  Smin := 10 cm
  vecf $_{V2} \text{ }_{j1 \ 1} := \varphi_{\text{Var}_{\text{estb}_{V2}} \text{ }_{j1}}$ 
  vecf $_{V2} \text{ }_{j1 \ 2} := \left( \frac{nR \cdot \left( \pi \cdot \left( \frac{\varphi_{\text{Var}_{\text{estb}_{V2}} \text{ }_{j1}}}{2} \right)^2 \right)}{Av | S_{V2}} \right)$ 
  vecf $_{V2} \text{ }_{j1 \ 3} := \text{if } S_{\text{max}} \geq \text{vecf}_{V2} \text{ }_{j1 \ 2} > S_{\text{min}}$ 
                 1
                 else
                 0
M $_{\text{diam}_{V2}} := \text{findrows} ( \text{vecf}_{V2} ; 1 ; 3 )$ 
Vec $_{\text{diam}_{V2}} := \text{row} ( M_{\text{diam}_{V2}} ; \text{rows} ( M_{\text{diam}_{V2}} ) )$ 
 $\varphi_{\text{estb}_{V2}} := \text{Vec}_{\text{diam}_{V2}} \text{ }_{1 \ 1}$ 
 $\text{SCR}_{V2} := \text{redondearMenos} \left( \frac{nR \cdot \left( \pi \cdot \left( \frac{\varphi_{\text{estb}_{V2}}}{2} \right)^2 \right)}{Av | S_{V2}} \right)$ 
DistribuciónCorte $_{V2} := [ \text{"Diametro"} \varphi_{\text{estb}_{V2}} \text{"Acero Requerido"} Av | S_{V2} \text{"Separación"} \text{SCR}_{V2} ]$ 
"REVISAR"
otherwise

```

DistribuciónCorte_{v2} = ["Diametro" 0.01 m "Acero Requerido" 0.0005 m "Separación" 0.25 m]

Distribución_{v2s} = ["Diametro" 0.014 m "N°Varillas" 6 "Acero Requerido" 0.0009 m² "Separación" 0.0692 m]

Distribución_{v2i} = ["Diametro" 0.014 m "N°Varillas" 6 "Acero Requerido" 0.0009 m² "Separación" 0.0692 m]

— Resultados y Verificaciones —

Encabezado

Encabezado_{Solicitaciones} := augment ("Solicitud"; "Resultado")

Solicitaciones :=	"Carga Axial Solicitante ELS"	concat (var2str ($\frac{P_e}{kN}$; 2) ; "kN"
	"Carga Axial Solicitante ELU"	concat (var2str ($\frac{P_U}{kN}$; 2) ; "kN"
	"Momento de Esquina en X ELS"	concat (var2str ($\frac{M_{Xe}}{kN\ m}$; 2) ; "kN m"
	"Momento de Esquina en X ELU"	concat (var2str ($\frac{MU_{Xe}}{kN\ m}$; 2) ; "kN m"
	"Momento de Esquina en Y ELS"	concat (var2str ($\frac{M_{Ye}}{kN\ m}$; 2) ; "kN m"
	"Momento de Esquina en Y ELU"	concat (var2str ($\frac{MU_{Ye}}{kN\ m}$; 2) ; "kN m"
	"Momento X zapata medianera 1 ELS"	concat (var2str ($\frac{M_{x1}}{kN\ m}$; 2) ; "kN m"
	"Momento X zapata medianera 1 ELU"	concat (var2str ($\frac{MX1_U}{kN\ m}$; 2) ; "kN m"
	"Momento Y zapata medianera 2 ELS"	concat (var2str ($\frac{M_{y2}}{kN\ m}$; 2) ; "kN m"
	"Momento Y zapata medianera 2 ELU"	concat (var2str ($\frac{MY2_U}{kN\ m}$; 2) ; "kN m"
	"Carga Distribuida Solera viga 2 ELS"	concat (var2str ($\frac{P_{sv2}}{kN/m}$; 2) ; "kN/m"
	"Carga Distribuida Solera viga 2 ELU"	concat (var2str ($\frac{P_{sv2} \cdot F_m}{kN/m}$; 2) ; "kN/m"
	"Carga Distribuida Solera viga 1 ELS"	concat (var2str ($\frac{P_{sv1}}{kN/m}$; 2) ; "kN/m"
	"Carga Distribuida Solera viga 1 ELU"	concat (var2str ($\frac{P_{sv1} \cdot F_m}{kN/m}$; 2) ; "kN/m"

Encabezado

Encabezado_{ZAPATA} := augment ("Resultados"; "Zapata")

"Presion del Suelo"	"Estado Limite de Servicio"	concat (var2str ($\frac{Dimensiones_{Zapata_24}}{kN/m^2}$; 2) ; "kN/m ² "
	"Estado Limite Ultimo"	concat (var2str ($\frac{\sigma_{U2}}{kN/m^2}$; 2) ; "kN/m ² "
"Resultantes"	"Resultante Zapata de esquina ELS"	concat (var2str ($\frac{Dimensiones_{Zapata_23}}{kN}$; 2) ; "kN"
	"Resultante Zapata de esquina ELU"	concat (var2str ($\frac{R_{e2U}}{kN}$; 2) ; "kN"
	"Resultante Zapata 1 ELS"	concat (var2str ($\frac{R1s}{kN}$; 2) ; "kN"
	"Resultante Zapata 1 ELU"	concat (var2str ($\frac{R1u}{kN}$; 2) ; "kN"
	"Resultante Zapata 2 ELS"	concat (var2str ($\frac{R2s}{kN}$; 2) ; "kN"

ZAPATA :=	$\left[\begin{array}{l} \text{Resultante Zapata 2 ELD} \\ \text{Concat} \left(\text{var2str} \left(\frac{\text{KN}}{4} ; 4 \right) ; \text{KN} \right) \end{array} \right]$
"Verificaciones"	$\left[\begin{array}{l} \text{"Cortante Unidireccional X"} \quad \text{ftxt}_{\text{xtop}} \\ \text{"Cortante Unidireccional Y"} \quad \text{ftxt}_{\text{ytop}} \\ \text{"Cortante Punzonamiento"} \quad \text{txt}_{\text{PUNZONAMIENTO}} \\ \text{"Ratio Punzonamiento"} \quad \text{PSR2} \end{array} \right]$
"Dimensiones"	$\left[\begin{array}{l} \text{"Dimension X"} \quad \text{concat} \left(\text{var2str} \left(\frac{\text{Dimensiones}_{\text{Zapata 2 1}}}{\text{m}} ; 2 \right) ; \text{"m"} \right) \\ \text{"Dimension Y"} \quad \text{concat} \left(\text{var2str} \left(\frac{\text{Dimensiones}_{\text{Zapata 2 2}}}{\text{m}} ; 2 \right) ; \text{"m"} \right) \\ \text{"Altura de la Zapata"} \quad \text{concat} \left(\text{var2str} \left(\frac{\text{h}_{\text{Zapat}}}{\text{cm}} ; 2 \right) ; \text{"cm"} \right) \\ \text{"Recubrimiento"} \quad \text{concat} \left(\text{var2str} \left(\frac{\text{rec}}{\text{cm}} ; 2 \right) ; \text{"cm"} \right) \\ \text{"Peralte"} \quad \text{concat} \left(\text{var2str} \left(\frac{\text{h}_{\text{Zapat}} - \text{rec}}{\text{cm}} ; 2 \right) ; \text{"cm"} \right) \end{array} \right]$
"Cuantias"	$\left[\begin{array}{l} \text{"Superior Direccion X"} \quad \rho_{\text{w realXtop}} \\ \text{"Inferior Direccion X"} \quad \rho_{\text{w realXbot}} \\ \text{"Superior Direccion Y"} \quad \rho_{\text{w realYtop}} \\ \text{"Inferior Direccion Y"} \quad \rho_{\text{w realYbot}} \end{array} \right]$
"Acero Requerido"	$\left[\begin{array}{l} \text{"Superior Direccion X"} \quad \text{concat} \left(\text{var2str} \left(\frac{\text{Asx}_{\text{top}}}{\text{mm}^2} ; 2 \right) ; \text{"mm"}^2 \right) \\ \text{"Inferior Direccion X"} \quad \text{concat} \left(\text{var2str} \left(\frac{\text{Asx}_{\text{bot}}}{\text{mm}^2} ; 2 \right) ; \text{"mm"}^2 \right) \\ \text{"Superior Direccion Y"} \quad \text{concat} \left(\text{var2str} \left(\frac{\text{Asy}_{\text{top}}}{\text{mm}^2} ; 2 \right) ; \text{"mm"}^2 \right) \\ \text{"Inferior Direccion Y"} \quad \text{concat} \left(\text{var2str} \left(\frac{\text{Asy}_{\text{bot}}}{\text{mm}^2} ; 2 \right) ; \text{"mm"}^2 \right) \end{array} \right]$
"Distribucion"	$\left[\begin{array}{l} \text{"Superior Direccion X"} \quad \text{concat} \left(\text{"Diametro"} ; \text{var2str} \left(\frac{\phi_{\text{var2}}}{\text{mm}} \right) ; \text{"mm"} ; \text{"Cada"} ; \text{var2str} \left(\frac{\text{S}_{\text{longXS}}}{\text{cm}} ; 2 \right) ; \text{"cm"} \right) \\ \text{"Superior Direccion Y"} \quad \text{concat} \left(\text{"Diametro"} ; \text{var2str} \left(\frac{\phi_{\text{var1}}}{\text{mm}} \right) ; \text{"mm"} ; \text{"Cada"} ; \text{var2str} \left(\frac{\text{S}_{\text{longYS}}}{\text{cm}} ; 2 \right) ; \text{"cm"} \right) \\ \text{"Inferior Direccion X"} \quad \text{concat} \left(\text{"Diametro"} ; \text{var2str} \left(\frac{\phi_{\text{var22}}}{\text{mm}} \right) ; \text{"mm"} ; \text{"Cada"} ; \text{var2str} \left(\frac{\text{S}_{\text{longXI}}}{\text{cm}} ; 2 \right) ; \text{"cm"} \right) \\ \text{"Inferior Direccion Y"} \quad \text{concat} \left(\text{"Diametro"} ; \text{var2str} \left(\frac{\phi_{\text{var11}}}{\text{mm}} \right) ; \text{"mm"} ; \text{"Cada"} ; \text{var2str} \left(\frac{\text{S}_{\text{longYI}}}{\text{cm}} ; 2 \right) ; \text{"cm"} \right) \end{array} \right]$
"Verificacion de Separacion"	$\left[\begin{array}{l} \text{"Superior Direccion X"} \quad \text{SeparaciónXS} \\ \text{"Superior Direccion Y"} \quad \text{SeparaciónYS} \\ \text{"Inferior Direccion X"} \quad \text{SeparaciónXI} \\ \text{"Inferior Direccion Y"} \quad \text{SeparaciónYI} \end{array} \right]$
"Longitudes de Desarrollo"	$\left[\begin{array}{l} \text{"Superior Direccion X"} \quad \text{concat} \left(\text{lg}_{\text{xtXT}} ; \text{"cm"} ; \text{var2str} \left(\frac{\text{lg}_{\text{sys}}}{\text{cm}} ; 2 \right) ; \text{"cm"} \right) \\ \text{"Superior Direccion Y"} \quad \text{concat} \left(\text{lg}_{\text{ysXT}} ; \text{"cm"} ; \text{var2str} \left(\frac{\text{lg}_{\text{sys}}}{\text{cm}} ; 2 \right) ; \text{"cm"} \right) \\ \text{"Inferior Direccion X"} \quad \text{concat} \left(\text{lg}_{\text{xtXT}} ; \text{"cm"} ; \text{var2str} \left(\frac{\text{lg}_{\text{sys}}}{\text{cm}} ; 2 \right) ; \text{"cm"} \right) \\ \text{"Inferior Direccion Y"} \quad \text{concat} \left(\text{lg}_{\text{ysXT}} ; \text{"cm"} ; \text{var2str} \left(\frac{\text{lg}_{\text{sys}}}{\text{cm}} ; 2 \right) ; \text{"cm"} \right) \end{array} \right]$
"Verificacion Altura Calculada"	$\left[\text{TXT}_{\text{ALTURA}} \quad \text{concat} \left(\text{var2str} \left(\frac{\text{h}_{\text{Zapat}}}{\text{cm}} ; 2 \right) ; \text{"cm"} \right) \right]$
<div style="border: 1px solid black; border-radius: 5px; padding: 2px; display: inline-block;">Encabezado</div>	
$\text{Encabezado}_{\text{VIGA1}} := \text{augment} \left(\text{"Resultados"} ; \text{"Viga 1"} \right)$	

$$\text{VIGA1} := \begin{bmatrix}
 \text{"Dimensiones"} \\
 \text{"Momentos y Cortantes"} \\
 \text{"Refuerzo Longitudinal"} \\
 \text{"Refuerzo Transversal"} \\
 \text{"Distribucion de acero a flexion"} \\
 \text{"Distribucion de acero a corte"}
 \end{bmatrix}
 \begin{bmatrix}
 \text{"Base de Viga"} \quad \text{concat} \left(\text{var2str} \left(\frac{bw_{V1}}{\text{cm}} ; 2 \right) ; \text{"cm"} \right) \\
 \text{"Altura de Viga"} \quad \text{concat} \left(\text{var2str} \left(\frac{h_{V1}}{\text{cm}} ; 2 \right) ; \text{"cm"} \right) \\
 \text{"Recubrimiento"} \quad \text{concat} \left(\text{var2str} \left(\frac{rec_v}{\text{cm}} ; 2 \right) ; \text{"cm"} \right) \\
 \text{"Separacion Libre de Nivel de Cimentacion"} \quad \text{concat} \left(\text{var2str} \left(\frac{ds11}{\text{cm}} ; 2 \right) ; \text{"cm"} \right) \\
 \text{"Momento Maximo ELS"} \quad \text{concat} \left(\text{var2str} \left(\frac{MS11_{\text{Resultante}}}{\text{kN m}} ; 2 \right) ; \text{"kN m"} \right) \\
 \text{"Momento Maximo ELU"} \quad \text{concat} \left(\text{var2str} \left(\frac{MU11_{\text{Resultante}}}{\text{kN m}} ; 2 \right) ; \text{"kN m"} \right) \\
 \text{"Cortante Maximo ELS"} \quad \text{concat} \left(\text{var2str} \left(\frac{VS11_{\text{Resultante}}}{\text{kN}} ; 2 \right) ; \text{"kN"} \right) \\
 \text{"Cortante Maximo ELU"} \quad \text{concat} \left(\text{var2str} \left(\frac{VU11_{\text{Resultante}}}{\text{kN}} ; 2 \right) ; \text{"kN"} \right) \\
 \text{"Acero Requerido"} \quad \text{concat} \left(\text{var2str} \left(\frac{As_{V1re}}{\text{mm}^2} ; 2 \right) ; \text{"mm}^2 \right) \\
 \text{"Acero Requerido"} \quad \text{concat} \left(\text{var2str} \left(\frac{Av | S_{V1}}{\frac{\text{mm}^2}{\text{m}}} ; 2 \right) ; \text{"mm}^2 / \text{m} \right) \\
 \text{"Superior"} \quad \text{concat} \left(\text{"Diametro " ; var2str} \left(\frac{\varphi_{V1}}{\text{mm}} \right) ; \text{"mm"} ; \text{" Cada " ; var2str} \left(\frac{S_{V1}}{\text{cm}} ; 2 \right) ; \text{"cm"} \right) \\
 \text{"Inferior"} \quad \text{concat} \left(\text{"Diametro " ; var2str} \left(\frac{\varphi_{V1i}}{\text{mm}} \right) ; \text{"mm"} ; \text{" Cada " ; var2str} \left(\frac{S_{V1i}}{\text{cm}} ; 2 \right) ; \text{"cm"} \right) \\
 \text{"Distribucion de acero a corte"} \quad \text{concat} \left(\text{"Diametro " ; var2str} \left(\frac{\varphi_{estb_{V1}}}{\text{mm}} \right) ; \text{"mm"} ; \text{" Cada " ; var2str} \left(\frac{SCR_{V1}}{\text{cm}} ; 2 \right) ; \text{"cm"} \right)
 \end{bmatrix}$$

Encabezado_VIGA2 := augment ("Resultados" ; "Viga 2")

VIGA2:=	"Dimensiones"	"Base de Viga"	$\text{concat} \left(\text{var2str} \left(\frac{bw_{V2}}{\text{cm}} ; 2 \right) ; \text{"cm"} \right)$
		"Altura de Viga"	$\text{concat} \left(\text{var2str} \left(\frac{h_{V2}}{\text{cm}} ; 2 \right) ; \text{"cm"} \right)$
		"Recubrimiento"	$\text{concat} \left(\text{var2str} \left(\frac{rec_v}{\text{cm}} ; 2 \right) ; \text{"cm"} \right)$
		"Separacion Libre de Nivel de Cimentacion"	$\text{concat} \left(\text{var2str} \left(\frac{ds12}{\text{cm}} ; 2 \right) ; \text{"cm"} \right)$
	"Momentos y Cortantes"	"Momento Maximo ELS"	$\text{concat} \left(\text{var2str} \left(\frac{MS22_{\text{Resultante}}}{\text{kN m}} ; 2 \right) ; \text{"kN m"} \right)$
		"Momento Maximo ELU"	$\text{concat} \left(\text{var2str} \left(\frac{MU22_{\text{Resultante}}}{\text{kN m}} ; 2 \right) ; \text{"kN m"} \right)$
		"Cortante Maximo ELS"	$\text{concat} \left(\text{var2str} \left(\frac{VS22_{\text{Resultante}}}{\text{kN}} ; 2 \right) ; \text{"kN"} \right)$
"Cortante Maximo ELU"		$\text{concat} \left(\text{var2str} \left(\frac{VU22_{\text{Resultante}}}{\text{kN}} ; 2 \right) ; \text{"kN"} \right)$	
"Refuerzo Longitudinal"	"Acero Requerido"	$\text{concat} \left(\text{var2str} \left(\frac{AS_{V22re}}{\text{mm}^2} ; 2 \right) ; \text{"mm}^2 \right)$	
"Refuerzo Transversal"	"Acero Requerido"	$\text{concat} \left(\text{var2str} \left(\frac{Av \cdot S_{V2}}{\frac{\text{mm}^2}{\text{m}}} ; 2 \right) ; \text{"mm}^2 / \text{m} \right)$	
"Distribucion de acero a flexion"	"Superior"	$\text{concat} \left(\text{"Diametro "}; \text{var2str} \left(\frac{\varphi V2}{\text{mm}} ; \text{"mm"} ; \text{" Cada "}; \text{var2str} \left(\frac{S_{V2}}{\text{cm}} ; 2 \right) ; \text{"cm"} \right)$	
	"Inferior"	$\text{concat} \left(\text{"Diametro "}; \text{var2str} \left(\frac{\varphi V2i}{\text{mm}} ; \text{"mm"} ; \text{" Cada "}; \text{var2str} \left(\frac{S_{V2i}}{\text{cm}} ; 2 \right) ; \text{"cm"} \right)$	
"Distribucion de acero a corte"		$\text{concat} \left(\text{"Diametro "}; \text{var2str} \left(\frac{\varphi estb_{V2}}{\text{mm}} ; \text{"mm"} ; \text{" Cada "}; \text{var2str} \left(\frac{SCR_{V2}}{\text{cm}} ; 2 \right) ; \text{"cm"} \right)$	

Solicitaacion	Resultado
Carga Axial Solicitante ELS	430.00kN
Carga Axial Solicitante ELU	592.00kN
Momento de Esquina en X ELS	0.00kN m
Momento de Esquina en X ELU	0.00kN m
Momento de Esquina en Y ELS	0.00kN m
Momento de Esquina en Y ELU	0.00kN m
Momento X zapata medianera 1 ELS	19.00kN m
Momento X zapata medianera 1 ELU	25.60kN m
Momento Y zapata medianera 2 ELS	26.00kN m
Momento Y zapata medianera 2 ELU	38.00kN m
Carga Distribuida Solera viga 2 ELS	12.62kN/ m
Carga Distribuida Solera viga 2 ELU	17.67kN/ m
Carga Distribuida Solera viga 1 ELS	8.03kN/ m
Carga Distribuida Solera viga 1 ELU	11.24kN/ m

Solicitaaciones

Resultados	Zapata	
Presion del Suelo	Estado Limite de Servicio	348.12kN/m ²
	Estado Limite Ultimo	475.33kN/m ²
Resultantes	Resultante Zapata de esquina ELS	650.98kN
	Resultante Zapata de esquina ELU	888.86kN
	Resultante Zapata 1 ELS	-13.63kN
	Resultante Zapata 1 ELU	-20.57kN
	Resultante Zapata 2 ELS	-21.42kN
	Resultante Zapata 2 ELU	-26.14kN
Verificaciones	Cortante Unidireccional X	Cumple
	Cortante Unidireccional Y	Cuantla Recalculada Cumple
	Cortante Punzonamiento	Cumple
	Ratio Punzonamiento	0.2301
Dimensiones	Dimension X	1.10m
	Dimension Y	1.70m
	Altura de la Zapata	70.00cm
	Recubrimiento	7.50cm
	Peralte	62.50cm
Cuantias	Superior Direccion X	0.0018
	Inferior Direccion X	0.0018
	Superior Direccion Y	0.0056
	Inferior Direccion Y	0.002
Acero Requerido	Superior Direccion X	2142.00mm ²
	Inferior Direccion X	2142.00mm ²
	Superior Direccion Y	1517.89mm ²
	Inferior Direccion Y	1386.00mm ²
Distribucion	Superior Direccion X	Diametro 20mm Cada 25.50cm
	Superior Direccion Y	Diametro 20mm Cada 23.25cm
	Inferior Direccion X	Diametro 20mm Cada 25.50cm
	Inferior Direccion Y	Diametro 20mm Cada 23.25cm
Verificacion de Separacion	Superior Direccion X	Cumple
	Superior Direccion Y	Cumple
	Inferior Direccion X	Cumple
	Inferior Direccion Y	Cumple
Longitudes de Desarrollo	Superior Direccion X	Requiere Ganchos, 32.89cm
	Superior Direccion Y	No requiere ganchos, 0.00cm
	Inferior Direccion X	Requiere Ganchos, 30.00cm
	Inferior Direccion Y	No requiere ganchos, 0.00cm
Verificacion Altura Calculada	No requiere recalcu	70.00cm

Resultados		Viga 1	
Dimensiones	Base de Viga	35.00cm	
	Altura de Viga	55.00cm	
	Recubrimiento	5.00cm	
	Separacion Libre de Nivel de Cimentacion	15.00cm	
Momentos y Cortantes	Momento Maximo ELS	-165.09kN m	
	Momento Maximo ELU	-227.56kN m	
	Cortante Maximo ELS	69.26kN	
	Cortante Maximo ELU	96.50kN	
Refuerzo Longitudinal	Acero Requerido	1289.51mm ²	
Refuerzo Transversal	Acero Requerido	291.67mm ² / m	
Distribucion de acero a flexion	Superior	Diametro 25mm Cada 7.75cm	
	Inferior	Diametro 14mm Cada 5.80cm	
Distribucion de acero a corte	Diametro 10mm Cada 25.00cm		

VIGA1

Resultados		Viga 2	
Dimensiones	Base de Viga	55.00cm	
	Altura de Viga	55.00cm	
	Recubrimiento	5.00cm	
	Separacion Libre de Nivel de Cimentacion	15.00cm	
Momentos y Cortantes	Momento Maximo ELS	-106.42kN m	
	Momento Maximo ELU	-145.36kN m	
	Cortante Maximo ELS	-75.91kN	
	Cortante Maximo ELU	-105.30kN	
Refuerzo Longitudinal	Acero Requerido	902.88mm ²	
Refuerzo Transversal	Acero Requerido	458.33mm ² / m	
Distribucion de acero a flexion	Superior	Diametro 14mm Cada 6.92cm	
	Inferior	Diametro 14mm Cada 6.92cm	
Distribucion de acero a corte	Diametro 10mm Cada 25.00cm		

VIGA2

 ☐ Gráficos

 ☐ Funciones

```

CreateRect (pp ; lc ; w ; fc) := out_1 := "rect"
                                out_2 := pp
                                out_3 := lc
                                out_4 := "solid"
                                out_5 := w
                                out_6 := fc
                                out
CreateLine (pp ; lc ; w) := out_1 := "line"
                            out_2 := pp
                            out_3 := lc
                            out_4 := "solid"
                            out_5 := w
                            out
CreateCircle (pp ; lc ; w ; fc) := out_1 := "circle"
                                    out_2 := pp
                                    out_3 := lc
                                    out_4 := "solid"
                                    out_5 := w
                                    if fc = "none"
                                        1
                                    else
                                        out_6 := fc
                                    out

```

 ☐ Longitudes requeridas

```

"Dimensión en X de la zapata"
a
"Dimensión en Y de la zapata"
b
"Recubrimiento de la zapata"
r := rec
"Ancho o medida de base de viga 2"
ca := bw...

```

```

... ~~~ v2
"Ancho o medida de base de viga 1"
cb := bwV1
"Dimensión en X de la columna"
CX
"Dimensión en Y de la columna"
CY
"Acero Superior Y"
"Número de Varillas acero superior en Y"
Ny := NvarY_Realtop
"Diámetro de varilla para acero superior Y"
φvar1
"Acero Inferior Y"
"Número de Varillas acero inferior en Y"
NyInf := NvarY_Realbot
"Diámetro de varilla para acero superior Y"
φvar11
"Acero Superior X"
"Número de Varillas acero superior en X"
Nx := NvarX_Realtop
"Diámetro de varilla para acero superior X"
φvar2
"Acero Inferior X"
"Número de Varillas acero superior en X"
NxInf := NvarX_Realbot
"Diámetro de varilla para acero superior X"
φvar22
"Separación Libre del divel de fundación respecto el nivel de la viga1 "
dsl1
"Separación Libre del divel de fundación respecto el nivel de la viga2 "
dsl2
"Longitud de ganchos Dirección en X acero Superior "
lgxs
"Longitud de ganchos Dirección en X acero Inferior "
lgxi
"Longitud de ganchos Dirección en Y acero Superior "
lgys
"Longitud de ganchos Dirección en Y acero Inferior "
lgyi
"Altura de viga 1"
hV1
"Base de viga 1"

```

```

bwV1
"Altura de viga 2"
hV2
"Base de viga 2"
bwV2
"Altura de la zapata"
hZapat

```

☐—Graficas Vista en Planta

☐—Acero Superior en Zapata Vista en Planta

```

"ARMADO DE VARILLAS PARALELAS AL EJE Y"
"Logitud del volado para la gráfica de la viga 2"
dsvV2 :=  $\frac{a}{2}$ 
"Logitud del volado para la gráfica de la viga 1"
dsvV1 :=  $\frac{b}{2}$ 
"Distancia libre"
Sy := a - (2 · r)
"Separación de varillas"
esy :=  $\frac{Sy}{(Ny - 1)}$ 
1
"Bucle for"
"Opera recorriendo un rango de 1 a (Ny-1)"
for k ∈ [1..(Ny - 1)]
  "Pares de Coordenadas de lineas"
  x := k · esy + r
  y := r + dsvV1
  x2 := x
  y2 := b - r + dsvV1
  "FuncionCrearLinea(stack("CoordenadaOrigen;CoordenadaFinal),"Color"GrosordeLinea)"
  armado_Yk := CreateLine (stack (x ; y ; x2 ; y2) ; "fuchsia" ; 1)
"Coordenadas primera varilla"
var1y := CreateLine (stack ((r) ; dsvV1 + r ; (r) ; (b - r + dsvV1))) ; "fuchsia" ; 1)
armado_Y
"Creación del vector armadoY"
armadoY := stack ([ var1y] ; armado_Y)

```

```

"ARMADO DE VARILLAS PARALELAS AL EJE X"
"Distancia libre"
Sx:= b - (2·r)
"Separación de varillas"
es_x :=  $\frac{Sx}{(Nx-1)}$ 
"Bucle for"
for k ∈ [ 1..(Nx-1) ]
  "Pares de Coordenadas"
  x:=r
  y:=k·es_x+r+dsv_v1
  x2:=a-r
  y2:=y
  armado_X_k := CreateLine ( stack { x ; y ; x2 ; y2 } ; "mediumblue" ; 1)
"Coordenadas primera varilla"
var1x:=CreateLine ( stack { (r) ; (r+dsv_v1) ; (a-r) ; (r+dsv_v1) } ; "mediumblue" ; 1)
armado_X
"Creación del vector armadoX"
armadoX:=stack { [ var1x ] ; armado_X }

"Creación de figuras rectangulares"
"Descripción"
"FuncionCrearRectangulo((stack(CoordenadaEsquinaInicial,CoordenadaEsquinaFinal)), "colorRelleno",GrosorBorde,"ColorBorde")"
"Prolongación gráfica de Viga 1"
CreateRect ( ( stack { 0 ; 0 ; cb ; dsv_v1 } ) ; "dimgray" ; 1 ; "darkgray" )
"Prolongación gráfica de Viga 2"
CreateRect ( ( stack { 0 ; dsv_v1 ; a ; (b) } ) ; "dimgray" ; 1 ; "darkgray" )
"Creación de la zapata"
CreateRect ( ( stack { a ; (b-ca+dsv_v1) ; (dsv_v2) ; (ca) } ) ; "dimgray" ; 1 ; "darkgray" )
"Creación de la columna"
CreateRect ( ( stack { (0) ; (b-C_Y+dsv_v1) ; C_X ; C_Y } ) ; "dimgray" ; 1 ; "lightgray" )
"Linea de cota para medida de zapata en X"
Cota_X:=CreateLine ( stack { (0) ; (b+dsv_v1+2·rec) ; (a) ; (b+dsv_v1+2·rec) } ; "black" ; 1)
"Linea de cota para medida de zapata en Y"
Cota_Y:=CreateLine ( stack { (-15 cm) ; (dsv_v1) ; (-15 cm) ; (b+dsv_v1) } ; "black" ; 1)
"Linea de cota para medida de columna en X"
Cota_CX:=CreateLine ( stack { (0) ; (b+dsv_v1+4·rec) ; (C_X) ; (b+dsv_v1+4·rec) } ; "black" ; 1)
"Linea de cota para medida de columna en Y"
Cota_CY:=CreateLine ( stack { (-30 cm) ; (b-C_Y+dsv_v1) ; (-30 cm) ; (b+dsv_v1) } ; "black" ; 1)
"Creación del Vector que contiene las prolongaciones vigas, zapata y columna"
ZAP_PLANTA :=  $\left[ \begin{array}{l} CreateRect ( ( stack { 0 ; 0 ; cb ; dsv_v1 } ) ; "dimgray" ; 1 ; "darkgray" ) \\ CreateRect ( ( stack { 0 ; dsv_v1 ; a ; (b) } ) ; "dimgray" ; 1 ; "darkgray" ) \\ CreateRect ( ( stack { a ; (b-ca+dsv_v1) ; (dsv_v2) ; (ca) } ) ; "dimgray" ; 1 ; "darkgray" ) \\ CreateRect ( ( stack { (0) ; (b-C_Y+dsv_v1) ; C_X ; C_Y } ) ; "dimgray" ; 1 ; "lightgray" ) \end{array} \right]$ 
"Vector que contiene las lineas de cotas"
Cotas_Planta :=  $\left[ \begin{array}{l} Cota_X \\ Cota_Y \\ Cota_{CX} \\ Cota_{CY} \end{array} \right]$ 

```

"Títulos para la grafica en Planta Acero Superior"

$$\text{titulosPlantaS} := \begin{bmatrix} a - \frac{dsv_{V1}}{3} & \frac{dsv_{V1}}{4} & \text{"PLANTA SUPERIOR"} & 9 & \text{"black"} \\ \frac{a}{2} & (b + dsv_{V1} + 5 \cdot \text{rec}) & \text{"a"} & 9 & \text{"black"} \\ -0.30 \text{ m} & b & \text{"b"} & 9 & \text{"black"} \\ \frac{C_X}{4} & (b + dsv_{V1} + 6.5 \cdot \text{rec}) & \text{"C_X"} & 9 & \text{"black"} \\ -7.5 \cdot \text{rec} & \left(b - \frac{C_Y}{4} + dsv_{V1} \right) & \text{"C_Y"} & 9 & \text{"black"} \end{bmatrix}$$

"Información del acero de refuerzo"

"Tamaño de diametro y Separación"

$$\text{InfPlantaS} := \begin{bmatrix} \frac{a}{2} (dsv_{V1} - 15 \text{ cm}) \text{ concat} \left(\text{"\phi"}; \text{var2str} \left(\frac{\varphi_{var1}}{\text{mm}} \right); \text{"mm"}; \text{" @"}; \text{var2str} \left(\frac{es_y}{\text{cm}}; 1 \right); \text{"cm"} \right) & 9 & \text{"fuchsia"} \\ \frac{a}{2} (dsv_{V1} - 30 \text{ cm}) \text{ concat} \left(\text{"\phi"}; \text{var2str} \left(\frac{\varphi_{var2}}{\text{mm}} \right); \text{"mm"}; \text{" @"}; \text{var2str} \left(\frac{es_x}{\text{cm}}; 1 \right); \text{"cm"} \right) & 9 & \text{"mediumblue"} \end{bmatrix}$$

□ Acero Inferior en Zapata Vista en Planta

"ARMADO DE VARILLAS PARALELAS AL EJE Y"

"Logitud del volado para la gráfica de la viga 2"

$$dsv_{V2} := \frac{a}{2}$$

"Logitud del volado para la gráfica de la viga 1"

$$dsv_{V1} := \frac{b}{2}$$

"Distancia libre"

$$Sy_i := a - (2 \cdot r)$$

"Separación de varillas"

$$es_{yInf} := \frac{Sy_i}{(Ny_{Inf} - 1)}$$

"Bucle for"

"Opera recorriendo un rango de 1 a (Ny-1)"

for k2 ∈ [1..(Ny_{Inf}-1)]

"Pares de Coordenadas"

$$xi := k2 \cdot es_{yInf} + r$$

$$yi := r + dsv_{V1}$$

$$x2i := xi$$

$$y2i := b - r + dsv_{V1}$$

$$\text{armado_Yi}_{k2} := \text{CreateLine} \left(\text{stack} (xi; yi; x2i; y2i); \text{"darkorange"}; 1 \right)$$

"Coordenadas primera varilla"

$$\text{var1Y}_{Inf} := \text{CreateLine} \left(\text{stack} \left((r); dsv_{V1} + r; (r); (b - r + dsv_{V1}) \right); \text{"darkorange"}; 1 \right)$$

armado_Yi

"Creación del vector armadoY"

$$\text{armadoY}_{Inf} := \text{stack} \left([\text{var1Y}_{Inf}; \text{armado_Yi}] \right)$$

"ARMADO DE VARILLAS PARALELAS AL EJE X"

"Distancia libre"

$$Sxi := b - (2 \cdot r)$$

"Separación de varillas"

$$es_{xInf} := \frac{Sxi}{(Nx_{Inf} - 1)}$$

"Bucle for"

for k3 ∈ [1..(Nx_{Inf}-1)]

"Pares de Coordenadas"

$$x1 := r$$

$$y1 := k3 \cdot es_{xInf} + r + dsv_{V1}$$

$$x2i := a - r$$

$$y2i := y1$$

$$\text{armado_Xi}_{k3} := \text{CreateLine} \left(\text{stack} (x1; y1; x2i; y2i); \text{"seagreen"}; 1 \right)$$

"Coordenadas primera varilla"

$$\text{var1X}_{Inf} := \text{CreateLine} \left(\text{stack} \left((r); (r + dsv_{V1}); (a - r); (r + dsv_{V1}) \right); \text{"seagreen"}; 1 \right)$$

armado_Xi

"Creación del vector armadoX"

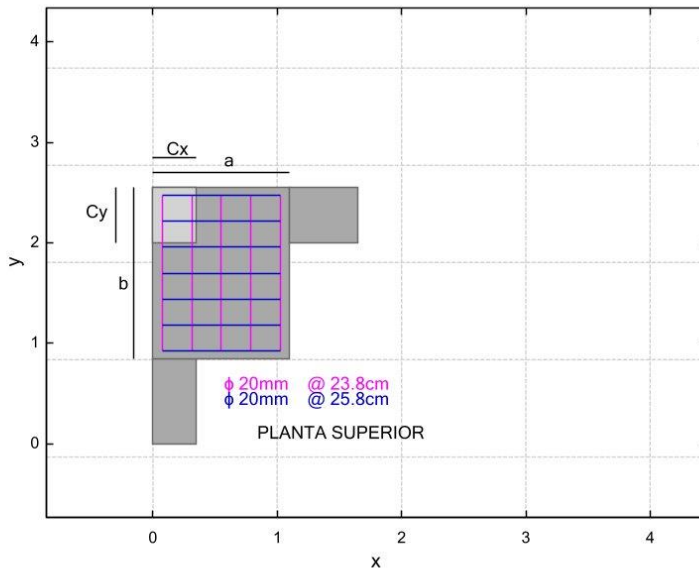
$$\text{armadoX}_{Inf} := \text{stack} \left([\text{var1X}_{Inf}; \text{armado_Xi}] \right)$$

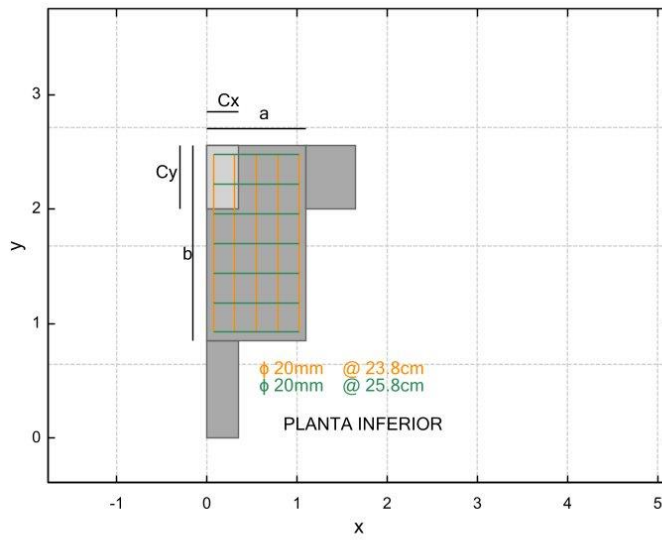
```

"Titulos para la grafica en Planta Acero Superior"
titulos_plantat := [
  [ a -  $\frac{dsv_{V1}}{3}$        $\frac{dsv_{V1}}{4}$       "PLANTA INFERIOR" 9 "black" ]
  [  $\frac{a}{2}$       ( b + dsv_{V1} + 5 \cdot rec )      "a"      9 "black" ]
  [ -0.30 m      b      "b"      9 "black" ]
  [  $\frac{C_x}{4}$       ( b + dsv_{V1} + 6.5 \cdot rec )      "Cx"      9 "black" ]
  [ -8 \cdot rec      [ b -  $\frac{C_y}{4}$  + dsv_{V1} ]      "Cy"      9 "black" ]
]

"Información del acero de refuerzo"
"Tamano de diametro y Separación"
Inf_plantat := [
  [  $\frac{a}{2}$  ( dsv_{V1} - 15 cm ) concat ( "φ "; var2str (  $\frac{\phi_{var11}}{mm}$  ); "mm"; " @ "; var2str (  $\frac{es_{yInf}}{cm}$ ; 1 ); "cm" ) 9 "darkorange" ]
  [  $\frac{a}{2}$  ( dsv_{V1} - 30 cm ) concat ( "φ "; var2str (  $\frac{\phi_{var22}}{mm}$  ); "mm"; " @ "; var2str (  $\frac{es_{xInf}}{cm}$ ; 1 ); "cm" ) 9 "seagreen" ]
]

```





```

"Altura de la zapata"
h_ZAP := h_zapat
"Altura de viga"
hv2 := hv2
"Longitud de ganchos superiores"
ld1x := lg_xs
"Longitud de ganchos inferiores"
ld1lx := if lg_xi = 0
    rec
    else
    lg_xi
"Selección de la altura libre para la posición de la viga"
hl_v2 := {
    dsl2      if h_ZAP = hv2
    (h_ZAP - hv2) if h_ZAP > hv2
    dsl2      if h_ZAP < hv2
    dsl2      otherwise
}
"% Para incrementar a para representar graficamente V2"
%a := 1.25
"% Para incrementar a para representar graficamente Columna"
%hzap := 1.5
"Creación de figuras rectangulares"
"Viga 2"
CreateRect ( (stack (C_X; (hl_v2); (%a · a); hv2)); "darkgray"; 1; "darkgray" )
"Zapata"
CreateRect ( (stack (0; 0; a; h_ZAP)); "dimgray"; 1; "darkgray" )
"Columna"
CreateRect ( (stack ((0); (h_ZAP); C_X; (%hzap · h_ZAP))); "dimgray"; 1; "lightgray" )
"Vector que contiene viga, zapata y columna"
ZAP_LateralX := [
    CreateRect ( (stack (C_X; (hl_v2); (%a · a); hv2)); "dimgray"; 0.5; "lightgray" )
    CreateRect ( (stack (0; 0; a; h_ZAP)); "dimgray"; 1; "lightgray" )
    CreateRect ( (stack ((0); (h_ZAP); C_X; (%hzap · h_ZAP))); "dimgray"; 1; "lightgray" )
]
"Distancia libre"
Sy := a - (2 · r) - φ_var2
"Separación de varillas"
se_y := Sy / (Ny - 1)
"Radio del Circulo"
r_varY := φ_var1 / 2
"Bucle for"
for i ∈ [1..(Ny - 1)]
    "Coordenada del centro del circulo"
    x := i · se_y + r
    y := h_ZAP - r - φ_var2
    armadoY_cir_i := CreateCircle (stack (x; (y); r_varY); "fuchsia"; 3; "fuchsia")
"Coordenadas primera varilla"
varCIRy := CreateCircle (stack ((r + φ_var1); (h_ZAP - r - φ_var2); φ_var1 / 2); "fuchsia"; 3; "fuchsia")
armadoY_cir
armadoYSup_Lateral := stack ([ varCIRy]; armadoY_cir)
"Varilla X superior"
var_2X := CreateLine (stack ((r); (h_ZAP - r); (a - r); (h_ZAP - r)); "mediumblue"; 2)
"gancho Superior izquierdo"
gancho_sl := CreateLine (stack ((r); (h_ZAP - r - ld1x); (r); (h_ZAP - r)); "mediumblue"; 2)
"gancho Superior derecho"
gancho_cr := CreateLine (stack ((a - r); (h_ZAP - r - ld1x); (a - r); (h_ZAP - r)); "mediumblue"; 2)

```

```

"Armado superior varilla y ganchos"
armadoXsup := 
$$\left[ \begin{array}{l} \text{CreateLine} \left( \text{stack} \left( (r); (h_{ZAP} - r); (a - r); (h_{ZAP} - r) \right); \text{"mediumblue"; 2} \right) \\ \text{CreateLine} \left( \text{stack} \left( (r); (h_{ZAP} - r - ld1x); (r); (h_{ZAP} - r) \right); \text{"mediumblue"; 2} \right) \\ \text{CreateLine} \left( \text{stack} \left( (a - r); (h_{ZAP} - r - ld1x); (a - r); (h_{ZAP} - r) \right); \text{"mediumblue"; 2} \right) \end{array} \right]$$

"Distancia libre"
SyInf := a - (2 · r) - φvar22
"Separación de varillas"
seyInf := 
$$\frac{Sy_{Inf}}{(Ny_{Inf} - 1)}$$

"Radio del Circulo"
rvarY := 
$$\frac{\varphi_{var11}}{2}$$

"Bucle for"
for i ∈ [1..(NyInf - 1)]
  "Coordenada del centro del circulo"
  x := i · seyInf + r
  y := r + φvar22
  armadoYY_ciri := CreateCircle (stack (x; (y); rvarY); "darkorange"; 3; "darkorange")
"Coordenadas primera varilla"
varCIRyy := CreateCircle (stack ((r + φvar11); (r + φvar22);  $\frac{\varphi_{var11}}{2}$ ); "darkorange"; 3; "darkorange")
armadoYY_cir
armadoYInflateral := stack ([ varCIRyy ]; armadoYY_cir)
"Varilla X Inferior"
var2X := CreateLine (stack ((r); (r); (a - r); (r)); "seagreen"; 2)
"gancho Inferior izquierdo"
ganchoSI := CreateLine (stack ((r); (r); (r); (ld11x)); "seagreen"; 2)
"gancho Inferior derecho"
ganchoSD := CreateLine (stack ((a - r); (r); (a - r); (ld11x)); "seagreen"; 2)
"Armado inferior varilla y ganchos"
armadoXinf := 
$$\left[ \begin{array}{l} \text{CreateLine} \left( \text{stack} \left( (r); (r); (a - r); (r) \right); \text{"seagreen"; 2} \right) \\ \text{CreateLine} \left( \text{stack} \left( (r); (r); (r); (ld11x) \right); \text{"seagreen"; 2} \right) \\ \text{CreateLine} \left( \text{stack} \left( (a - r); (r); (a - r); (ld11x) \right); \text{"seagreen"; 2} \right) \end{array} \right]$$

"Representación de tierra"
tierraX := 
$$\left[ \begin{array}{l} \text{CreateLine} \left( \text{stack} \left( (-1.25 \cdot \text{rec}); (-2 \cdot \text{rec}); (-1.25 \cdot \text{rec}); (h_{ZAP}) \right); \text{"tan"; 18} \right) \\ \text{CreateLine} \left( \text{stack} \left( (-2.4 \cdot \text{rec}); (-1.4 \cdot \text{rec}); (a + (2.4 \cdot \text{rec})); (-1.4 \cdot \text{rec}) \right); \text{"tan"; 18} \right) \\ \text{CreateLine} \left( \text{stack} \left( (a + 1.2 \cdot \text{rec}); (-\text{rec}); (a + 1.2 \cdot \text{rec}); (hl_{v2} - 0.2 \cdot \text{rec}) \right); \text{"tan"; 18} \right) \\ \text{CreateLine} \left( \text{stack} \left( (a + 2 \cdot \text{rec}); (hl_{v2} - 1.4 \cdot \text{rec}); (\%a \cdot a + C_X); (hl_{v2} - 1.4 \cdot \text{rec}) \right); \text{"tan"; 18} \right) \end{array} \right]$$

"COTAS"
CotaX2 := CreateLine (stack ((0); (-45 cm); (a); (-45 cm)); "black"; 1)
"Cota Cx"
CotaCX2 := CreateLine (stack ((0); (2.6 · hZAP); (CX); (2.6 · hZAP)); "black"; 1)
"Cota Altura de la Zapata"
CotaZ := CreateLine (stack ((-3.5 · rec); (0); (-3.5 · rec); (hZAP)); "black"; 1)
"Cota Altura de viga"
Cotav2 := CreateLine (stack ((1.52 · a); (hlv2); (1.52 · a); (hv2 + hlv2)); "black"; 1)
"Cota Profundidad"
CotaDf := CreateLine (stack ((-6 · rec); (0); (-6 · rec); (2.5 · hZAP)); "black"; 1)
CotasLateralX := 
$$\left[ \begin{array}{l} \text{Cota}_{X2} \\ \text{Cota}_{CX2} \\ \text{Cota}_Z \\ \text{Cota}_{v2} \end{array} \right]$$

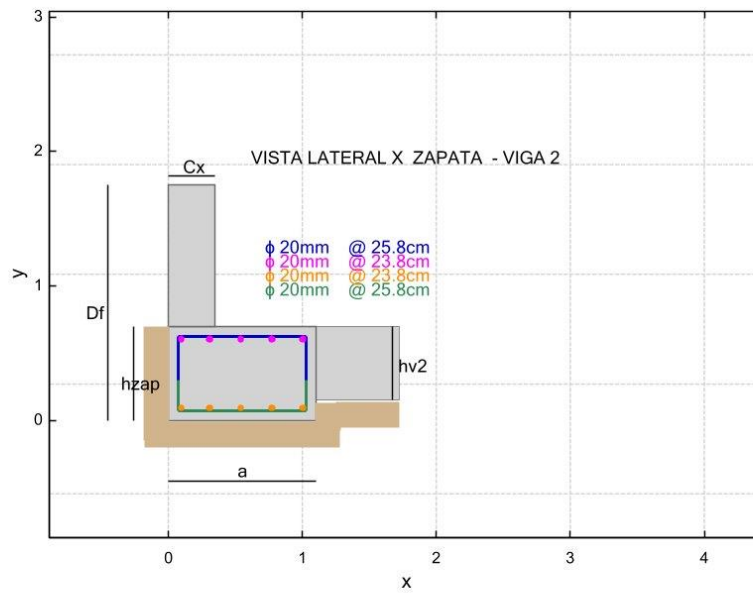

```

[CotaDf]

```

"Titulos para la grafica en Planta Acero Superior"
titulos_LateralX := [
    [ a · 0.45      - 30 cm          "a"          9 "black" ]
    [  $\frac{C_X}{4}$       ( 2.8 · h_ZAP )    "C_X"      9 "black" ]
    [ - 5 · rec       $\frac{h_{ZAP}}{2}$           "hzap"     9 "black" ]
    [ - 8.5 · rec     $\frac{2.5 · h_{ZAP}}{2}$       "Df"      9 "black" ]
    [ 1.54 · a      ( 0.6 · hv2 + hl_v2 ) "hv2"     9 "black" ]
    [ 1.7 · C_X     ( 2.9 · h_ZAP )    "VISTA LATERAL X ZAPATA - VIGA 2" 9 "black" ]
]

"Información del acero de refuerzo"
"Tamano de diametro y Separación"
Inf_LateralX := [
    [ 2 · C_X ( 1.5 · h_ZAP ) concat ( "φ " ; var2str (  $\frac{\varphi_{var22}}{mm}$  ) ; "mm" ; " @ " ; var2str (  $\frac{es_{xInf}}{cm}$  ; 1 ) ; "cm" ) 9 "seagreen" ]
    [ 2 · C_X ( 1.65 · h_ZAP ) concat ( "φ " ; var2str (  $\frac{\varphi_{var11}}{mm}$  ) ; "mm" ; " @ " ; var2str (  $\frac{es_{yInf}}{cm}$  ; 1 ) ; "cm" ) 9 "darkorange" ]
    [ 2 · C_X ( 1.80 · h_ZAP ) concat ( "φ " ; var2str (  $\frac{\varphi_{var1}}{mm}$  ) ; "mm" ; " @ " ; var2str (  $\frac{es_y}{cm}$  ; 1 ) ; "cm" ) 9 "fuchsia" ]
    [ 2 · C_X ( 1.95 · h_ZAP ) concat ( "φ " ; var2str (  $\frac{\varphi_{var2}}{mm}$  ) ; "mm" ; " @ " ; var2str (  $\frac{es_x}{cm}$  ; 1 ) ; "cm" ) 9 "mediumblue" ]
]
    
```



□ Gráfica Vista Lateral Eje Y-Y ZAPATA VIGA 1

```

h_ZAP := h_Zapat
"Altura de viga"
hv1 := h_V1
"Longitud de ganchos superiores"
ld1y := lg_ys
"Longitud de ganchos inferior"
ld1ly := if lg_yi = 0
    rec
    else
    lg_yi
"Selección de la altura libre para la posición de la viga."
hl_V1 := {
    dsl1      if h_ZAP = hv1
    {h_ZAP - hv1} if h_ZAP > hv1
    dsl1      if h_ZAP < hv1
    dsl1      otherwise
"% Para incrementar a para representar graficamente V1"
%b := 1.25
"% Para incrementar a para representar graficamente Columna"
%hzap := 1.5
"Creación de figuras rectangulares"
"Viga 1"
CreateRect (( stack ( 0 ; {hl_V1} ; (%b · (b)) ; hv1 )) ; "darkgray" ; 1 ; "darkgray" )
"Zapata"
CreateRect (( stack ( (%b · b - b + C_Y) ; 0 ; b ; h_ZAP )) ; "dimgray" ; 1 ; "darkgray" )
"Columna"
CreateRect (( stack ( ((%b · b)) ; {h_ZAP} ; C_Y ; (%hzap · h_ZAP) )) ; "dimgray" ; 1 ; "lightgray" )
"Vector que contiene viga, zapata y columna"
ZAP_LateralY := [
    CreateRect (( stack ( 0 ; {hl_V1} ; (%b · (b)) ; hv1 )) ; "darkgray" ; 1 ; "lightgray" )
    CreateRect (( stack ( (%b · b - b + C_Y) ; 0 ; b ; h_ZAP )) ; "dimgray" ; 1 ; "lightgray" )
    CreateRect (( stack ( ((%b · b)) ; {h_ZAP} ; C_Y ; (%hzap · h_ZAP) )) ; "dimgray" ; 1 ; "lightgray" )
]
"Distancia libre"
Sx := b - (2 · r) - φ_var1
"Separación de varillas"
se_x :=  $\frac{Sx}{(Nx - 1)}$ 
"Radio del Circulo"
r_varX :=  $\frac{\varphi_{var2}}{2}$ 
"Longitud grafica de Volado de viga 1"
lgv1 := %b · b - b + C_Y + r
"Bucle for"
for i ∈ [1..(Nx - 1)]
    "Coordenada del centro del circulo"
    x := i · se_x + lgv1
    y := h_ZAP - r - φ_var1
    armadoX_cir_i := CreateCircle ( stack ( x ; (y) ; r_varY ) ; "mediumblue" ; 3 ; "mediumblue" )
"Coordenadas primera varilla"
varCIRx := CreateCircle ( stack ( ( φ_var2 + lgv1 ) ; ( h_ZAP - r - φ_var1 ) ;  $\frac{\varphi_{var2}}{2}$  ) ; "mediumblue" ; 3 ; "mediumblue" )
armadoX_cir
armadoXSup_VistaLateral := stack ( [ varCIRx ] ; armadoX_cir )
"Varilla X superior"

```

```

varZY := CreateLine [stack ( (lgv1) ; (hZAP - r) ; (%b · b + CY - r) ; (hZAP - r)) ; "fuchsia" ; 2]
"gancho Superior izquierdo"
ganchoSI := CreateLine [stack ( (lgv1) ; (hZAP - r - ld1y) ; (lgv1) ; (hZAP - r)) ; "fuchsia" ; 2]
"gancho Superior derecho"
ganchoSD := CreateLine [stack ( (%b · b + CY - r) ; (hZAP - r - ld1y) ; (%b · b + CY - r) ; (hZAP - r)) ; "fuchsia" ; 2]
"Armado superior varilla y ganchos"
armadoXsup := [
  CreateLine [stack ( (lgv1) ; (hZAP - r) ; (%b · b + CY - r) ; (hZAP - r)) ; "fuchsia" ; 2]
  CreateLine [stack ( (lgv1) ; (hZAP - r - ld1y) ; (lgv1) ; (hZAP - r)) ; "fuchsia" ; 2]
  CreateLine [stack ( (%b · b + CY - r) ; (hZAP - r - ld1y) ; (%b · b + CY - r) ; (hZAP - r)) ; "fuchsia" ; 2]
]
"Distancia libre"
SxInf := b - (2 · r) - φvar1
"Separación de varillas"
sexInf :=  $\frac{Sx_{Inf}}{Nx_{Inf} - 1}$ 
"Radio del Circulo"
rvarX :=  $\frac{\varphi_{var2}}{2}$ 
"Longitud grafica de Volado de viga l"
lgv1 := %b · b - b + CY + r
"Bucle for"
for i ∈ [1..(NxInf - 1)]
  "Coordenada del centro del circulo"
  x := i · sexInf + lgv1
  y := r + φvar1
  armadoXciri := CreateCircle [stack (x ; (y) ; rvarY) ; "seagreen" ; 3 ; "seagreen"]
"Coordenadas primera varilla"
varCIRx := CreateCircle [stack ( (φvar2 + lgv1) ; (r + φvar1) ;  $\frac{\varphi_{var2}}{2}$ ) ; "seagreen" ; 3 ; "seagreen"]
armadoXcir
armadoXInfVistaLateral := stack ([ varCIRx ] ; armadoXcir)
"Varilla X inferior"
varZY := CreateLine [stack ( (lgv1) ; (r) ; (%b · b + CY - r) ; (r)) ; "darkorange" ; 2]
"gancho Inferior izquierdo"
ganchoSI := CreateLine [stack ( (lgv1) ; (r) ; (lgv1) ; (ld11y)) ; "darkorange" ; 2]
"gancho Inferior derecho"
ganchoSD := CreateLine [stack ( (%b · b + CY - r) ; (r) ; (%b · b + CY - r) ; (ld11y)) ; "darkorange" ; 2]
"Armado inferior varilla y ganchos"
armadoXInf := [
  CreateLine [stack ( (lgv1) ; (r) ; (%b · b + CY - r) ; (r)) ; "darkorange" ; 2]
  CreateLine [stack ( (lgv1) ; (r) ; (lgv1) ; (ld11y)) ; "darkorange" ; 2]
  CreateLine [stack ( (%b · b + CY - r) ; (r) ; (%b · b + CY - r) ; (ld11y)) ; "darkorange" ; 2]
]
"Representación de tierra"
tierraY := [
  CreateLine [stack ( (0 cm) ; (hlV1 - 0.8 · rec) ; (%b · b - b + CY) ; (hlV1 - 0.8 · rec)) ; "tan" ; 18]
  CreateLine [stack ( (%b · b + CY - b - 1.1 · rec) ; ((-1.55 · rec)) ; (%b · b + CY - b - 1.1 · rec) ; (hlV1 - 0.15 · rec)) ; "tan" ; 18]
  CreateLine [stack ( (%b · b - b + CY - 1.4 · rec) ; (-0.8 · rec) ; (%b · b + CY + 1.4 · rec) ; (-0.8 · rec)) ; "tan" ; 18]
  CreateLine [stack ( (%b · b + CY + 1.1 · rec) ; (-1.55 · rec) ; (%b · b + CY + 1.1 · rec) ; (hZAP)) ; "tan" ; 18]
]
"Cotas"
"Cota dimension de zapata"
Cotab := CreateLine [stack ( (%b · b - b + CY) ; (-25 cm) ; (%b · b + CY) ; (-25 cm)) ; "black" ; 1]
"Cota dimension de columna"
CotaCY1 := CreateLine [stack ( (%b · b) ; (2.6 · hZAP) ; (%b · b + CY) ; (2.6 · hZAP)) ; "black" ; 1]
"Cota altura de zapata"
CotaZ := CreateLine [stack ( (lgv1 + b + 3.5 · rec) ; (0) ; (lgv1 + b + 3.5 · rec) ; (hZAP)) ; "black" ; 1]

```

```

"Cota altura de viga"
Cota_V1 := CreateLine (stack ((-1.5 · rec); (hl_V1); (-1.5 · rec); (hv1 + hl_V1)); "black"; 1)
"Cota Profundidad"
Cota_Df := CreateLine (stack ((lgv1 + b + 6 · rec); (0); (lgv1 + b + 6 · rec); (2.5 · h_ZAP)); "black"; 1)

Cotas_LateralY := [
  Cota_b
  Cota_CY1
  Cota_Z
  Cota_V1
  Cota_Df
]

```

```

"Titulos para la grafica en Planta Acero Superior"
titulos_LateralY := [
  lgv1 - rec +  $\frac{b}{2}$       - 15 cm      "b"      9 "black"
  %b · b +  $\frac{C_Y}{3}$       (2.8 · h_ZAP)    "Cy"      9 "black"
  lgv1 + b + rec       $\frac{h_{ZAP}}{2}$       "hzap"    9 "black"
  lgv1 + b + 6.5 · rec   $\frac{2.5 · h_{ZAP}}{2}$       "Df"      9 "black"
  -4.5 · rec      (0.6 · hv1 + hl_V1)  "hv1"    9 "black"
  0.9 · lgv1      (3.1 · h_ZAP)    "VISTA LATERAL Y ZAPATA - VIGA 1" 9 "black"
]

```

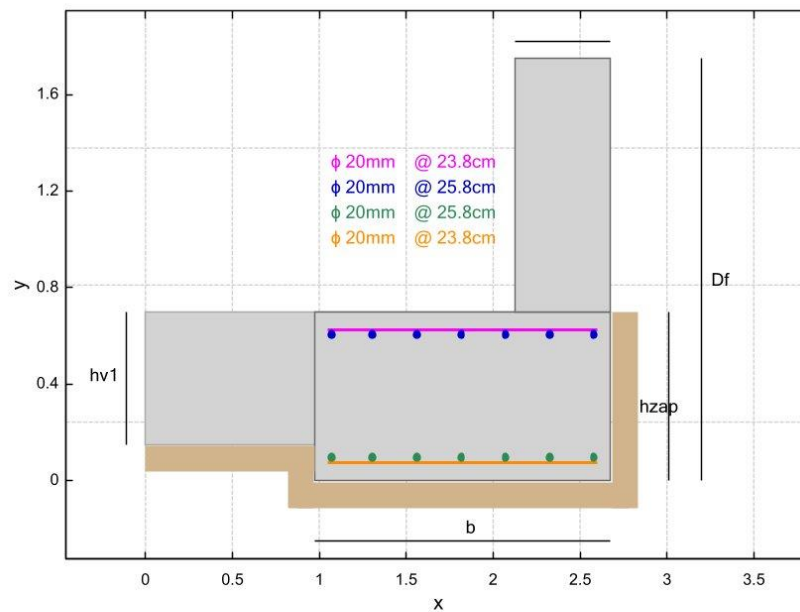
"Información del acero de refuerzo"

"Tamaño de diametro y Separación"

```

Inf_LateralY := [
  lgv1 (1.5 · h_ZAP) concat ("φ"; var2str ( $\frac{\varphi_{var1}}{mm}$ ); "mm"; " @ "; var2str ( $\frac{es_{yInf}}{cm}$ ; 1); "cm") 9 "darkorange"
  lgv1 (1.65 · h_ZAP) concat ("φ"; var2str ( $\frac{\varphi_{var22}}{mm}$ ); "mm"; " @ "; var2str ( $\frac{es_{xInf}}{cm}$ ; 1); "cm") 9 "seagreen"
  lgv1 (1.80 · h_ZAP) concat ("φ"; var2str ( $\frac{\varphi_{var2}}{mm}$ ); "mm"; " @ "; var2str ( $\frac{es_x}{cm}$ ; 1); "cm") 9 "mediumblue"
  lgv1 (1.95 · h_ZAP) concat ("φ"; var2str ( $\frac{\varphi_{var1}}{mm}$ ); "mm"; " @ "; var2str ( $\frac{es_y}{cm}$ ; 1); "cm") 9 "fuchsia"
]

```



Gráfica Sección Viga 1

```

N#V1 := NvarV1
N2#V1 := NvarV1i
φV_estribo := φestbV1
"Creación de figura VIGA 1"
Viga1 := [ CreateRect ( [ stack ( 0 ; 0 ; bwV1 ; hV1 ) ] ; "lightgray" ; 1 ; "lightgray" ) ]
"Distancia libre"
S_Viga1 := bwV1 - ( 2 · rec_v ) - ( 2 · φV_estribo )
"Separación de varillas"
s_V1 :=  $\frac{S_{Viga1}}{(N\#V1 - 1)}$ 
"Radio del Circulo"
r_varV1 :=  $\frac{\phi V1}{2}$ 
"Bucle for"
for i3 ∈ [ 1..(N#V1 - 1) ]
    "Coordenada del centro del circulo"
    x := i3 · s_V1 + rec_v + φV_estribo
    y := hV1 - rec_v - φV_estribo
    armadoV1sup_i3 := CreateCircle ( stack ( x ; y ; r_varV1 ) ; "red" ; 2 ; "red" )
"Coordenadas primera varilla"
var1_V1 := CreateCircle ( stack ( ( rec_v + φV_estribo ) ; ( hV1 - rec_v - φV_estribo ) ; r_varV1 ) ; "red" ; 2 ; "red" )
armadoV1sup
armadoV1_sup := stack ( [ var1_V1 ] ; armadoV1sup )
"Distancia libre"
S_Viga1i := bwV1 - ( 2 · rec_v ) - ( 2 · φV_estribo )
"Separación de varillas"
s_V1i :=  $\frac{S_{Viga1i}}{(N2\#V1 - 1)}$ 

```

```

"Radio del Circulo"
r_varV11 :=  $\frac{\varphi V1i}{2}$ 
"Bucle for"
for i4 ∈ [1..(N2#_v1 - 1)]
  "Coordenada del centro del circulo"
  x := i4 · s_v11 + rec_v +  $\varphi V_{estribo}$ 
  y := rec_v +  $\varphi V_{estribo}$ 
  armadoV1inf_i4 := CreateCircle (stack (x ; y ; r_varV11) ; "tomato" ; 2 ; "tomato")
"Coordenadas primera varilla"
var11_v1 := CreateCircle (stack ((rec_v +  $\varphi V_{estribo}$ ) ; (rec_v +  $\varphi V_{estribo}$ ) ; r_varV11) ; "tomato" ; 2 ; "tomato")
armadoV1inf
armadoV1inf := stack ([ var11_v1 ] ; armadoV1inf)
"Varilla X superior"
varV1_Sup := CreateLine (stack ((rec_v) ; (h_v1 - rec_v) ; (bw_v1 - rec_v) ; (h_v1 - rec_v)) ; "darkslateblue" ; 3)
"Varilla X inferior"
varV1_Inf := CreateLine (stack ((rec_v) ; (rec_v) ; (bw_v1 - rec_v) ; (rec_v)) ; "darkslateblue" ; 3)
"Varilla izquierda"
varV1_Izquierda := CreateLine (stack ((rec_v) ; (rec_v) ; (rec_v) ; (h_v1 - rec_v)) ; "darkslateblue" ; 3)
"Varilla derecha"
varV1_derecha := CreateLine (stack ((bw_v1 - rec_v) ; (rec_v) ; (bw_v1 - rec_v) ; (h_v1 - rec_v)) ; "darkslateblue" ; 3)
"Armado Estribo Viga 1"
estriboV1 :=  $\begin{bmatrix} \text{varV1\_Sup} \\ \text{varV1\_Inf} \\ \text{varV1\_Izquierda} \\ \text{varV1\_derecha} \end{bmatrix}$ 
"Linea Cota Base de Viga"
CotaB_v1 := CreateLine (stack ((0) ; (-2.5 · rec_v) ; (bw_v1) ; (-2.5 · rec_v)) ; "black" ; 1)
"Linea Cota Altura de Viga"
CotaH_v1 := CreateLine (stack ((-1 · rec_v) ; (0) ; (-1 · rec_v) ; (h_v1)) ; "black" ; 1)
"Linea Cota Separación de acero Superior"
CotaS_v1s := CreateLine (stack ((rec_v +  $\varphi V_{estribo} + \frac{\varphi V1}{2}$ ) ; (h_v1 +  $\frac{rec_v}{2}$ ) ; (rec_v +  $\varphi V_{estribo} + s_{v1} - \frac{\varphi V1}{2}$ ) ; (h_v1 +  $\frac{rec_v}{2}$ )) ; "black" ; 1)
cotaL1_v1s := CreateLine (stack ((rec_v +  $\varphi V_{estribo} + \frac{\varphi V1}{2}$ ) ; (h_v1 + rec_v) ; (rec_v +  $\varphi V_{estribo} + \frac{\varphi V1}{2}$ ) ; (h_v1 - rec_v)) ; "black" ; 1)
cotaL2_v1s := CreateLine (stack ((rec_v +  $\varphi V_{estribo} + s_{v1} - \frac{\varphi V1}{2}$ ) ; (h_v1 + rec_v) ; (rec_v +  $\varphi V_{estribo} + s_{v1} - \frac{\varphi V1}{2}$ ) ; (h_v1 - rec_v)) ; "black" ; 1)
"Linea Cota Separación de acero Inferior"
CotaS_v1i := CreateLine (stack ((bw_v1 - rec_v - s_v11 -  $\frac{\varphi V1i}{2}$ ) ; (- $\frac{rec_v}{2}$ ) ; (bw_v1 - rec_v -  $\varphi V1i - \frac{\varphi V_{estribo}}{2}$ ) ; (- $\frac{rec_v}{2}$ )) ; "black" ; 1)
cotaL1_v1i := CreateLine (stack ((bw_v1 - rec_v - s_v11 -  $\frac{\varphi V1i}{2}$ ) ; (rec_v) ; (bw_v1 - rec_v - s_v11 -  $\frac{\varphi V1i}{2}$ ) ; (-rec_v)) ; "black" ; 1)
cotaL2_v1i := CreateLine (stack ((bw_v1 - rec_v -  $\varphi V1i - \frac{\varphi V_{estribo}}{2}$ ) ; (rec_v) ; (bw_v1 - rec_v -  $\varphi V1i - \frac{\varphi V_{estribo}}{2}$ ) ; (-rec_v)) ; "black" ; 1)
Cotas_v1 :=  $\begin{bmatrix} \text{CotaB\_v1} \\ \text{CotaH\_v1} \\ \text{CotaS\_v1s} \\ \text{cotaL1\_v1s} \\ \text{cotaL2\_v1s} \\ \text{CotaS\_v1i} \\ \text{cotaL1\_v1i} \\ \text{cotaL2\_v1i} \end{bmatrix}$ 

```

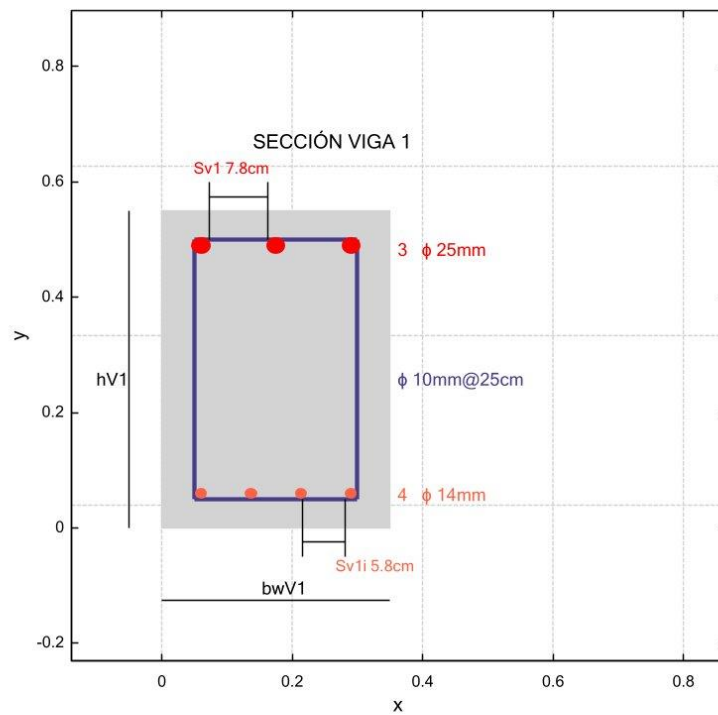
"Títulos para la grafica en Planta Acero Superior"

$$\text{titulos}_{\text{Viga1}} := \begin{bmatrix} \frac{bw_{V1}}{2} \cdot 0.85 & -1.74 \cdot rec_v & "bwV1" & 9 & "black" \\ -2.1 \cdot rec_v & \frac{h_{V1}}{2} & "hV1" & 9 & "black" \\ (rec_v) \cdot 0.9 & h_{V1} + 1.8 \cdot rec_v & \text{concat} \left("Sv1"; " "; \text{var2str} \left(\frac{S_{V1}}{cm}; 1 \right); "cm" \right) & 8 & "red" \\ (bw_{V1}) \cdot 0.75 & -1 \cdot rec_v & \text{concat} \left("Sv1i"; " "; \text{var2str} \left(\frac{S_{V1i}}{cm}; 1 \right); "cm" \right) & 8 & "tomato" \\ \frac{bw_{V1}}{2} \cdot 0.77 & h_{V1} + (2.8 \cdot rec_v) & "SECCIÓN VIGA 1" & 10 & "black" \end{bmatrix}$$

"Información del acero de refuerzo"

"Tamaño de diametro y Separación"

$$\text{Inf}_{V1} := \begin{bmatrix} bw_{V1} \cdot 1.02 (h_{V1} - rec_v) & \text{concat} \left(\text{var2str} (Nvar_{V1}); " \phi "; \text{var2str} \left(\frac{\phi V1}{mm} \right); "mm" \right) & 9 & "red" \\ bw_{V1} \cdot 1.02 \left(\frac{h_{V1}}{2} \right) & \text{concat} \left(" \phi "; \text{var2str} \left(\frac{\phi estb_{V1}}{mm} \right); "mm"; "@"; \text{var2str} \left(\frac{SCR_{V1}}{cm} \right); "cm" \right) & 9 & "darkslateblue" \\ bw_{V1} \cdot 1.02 (rec_v \cdot 1.5) & \text{concat} \left(\text{var2str} (Nvar_{V1i}); " \phi "; \text{var2str} \left(\frac{\phi V1i}{mm} \right); "mm" \right) & 9 & "tomato" \end{bmatrix}$$



Gráfica Sección Viga 2

$$\begin{cases} N\#_{V2} := Nvar_{V2} \\ N2\#_{V2} := Nvar_{V2i} \end{cases}$$

```

 $\varphi V_{\text{estribo}} := \varphi \text{estb}_{V_2}$ 
"Creación de figura VIGA 1"
Viga2 := [ CreateRect ( [ stack ( 0 ; 0 ; bwV2 ; hV2 ) ] ; "lightgray" ; 1 ; "lightgray" ) ]
"Distancia libre"
 $S_{Viga2} := bw_{V2} - ( 2 \cdot \text{rec}_v ) - ( 2 \cdot \varphi V_{\text{estribo}} )$ 
"Separación de varillas"
 $s_{V2} := \frac{S_{Viga2}}{(N\#_{V2} - 1)}$ 
"Radio del Circulo"
 $r_{\text{var}V2} := \frac{\varphi V2}{2}$ 
"Bucle for "
for i ∈ [ 1..(N#V2 - 1) ]
  "Coordenada del centro del circulo"
  x := i · sV2 + recv +  $\varphi V_{\text{estribo}}$ 
  y := hV2 - recv -  $\varphi V_{\text{estribo}}$ 
  armadoV2supi := CreateCircle ( stack ( x ; y ; rvarV2 ) ; "olivedrab" ; 1 ; "olivedrab" )
"Coordenadas primera varilla"
var2V2 := CreateCircle ( stack ( ( recv +  $\varphi V_{\text{estribo}}$  ) ; ( hV2 - recv -  $\varphi V_{\text{estribo}}$  ) ; rvarV2 ) ; "olivedrab" ; 1 ; "olivedrab" )
armadoV2sup
armadoV2sup := stack ( [ var2V2 ] ; armadoV2sup )
"Distancia libre"
 $S_{Viga22} := bw_{V2} - ( 2 \cdot \text{rec}_v ) - ( 2 \cdot \varphi V_{\text{estribo}} )$ 
"Separación de varillas"
 $s_{V22} := \frac{S_{Viga22}}{(N2\#_{V2} - 1)}$ 
"Radio del Circulo"
 $r_{\text{var}V22} := \frac{\varphi V2i}{2}$ 
"Bucle for "
for i ∈ [ 1..(N2#V2 - 1) ]
  "Coordenada del centro del circulo"
  x := i · sV22 + recv +  $\varphi V_{\text{estribo}}$ 
  y := recv +  $\varphi V_{\text{estribo}}$ 
  armadoV2infi := CreateCircle ( stack ( x ; y ; rvarV22 ) ; "darkseagreen" ; 2 ; "darkseagreen" )
"Coordenadas primera varilla"
var22V2 := CreateCircle ( stack ( ( recv +  $\varphi V_{\text{estribo}}$  ) ; ( recv +  $\varphi V_{\text{estribo}}$  ) ; rvarV22 ) ; "darkseagreen" ; 2 ; "darkseagreen" )
armadoV2inf
armadoV2inf := stack ( [ var22V2 ] ; armadoV2inf )
"Varilla X superior"
varV2Sup := CreateLine ( stack ( ( recv ) ; ( hV2 - recv ) ; ( bwV2 - recv ) ; ( hV2 - recv ) ) ; "darkslateblue" ; 3 )
"Varilla X inferior"
varV2Inf := CreateLine ( stack ( ( recv ) ; ( recv ) ; ( bwV2 - recv ) ; ( recv ) ) ; "darkslateblue" ; 3 )
"Varilla izquierda"
varV2Izquierda := CreateLine ( stack ( ( recv ) ; ( recv ) ; ( recv ) ; ( hV2 - recv ) ) ; "darkslateblue" ; 3 )

```

```

"Varilla derecha"
varV2_derecha := CreateLine (stack ((bwV2 - recv); (recv); (bwV2 - recv); (hV2 - recv)); "darkslateblue"; 3)
"Armado Estribo Viga 1"
estriboV2 := [
  varV2_Sup
  varV2_Inf
  varV2_Izquierda
  varV2_derecha
]
"Linea Cota Base de Viga"
CotaBV2 := CreateLine (stack ((0); (-2.5 · recv); (bwV2); (-2.5 · recv)); "black"; 1)
"Linea Cota Altura de Viga"
CotaHV2 := CreateLine (stack ((-1 · recv); (0); (-1 · recv); (hV2)); "black"; 1)
"Linea Cota Separación de acero Superior"
CotaSV2s := CreateLine (stack ((recv + φVestribo +  $\frac{\varphi V2}{2}$ ); (hV2 +  $\frac{rec_v}{2}$ ); (recv + φVestribo + sV2 -  $\frac{\varphi V2}{2}$ ); (hV2 +  $\frac{rec_v}{2}$ );
cotaL1V2s := CreateLine (stack ((recv + φVestribo +  $\frac{\varphi V2}{2}$ ); (hV2 + recv); (recv + φVestribo +  $\frac{\varphi V2}{2}$ ); (hV2 - recv)); "bl
cotaL2V2s := CreateLine (stack ((recv + φVestribo + sV2 -  $\frac{\varphi V2}{2}$ ); (hV2 + recv); (recv + φVestribo + sV2 -  $\frac{\varphi V2}{2}$ ); (hV2 -
"Linea Cota Separación de acero Inferior"
CotaSV2i := CreateLine (stack ((bwV2 - recv - sV2 -  $\frac{\varphi V2i}{2}$ ); (- $\frac{rec_v}{2}$ ); (bwV2 - recv - φV2i -  $\frac{\varphi V_{estribo}}{2}$ ); (- $\frac{rec_v}{2}$ ));
cotaL1V2i := CreateLine (stack ((bwV2 - recv - sV2 -  $\frac{\varphi V2i}{2}$ ); (recv); (bwV2 - recv - sV2 -  $\frac{\varphi V2i}{2}$ ); (-recv)); "black";
cotaL2V2i := CreateLine (stack ((bwV2 - recv - φV2i -  $\frac{\varphi V_{estribo}}{2}$ ); (recv); (bwV2 - recv - φV2i -  $\frac{\varphi V_{estribo}}{2}$ ); (-recv));
CotasV2 := [
  CotaBV2
  CotaHV2
  CotaSV2s
  cotaL1V2s
  cotaL2V2s
  CotaSV2i
  cotaL1V2i
  cotaL2V2i
]

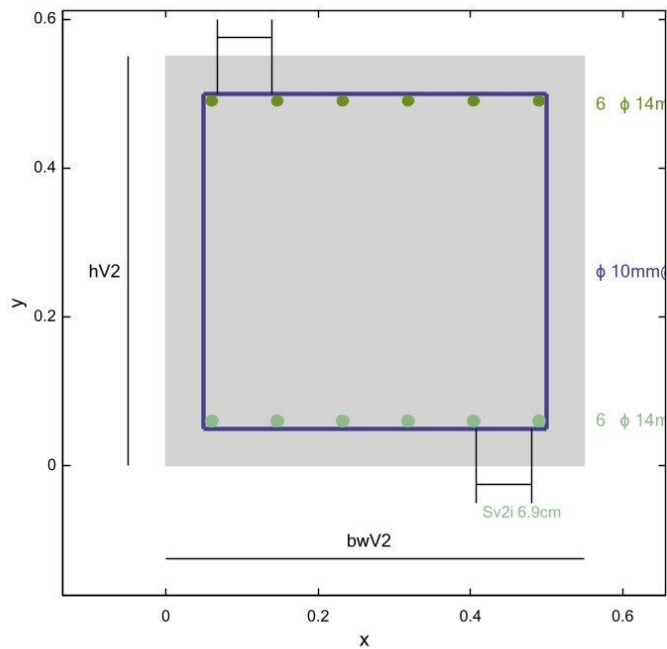
```

```

"Titulos para la grafica Sección de Viga"
titulosViga2 := [
  [  $\frac{bw_{V2}}{2} \cdot 0.85$  ,  $-1.74 \cdot rec_v$  , "bwV2" , 9 , "black" ]
  [  $-2.1 \cdot rec_v$  ,  $\frac{h_{V2}}{2}$  , "hV2" , 9 , "black" ]
  [  $(rec_v) \cdot 0.9$  ,  $h_{V2} + 1.8 \cdot rec_v$  , concat ("Sv2" ; " " ; var2str ( $\frac{S_{V2}}{cm}$  ; 1) ; "cm" ) , 8 , "olivedrab" ]
  [  $(bw_{V2}) \cdot 0.75$  ,  $-1 \cdot rec_v$  , concat ("Sv2i" ; " " ; var2str ( $\frac{S_{V2i}}{cm}$  ; 1) ; "cm" ) , 8 , "darkseagreen" ]
  [  $\frac{bw_{V2}}{2} \cdot 0.77$  ,  $h_{V2} + (2.8 \cdot rec_v)$  , "SECCIÓN VIGA 2" , 10 , "black" ]
]

"Información del acero de refuerzo"
"Tamano de diametro y Separación"
InfV2 := [
  [  $bw_{V2} \cdot 1.02 (h_{V2} - rec_v)$  , concat ( var2str (NvarV2) ; " φ " ; var2str ( $\frac{\phi V2}{mm}$ ) ; "mm" ) , 9 , "olivedrab" ]
  [  $bw_{V2} \cdot 1.02 (\frac{h_{V2}}{2})$  , concat ("φ " ; var2str ( $\frac{\phi estb_{V2}}{mm}$ ) ; "mm" ; "@ " ; var2str ( $\frac{SCR_{V2}}{cm}$ ) ; "cm" ) , 9 , "darkslateblue" ]
  [  $bw_{V2} \cdot 1.02 (rec_v \cdot 1.5)$  , concat ( var2str (NvarV2i) ; " φ " ; var2str ( $\frac{\phi V2i}{mm}$ ) ; "mm" ) , 9 , "darkseagreen" ]
]

```



☐ — Guía

La aplicación desarrollada está diseñada para calcular automáticamente las dimensiones y el detalle de las armaduras en las zapatas de esquina y las vigas de conexión o equilibrio, utilizando los datos iniciales proporcionados. La solución de este sistema de cimentación se fundamenta en el equilibrio estático y en un modelo de regresión polinomial. Todo el proceso cumple con los requisitos de diseño y evaluación de resistencia establecidos en las normas ACI 318-19 y NEC-2015.

Esta aplicación ejecutable o programa fue creada en SMath Studio, esta aplicación es de libre descarga consta de 4 ventanas

Datos de Entrada

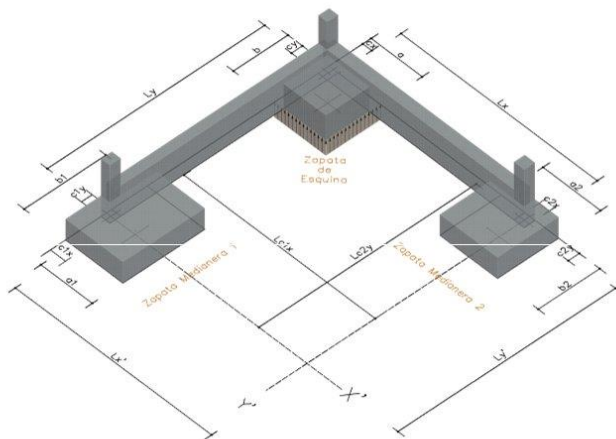
☐ — Datos

Longitud	m	ft	m
Longitud	cm	in	mm
Area	m ²	ft ²	m ²
Fuerza	kN	kip	tonnef
Fuerza	N	lbf	kgf
Momentos	kN m	kip ft	tonnef m
Esfuerzos de Tension Fy	MPa	ksi	MPa
Modulo	MPa	ksi	kgf/cm ²
Peso/Volumen	kN/m ³	lbf/m ³	kgf/m ³
Resistencia Compresion f'c	MPa	psi	kgf/m ²

Las unidades admitidas para la longitud , área, fuerza, momentos, esfuerzos de tensión, peso volumétrico etc son las que se encuentran en esta tabla, si se tienen unidades diferentes a las de la tabla se debe realizar una conversión previa.

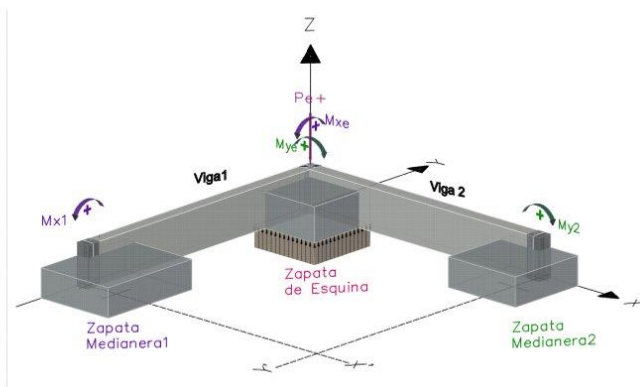
Gráfica de referencia para distancias

Las distancias requeridas en el ingreso de dato son las indicadas en el siguiente grafico.



Gráfica de referencia para cargas y momentos

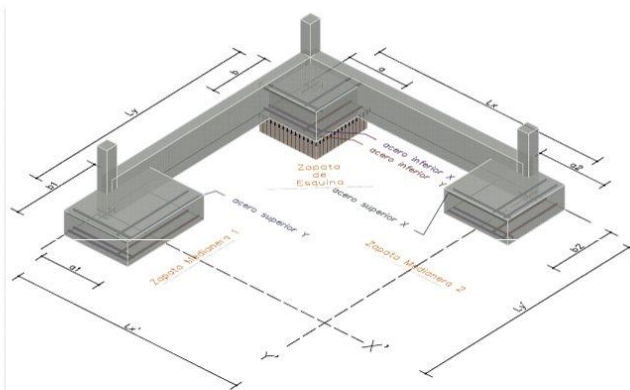
Las cargas y momentos ingresados se indican en el siguiente gráfico.



Las cargas y momentos positivos actúan en la dirección que indican las flechas.

Gráfica de referencia para selección del acero de refuerzo

La posición y dirección del acero de refuerzo se indica en la siguiente imagen.



Únicamente se requiere el acero para la zapata de esquina, sin embargo las direcciones y posiciones son iguales para las 3 zapatas.

TABLA DE VARILLA								
Diámetro mm	kg/m	12 m		9 m		6 m		Tolerancia en Longitud
		kg	Var x qq	kg	Var x qq	kg	Var x qq	
8	0,395	4,740	9,568	3,555	12,757	2,370	19,136	± 50mm
10	0,617	7,404	6,125	5,553	8,167	3,702	12,251	
12	0,888	10,656	4,256	7,992	5,675	5,328	8,512	
14	1,208	14,496	3,129	10,872	4,171	7,248	6,257	
16	1,578	18,936	2,395	14,202	3,193	9,468	4,790	
18	1,998	23,976	1,892	17,982	2,522	11,988	3,783	
20	2,466	29,592	1,533	22,194	2,043	14,796	3,065	
22	2,984	35,808	1,267	26,856	1,689	17,904	2,533	
25	3,853	46,236	0,981	34,677	1,308	23,118	1,962	
28	4,834	58,008	0,782	43,506	1,042	29,004	1,564	
32	6,313	75,756	0,599	56,817	0,798	37,878	1,197	
36	7,990	95,880	0,473	71,910	0,631	47,940	0,946	
40	9,865	118,38	0,383	88,785	0,511	59,190	0,766	

PROPIEDADES MECÁNICAS	MPa	kgf/mm ²
Límite de fluencia mínimo	420	42
Límite de fluencia máximo	540	55
Resistencia a la tracción mínima	550	56

ALARGAMIENTO (%) MÍNIMO CON PROBETA Lo=200mm	
Diámetro nominal (mm)	%
d ≤ 20	14
22 ≤ d ≤ 36	12
d > 36	10

DOBLADO A 180°	
Diámetro nominal (d) mm	Diámetro del mandril (D) mm
d < 18	D=3d
18 ≤ d ≤ 25	D=4d
25 < d ≤ 36	D=6d
d > 36	D=8d

► Varillas Rectas de longitudes estándar de 6, 9 y 12 m. Longitudes especiales bajo pedido.

Diámetro de varillas comerciales del fabricante Adelca

Verificaciones y recálculo de resultados

Verificación de la separación de altura de zapata

Si en la verificación de la separación no cumple es decir se muestra el mensaje "Reduzca el diámetro de la varilla" el usuario debe seleccionar un diámetro inferior de la varilla.

Verificación de Separación	Superior Direccion X	Cumple
	Superior Direccion Y	Cumple
	Inferior Direccion X	Reduzca el Diametro de la varilla
	Inferior Direccion Y	Cumple

En otro caso si la verificación de la separación no cumple se muestra el mensaje "Aumente el diametro de la varilla" el usuario debe seleccionar un diámetro mayor de la varilla.

Verificación de Separación	Superior Direccion X	Aumente el Diametro de la varilla
	Superior Direccion Y	Cumple
	Inferior Direccion X	Cumple
	Inferior Direccion Y	Cumple

Verificación de altura de zapata

Verificación de la altura, la altura se recalcula de forma automática para cumplir el requerimiento de cortante unidireccional, de punzonamiento y diseño a flexión sin embargo cuando la altura calculada sin el peso de los elementos es diferente a la altura calculada con el peso de los elementos se necesita un recalcufo.

Verificación Altura Calculada	No requiere recalcufo	84.00cm
-------------------------------	-----------------------	---------

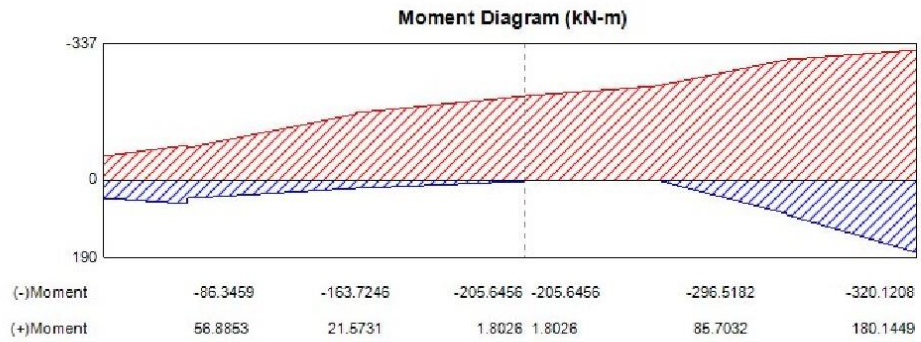
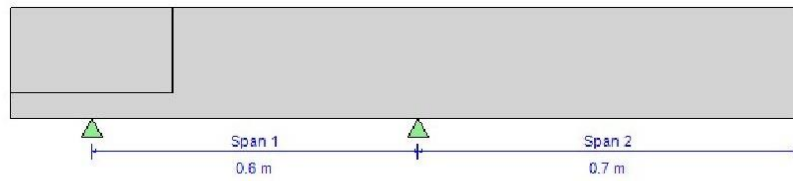
La altura final presentada se debe ingresar en "Espesor (Altura de la zapata)" en el apartado de ingreso de datos "Datos de la Zapata"

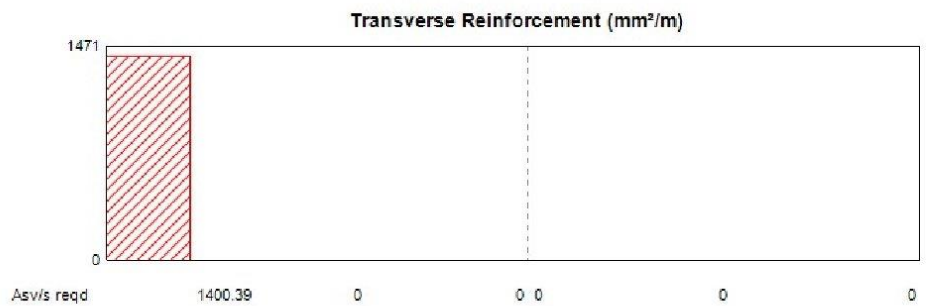
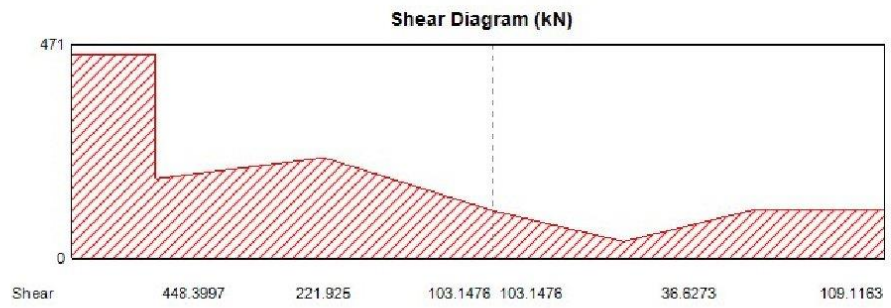
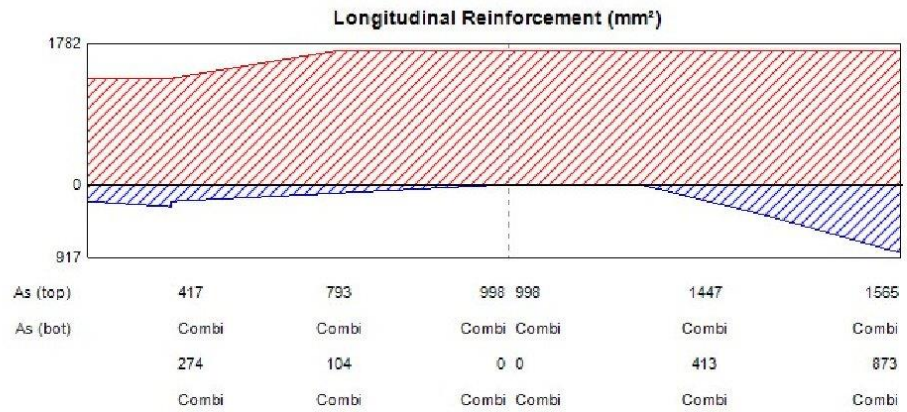
Anexo 3 Resultados en SAFE ejemplo José Calavera

ACI 318-19 Concrete Strip Design

Geometric Properties
Combination = Overall Envelope
Strip Label = SA2
Length = 1.45 m
Distance to Top Rebar Center = 90 mm
Distance to Bot Rebar Center = 90 mm

Material Properties
Concrete Comp. Strength = 25 MPa
Concrete Modulus = 24855.58 MPa
Longitudinal Rebar Yield = 413.69 MPa

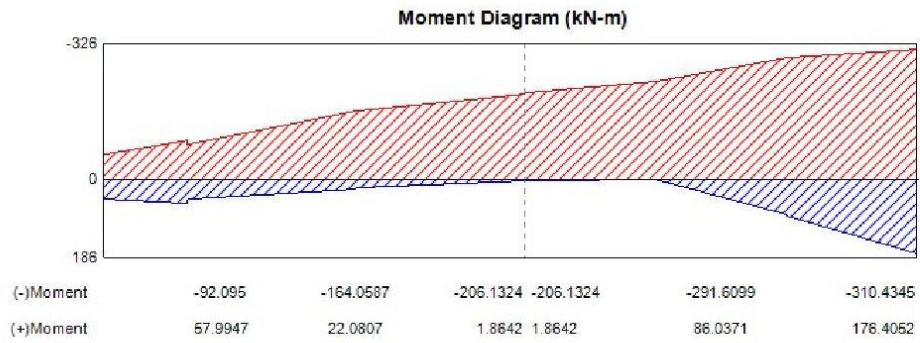


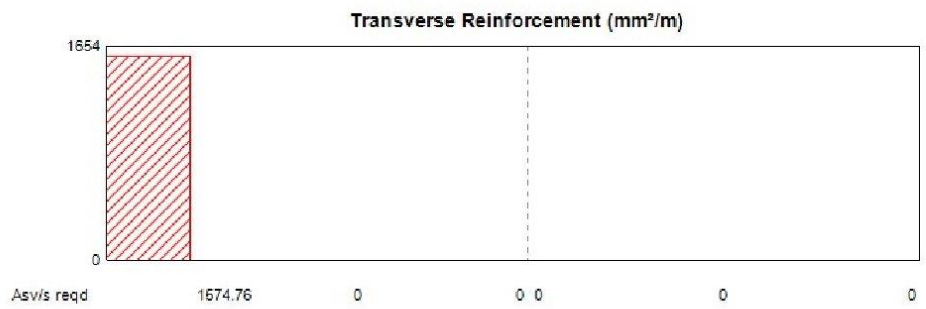
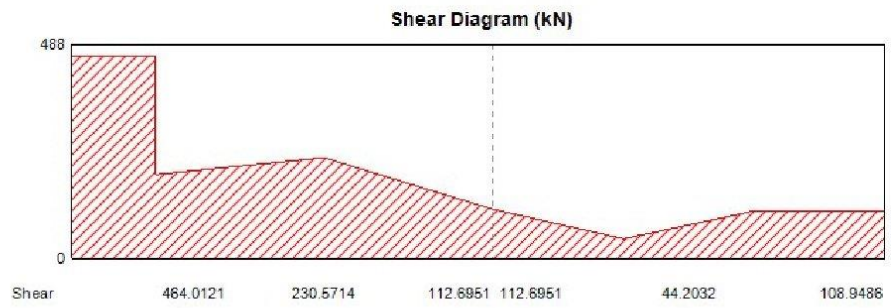
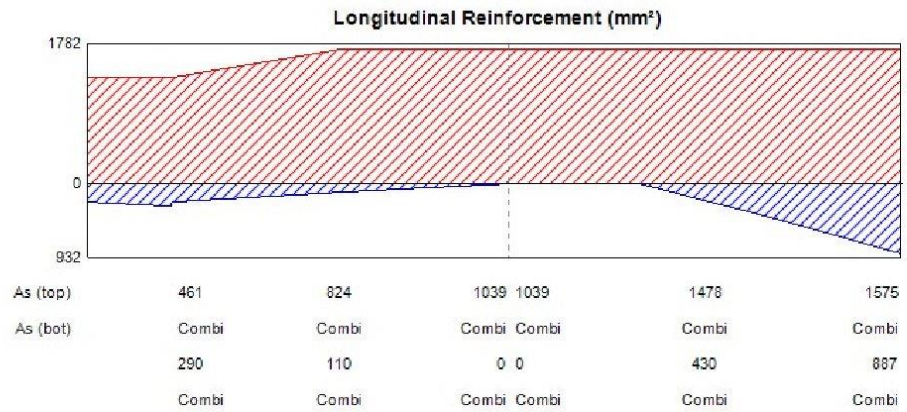


ACI 318-19 Concrete Strip Design

Geometric Properties
Combination = Combi
Strip Label = SB2
Length = 1.45 m
Distance to Top Rebar Center = 110 mm
Distance to Bot Rebar Center = 110 mm

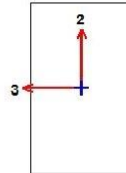
Material Properties
Concrete Comp. Strength = 25 MPa
Concrete Modulus = 24855.58 MPa
Longitudinal Rebar Yield = 413.69 MPa





SAFE Concrete Frame Design

ACI 318-19 Beam Section Design (Summary)



Beam Element Details

Level	Element	Unique Name	Section ID	Combo ID	Station Loc	Length (mm)	LLRF	Type
Story1	B4	4	VIGA1	Combi	4700	6000	1	Non Sway

Section Properties

b (mm)	h (mm)	b _r (mm)	d _s (mm)	d _{cl} (mm)	d _{cb} (mm)
300	500	300	0	74.5	74.5

Material Properties

E _c (MPa)	f' _c (MPa)	Lt.Wt Factor (Unitless)	f _y (MPa)	f _{ys} (MPa)
24855.58	25	1	413.69	413.69

Design Code Parameters

ϕ_T	ϕ_{CTied}	$\phi_{CSpiral}$	ϕ_{Vns}	ϕ_{Vs}	ϕ_{Vjoint}
0.9	0.65	0.65	0.75	0.6	0.85

Design Moment and Flexural Reinforcement for Moment, M_{u3}

	Design Moment kN-m	Design P _u kN	-Moment Rebar mm ²	+Moment Rebar mm ²	Minimum Rebar mm ²	Required Rebar mm ²
Top (+2 Axis)	-212.2415	0	1515	0	426	1515
Bottom (-2 Axis)	1.7555	0	0	11	15	15

Shear Force and Reinforcement for Shear, V_{u2}

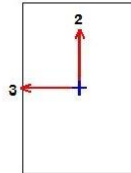
Shear V _{u2} kN	Shear ϕV_c kN	Shear ϕV_s kN	Shear V _p kN	Rebar A _v /s mm ² /m
56.7728	79.4953	33.0043	0	250

Torsion Force and Torsion Reinforcement for Torsion, T_u (Part 1 of 2)

T _u kN-m	ϕT_{th} kN-m	ϕT_{cr} kN-m	Rebar A _t /s mm ² /m	Rebar A _t mm ²	Cover mm	Area A _{cp} cm ²	Area A _{oh} cm ²	Area A _o cm ²
0	4.3788	17.5151	0	0	44.5	1500	867.8	737.7

SAFE Concrete Frame Design

ACI 318-19 Beam Section Design (Summary)



Beam Element Details

Level	Element	Unique Name	Section ID	Combo ID	Station Loc	Length (mm)	LLRF	Type
Story1	B3	3	VIGA2	Combi	1300	5000	1	Non Sway

Section Properties

b (mm)	h (mm)	b _r (mm)	d _s (mm)	d _{cl} (mm)	d _{cb} (mm)
300	450	300	0	50	50

Material Properties

E _c (MPa)	f' _c (MPa)	Lt.Wt Factor (Unitless)	f _y (MPa)	f _{ys} (MPa)
24855.58	25	1	413.69	413.69

Design Code Parameters

ϕ_T	ϕ_{CTied}	$\phi_{CSpiral}$	ϕ_{Vns}	ϕ_{Vs}	ϕ_{Vjoint}
0.9	0.65	0.65	0.75	0.6	0.85

Design Moment and Flexural Reinforcement for Moment, M_{u3}

	Design Moment kN-m	Design P _u kN	-Moment Rebar mm ²	+Moment Rebar mm ²	Minimum Rebar mm ²	Required Rebar mm ²
Top (+2 Axis)	-199.2833	0	1527	0	400	1527
Bottom (-2 Axis)	0	0	0	0	0	0

Shear Force and Reinforcement for Shear, V_{u2}

Shear V _{u2} kN	Shear ϕV_c kN	Shear ϕV_s kN	Shear V _p kN	Rebar A _v /s mm ² /m
62.0897	74.7312	31.0264	0	250

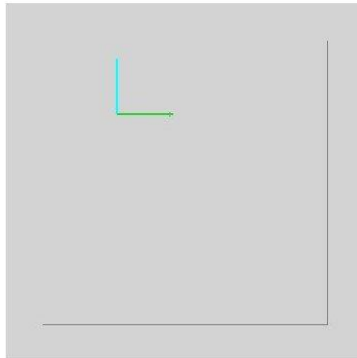
Torsion Force and Torsion Reinforcement for Torsion, T_u (Part 1 of 2)

T _u kN-m	ϕT_{th} kN-m	ϕT_{cr} kN-m	Rebar A _t /s mm ² /m	Rebar A _t mm ²	Cover mm	Area A _{cp} cm ²	Area A _{oh} cm ²	Area A _o cm ²
0	3.7833	15.1331	0	0	44.5	1350	762.3	647.9

ACI 318-19 Punching Shear Check & Design

Geometric Properties

Combination = Combi-2
 Story = Story1
 Point Label = 41
 Column Shape = Rectangular
 Column Location = Corner
 Global X-Coordinate = 10.15 m
 Global Y-Coordinate = -4 m



Load Punching Check

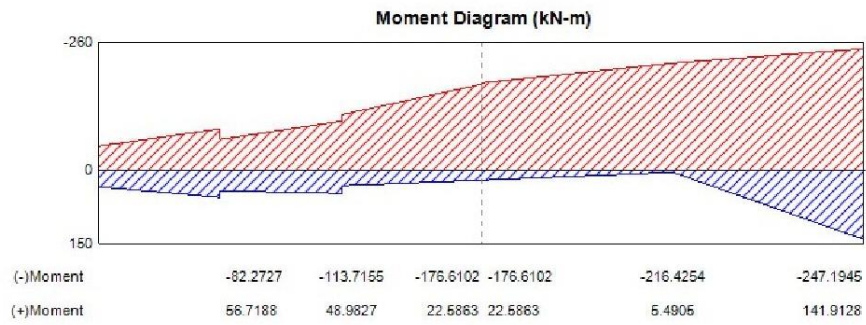
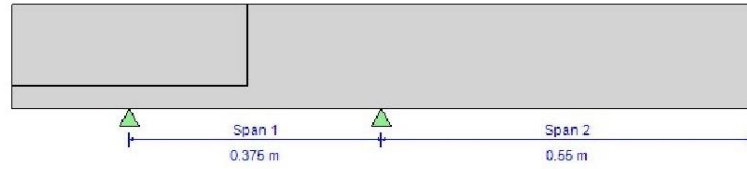
Avg. Eff. Slab Thickness = 550 mm
 Eff. Punching Perimeter = 1150.2 mm
 Cover = 100 mm
 Conc. Comp. Strength = 25 MPa
 Reinforcement Ratio = 0
 Section Inertia I22 = 2976825.5 cm⁴
 Section Inertia I33 = 2976825.5 cm⁴
 Section Inertia I23 = 0 cm⁴
 Gamma_{v2} = 0.4
 Gamma_{v3} = 0.4
 Moment Mu2 = -65.6462 kN-m
 Moment Mu3 = -65.6462 kN-m
 Shear Force = -215.8482 kN
 Unbalanced Moment Mu2 = -26.2585 kN-m
 Unbalanced Moment Mu3 = -26.2585 kN-m
 Max Design Shear Stress = 0.59 MPa
 Conc. Shear Stress Capacity = 1.25 MPa
 Punching Shear Ratio = 0.48

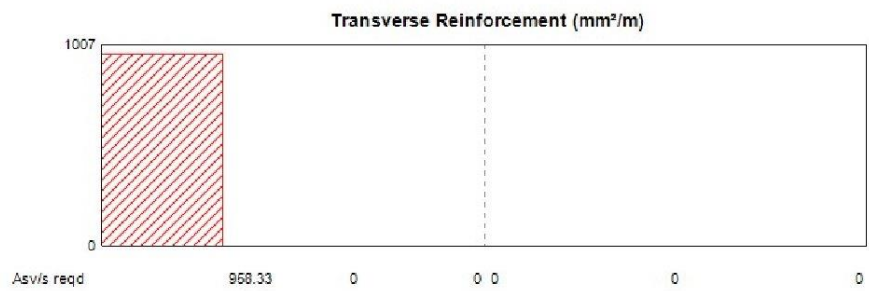
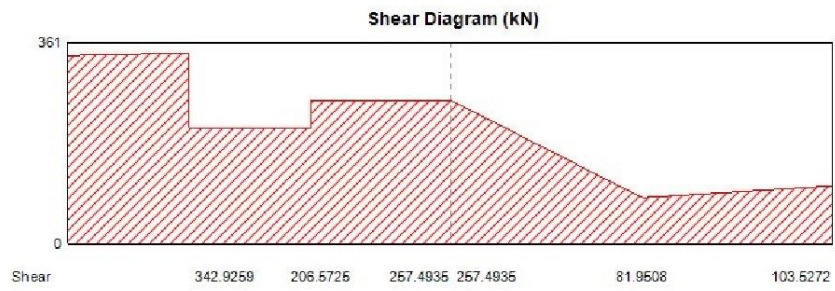
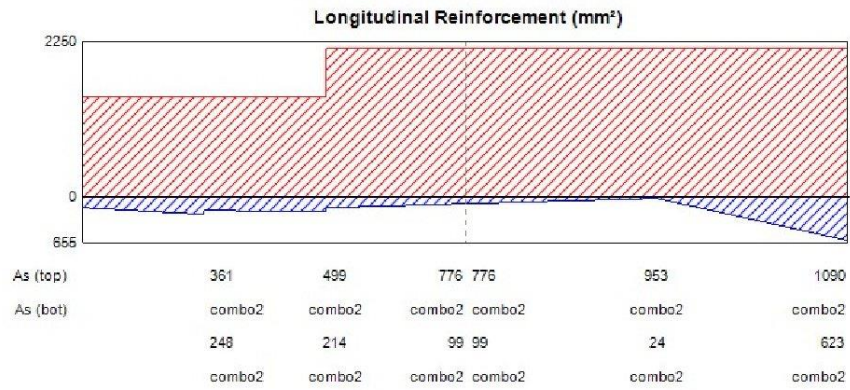
Anexo 4 Resultados Safe Ejemplo propuesto por el Autor

ACI 318-19 Concrete Strip Design

Geometric Properties
Combination = combo2
Strip Label = CSA1
Length = 1.1 m
Distance to Top Rebar Center = 85 mm
Distance to Bot Rebar Center = 85 mm

Material Properties
Concrete Comp. Strength = 27.46 MPa
Concrete Modulus = 24855.58 MPa
Longitudinal Rebar Yield = 413.69 MPa

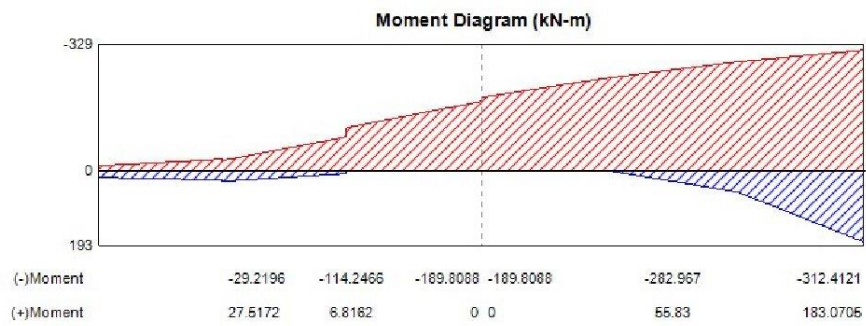
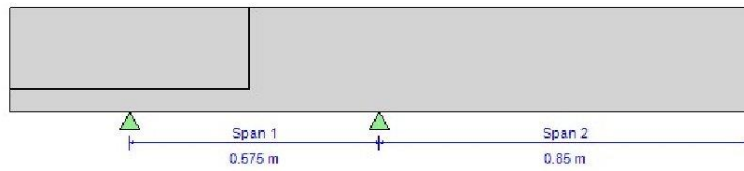


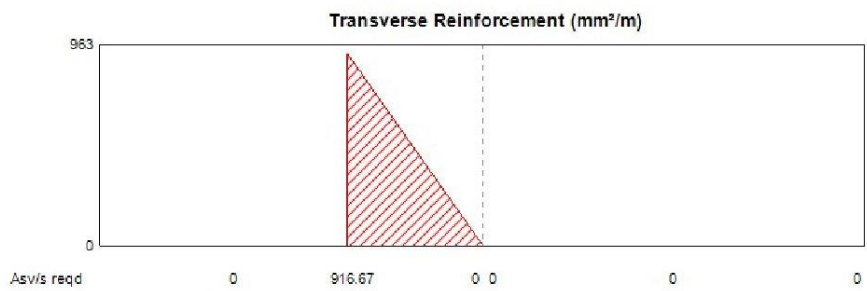
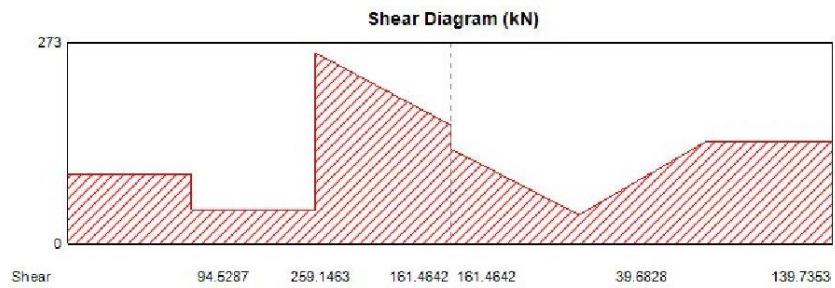
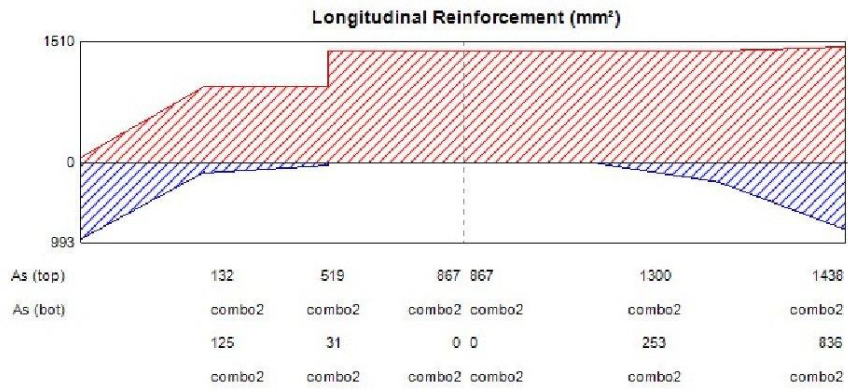


ACI 318-19 Concrete Strip Design

Geometric Properties
Combination = combo2
Strip Label = CSB1
Length = 1.7 m
Distance to Top Rebar Center = 105 mm
Distance to Bot Rebar Center = 105 mm

Material Properties
Concrete Comp. Strength = 27.46 MPa
Concrete Modulus = 24855.58 MPa
Longitudinal Rebar Yield = 413.69 MPa

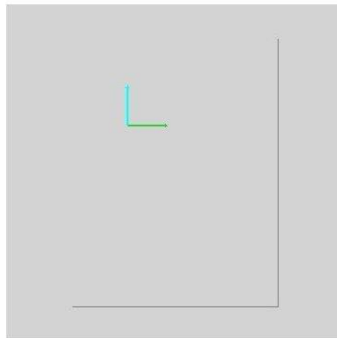




ACI 318-19 Punching Shear Check & Design

Geometric Properties

Combination = combo2
 Story = Story1
 Point Label = 58
 Column Shape = Rectangular
 Column Location = Corner
 Global X-Coordinate = 10.175 m
 Global Y-Coordinate = 10.875 m

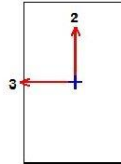


Load Punching Check

Avg. Eff. Slab Thickness = 605 mm
 Eff. Punching Perimeter = 1505.2 mm
 Cover = 95 mm
 Conc. Comp. Strength = 27.46 MPa
 Reinforcement Ratio = 0
 Section Inertia I22 = 8762366.2 cm⁴
 Section Inertia I33 = 4986696.7 cm⁴
 Section Inertia I23 = 0 cm⁴
 Γ_{v2} = 0.432465
 Γ_{v3} = 0.4
 Moment Mu2 = -82.1068 kN-m
 Moment Mu3 = -74.0535 kN-m
 Shear Force = -20.058 kN
 Unbalanced Moment Mu2 = -35.5083 kN-m
 Unbalanced Moment Mu3 = -29.6214 kN-m
 Max Design Shear Stress = 0.23 MPa
 Conc. Shear Stress Capacity = 1.31 MPa
 Punching Shear Ratio = 0.17

SAFE Concrete Frame Design

ACI 318-19 Beam Section Design (Summary)



Beam Element Details

Level	Element	Unique Name	Section ID	Combo ID	Station Loc	Length (mm)	LLRF	Type
Story1	B4	4	VIGA1	combo2	7075	8500	1	Non Sway

Section Properties

b (mm)	h (mm)	b _r (mm)	d _s (mm)	d _{cl} (mm)	d _{cb} (mm)
350	550	350	0	97	97

Material Properties

E _c (MPa)	f' _c (MPa)	Lt.Wt Factor (Unitless)	f _y (MPa)	f _{ys} (MPa)
24855.58	27.46	1	413.69	413.69

Design Code Parameters

φ _T	φ _{CTied}	φ _{CSpiral}	φ _{Vns}	φ _{Vs}	φ _{Vjoint}
0.9	0.65	0.65	0.75	0.6	0.85

Design Moment and Flexural Reinforcement for Moment, M_{u3}

	Design Moment kN-m	Design P _u kN	-Moment Rebar mm ²	+Moment Rebar mm ²	Minimum Rebar mm ²	Required Rebar mm ²
Top (+2 Axis)	-238.08	0	1545	0	529	1545
Bottom (-2 Axis)	0	0	0	0	0	0

Shear Force and Reinforcement for Shear, V_{u2}

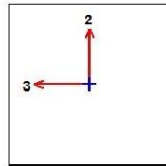
Shear V _{u2} kN	Shear φV _c kN	Shear φV _s kN	Shear V _p kN	Rebar A _v /s mm ² /m
92.2322	103.48	40.9936	0	291.67

Torsion Force and Torsion Reinforcement for Torsion, T_u (Part 1 of 2)

T _u kN-m	φT _{th} kN-m	φT _{cr} kN-m	Rebar A _t /s mm ² /m	Rebar A _t mm ²	Cover mm	Area A _{cp} cm ²	Area A _{oh} cm ²	Area A _o cm ²
0	6.7181	26.8726	0	0	44.5	1925	1203.9	1023.3

SAFE Concrete Frame Design

ACI 318-19 Beam Section Design (Summary)



Beam Element Details

Level	Element	Unique Name	Section ID	Combo ID	Station Loc	Length (mm)	LLRF	Type
Story1	B3	3	VIGA2	combo2	925	6000	1	Non Sway

Section Properties

b (mm)	h (mm)	b _r (mm)	d _s (mm)	d _{cl} (mm)	d _{cb} (mm)
550	550	550	0	75	75

Material Properties

E _c (MPa)	f' _c (MPa)	Lt.Wt Factor (Unitless)	f _y (MPa)	f _{ys} (MPa)
24855.58	27.46	1	413.69	413.69

Design Code Parameters

φ _T	φ _{CTied}	φ _{CSpiral}	φ _{Vns}	φ _{Vs}	φ _{Vjoint}
0.9	0.65	0.65	0.75	0.6	0.85

Design Moment and Flexural Reinforcement for Moment, M_{u3}

	Design Moment kN-m	Design P _u kN	-Moment Rebar mm ²	+Moment Rebar mm ²	Minimum Rebar mm ²	Required Rebar mm ²
Top (+2 Axis)	-178.2134	0	1045	0	871	1045
Bottom (-2 Axis)	0	0	0	0	0	0

Shear Force and Reinforcement for Shear, V_{u2}

Shear V _{u2} kN	Shear φV _c kN	Shear φV _s kN	Shear V _p kN	Rebar A _v /s mm ² /m
97.7584	170.5086	67.5471	0	458.33

Torsion Force and Torsion Reinforcement for Torsion, T_u (Part 1 of 2)

T _u kN-m	φT _{th} kN-m	φT _{cr} kN-m	Rebar A _t /s mm ² /m	Rebar A _t mm ²	Cover mm	Area A _{cp} cm ²	Area A _{oh} cm ²	Area A _o cm ²
0	13.5734	54.2935	0	0	44.5	3025	2126.1	1807.2

Anexo 5 Programación método de Moreno Hernandez, M., Luévanos Rojas, A., López Chavarría, S., & Medina Elizondo, M.

La programación de este método se realizó al principio de la investigación por ser una solución completa sin embargo la comparación con los resultados de SAFE en el mayor de los casos no presentaba las similitudes adecuadas por eso se descartó, pero se utilizó para la validación del nuevo programa creado.

NO SE OFRECE NINGÚN TIPO DE GRANTÍA EXPRESA O IMPLICÍTA
 USTED UTILIZA EL PROGRAMA BAJO SU PROPIA RESPONSABILIDAD
 Autor: **Carlos Andres Rodríguez Molina**



MATERIALES

Resistencia del Hormigón

$$f_c := 28 \text{ MPa}$$

Resistencia del acero

$$F_y := 420 \text{ MPa}$$

Peso específico del hormigón

$$\gamma_{\text{hor}} := 2400 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^3}$$

Espesor (Altura de la zapata)

$$h := 57 \text{ cm}$$

Recubrimiento del Hormigón

$$\text{rec} := 8 \text{ cm}$$

Profundidad de cimentación

$$d_f := 2 \text{ m}$$

Sobrecarga por uso

$$S_p := 0.02 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

Peso específico suelo o material de relleno

$$\gamma_{\text{s_relle}} := \frac{1.8 \text{ tonnef}}{\text{m}^3}$$

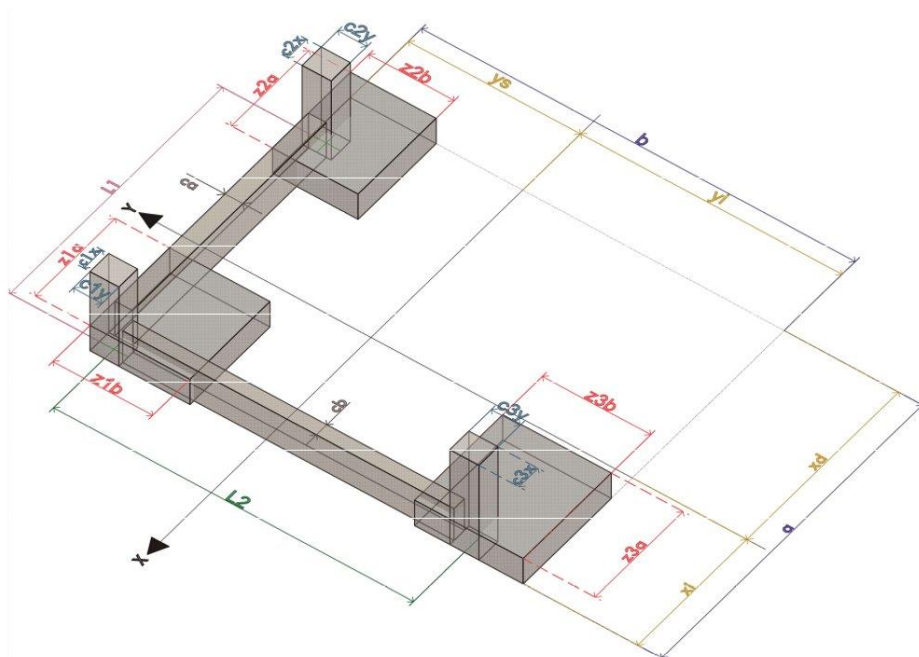
Presión admisible del suelo

$$P_{\text{adm}} := 250 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

El espesor de las zapatas debe ser al menos 200mm ACI 318_19 14.3.2.1

La altura de las zapatas sobre el refuerzo inferior no debe ser menor de 15cm ACI 318_08 15.7

Recubrimiento Mínimo 7.5 cm ACI 318_19 20.5.1.3.1



SECCIONES DE COLUMNAS

Sección columna 1 $C_{1X} := 0.4 \text{ m}$	Sección columna 1 $C_{1Y} := 0.4 \text{ m}$
Sección columna 2 $C_{2X} := 0.4 \text{ m}$	Sección columna 2 $C_{2Y} := 0.4 \text{ m}$
Sección columna 3 $C_{3X} := 0.4 \text{ m}$	Sección columna 3 $C_{3Y} := 0.4 \text{ m}$

Distancia entre ejes de columnas

Distancia centro columna 1 a 2 $L_1 := 8 \text{ m}$
Distancia centro columna 1 a 3 $L_2 := 7 \text{ m}$

LA SECCIÓN C1Y DEBE SER IGUAL A C2Y

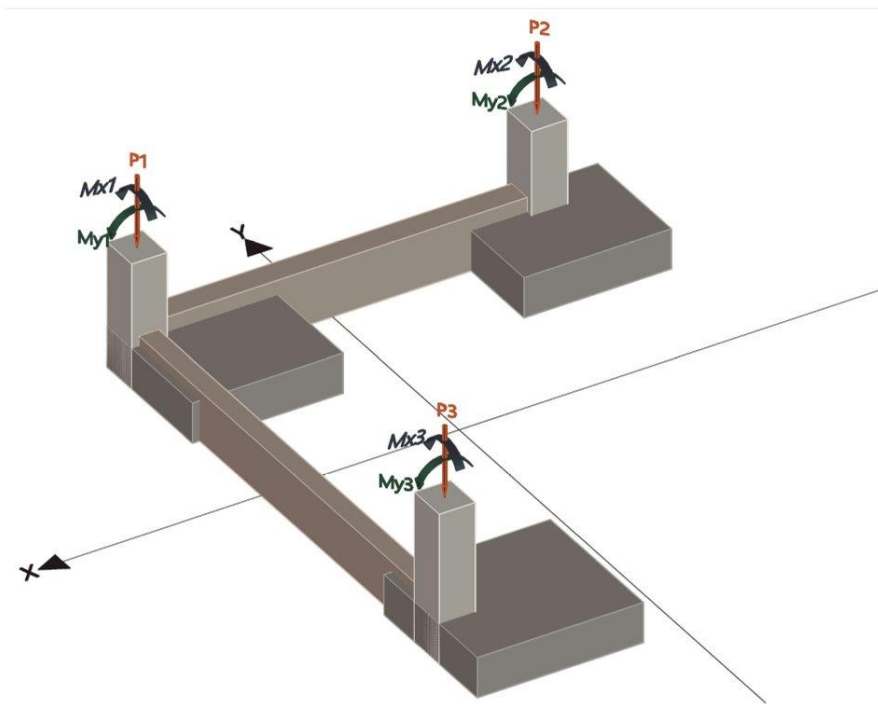
LA SECCIÓN C1X DEBE SER IGUAL A C3X

Quando las secciones de las columnas son diferentes L_1 y L_2 cambian

Distancia columna 3 a 2 (X) $L_1 := 8 \text{ m}$	Distancia columna 2 a 3 (Y) $L_2 := 7 \text{ m}$
---	---

Dimensión de la Zapata 2 en "X" $z_{2a} := 2.2 \text{ m}$	Dimensión de la Zapata 2 en "Y" $z_{2b} := 2.2 \text{ m}$	Dimensión de borde a borde de zapata en "X" $a := 9.3 \text{ m}$
--	--	---

Dimensión de la Zapata 3 en "X" $z_{3a} := 1.90 \text{ m}$	Dimensión de la Zapata 3 en "Y" $z_{3b} := 1.90 \text{ m}$	Dimensión de borde a borde de zapata en "Y" $b := 8.15 \text{ m}$
---	---	--



CARGAS

Carga de servicio Muerta Columna 1 $P_{1D} := 250 \text{ kN}$	Carga de servicio Viva Columna 1 $P_{1L} := 350 \text{ kN}$	Carga por Sismo Columna 1 $P_{1E} := 0$
Carga de servicio Muerta Columna 2 $P_{2D} := 550 \text{ kN}$	Carga de servicio Viva Columna 2 $P_{2L} := 850 \text{ kN}$	Carga por Sismo Columna 2 $P_{2E} := 0$
Carga de servicio Muerta Columna 3 $P_{3D} := 500 \text{ kN}$	Carga de servicio Viva Columna 3 $P_{3L} := 700 \text{ kN}$	Carga por Sismo Columna 3 $P_{3E} := 0$

COMO NO ESTOY DISEÑANDO LA ZAPATA 2 Y 3 PUEDO PEDIR COMO OPCO DIRECTO LA CARGA DE SERVICIO GLOBAL

MOMENTOS

Momento de Servicio por carga Muerta en X Col_1
 $M_{sx1D} := 70 \text{ kN m}$

Momento de Servicio por carga Viva en X Col_1
 $M_{sx1L} := 80 \text{ kN m}$

Momento por Sismo en X Columna 1
 $M_{EX1} := 0 \text{ kN m}$

Momento de Servicio por carga Muerta en Y Col_1

$$M_{sy1_D} := 90 \text{ kN m}$$

Momento de Servicio por carga Viva en Y Col_1

$$M_{sy1_L} := 110 \text{ kN m}$$

Momento por Sismo en Y Columna 1

$$M_{EY1} := 0 \text{ kN m}$$

Momento de Servicio en X Columna 1

$$M_{sx1} := M_{sx1_D} + M_{sx1_L} + M_{EX1}$$

Momento de Servicio en Y Columna 1

$$M_{sy1} := M_{sy1_D} + M_{sy1_L} + M_{EY1}$$

COMO NO ESTOY DISEÑANDO LA ZAPATA 2 Y 3 PUEDO PEDIR COMO OPCIÓN DIRECTO EL MOMENTO DE DE SERVICIO GLOBAL

Momento en X por carga Muerta de Servicio

$$M_{sx2_D} := 110 \text{ kN m}$$

Momento en X por carga Viva de Servicio

$$M_{sx2_L} := 140 \text{ kN m}$$

Momento en X por Sismo

$$M_{EX2} := 0 \text{ kN m}$$

Momento de Servicio en X Columna 2

$$M_{sx2} := M_{sx2_D} + M_{sx2_L} + M_{EX2}$$

$$M_{sx2} = 2.5 \cdot 10^5 \text{ J}$$

Momento en Y por carga Muerta de Servicio

$$M_{sy2_D} := 150 \text{ kN m}$$

Momento en Y por carga Viva de Servicio

$$M_{sy2_L} := 200 \text{ kN m}$$

Momento en Y por Sismo

$$M_{EY2} := 0 \text{ kN m}$$

Momento de Servicio en Y Columna 2

$$M_{sy2} := M_{sy2_D} + M_{sy2_L} + M_{EY2}$$

$$M_{sy2} = 3.5 \cdot 10^5 \text{ J}$$

Momento en X por carga Muerta de Servicio

$$M_{sx3_D} := 90 \text{ kN m}$$

Momento en X por carga Viva de Servicio

$$M_{sx3_L} := 110 \text{ kN m}$$

Momento por Sismo en X Columna 3

$$M_{EX3} := 0 \text{ kN m}$$

Momento en Y por carga Muerta de Servicio

$$M_{sy3D} := 130 \text{ kN m}$$

Momento en Y por carga Viva de Servicio

$$M_{sy3L} := 170 \text{ kN m}$$

Momento por Sismo en Y Columna 3

$$M_{EY3} := 0 \text{ kN m}$$

Momento de Servicio en X Columna 3

$$M_{sX3} := M_{sx3D} + M_{sx3L} + M_{EX3}$$

Momento de Servicio en Y Columna 3

$$M_{sY3} := M_{sy3D} + M_{sy3L} + M_{EY3}$$

 ▣ — PREDIMENSIONAMIENTO

$$P_S := P_{1D} + P_{1L} + P_{1E} = 600 \text{ kN} \quad \text{Carga de Servicio en Global}$$

$$d_z := h - \text{rec} = 0.49 \text{ m} \quad \text{Peralte efectivo de la zapata}$$

Presión Neta o Efectiva del suelo

$$q_n := P_{adm} - (\gamma_{hor} \cdot h) - (\gamma_{s_{relle}} \cdot (d_f - h)) - S_p = 209.3809 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

No sumo como carga el peso propio sino descuento en el esfuerzo

$$B = L + (F_{zx} \cdot L)$$

$$A = B \cdot L$$

$$A = (L + (F_{zx} \cdot L)) \cdot L$$

$$A = (L^2 + F_{zx} \cdot L^2)$$

$$A = L^2 \cdot (1 + F_{zx})$$

$$\frac{A}{(1 + F_{zx})} = L^2 \quad L = \sqrt{\frac{A}{(1 + F_{zx})}}$$

$$L = B + (F_{zy} \cdot B)$$

$$A = B \cdot L$$

$$A = B \cdot (B + (F_{zy} \cdot B))$$

$$A = (B^2 + F_{zy} \cdot B^2)$$

$$A = B^2 \cdot (1 + F_{zy})$$

$$\frac{A}{(1 + F_{zy})} = B^2 \quad B = \sqrt{\frac{A}{(1 + F_{zy})}}$$

$$\begin{aligned}
 & \left\{ \begin{array}{l}
 v1 := \text{augment}(B_{Z1}; L_{Z1}) \text{ if } C_{1X} > C_{1Y} \\
 F_{zx} := 1 - \left(\frac{C_{1Y}}{C_{1X}} \right) \\
 Ar := \frac{P_S}{q_n} \\
 L_{Z1} := \sqrt{\frac{Ar}{(1 + F_{zx})}} \\
 B_{Z1} := L_{Z1} + (F_{zx} \cdot L_{Z1}) \\
 v1 \\
 v2 := \text{augment}(B_{Z2}; L_{Z2}) \text{ if } C_{1Y} > C_{1X} \\
 F_{zy} := 1 - \left(\frac{C_{1X}}{C_{1Y}} \right) \\
 Ar := \frac{P_S}{q_n} \\
 B_{Z2} := \sqrt{\frac{A}{(1 + F_{zy})}} \\
 L_{Z2} := B_{Z2} + (F_{zy} \cdot B_{Z2}) \\
 v2 \\
 v3 := \text{augment}(B_{Z3}; L_{Z3}) \text{ otherwise} \\
 Ar := \frac{P_S}{q_n} \\
 B_{Z3} := \sqrt{Ar} \\
 L_{Z3} := B_{Z3} \\
 v3
 \end{array} \right. \\
 v_{\text{dimensiones}} & := \left[1.6928 \text{ m } 1.6928 \text{ m} \right]
 \end{aligned}$$

Linea de programación para encontrar la aproximación inicial de dimensiones de la zapata, considerando la sección y medidas de la columna es decir encontrar dimensiones para forma rectangular o cuadrada.

Dimensión de la Zapata 1 en "X"

$$z_{1a} := \left(\left[\begin{array}{c} v_{\text{dimensiones}} \\ 1 \end{array} \right] \right)_{5 \text{ cm}} = 1.7 \text{ m}$$

Dimensión de la Zapata 1 en "Y"

$$z_{1b} := \left(\left[\begin{array}{c} v_{\text{dimensiones}} \\ 2 \end{array} \right] \right)_{5 \text{ cm}} = 1.7 \text{ m}$$

Área de la zapata

$$A := z_{1a} \cdot z_{1b} = 2.89 \text{ m}^2 \quad \text{ancho} = \frac{h}{2}$$

$$z_{1a}' := 2.10 \text{ m}$$

$$z_{1b}' := 2.10 \text{ m}$$

Ancho viga trabe Columna 1 a Columna 2

$$ca := 0.30 \text{ m}$$

Ancho viga trabe Columna 1 a Columna 3

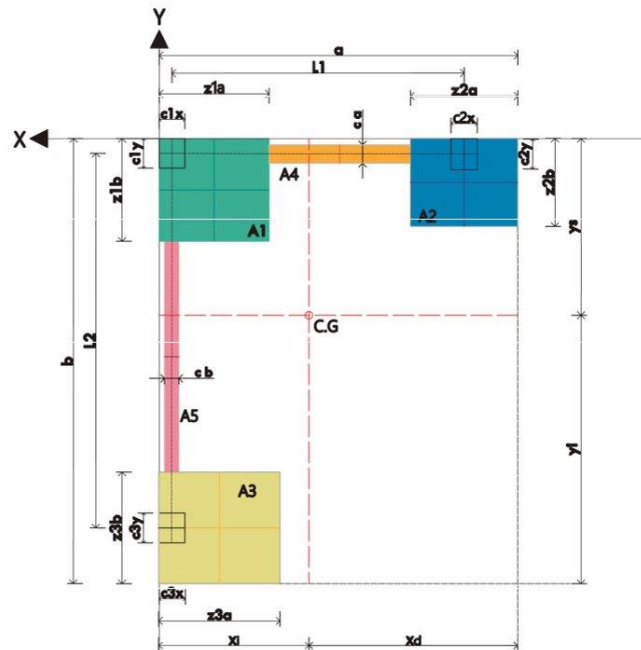
$$cb := 0.30 \text{ m}$$

PEDIR MEDIDAS INICIALES IGUALES ca = cb

$$ca := \begin{cases} ca & \text{if } ca \geq 25 \text{ cm} \\ 25 \text{ cm} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$cb := \begin{cases} cb & \text{if } cb \geq 25 \text{ cm} \\ 25 \text{ cm} & \text{otherwise} \end{cases}$$

 □ — ANÁLISIS DE ESFUERZOS



 □ — ÁREAS

Área 1 "Verde"

$$A_1 := (z_{1a} \cdot z_{1b})$$

Área 2 "Azul"

$$A_2 := (z_{2a} \cdot z_{2b})$$

Área 3 "Amarilla"

$$A_3 := (z_{3a} \cdot z_{3b})$$

Área 4 "Naranja"

$$A_4 := ((a - z_{1a} - z_{2a}) \cdot ca)$$

Área 5 "Rosada"

$$A_5 := ((b - z_{3b} - z_{1b}) \cdot cb)$$

Área de la zapatas + área de vigas trabe

$$A_T := A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5 = 15.605 \text{ m}^2$$

 □ — COORDENADAS CENTRO DE GRAVEDAD

COORDENADA EN X

$$CX := C_{1X}$$

Centro de Gravedad Individual 1 Desde eje "Y" $X_{iF1} := \frac{z_{1a}}{2}$

Centro de Gravedad Individual 3 desde eje "Y" $X_{iF3} := \frac{z_{3a}}{2}$

Centro de Gravedad Individual 2 desde eje "Y" $X_{iF2} := a - z_{2a} + \frac{z_{2a}}{2}$

$$\text{Centro de Gravedad Individual 4 desde eje "Y"} \quad X_{iF4} := \frac{a - z_{1a} - z_{2a}}{2} + z_{1a}$$

$$\text{Centro de Gravedad Individual 5 desde eje "Y"} \quad X_{iF5} := \frac{CX}{2}$$

$$\text{COORDENADA C.G EN "X"} \\ X_i := \frac{\left[(A_1 \cdot X_{iF1}) + (A_4 \cdot X_{iF4}) + (A_2 \cdot X_{iF2}) + A_5 \cdot X_{iF5} + A_3 \cdot X_{iF3} \right]}{A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5} = 3.5179 \text{ m}$$

$$X_d := a - X_i = 5.7821 \text{ m}$$

COORDENADA EN Y

$$CY := C_{1Y}$$

$$\text{Centro de Gravedad Individual 1 Desde eje "X"} \quad Y_{iF1} := \frac{z_{1b}}{2}$$

$$\text{Centro de Gravedad Individual 2 desde eje "X"} \quad Y_{iF2} := \frac{z_{2b}}{2}$$

$$\text{Centro de Gravedad Individual 3 desde eje "X"} \quad Y_{iF3} := b - z_{3b} + \frac{z_{3b}}{2}$$

$$\text{Centro de Gravedad Individual 4 desde eje "X"} \quad Y_{iF4} := \frac{CY}{2}$$

$$\text{Centro de Gravedad Individual 5 desde eje "X"} \quad Y_{iF5} := \frac{b - z_{3b} - z_{1b}}{2} + z_{1b}$$

$$\text{COORDENADA C.G EN "Y"} \\ Y_s := \frac{\left[(A_1 \cdot Y_{iF1}) + (A_4 \cdot Y_{iF4}) + (A_2 \cdot Y_{iF2}) + A_5 \cdot Y_{iF5} + A_3 \cdot Y_{iF3} \right]}{A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5} = 2.6558 \text{ m}$$

$$Y_i := b - Y_s = 5.4942 \text{ m}$$

☐—MOMENTOS DE INERCIA

CÁLCULO EN X

Inercia en "X" Figura 1

$$I_{xF1} := \frac{z_{1a} \cdot z_{1b}^3}{12}$$

Inercia en "X" Figura 2

$$I_{xF2} := \frac{z_{2a} \cdot z_{2b}^3}{12}$$

Inercia en "X" Figura 3

$$I_{xF3} := \frac{z_{3a} \cdot z_{3b}^3}{12}$$

Inercia en "X" Figura 4

$$I_{xF4} := \frac{(a - z_{1a} - z_{2a}) \cdot ca^3}{12}$$

Inercia en "X" Figura 5

$$I_{xF5} := \frac{cb \cdot (b - z_{1b} - z_{3b})^3}{12}$$

$$d_{x1} := Y_s - \frac{z_{1b}}{2}$$

$$d_{x2} := Y_s - \frac{z_{2b}}{2}$$

$$d_{x3} := Y_i - \frac{z_{3b}}{2}$$

$$d_{x4} := Y_s - \frac{CY}{2}$$

$$d_{x5} := \frac{b - z_{1b} - z_{3b}}{2} + z_{1b} - Y_s$$

TEOREMA DE STEINER

$$I_x := \left[I_{xF1} + (A_1) \cdot (d_{x1})^2 \right] + \left[I_{xF2} + (A_2) \cdot (d_{x2})^2 \right] + \left[I_{xF3} + (A_3) \cdot (d_{x3})^2 \right] + \left[I_{xF4} + (A_4) \cdot (d_{x4})^2 \right] + \left[I_{xF5} + (A_5) \cdot (d_{x5})^2 \right]$$

$$I_x = 116.0092 \text{ m}^4$$

CÁLCULO EN Y

Inercia en "Y" Figura 1

$$I_{yF1} := \frac{z_{1b} \cdot z_{1a}^3}{12}$$

Inercia en "Y" Figura 2

$$I_{yF2} := \frac{z_{2b} \cdot z_{2a}^3}{12}$$

Inercia en "Y" Figura 3

$$I_{yF3} := \frac{z_{3b} \cdot z_{3a}^3}{12}$$

Inercia en "Y" Figura 4

$$I_{yF4} := \frac{ca \cdot (a - z_{1a} - z_{2a})^3}{12}$$

Inercia en "Y" Figura 5

$$I_{yF5} := \frac{(b - z_{1b} - z_{3b}) \cdot cb^3}{12}$$

$$d_{y1} := Xi - \frac{z_{1a}}{2}$$

$$d_{y2} := Xd - \frac{z_{2a}}{2}$$

$$d_{y3} := Xi - \frac{z_{3a}}{2}$$

$$d_{y4} := Xd - \left(\frac{a - z_{1a} - z_{2a}}{2} + z_{2a} \right)$$

$$d_{y5} := Xi - \frac{CX}{2}$$

TEOREMA DE STEINER

$$I_y := \left(I_{yF1} + (A_1) \cdot (d_{y1})^2 \right) + \left(I_{yF2} + (A_2) \cdot (d_{y2})^2 \right) + \left(I_{yF3} + (A_3) \cdot (d_{y3})^2 \right) + \left(I_{yF5} + (A_5) \cdot (d_{y5})^2 \right) + \left(I_{yF4} + (A_4) \cdot (d_{y4})^2 \right)$$

$$I_y = 180.0218 \text{ m}^4$$

□—ESFUERZOS CONCEPTOS

□—ESFUERZOS INICIALES

$$\sigma_1 := \frac{R}{A_T} + \frac{M_{xT} \cdot Y_s}{I_x} + \frac{M_{yT} \cdot X_i}{I_y} = 211.6298 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\sigma_2 := \frac{R}{A_T} + \frac{M_{xT} \cdot Y_s}{I_x} + \frac{M_{yT} \cdot (X_i - z_{1a})}{I_y} = 208.5115 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\sigma_3 := \frac{R}{A_T} + \frac{M_{xT} \cdot (Y_s - z_{1b})}{I_x} + \frac{M_{yT} \cdot (X_i - z_{1a})}{I_y} = 207.4491 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\sigma_4 := \frac{R}{A_T} + \frac{M_{xT} \cdot (Y_s - z_{1b})}{I_x} + \frac{M_{yT} \cdot X_i}{I_y} = 210.5674 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\sigma_5 := \frac{R}{A_T} + \frac{M_{xT} \cdot \left(Y_s - \frac{CY}{2} + \frac{ca}{2} \right)}{I_x} + \frac{M_{yT} \cdot (X_i - z_{1a})}{I_y} = 208.4862 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\sigma_6 := \frac{R}{A_T} + \frac{M_{xT} \cdot \left(Y_s - \frac{CY}{2} - \frac{ca}{2} \right)}{I_x} + \frac{M_{yT} \cdot (X_i - z_{1a})}{I_y} = 208.3344 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\sigma_7 := \frac{R}{A_T} + \frac{M_{xT} \cdot \left(Y_s - \frac{CY}{2} + \frac{ca}{2} \right)}{I_x} + \frac{M_{yT} \cdot (X_i - a + z_{2a})}{I_y} = 201.0617 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\sigma_8 := \frac{R}{A_T} + \frac{M_{xT} \cdot \left(Y_s - \frac{CY}{2} - \frac{ca}{2} \right)}{I_x} + \frac{M_{yT} \cdot (X_i - a + z_{2a})}{I_y} = 200.9099 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\sigma_9 := \frac{R}{A_T} + \frac{M_{xT} \cdot (Y_s - z_{1b})}{I_x} + \frac{M_{yT} \cdot \left(X_i - \frac{CX}{2} + \frac{cb}{2} \right)}{I_y} = 210.4932 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\sigma_{10} := \frac{R}{A_T} + \frac{M_{xT} \cdot (Y_s - z_{1b})}{I_x} + \frac{M_{yT} \cdot \left(X_i - \frac{CX}{2} - \frac{cb}{2} \right)}{I_y} = 210.0477 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\sigma_{11} := \frac{R}{A_T} + \frac{M_{xT} \cdot (Y_s - b + z_{3b})}{I_x} + \frac{M_{yT} \cdot \left(X_i - \frac{CX}{2} + \frac{cb}{2} \right)}{I_y} = 208.3938 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\sigma_{12} := \frac{R}{A_T} + \frac{M_{xT} \cdot (Y_s - b + z_{3b})}{I_x} + \frac{M_{yT} \cdot \left(X_i - \frac{CX}{2} - \frac{cb}{2} \right)}{I_y} = 207.9483 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

- DATOS PARA LAS ITERACIONES

- ESFUERZOS PARCIALES Y FINALES

- CÁLCULO DE ESFUERZOS PARCIALES

- RESULTADOS ESFUERZOS PARCIALES

- CÁLCULO DE ESFUERZOS FINALES

- RESULTADOS ESFUERZOS FINALES

RESULTADOS_F =

"σ_1"	2.1 m	2.1 m	0.3 m	0.3 m	2.1163 · 10 ⁵ $\frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}}$
"σ_2"	2.1 m	2.1 m	0.3 m	0.3 m	2.0851 · 10 ⁵ $\frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}}$
"σ_3"	2.1 m	2.1 m	0.3 m	0.3 m	2.0745 · 10 ⁵ $\frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}}$
"σ_4"	2.1 m	2.1 m	0.3 m	0.3 m	2.1057 · 10 ⁵ $\frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}}$
"σ_5"	2.1 m	2.1 m	0.3 m	0.3 m	2.0849 · 10 ⁵ $\frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}}$
"σ_6"	2.1 m	2.1 m	0.3 m	0.3 m	2.0833 · 10 ⁵ $\frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}}$
"σ_7"	2.1 m	2.1 m	0.3 m	0.3 m	2.0106 · 10 ⁵ $\frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}}$
"σ_8"	2.1 m	2.1 m	0.3 m	0.3 m	2.0091 · 10 ⁵ $\frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}}$
"σ_9"	2.1 m	2.1 m	0.3 m	0.3 m	2.1049 · 10 ⁵ $\frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}}$
"σ_10"	2.1 m	2.1 m	0.3 m	0.3 m	2.1005 · 10 ⁵ $\frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}}$
"σ_11"	2.1 m	2.1 m	0.3 m	0.3 m	2.0839 · 10 ⁵ $\frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}}$
"σ_12"	2.1 m	2.1 m	0.3 m	0.3 m	2.0795 · 10 ⁵ $\frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}}$

$$2.1163 \cdot 10^5 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}} = 211.63 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

FIN ANÁLISIS DE ESFUERZOS

□— MAYORACIÓN DE CARGAS Y MOMENTOS

ACI Equation Number	Load Combination
9-1	$U = 1.4(D + F)$
9-2	$U = 1.2(D + F + T) + 1.6(L + H) + 0.5(L, \text{ or } S \text{ or } R)$
9-3	$U = 1.2D + 1.6(L, \text{ or } S \text{ or } R) + (1.0L \text{ or } 0.8W)$
9-4	$U = 1.2D + 1.6W + 1.0L + 0.5(L, \text{ or } S \text{ or } R)$
9-5	$U = 1.2D + 1.0E + 1.0L + 0.2S$
9-6	$U = 0.9D + 1.6W + 1.6H$
9-7	$U = 0.9D + 1.0E + 1.6H$

"COMBINACIONES"

$$U1 = 1.4 \cdot D$$

$$U2 = 1.2 \cdot D + 1.6 \cdot L$$

$$U5 = 1.2 \cdot D + 1.0 \cdot E + L$$

$$U7 = 0.9 \cdot D + 1.0 \cdot E$$

TABLE 4.1 ACI Load Factor Combinations

COMBINACION LIMITADA A U2 y U5

□— COLUMNA 1

Carga "muerta" de servicio $P_{1D} = 2.5 \cdot 10^5 \text{ N}$	Carga "Viva" de servicio $P_{1L} = 3.5 \cdot 10^5 \text{ N}$	Carga por Sismo $P_{1E} = 0$
Momento en X por carga Muerta de Servicio $M_{sx1D} = 70000 \text{ J}$	Momento en X por carga Viva de Servicio $M_{sx1L} = 80000 \text{ J}$	Momento en X por Sismo $M_{EX1} = 0$
Momento en Y por carga Muerta de Servicio $M_{sy1D} = 90000 \text{ J}$	Momento en Y por carga Viva de Servicio $M_{sy1L} = 1.1 \cdot 10^5 \text{ J}$	Momento en Y por Sismo $M_{EY1} = 0$

```

"CARGA MAYORADA"
if P1E ≤ 0
  PU1 := (P1D · 1.2) + (P1L · 1.6)
else
  PU1 := (P1D · 1.2) + (P1E · 1) + (P1L)
PU1
"MOMENTO EN X MAYORADO"
if MEX1 ≤ 0
  MUX1 := (Msx1D · 1.2) + (Msx1L · 1.6)
else
  MUX1 := (Msx1D · 1.2) + (MEX1 · 1) + (Msx1L)
MUX1
"MOMENTO EN Y MAYORADO"
if MEY1 ≤ 0
  MUY1 := (Msy1D · 1.2) + (Msy1L · 1.6)
else
  MUY1 := (Msy1D · 1.2) + (MEY1 · 1) + (Msy1L)
MUY1
PU1 = 860 kN
MUX1 = 212 kN m
MUY1 = 284 kN m

```

□ — COLUMNA 2 —

Carga "muerta" de servicio	Carga "Viva" de servicio	Carga por Sismo
$P_{2D} = 5.5 \cdot 10^5 \text{ N}$	$P_{2L} = 8.5 \cdot 10^5 \text{ N}$	$P_{2E} = 0$
Momento en X por carga Muerta de Servicio	Momento en X por carga Viva de Servicio	Momento en X por Sismo
$M_{sx2D} = 1.1 \cdot 10^5 \text{ J}$	$M_{sx2L} = 1.4 \cdot 10^5 \text{ J}$	$M_{EX2} = 0$
Momento en Y por carga Muerta de Servicio	Momento en Y por carga Viva de Servicio	Momento en Y por Sismo
$M_{sy2D} = 1.5 \cdot 10^5 \text{ J}$	$M_{sy2L} = 2 \cdot 10^5 \text{ J}$	$M_{EY2} = 0$

```

"CARGA MAYORADA"
if P2E ≤ 0
  PU2 := (P2D · 1.2) + (P2L · 1.6)
else
  PU2 := (P2D · 1.2) + (P2E · 1) + (P2L)
PU2
"MOMENTO EN X MAYORADO"
if MEX2 ≤ 0
  MUX2 := (Msx2D · 1.2) + (Msx2L · 1.6)
else
  MUX2 := (Msx2D · 1.2) + (MEX2 · 1) + (Msx2L)
MUX2
"MOMENTO EN Y MAYORADO"
if MEY2 ≤ 0
  MUY2 := (Msy2D · 1.2) + (Msy2L · 1.6)
else
  MUY2 := (Msy2D · 1.2) + (MEY2 · 1) + (Msy2L)
MUY2
PU2 = 2020 kN
MUX2 = 356 kN m
MUY2 = 500 kN m

```

□ — COLUMNA 3 —

Carga "muerta" de servicio	Carga "Viva" de servicio	Carga por Sismo
$P_{3D} = 5 \cdot 10^5 \text{ N}$	$P_{3L} = 7 \cdot 10^5 \text{ N}$	$P_{3E} = 0$
Momento en X por carga Muerta de Servicio	Momento en X por carga Viva de Servicio	Momento en X por Sismo
$M_{sx3D} = 90000 \text{ J}$	$M_{sx3L} = 1.1 \cdot 10^5 \text{ J}$	$M_{EX3} = 0$
Momento en Y por carga Muerta de Servicio	Momento en Y por carga Viva de Servicio	Momento en Y por Sismo
$M_{sy3D} = 1.3 \cdot 10^5 \text{ J}$	$M_{sy3L} = 1.7 \cdot 10^5 \text{ J}$	$M_{EY3} = 0$

```

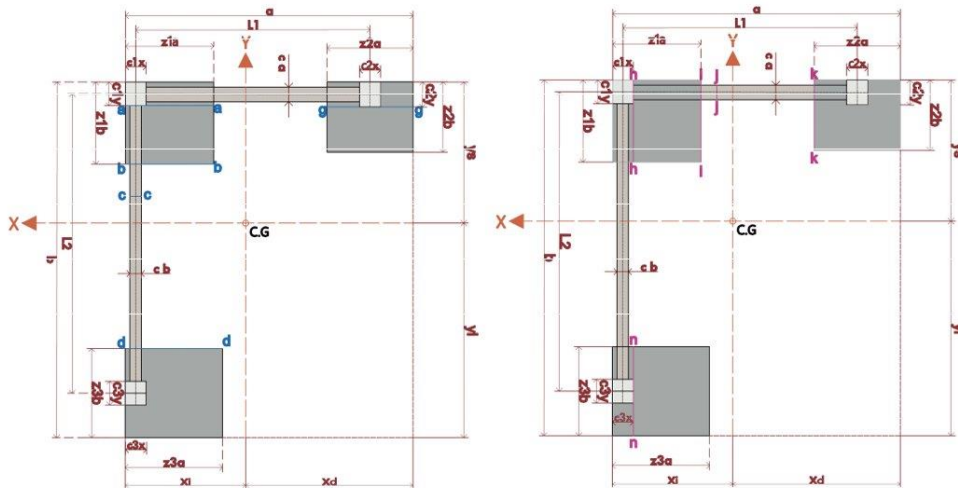
"CARGA MAYORADA"
if P3E ≤ 0
  PU3 := (P3D · 1.2) + (P3L · 1.6)
else
  PU3 := (P3D · 1.2) + (P3E · 1) + (P3L)
PU3
"MOMENTO EN X MAYORADO"
if MEX3 ≤ 0
  MUX3 := (Msx3D · 1.2) + (Msx3L · 1.6)
else
  MUX3 := (Msx3D · 1.2) + (MEX3 · 1) + (Msx3L)
MUX3
"MOMENTO EN Y MAYORADO"
if MEY3 ≤ 0
  MUY3 := (Msy3D · 1.2) + (Msy3L · 1.6)
else
  MUY3 := (Msy3D · 1.2) + (MEY3 · 1) + (Msy3L)
MUY3
PU3 = 1720 kN
MUX3 = 284 kN m
MUY3 = 428 kN m

```

$$R_U := P_{U1} + P_{U2} + P_{U3} = 4600 \text{ kN}$$

$$M_{UXT} := M_{UX1} + M_{UX2} + M_{UX3} + R_U \cdot \left(Y_{s_{cal}} - \frac{CY}{2} \right) - P_{U3} \cdot L_2 = 108.8616 \text{ kN m}$$

$$M_{UYT} := M_{UY1} + M_{UY2} + M_{UY3} + R_U \cdot \left(X_{i_{cal}} - \frac{CX}{2} \right) - P_{U2} \cdot L_1 = 314.3903 \text{ kN m}$$



$M_{UyT} = 314.3903 \text{ kN m}$ $M_{UxT} = 108.8616 \text{ kN m}$

$M_{UxT} := 128 \text{ kN m}$

$M_{UyT} := 324 \text{ kN m}$

$Y_{s_{cal}} = 2.6558 \text{ m}$

$Xi_{cal} = 3.5179 \text{ m}$

$Y_{s_{cal}} := 2.66 \text{ m}$

$Xi_{cal} := 3.52 \text{ m}$

☐ — MOMENTOS

☐ — Momento A $y=ys-cy$

Ecuación 9

$ya := Y_{s_{cal}} - CY$ $\xi1 := z_{3b}$

$$M_{uXa} := \frac{R_U \cdot (z_{3a} \cdot z_{3b}) \cdot ((2 \cdot b) - (2 \cdot Y_{s_{cal}}) + (2 \cdot ya) - z_{3b})}{(2 \cdot A_{Tcal})} + \frac{(R_U \cdot cb_{cal}) \cdot ((b - z1b_{cal} - z_{3b}) \cdot (b - (2 \cdot Y_{s_{cal}}) + (2 \cdot ya) + z1b_{cal}))}{(2 \cdot A_{Tcal})}$$

☐ — Momento B $y=yS-z1b$

Ecuación 7

$yb := Y_{s_{cal}} - z1b_{cal} + 5.6 \text{ cm}$ $\xi2 := z_{3b}$

$$M_{uXb} := P_{U3} \cdot \left(Y_{s_{cal}} - yb - b + \frac{\xi2}{2} \right) + \frac{R_U \cdot \left(cb_{cal} \cdot (Y_{s_{cal}} - yb - b + z_{3b})^2 - (z_{3a} \cdot z_{3b}) \cdot ((2 \cdot Y_{s_{cal}}) - (2 \cdot yb) - (2 \cdot b) + z_{3b}) \right)}{2 \cdot A_{Tcal}} + \dots$$

☐ — Momento C $y=yC$

Ecuación 7

$yC := 1.06 \text{ m}$

$yc := yC - 18.2 \text{ cm}$ $\xi3 := z_{3b}$

$$M_{uXc} := P_{U3} \cdot \left(Y_{s_{cal}} - y_c - b + \frac{\xi_3}{2} \right) + \frac{R_U \cdot \left[cb_{cal} \cdot \left(Y_{s_{cal}} - y_c - b + z_{3b} \right)^2 - \left(z_{3a} \cdot z_{3b} \right) \cdot \left(\left(2 \cdot Y_{s_{cal}} \right) - \left(2 \cdot y_c \right) - \left(2 \cdot b \right) + z_{3b} \right) \right]}{2 \cdot A_{Tcal}} + M_i$$

Ecuación 9

$$yC := 1.06 \text{ m}$$

$$y_c := yC$$

$$\xi_3 := z_{3b}$$

$$M_{uXcc} := \frac{R_U \cdot \left(z_{3a} \cdot z_{3b} \right) \cdot \left(\left(2 \cdot b \right) - \left(2 \cdot Y_{s_{cal}} \right) + \left(2 \cdot y_c \right) - z_{3b} \right)}{\left(2 \cdot A_{Tcal} \right)} + \frac{\left(R_U \cdot cb_{cal} \right) \cdot \left(\left(b - z_{1b_{cal}} - z_{3b} \right) \cdot \left(b - \left(2 \cdot Y_{s_{cal}} \right) + \left(2 \cdot y_c \right) + z_{1b_{ca}} \right) \right)}{\left(2 \cdot A_{Tcal} \right)}$$

□—Momento D y=yS-b+z3b

Ecuación 7

$$y_d := Y_{s_{cal}} - b + z_{3b} + 0.4 \text{ cm} \quad \xi_4 := z_{3b}$$

$$M_{uXd} := P_{U3} \cdot \left(Y_{s_{cal}} - y_d - b + \frac{\xi_4}{2} \right) + \frac{R_U \cdot \left[cb_{cal} \cdot \left(Y_{s_{cal}} - y_d - b + z_{3b} \right)^2 - \left(z_{3a} \cdot z_{3b} \right) \cdot \left(\left(2 \cdot Y_{s_{cal}} \right) - \left(2 \cdot y_d \right) - \left(2 \cdot b \right) + z_{3b} \right) \right]}{2 \cdot A_{Tcal}} + M_i$$

□—Momento H x=Xi-cx

Ecuación 19

$$x_h := X_{i_{cal}} - CX - 20.25 \text{ cm} \quad \lambda_1 := z_{2a}$$

$$M_{uXh} := \frac{R_U \cdot z_{2a} \cdot z_{2b} \cdot \left(2 \cdot a - 2 \cdot X_{i_{cal}} + 2 \cdot x_h - z_{2a} \right)}{2 \cdot A_{Tcal}} + \frac{R_U \cdot ca_{cal} \cdot \left(a - z_{1a_{cal}} - z_{2a} \right) \cdot \left(a - 2 \cdot X_{i_{cal}} + 2 \cdot x_h + z_{1a_{cal}} - z_{2a} \right)}{2 \cdot A_{Tcal}} + \frac{R_U \cdot z_{1b_{ca}}}{2 \cdot A_{Tcal}}$$

□—Momento I x=Xi-z1a

Ecuación 17

$$x_1 := X_{i_{cal}} - z_{1a_{cal}} + 112 \text{ cm} \quad \lambda_3 := z_{2a}$$

$$M_i := P_{U2} \cdot \left(X_{i_{cal}} - x_1 - a + \frac{\lambda_3}{2} \right) + \frac{R_U \cdot \left[ca_{cal} \cdot \left(X_{i_{cal}} - x_1 - a + z_{2a} \right)^2 - z_{2a} \cdot z_{2b} \cdot \left(2 \cdot X_{i_{cal}} - 2 \cdot x_1 - 2 \cdot a + z_{2a} \right) \right]}{2 \cdot A_{Tcal}} + \frac{M_{UYT} \cdot z_{2a} \cdot z_2}{2 \cdot A_{Tcal}}$$

Ecuación 19

$$M_i := \frac{R_U \cdot z_{2a} \cdot z_{2b} \cdot \left(2 \cdot a - 2 \cdot X_{i_{cal}} + 2 \cdot x_1 - z_{2a} \right)}{2 \cdot A_{Tcal}} + \frac{R_U \cdot ca_{cal} \cdot \left(a - z_{1a_{cal}} - z_{2a} \right) \cdot \left(a - 2 \cdot X_{i_{cal}} + 2 \cdot x_1 + z_{1a_{cal}} - z_{2a} \right)}{2 \cdot A_{Tcal}} + \frac{R_U \cdot z_{1b_{ca}}}{2 \cdot A_{Tcal}}$$

□—Momento J $x=x_j$

Ecuación 17

$$x_j := 1.73 \text{ m}$$

$$x_2 := x_j + 122 \text{ cm}$$

$$\lambda_4 := z_{2a}$$

$$M_j := P_{U2} \cdot \left(X_{i_{cal}} - x_2 - a + \frac{\lambda_4}{2} \right) + \frac{R_U \cdot \left(c_{a_{cal}} \cdot \left(X_{i_{cal}} - x_2 - a + z_{2a} \right)^2 - z_{2a} \cdot z_{2b} \cdot \left(2 \cdot X_{i_{cal}} - 2 \cdot x_2 - 2 \cdot a + z_{2a} \right) \right)}{2 \cdot A_{Tcal}} + \frac{M_{UyT} \cdot z_{2a} \cdot z_2}{2 \cdot A_{Tcal}}$$

Ecuación 19

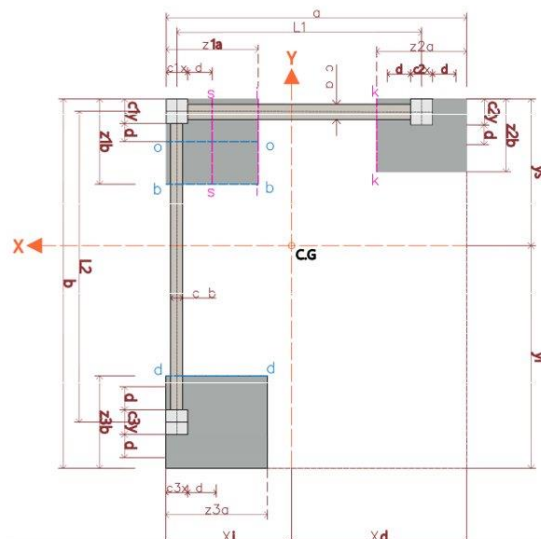
$$M_j := \frac{R_U \cdot z_{2a} \cdot z_{2b} \cdot \left(2 \cdot a - 2 \cdot X_{i_{cal}} + 2 \cdot x_2 - z_{2a} \right)}{2 \cdot A_{Tcal}} + \frac{R_U \cdot c_{a_{cal}} \cdot \left(a - z_{1a_{cal}} - z_{2a} \right) \cdot \left(a - 2 \cdot X_{i_{cal}} + 2 \cdot x_2 + z_{1a_{cal}} - z_{2a} \right)}{2 \cdot A_{Tcal}} + \frac{R_U \cdot z_{1b}}{2 \cdot A_{Tcal}}$$

□—Momento K $x=x_i-a+z_{2a}$

Ecuación 17

$$x_k := \left(X_{i_{cal}} - a + z_{2a} + 24.5 \text{ cm} \right) := z_{2a}$$

$$M_k := P_{U2} \cdot \left(X_{i_{cal}} - x_k - a + \frac{\lambda_5}{2} \right) + \frac{R_U \cdot \left(c_{a_{cal}} \cdot \left(X_{i_{cal}} - x_k - a + z_{2a} \right)^2 - z_{2a} \cdot z_{2b} \cdot \left(2 \cdot X_{i_{cal}} - 2 \cdot x_k - 2 \cdot a + z_{2a} \right) \right)}{2 \cdot A_{Tcal}} + \frac{M_{UyT} \cdot z_{2a} \cdot z_2}{2 \cdot A_{Tcal}}$$



□—CORTANTES

□—Cortante b $y=ys-z1b$

Ecuación

$$y_{cb} := Y_{s_{cal}} - z1b_{cal}$$

$$V_{ub} := \frac{R_U \cdot (cb_{cal} \cdot (y_{cb} - Y_{s_{cal}} + b - z_{3b}) + (z_{3a} \cdot z_{3b}))}{A_{Tcal}} + \frac{M_{UxT} \cdot (cb_{cal} \cdot (y_{cb})^2 - (Y_{s_{cal}} - b + z_{3b})^2) + z_{3a} \cdot z_{3b} \cdot (2 \cdot Y_{s_{cal}} - 2 \cdot b)}{2 \cdot Ix_{cal}}$$

□—Cortante d $y=ys-z3b$

Ecuación 6

$$y_{cd} := Y_{s_{cal}} - b + z_{3b}$$

$$V_{ud} := \frac{R_U \cdot (cb_{cal} \cdot (y_{cd} - Y_{s_{cal}} + b - z_{3b}) + (z_{3a} \cdot z_{3b}))}{A_{Tcal}} + \frac{M_{UxT} \cdot (cb_{cal} \cdot (y_{cd})^2 - (Y_{s_{cal}} - b + z_{3b})^2) + z_{3a} \cdot z_{3b} \cdot (2 \cdot Y_{s_{cal}} - 2 \cdot b)}{2 \cdot Ix_{cal}}$$

□—Cortante o $y=ys-cy-d$

Ecuación 8

$$y_{co} := Y_{s_{cal}} - CY - d_z$$

$$V_{uo} := \frac{R_U \cdot (z1a_{cal} \cdot (y_{co} - Y_{s_{cal}} + z1b_{cal}) + cb_{cal} \cdot (b - z1b_{cal} - z_{3b}) + z_{3a} \cdot z_{3b})}{A_{Tcal}} + \frac{M_{UxT} \cdot (z1a_{cal} \cdot y_{co}^2 - (z1a_{cal} - cb_{cal}) \cdot (Y_{s_{ca}}))}{2 \cdot Ix_{cal}}$$

□—Cortante s $x=xi-cx-d$

Ecuación 18

$$x_{cs} := Xi_{cal} - CX - d_z$$

$$V_{cs} := -P_{U2} + \frac{R_U \cdot (z1b_{cal} \cdot (x_{cs} - Xi_{cal} + z1a_{cal}) + ca_{cal} \cdot (a - z1a_{cal} - z_{2a}) + z_{2a} \cdot z_{2b})}{A_{Tcal}} + \frac{M_{UxT} \cdot z1b_{cal} \cdot (2 \cdot Y_{s_{cal}} - z1b_{cal}) \cdot (x_{cs})}{2 \cdot Ix_{cal}}$$

□—Cortante i $x=xi-z1a$

Ecuación 18

$$x_{ci} := Xi_{cal} - z1a_{cal}$$

$$V_{ci} := -P_{U2} + \frac{R_U \cdot (z1b_{cal} \cdot (x_{ci} - Xi_{cal} + z1a_{cal}) + ca_{cal} \cdot (a - z1a_{cal} - z_{2a}) + z_{2a} \cdot z_{2b})}{A_{Tcal}} + \frac{M_{UxT} \cdot z1b_{cal} \cdot (2 \cdot Ys_{cal} - z1b_{cal}) \cdot (x_{ci} - Xi_{cal})}{2 \cdot Ix_{cal}}$$

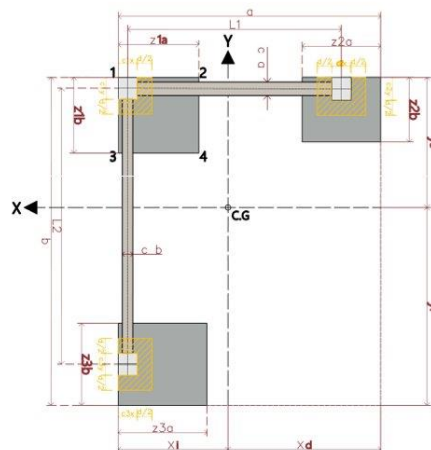
□—Cortante k x=xi-a+z2a—

Ecuación 16

$$x_{ck} := Xi_{cal} - a + z_{2a}$$

$$V_{ck} := \frac{R_U \cdot (ca_{cal} \cdot (x_{ck} - Xi_{cal} + a - z_{2a}) + (z_{2a} \cdot z_{2b}))}{A_{Tcal}} + \frac{M_{UxT} \cdot (ca_{cal} \cdot (2 \cdot Ys_{cal} - CY) \cdot (x_{ck} - Xi_{cal} + a - z_{2a}) + z_{2a} \cdot z_{2b} \cdot (2 \cdot Ys_{cal} - CY))}{2 \cdot Ix_{cal}}$$

□—CORTANTES POR PUNZONAMIENTO—



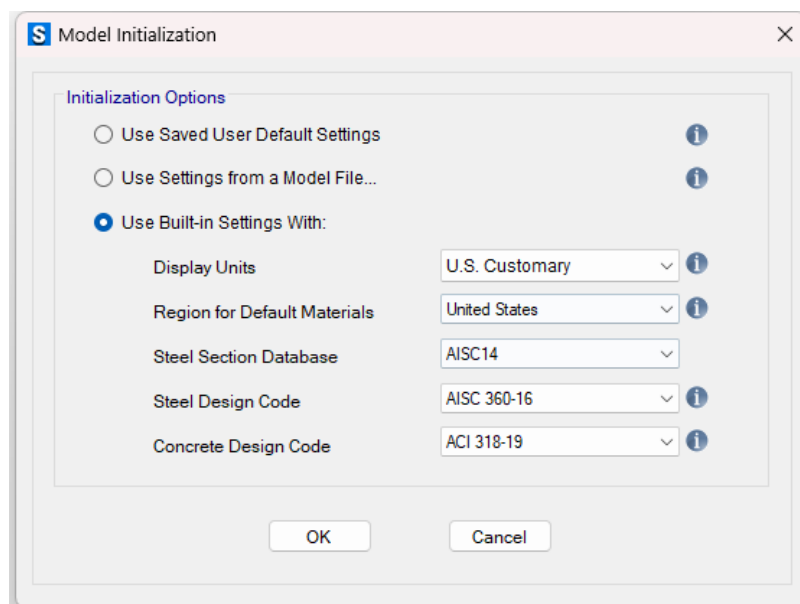
$$d_z = 0.49 \text{ m}$$

$$d_z := d_z + 36 \text{ cm}$$

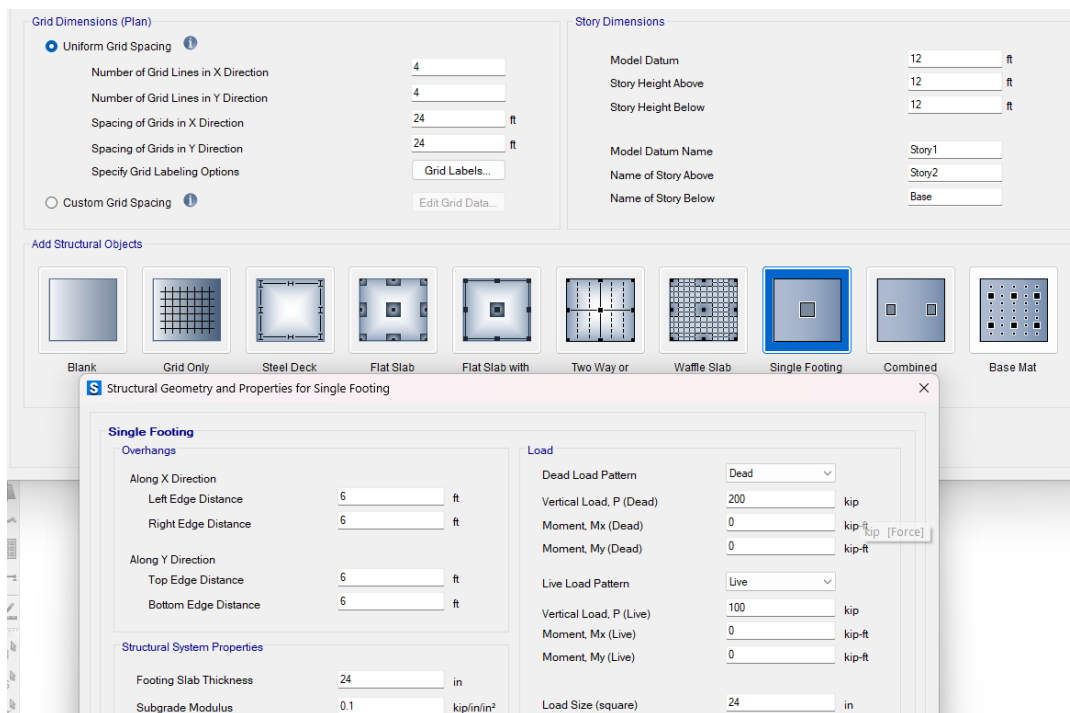
$$V_{p1} := P_{U1} - \frac{R_U \cdot (2 \cdot CX + d_z) \cdot (2 \cdot CY + d_z)}{4 \cdot A_{Tcal}} - \frac{M_{UxT} \cdot (2 \cdot CX + d_z) \cdot (2 \cdot CY + d_z) \cdot (4 \cdot Ys_{cal} - 2 \cdot CY - d_z)}{16 \cdot Ix_{cal}} - \frac{M_{UyT} \cdot (2 \cdot CX + d_z)}{16 \cdot Iy_{cal}}$$

Anexo 6 Creación de Modelo en SAFE CSI

La modelización en SAFE inicia con la configuración inicial de unidades y las normativas de diseño en este caso la normativa usada en la creación del programa y en SAFE debe ser la ACI318-19.

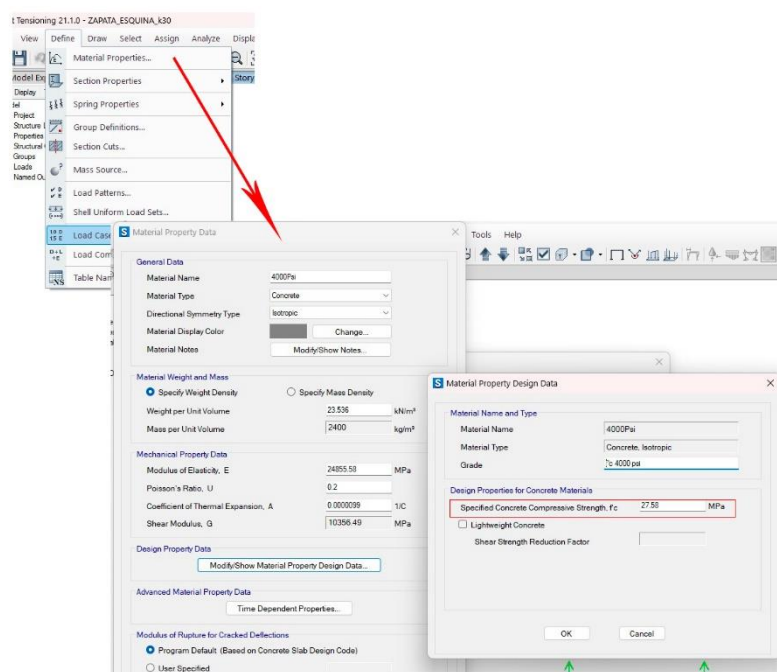


La forma rápida de definir el modelo de cimentación es desde la creación de un modelo nuevo, aquí se puede asignar las cargas y dimensiones de las zapatas.

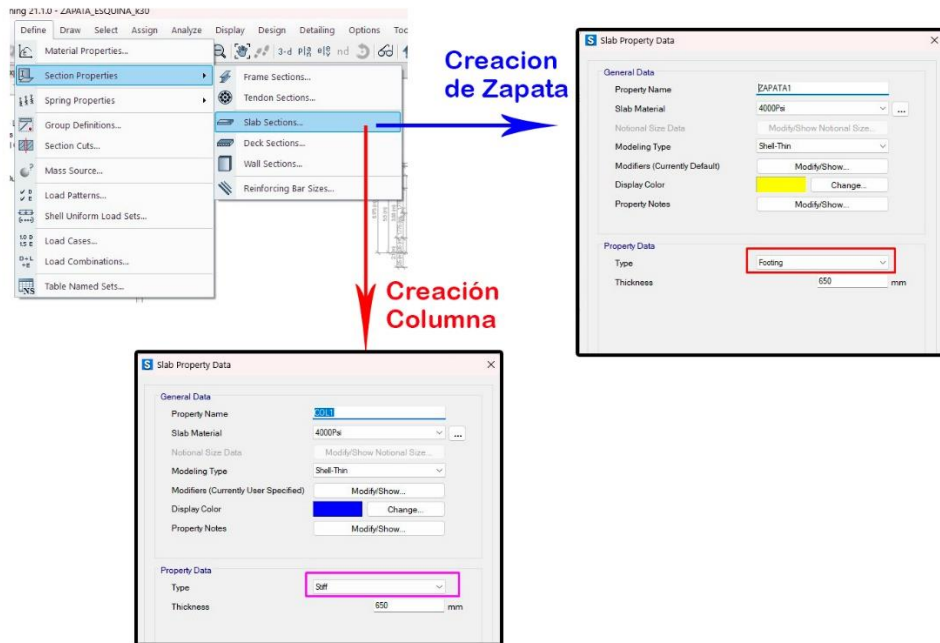


Si en embargo si se parte de un modelo en blanco requiere grillas, definir secciones, materiales y casos de carga.

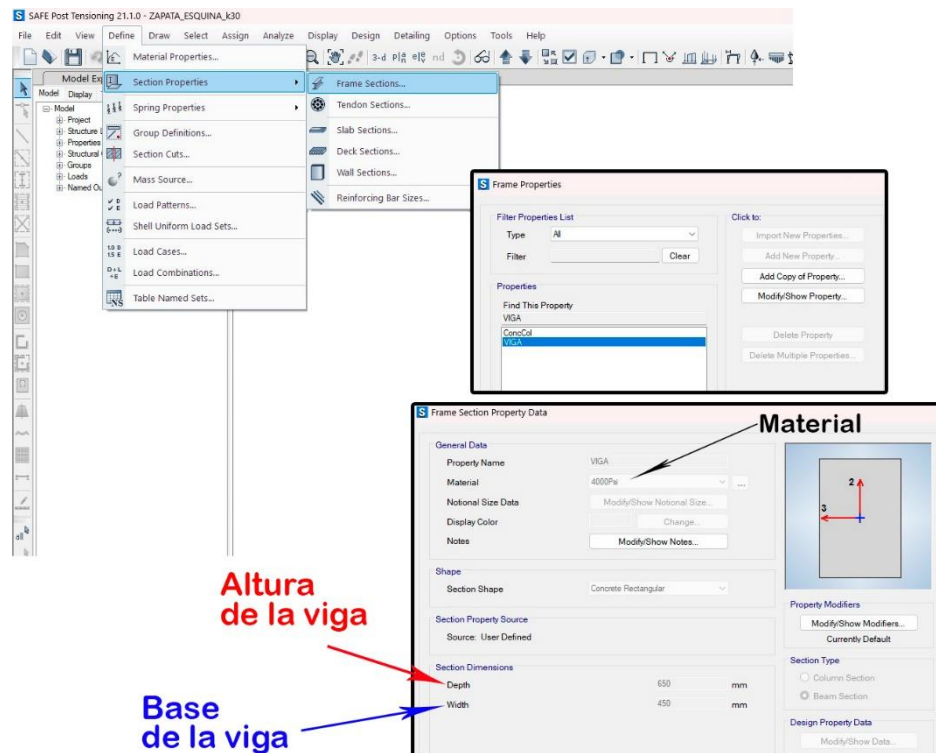
En la definición de los materiales se define el hormigón es importante definir la resistencia a compresión del hormigón y el peso específico del hormigón.



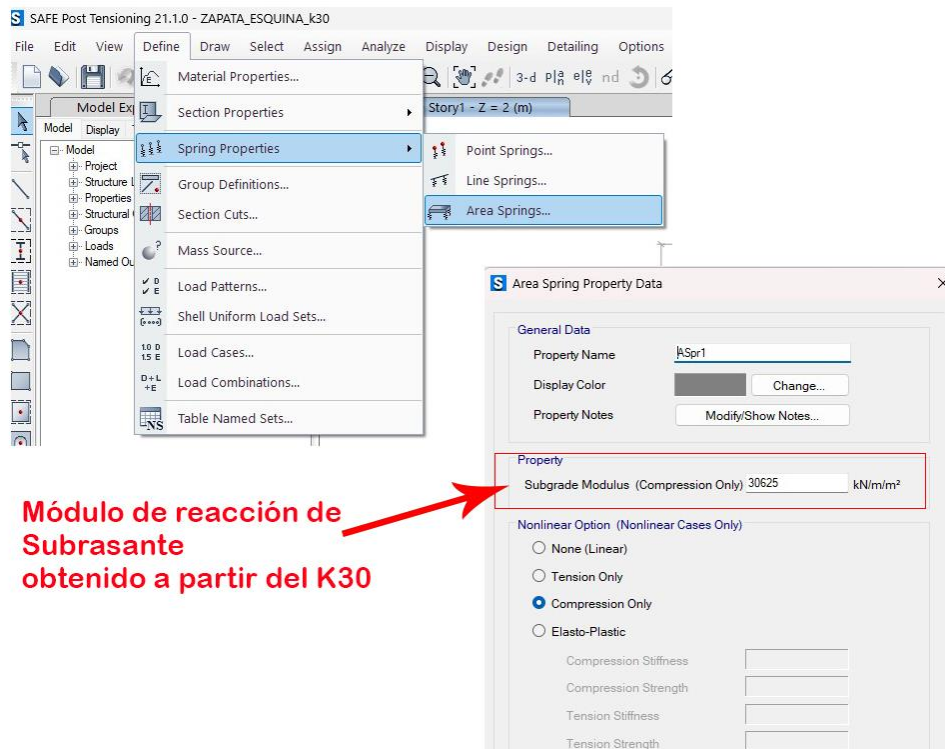
Se define la sección de la columna y de la zapata, aquí se define el espesor o altura (thickness) la columna y zapata y el tipo de elemento es necesario asignar footing a zapata y stiff a columna.



También se debe definir la sección de las vigas como elemento “frame sections”.



La asignación del módulo de reacción subrasante se define en las spring properties (propiedades de resorte).



La obtención de este módulo se obtuvo a partir de las ecuaciones de Karl Terzaghi y tablas D25 y D29 obtenidas de (Ministerio de Fomento, 2019), los cálculos se realizaron se realizaron como un apartado del programa desarrollado con la única finalidad de utilizarse en la validación mediante el software SAFE.

— ANEXO CÁLCULO DEL MÓDULO DE SUBRASANTE —

Cuando no se tiene el valor de K30 se propone su selección e la siguiente tabla, se selecciona según la clasificación del suelo, a partir de esta clasificación se elige el coeficiente K30 que se encuentra en MegaNewtons / metros cúbicos. La opción de selección adicional depende de la presión admisible en Mega pascales, en la columna de presiones se presentan los intervalos en los que el usuario debe identificar uno para su presión admisible, posteriormente se selecciona el coeficiente K30.

La siguiente tabla considera las tablas D25 y D29 del Documento Básico SE-C Seguridad estructural Cimientos del Ministerio de Fomento de España

Tipos de Suelo y Clasificación			Coeficiente de Balasto K30 (MN/m ³)			Presión Admisible (Mpa)
Categoría de Suelo		Clasificación	Min	Max	Prom	σ admisible
Suelos Cohesivos	Arcilla blanda	Arcillas y limos blandos	15	30	22.5	<0.075
	Arcilla media	Arcillas firmes	30	60	45	0.075 a 0.15
	Arcilla dura	Arcillas duras	60	200	130	0.3 a 0.6
	Limo	Arcillas y limos blandos	15	45	30	<0.075
	Margas arcillosas	Arcillas muy firmes	200	400	300	0.075 a 0.15
Suelos Granulares	Arena floja	Arena Suelta	10	30	20	<0.1
	Arena media	Arena medianamente densa	30	90	60	0.1 a 0.3
	Arena compacta	Arena muy densa	90	200	145	>0.3
	Grava arenosa floja	Gravas y mezclas de arena y grava, sueltas	70	120	95	<0.2
	Grava arenosa compacta	Gravas y mezclas de arena y grava, muy densas	120	300	210	>0.6

Coeficiente seleccionado de la Tabla

$$K_{30} := 90 \frac{\text{MN}}{\text{m}^3}$$

$$T_{\text{SUELO}} := \begin{cases} \text{"Suelo Granular" "Granular"} \\ \text{"Suelo Choosivo" "Cohesivo"} \end{cases}$$

$$a := 1.5 \text{ m} \quad b := 1.8 \text{ m}$$

Categoría del Suelo

- Suelo Granular
- Suelo Choosivo

clasificacion_s

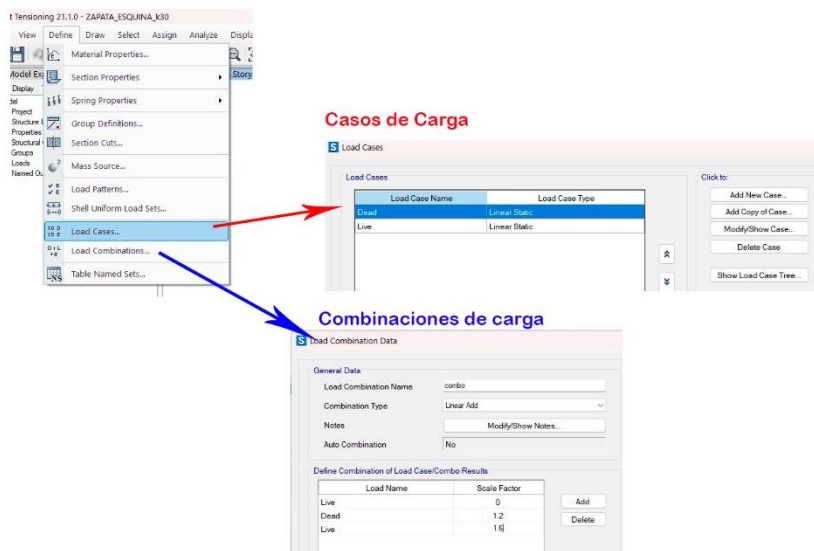
"Cálculo del Módulo de subrasante requerido en SAFE"
 "Dimensión en X"
 $bx := a$
 "Dimensión en Y"
 $ly := b$
 "Coeficiente de Balasto K30"

$$kb := \begin{cases} K_{30} \cdot \left(\frac{0.3 \text{ m}}{bx}\right) & \text{if } (a = b) \wedge (\text{clasificacion}_S = \text{"Cohesivo"}) \\ K_{30} \cdot \left(\frac{bx + 0.3 \text{ m}}{2 \cdot bx}\right)^2 & \text{if } (a = b) \wedge (\text{clasificacion}_S = \text{"Granular"}) \\ K_{bb} := K_{30} \cdot \left(\frac{0.3 \text{ m}}{bx}\right) & \text{if } (a \neq b) \wedge (\text{clasificacion}_S = \text{"Cohesivo"}) \\ \frac{2}{3} \cdot K_{bb} \cdot \left(1 + \frac{bx}{2 \cdot ly}\right) & \\ K_{bb} := K_{30} \cdot \left(\frac{bx + 0.3 \text{ m}}{2 \cdot bx}\right)^2 & \text{if } (a \neq b) \wedge (\text{clasificacion}_S = \text{"Granular"}) \\ \frac{2}{3} \cdot K_{bb} \cdot \left(1 + \frac{bx}{2 \cdot ly}\right) & \\ \text{"revisar"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

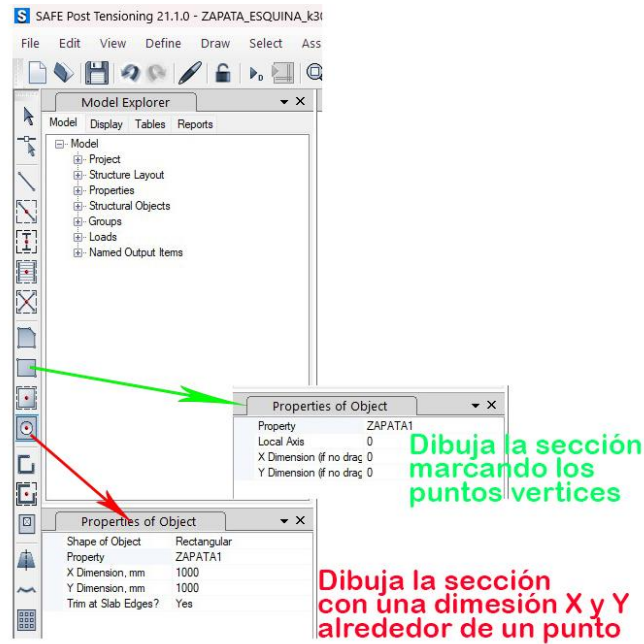
Este valor se debe asignar en SAFE

$$kb = 17000 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

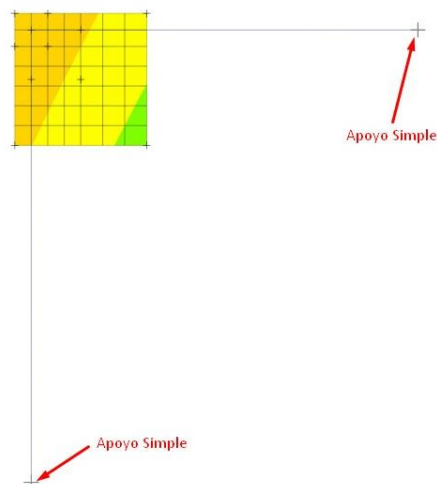
Antes de asignar las cargas y momentos que se van agregar debe definirse los casos de carga y las combinaciones de carga.



El dibujo de las secciones o elementos zapata y columna en planta se dibujan según la geometría del sistema de cimentación y el método que elija el usuario.



El modelo completo de la cimentación para evaluar la presión del suelo, se completa con las vigas de cimentación dibujadas del eje de columna a apoyos simples porque este tipo de restricción no genera ninguna presión o tipo de efecto e las vigas.



Anexo 7 Programación de regresión polinomial en Python

La programación en Python se realizó mediante Google Colaba, para el análisis de datos se importó un archivo .csv con la información requerida obtenida del procesamiento de tablas de resultados que imprimen SAFE CSI, en estas tablas se encuentran las dimensiones de la zapata ZXY cuando una zapata es cuadrada, ZX dimensión en "X" de la Zapata, ZY dimensión de la zapata en "Y", las dimensiones de la columna CX (dimensión en X), CY (dimensión en Y) y cuando una columna es cuadrada CXY, L es la dimensión o longitud entre ejes de columnas, mientras que "Live" son los resultados por el caso de carga en la columna de esquina (Carga Axial), "Momento" son los resultados por el caso de carga por un momento aplicado en una columna medianera, "MomentoZ" son los resultados por el caso de carga por un momento aplicado en una columna de esquina, y "SCD" son los resultados por la sobrecarga o carga distribuida que actúan en las vigas.

```
In [1]: from google.colab import files
import pandas as pd
from sklearn.linear_model import LinearRegression
from sklearn.preprocessing import PolynomialFeatures
from sklearn.metrics import mean_squared_error, r2_score

# Cargar archivo CSV desde el sistema local
uploaded = files.upload()

# Obtener el nombre del archivo cargado
file_name = next(iter(uploaded))

# Leer el archivo CSV usando pandas
df = pd.read_csv(file_name)

# Visualizar los primeros 5 registros del DataFrame
print(df.head())
```

Elegir archivos Sin archivos seleccionados Upload widget is only available when the cell has been executed in the current browser session. Please rerun this cell to enable.

```
Saving MLive.csv to MLive.csv
  ZXY  CXY  L  Live
0  0.8  0.25  2.0 -0.1402
1  0.8  0.30  2.0 -0.1296
2  0.8  0.35  2.0 -0.1208
3  0.8  0.40  2.0 -0.1082
4  0.8  0.45  2.0 -0.0945
```

```
In [2]: # Definir las variables independientes (ZX, CX, L) y la variable dependiente (Live)
X = df[['ZXY', 'CXY', 'L']].astype(float) # Convertir datos a formato numérico
y = df['Live'].astype(float)
```

```
In [3]: # Se puede ajustar el grado del polinomio según sea necesario
poly = PolynomialFeatures(degree=2)

# Transformar los datos de entrada para incluir características polinómicas
X_poly = poly.fit_transform(X)

# Crear un modelo de Regresión Lineal
model_poly = LinearRegression()

# Entrenar el modelo con los datos transformados
model_poly.fit(X_poly, y)
```

```
Out[3]: ▾ LinearRegression
LinearRegression()
```

```
In [4]: # Coeficientes del modelo
coeficientes = model_poly.coef_

# Imprimir los coeficientes con las características correspondientes
features = poly.get_feature_names_out(['ZXY', 'CXY', 'L'])
print("Coeficientes del modelo:")
for feature, coef in zip(features, coeficientes):
    print(f"Coeficiente para {feature}: {coef}")

# Intercepto del modelo
intercepto = model_poly.intercept_

# Imprimir el intercepto
print(f"Intercepto del modelo: {intercepto}")
```

```
# Generar la ecuación de la regresión polinómica
ecuacion = f"y = {intercepto} + "
ecuacion += " + ".join([f"{coef} * {feature}" for feature, coef in zip(features, coeficientes)
# Imprimir la ecuación
print("Ecuación de la regresión polinómica:")
print(ecuacion)
```

```
Coefficientes del modelo:
Coeficiente para 1: 0.0
Coeficiente para ZXY: -0.22928595145235697
Coeficiente para CXY: 0.20044466924339502
Coeficiente para L: -0.11187603408817165
Coeficiente para ZXY^2: 0.2169054515745691
Coeficiente para ZXY CXY: -0.3318076903488669
Coeficiente para ZXY L: -0.0693406765649442
Coeficiente para CXY^2: 0.20465126050419702
Coeficiente para CXY L: 0.07291943314347697
Coeficiente para L^2: 0.017010330094371723
Intercepto del modelo: 0.1509239015881487
Ecuación de la regresión polinómica:
y = 0.1509239015881487 + 0.0 * 1 + -0.22928595145235697 * ZXY + 0.20044466924339502 * CXY + -
0.11187603408817165 * L + 0.2169054515745691 * ZXY^2 + -0.3318076903488669 * ZXY CXY + -0.069
3406765649442 * ZXY L + 0.20465126050419702 * CXY^2 + 0.07291943314347697 * CXY L + 0.0170103
30094371723 * L^2
```

```
In [ ]: # Función para predecir MLIVE con valores ingresados para ZX, CX y L
def predecir_mlive(zxy, cxy, l):
    # Crear un DataFrame con Los valores ingresados
    valores_nuevos = pd.DataFrame([[zxy, cxy, l]], columns=['ZXY', 'CXY', 'L'])

    # Transformar Los valores ingresados para incluir características polinómicas
    valores_nuevos_poly = poly.transform(valores_nuevos)

    # Predecir MLIVE con el modelo entrenado
    prediccion = model_poly.predict(valores_nuevos_poly)

    return prediccion[0]
# Ejemplo de predicción
zxy_nuevo = float(input("Ingrese el valor de ZXY: "))
cxy_nuevo = float(input("Ingrese el valor de CXY: "))
l_nuevo = float(input("Ingrese el valor de L: "))
mlive_real = float(input("Ingrese el valor real de Live: "))
```

```
Ingreso el valor de ZXY: 1.8
Ingreso el valor de CXY: 0.45
Ingreso el valor de L: 5.275
```

```
In [6]: mlive_predicho = predecir_mlive(zxy_nuevo, cxy_nuevo, l_nuevo)
print(f"Predicción de MLIVE para ZX={zxy_nuevo}, CX={cxy_nuevo}, L={l_nuevo}: {mlive_predicho}
# Calcular el error cuadrático medio (MSE) para la predicción
mse = mean_squared_error([mlive_real], [mlive_predicho])
print(f"Error cuadrático medio (MSE) para la predicción: {mse}")
```

```
Predicción de MLIVE para ZX=1.8, CX=0.45, L=5.2757: -0.2982767119702494
Error cuadrático medio (MSE) para la predicción: 4.738075001427174e-06
```

```
In [7]: # Calcular el coeficiente de determinación R^2 y el error cuadrático medio (MSE) para el mode
y_pred = model_poly.predict(X_poly)
r2_general = r2_score(y, y_pred)
mse_general = mean_squared_error(y, y_pred)
print(f"Coeficiente de determinación (R^2) general: {r2_general}")
print(f"Error cuadrático medio (MSE) general: {mse_general}")
```

```
Coeficiente de determinación (R^2) general: 0.9757069056465216
Error cuadrático medio (MSE) general: 8.739596326634967e-05
```

```
In [1]: from google.colab import files
import pandas as pd
from sklearn.linear_model import LinearRegression
from sklearn.preprocessing import PolynomialFeatures
from sklearn.metrics import mean_squared_error, r2_score

# Cargar archivo CSV desde el sistema local
uploaded = files.upload()

# Obtener el nombre del archivo cargado
file_name = next(iter(uploaded))

# Leer el archivo CSV usando pandas
df = pd.read_csv(file_name)

# Visualizar Los primeros 5 registros del DataFrame
print(df.head())
```

Elegir archivos Sin archivos seleccionados Upload widget is only available when the cell has been executed in the current browser session. Please rerun this cell to enable.

Saving MMomento.csv to MMomento.csv

```
ZXY CXY L Momento
0 0.8 0.25 2.0 -0.2625
1 0.8 0.30 2.0 -0.2554
2 0.8 0.35 2.0 -0.2475
3 0.8 0.40 2.0 -0.2412
4 0.8 0.45 2.0 -0.2355
```

```
In [3]: # Definir Las variables independientes (ZXY, CXY, L) y La variable dependiente (Momento)
X = df[['ZXY', 'CXY', 'L']].astype(float) # Convertir datos a formato numérico
y = df['Momento'].astype(float)
```

```
In [4]: # Se puede ajustar el grado del polinomio según sea necesario
poly = PolynomialFeatures(degree=2)

# Transformar Los datos de entrada para incluir características polinómicas
X_poly = poly.fit_transform(X)

# Crear un modelo de Regresión Lineal
model_poly = LinearRegression()
# Entrenar el modelo con Los datos transformados
model_poly.fit(X_poly, y)
```

```
Out[4]: LinearRegression
LinearRegression()
```

```
In [5]: # Coeficientes del modelo
coeficientes = model_poly.coef_

# Imprimir los coeficientes con las características correspondientes
features = poly.get_feature_names_out(['ZXY', 'CXY', 'L'])
print("Coeficientes del modelo:")
for feature, coef in zip(features, coeficientes):
    print(f"Coeficiente para {feature}: {coef}")

# Intercepto del modelo
intercepto = model_poly.intercept_

# Imprimir el intercepto
print(f"Intercepto del modelo: {intercepto}")

# Generar La ecuación de La regresión polinómica
```

```

ecuacion = f"y = {intercepto} + "
ecuacion += " + ".join([f"{coef} * {feature}" for feature, coef in zip(features, coeficientes)
# Imprimir la ecuación
print("Ecuación de la regresión polinómica:")
print(ecuacion)

```

```

Coeficientes del modelo:
Coeficiente para 1: 0.0
Coeficiente para ZXY: -0.7029387695553363
Coeficiente para CXY: 0.21990449946366314
Coeficiente para L: 0.17542902586631778
Coeficiente para ZXY^2: -0.05692216280451515
Coeficiente para ZXY CXY: 0.12996587725999492
Coeficiente para ZXY L: 0.16803630178925144
Coeficiente para CXY^2: -0.11980672268907229
Coeficiente para CXY L: -0.05286346429540083
Coeficiente para L^2: -0.03388966684209893
Intercepto del modelo: -0.20346608947227285
Ecuación de la regresión polinómica:
y = -0.20346608947227285 + 0.0 * 1 + -0.7029387695553363 * ZXY + 0.21990449946366314 * CXY +
0.17542902586631778 * L + -0.05692216280451515 * ZXY^2 + 0.12996587725999492 * ZXY CXY + 0.16
803630178925144 * ZXY L + -0.11980672268907229 * CXY^2 + -0.05286346429540083 * CXY L + -0.03
388966684209893 * L^2

```

```

In [8]: # Función para predecir Momento con valores ingresados para ZXY, CXY y L
def predecir_momento(zxy, cxy, l):
    # Crear un DataFrame con los valores ingresados
    valores_nuevos = pd.DataFrame([[zxy, cxy, l]], columns=['ZXY', 'CXY', 'L'])

    # Transformar los valores ingresados para incluir características polinómicas
    valores_nuevos_poly = poly.transform(valores_nuevos)

    # Predecir Momento con el modelo entrenado
    prediccion = model_poly.predict(valores_nuevos_poly)

    return prediccion[0]

# Ejemplo de predicción
zxy_nuevo = float(input("Ingrese el valor de ZXY: "))
cxy_nuevo = float(input("Ingrese el valor de CXY: "))
l_nuevo = float(input("Ingrese el valor de L: "))
momento_real = float(input("Ingrese el valor real de Momento: "))

```

```

Ingreso el valor de ZXY: 1.8
Ingreso el valor de CXY: 0.45
Ingreso el valor de L: 5.275
Ingreso el valor real de Momento: 0.0287

```

```

In [9]: momento_predicho = predecir_momento(zxy_nuevo, cxy_nuevo, l_nuevo)
print(f"Predicción de Momento para ZXY={zxy_nuevo}, CXY={cxy_nuevo}, L={l_nuevo}: {momento_pr
# Calcular el coeficiente de determinación R^2 y el error cuadrático medio (MSE) para la pred
mse = mean_squared_error([momento_real], [momento_predicho])
print(f"Error cuadrático medio (MSE) para la predicción: {mse}")

```

```

Predicción de Momento para ZXY=1.8, CXY=0.45, L=5.275: -0.02080817052441819
Error cuadrático medio (MSE) para la predicción: 0.0024510589486748703

```

```

In [10]: # Calcular el coeficiente de determinación R^2 y el error cuadrático medio (MSE) para el mode
y_pred = model_poly.predict(X_poly)
r2_general = r2_score(y, y_pred)
mse_general = mean_squared_error(y, y_pred)
print(f"Coeficiente de determinación (R^2) general: {r2_general}")
print(f"Error cuadrático medio (MSE) general: {mse_general}")

```

```

Coeficiente de determinación (R^2) general: 0.9862676794927581
Error cuadrático medio (MSE) general: 0.0003307823139152542

```

```
In [ ]: from google.colab import files
import pandas as pd
from sklearn.linear_model import LinearRegression
from sklearn.preprocessing import PolynomialFeatures
from sklearn.metrics import mean_squared_error, r2_score

# Cargar archivo CSV desde el sistema local
uploaded = files.upload()

# Obtener el nombre del archivo cargado
file_name = next(iter(uploaded))

# Leer el archivo CSV usando pandas
df = pd.read_csv(file_name)

# Visualizar Los primeros 5 registros del DataFrame
print(df.head())
```

Elegir archivos Sin archivos seleccionados Upload widget is only available when the cell has been executed in the current browser session. Please rerun this cell to enable.

Saving MMomentoZ.csv to MMomentoZ.csv

	ZXY	CXY	L	MomentoZ
0	0.8	0.25	2.0	0.7280
1	0.8	0.30	2.0	0.7351
2	0.8	0.35	2.0	0.7433
3	0.8	0.40	2.0	0.7494
4	0.8	0.45	2.0	0.7548

```
In [ ]: # Definir Las variables independientes (ZXY, CXY, L) y La variable dependiente (MomentoZ)
X = df[['ZXY', 'CXY', 'L']].astype(float) # Convertir datos a formato numérico
y = df['MomentoZ'].astype(float)
```

```
In [ ]: # Se puede ajustar el grado del polinomio según sea necesario
poly = PolynomialFeatures(degree=2)

# Transformar Los datos de entrada para incluir características polinómicas
X_poly = poly.fit_transform(X)

# Crear un modelo de Regresión Lineal
model_poly = LinearRegression()

# Entrenar el modelo con Los datos transformados
model_poly.fit(X_poly, y)
```

```
Out[ ]: ▼ LinearRegression
LinearRegression()
```

```
In [6]: # Coeficientes del modelo
coeficientes = model_poly.coef_

# Imprimir Los coeficientes con Las características correspondientes
features = poly.get_feature_names_out(['ZXY', 'CXY', 'L'])
print("Coeficientes del modelo:")
for feature, coef in zip(features, coeficientes):
    print(f"Coeficiente para {feature}: {coef}")

# Intercepto del modelo
intercepto = model_poly.intercept_

# Imprimir el intercepto
print(f"Intercepto del modelo: {intercepto}")
```

```
# Generar la ecuación de la regresión polinómica
ecuacion = f"y = {intercepto} + "
ecuacion += " + ".join([f"{{coef}} * {{feature}}" for feature, coef in zip(features, coeficientes)

# Imprimir la ecuación
print("Ecuación de la regresión polinómica:")
print(ecuacion)
```

```
Coefficientes del modelo:
Coeficiente para 1: 0.0
Coeficiente para ZXY: -0.4047178722269289
Coeficiente para CXY: 0.28012918777970397
Coeficiente para L: 0.27533072890027904
Coeficiente para ZXY^2: -0.06989676173499693
Coeficiente para ZXY CXY: 0.07893638910109542
Coeficiente para ZXY L: 0.048794874429129984
Coeficiente para CXY^2: -0.14323949579831877
Coeficiente para CXY L: -0.05351874152427459
Coeficiente para L^2: -0.03460481427075873
Intercepto del modelo: 0.5375096620264014
Ecuación de la regresión polinómica:
y = 0.5375096620264014 + 0.0 * 1 + -0.4047178722269289 * ZXY + 0.28012918777970397 * CXY + 0.
27533072890027904 * L + -0.06989676173499693 * ZXY^2 + 0.07893638910109542 * ZXY CXY + 0.0487
94874429129984 * ZXY L + -0.14323949579831877 * CXY^2 + -0.05351874152427459 * CXY L + -0.034
60481427075873 * L^2
```

```
In [7]: # Función para predecir MomentoZ con valores ingresados para ZXY, CXY y L
def predecir_momentoz(zxy, cxy, l):
    # Crear un DataFrame con los valores ingresados
    valores_nuevos = pd.DataFrame([[zxy, cxy, l]], columns=['ZXY', 'CXY', 'L'])

    # Transformar los valores ingresados para incluir características polinómicas
    valores_nuevos_poly = poly.transform(valores_nuevos)

    # Predecir MomentoZ con el modelo entrenado
    prediccion = model_poly.predict(valores_nuevos_poly)

    return prediccion[0]
# Ejemplo de predicción
zxy_nuevo = float(input("Ingrese el valor de ZXY: "))
cxy_nuevo = float(input("Ingrese el valor de CXY: "))
l_nuevo = float(input("Ingrese el valor de L: "))
momentoz_real = float(input("Ingrese el valor real de MomentoZ: "))
```

```
Ingrese el valor de ZXY: 1.8
Ingrese el valor de CXY: 0.45
Ingrese el valor de L: 5.275
Ingrese el valor real de MomentoZ: 0.572
```

```
In [8]: momentoz_predicho = predecir_momentoz(zxy_nuevo, cxy_nuevo, l_nuevo)
print(f"Predicción de MomentoZ para ZXY={zxy_nuevo}, CXY={cxy_nuevo}, L={l_nuevo}: {momentoz_
# Calcular el error cuadrático medio (MSE) para la predicción
mse = mean_squared_error([momentoz_real], [momentoz_predicho])
print(f"Error cuadrático medio (MSE) para la predicción: {mse}")
```

```
Predicción de MomentoZ para ZXY=1.8, CXY=0.45, L=5.275: 0.5692788256376676
Error cuadrático medio (MSE) para la predicción: 7.404789910214729e-06
```

```
In [10]: # Calcular el coeficiente de determinación R^2 y el error cuadrático medio (MSE) para el mode
y_pred = model_poly.predict(X_poly)
r2_general = r2_score(y, y_pred)
mse_general = mean_squared_error(y, y_pred)
print(f"Coeficiente de determinación (R^2) general: {r2_general}")
print(f"Error cuadrático medio (MSE) general: {mse_general}")
```

```
Coeficiente de determinación (R^2) general: 0.9826483064060343
Error cuadrático medio (MSE) general: 0.000326168653444546
```

```
In [1]: from google.colab import files
import pandas as pd
from sklearn.linear_model import LinearRegression
from sklearn.preprocessing import PolynomialFeatures
from sklearn.metrics import mean_squared_error, r2_score

# Cargar archivo CSV desde el sistema local
uploaded = files.upload()

# Obtener el nombre del archivo cargado
file_name = next(iter(uploaded))

# Leer el archivo CSV usando pandas
df = pd.read_csv(file_name)

# Visualizar Los primeros 5 registros del DataFrame
print(df.head())
```

Elegir archivos Sin archivos seleccionados Upload widget is only available when the cell has been executed in the current browser session. Please rerun this cell to enable.

Saving MRelleno.csv to MRelleno.csv

	ZXY	CXY	L	SCD
0	0.8	0.25	2.0	0.3027
1	0.8	0.30	2.0	0.3049
2	0.8	0.35	2.0	0.3047
3	0.8	0.40	2.0	0.3075
4	0.8	0.45	2.0	0.3109

```
In [2]: # Definir Las variables independientes (ZX, CX, L) y La variable dependiente (SCD)
X = df[['ZXY', 'CXY', 'L']].astype(float) # Convertir datos a formato numérico
y = df['SCD'].astype(float)
```

```
In [3]: # Se puede ajustar el grado del polinomio según sea necesario
poly = PolynomialFeatures(degree=2)

# Transformar Los datos de entrada para incluir características polinómicas
X_poly = poly.fit_transform(X)

# Crear un modelo de Regresión Lineal
model_poly = LinearRegression()

# Entrenar el modelo con Los datos transformados
model_poly.fit(X_poly, y)
```

```
Out[3]: LinearRegression
LinearRegression()
```

```
In [4]: # Coeficientes del modelo
coeficientes = model_poly.coef_

# Imprimir Los coeficientes con Las características correspondientes
features = poly.get_feature_names_out(['ZXY', 'CXY', 'L'])
print("Coeficientes del modelo:")
for feature, coef in zip(features, coeficientes):
    print(f"Coeficiente para {feature}: {coef}")

# Intercepto del modelo
intercepto = model_poly.intercept_

# Imprimir el intercepto
print(f"Intercepto del modelo: {intercepto}")
```

```
# Generar la ecuación de la regresión polinómica
ecuacion = f"y = {intercepto} + "
ecuacion += " + ".join([f"{coef} * {feature}" for feature, coef in zip(features, coeficientes)]

# Imprimir la ecuación
print("Ecuación de la regresión polinómica:")
print(ecuacion)
```

```
Coefficientes del modelo:
Coeficiente para 1: 0.0
Coeficiente para ZXY: 0.8756759092185109
Coeficiente para CXY: 0.23977205274536467
Coeficiente para L: 0.5423387414828422
Coeficiente para ZXY^2: -0.2531402257872843
Coeficiente para ZXY CXY: -0.09990975299210726
Coeficiente para ZXY L: -0.012029962973921282
Coeficiente para CXY^2: -0.012836134453795632
Coeficiente para CXY L: -0.029561887326126565
Coeficiente para L^2: -0.046303580086349494
Intercepto del modelo: -1.2172642261036737
Ecuación de la regresión polinómica:
y = -1.2172642261036737 + 0.0 * 1 + 0.8756759092185109 * ZXY + 0.23977205274536467 * CXY + 0.5423387414828422 * L + -0.2531402257872843 * ZXY^2 + -0.09990975299210726 * ZXY CXY + -0.012029962973921282 * ZXY L + -0.012836134453795632 * CXY^2 + -0.029561887326126565 * CXY L + -0.046303580086349494 * L^2
```

```
In [5]: # Función para predecir SCD con valores ingresados para ZX, CX y L
def predecir_scd(zxy, cxy, l):
    # Crear un DataFrame con los valores ingresados
    valores_nuevos = pd.DataFrame([[zxy, cxy, l]], columns=['ZXY', 'CXY', 'L'])

    # Transformar los valores ingresados para incluir características polinómicas
    valores_nuevos_poly = poly.transform(valores_nuevos)

    # Predecir SCD con el modelo entrenado
    prediccion = model_poly.predict(valores_nuevos_poly)

    return prediccion[0]
# Ejemplo de predicción
zxy_nuevo = float(input("Ingrese el valor de ZXY: "))
cxy_nuevo = float(input("Ingrese el valor de CXY: "))
l_nuevo = float(input("Ingrese el valor de L: "))
scd_real = float(input("Ingrese el valor real de SCD: "))
```

```
Ingrese el valor de ZXY: 1.8
Ingrese el valor de CXY: 0.45
Ingrese el valor de L: 5.275
Ingrese el valor real de SCD: 0.985
```

```
In [6]: scd_predicho = predecir_scd(zxy_nuevo, cxy_nuevo, l_nuevo)
print(f"Predicción de SCD para ZX={zxy_nuevo}, CX={cxy_nuevo}, L={l_nuevo}: {scd_predicho}")
# Calcular el error cuadrático medio (MSE) para la predicción
mse = mean_squared_error([scd_real], [scd_predicho])
print(f"Error cuadrático medio (MSE) para la predicción: {mse}")
```

```
Predicción de SCD para ZX=1.8, CX=0.45, L=5.275: 0.9511630627277468
Error cuadrático medio (MSE) para la predicción: 0.0011449383239664
```

```
In [8]: # Calcular el coeficiente de determinación R^2 y el error cuadrático medio (MSE) para el modelo
y_pred = model_poly.predict(X_poly)
r2_general = r2_score(y, y_pred)
mse_general = mean_squared_error(y, y_pred)
print(f"Coeficiente de determinación (R^2) general: {r2_general}")
print(f"Error cuadrático medio (MSE) general: {mse_general}")
```

```
Coeficiente de determinación (R^2) general: 0.9746702621527903
Error cuadrático medio (MSE) general: 0.0009525631853153991
```

```
In [1]: from google.colab import files
import pandas as pd
from sklearn.linear_model import LinearRegression
from sklearn.preprocessing import PolynomialFeatures
from sklearn.metrics import mean_squared_error, r2_score

# Cargar archivo CSV desde el sistema local
uploaded = files.upload()

# Obtener el nombre del archivo cargado
file_name = next(iter(uploaded))

# Leer el archivo CSV usando pandas
df = pd.read_csv(file_name)

# Visualizar Los primeros 5 registros del DataFrame
print(df.head())
```

Elegir archivos Sin archivos seleccionados Upload widget is only available when the cell has been executed in the current browser session. Please rerun this cell to enable.

```
Saving Clive.csv to Clive.csv
   ZXY  CXY  L  Live
0  0.8  0.25  2.0 -0.1058
1  0.8  0.30  2.0 -0.0960
2  0.8  0.35  2.0 -0.0878
3  0.8  0.40  2.0 -0.0773
4  0.8  0.45  2.0 -0.0663
```

```
In [2]: # Definir Las variables independientes (ZX, CX, L) y La variable dependiente (Live)
X = df[['ZXY', 'CXY', 'L']].astype(float) # Convertir datos a formato numérico
y = df['Live'].astype(float)
```

```
In [3]: # Se puede ajustar el grado del polinomio según sea necesario
poly = PolynomialFeatures(degree=2)

# Transformar Los datos de entrada para incluir características polinómicas
X_poly = poly.fit_transform(X)

# Crear un modelo de Regresión Lineal
model_poly = LinearRegression()

# Entrenar el modelo con Los datos transformados
model_poly.fit(X_poly, y)
```

```
Out[3]: ▼ LinearRegression
LinearRegression()
```

```
In [4]: # Coeficientes del modelo
coeficientes = model_poly.coef_

# Imprimir Los coeficientes con Las características correspondientes
features = poly.get_feature_names_out(['ZXY', 'CXY', 'L'])
print("Coeficientes del modelo:")
for feature, coef in zip(features, coeficientes):
    print(f"Coeficiente para {feature}: {coef}")

# Intercepto del modelo
intercepto = model_poly.intercept_

# Imprimir el intercepto
print(f"Intercepto del modelo: {intercepto}")
```

```
# Generar la ecuación de la regresión polinómica
ecuacion = f"y = {intercepto} + "
ecuacion += " + ".join([f"{coef} * {feature}" for feature, coef in zip(features, coeficientes)
# Imprimir la ecuación
print("Ecuación de la regresión polinómica:")
print(ecuacion)
```

```
Coeficientes del modelo:
Coeficiente para 1: 0.0
Coeficiente para ZXY: -0.2352129417978945
Coeficiente para CXY: 0.22385933870745067
Coeficiente para L: 0.00838046108534772
Coeficiente para ZXY^2: 0.10060308972073687
Coeficiente para ZXY CXY: -0.14138405907817683
Coeficiente para ZXY L: -0.005803687471405056
Coeficiente para CXY^2: 0.09527731092436689
Coeficiente para CXY L: -0.0056706013406177085
Coeficiente para L^2: 0.002253357025552915
Intercepto del modelo: -0.022036173230523412
Ecuación de la regresión polinómica:
y = -0.022036173230523412 + 0.0 * 1 + -0.2352129417978945 * ZXY + 0.22385933870745067 * CXY +
0.00838046108534772 * L + 0.10060308972073687 * ZXY^2 + -0.14138405907817683 * ZXY CXY + -0.0
05803687471405056 * ZXY L + 0.09527731092436689 * CXY^2 + -0.0056706013406177085 * CXY L + 0.
002253357025552915 * L^2
```

```
In [5]: # Función para predecir MLIVE con valores ingresados para ZX, CX y L
def predecir_mlive(zxy, cxy, l):
    # Crear un DataFrame con Los valores ingresados
    valores_nuevos = pd.DataFrame([[zxy, cxy, l]], columns=['ZXY', 'CXY', 'L'])

    # Transformar Los valores ingresados para incluir características polinómicas
    valores_nuevos_poly = poly.transform(valores_nuevos)

    # Predecir MLIVE con el modelo entrenado
    prediccion = model_poly.predict(valores_nuevos_poly)

    return prediccion[0]
# Ejemplo de predicción
zxy_nuevo = float(input("Ingrese el valor de ZXY: "))
cxy_nuevo = float(input("Ingrese el valor de CXY: "))
l_nuevo = float(input("Ingrese el valor de L: "))
live_real = float(input("Ingrese el valor real de Live: "))
```

```
Ingrese el valor de ZXY: 1.8
Ingrese el valor de CXY: 0.45
Ingrese el valor de L: 5.275
Ingrese el valor real de Live: -0.0690
```

```
In [6]: vlive_predicho = predecir_mlive(zxy_nuevo, cxy_nuevo, l_nuevo)
print(f"Predicción de MLIVE para ZX={zxy_nuevo}, CX={cxy_nuevo}, L={l_nuevo}: {vlive_predicho}
# Calcular el error cuadrático medio (MSE) para la predicción
mse = mean_squared_error([live_real], [vlive_predicho])
print(f"Error cuadrático medio (MSE) para la predicción: {mse}")
```

```
Predicción de MLIVE para ZX=1.8, CX=0.45, L=5.275: -0.07561479040818828
Error cuadrático medio (MSE) para la predicción: 4.3755452144259543e-05
```

```
In [7]: # Calcular el coeficiente de determinación R^2 y el error cuadrático medio (MSE) para el mode
y_pred = model_poly.predict(X_poly)
r2_general = r2_score(y, y_pred)
mse_general = mean_squared_error(y, y_pred)
print(f"Coeficiente de determinación (R^2) general: {r2_general}")
print(f"Error cuadrático medio (MSE) general: {mse_general}")
```

```
Coeficiente de determinación (R^2) general: 0.9039152765576902
Error cuadrático medio (MSE) general: 6.813267965135321e-05
```

```
In [1]: from google.colab import files
import pandas as pd
from sklearn.linear_model import LinearRegression
from sklearn.preprocessing import PolynomialFeatures
from sklearn.metrics import mean_squared_error, r2_score

# Cargar archivo CSV desde el sistema local
uploaded = files.upload()

# Obtener el nombre del archivo cargado
file_name = next(iter(uploaded))

# Leer el archivo CSV usando pandas
df = pd.read_csv(file_name)

# Visualizar Los primeros 5 registros del DataFrame
print(df.head())
```

Elegir archivos Sin archivos seleccionados Upload widget is only available when the cell has been executed in the current browser session. Please rerun this cell to enable.

Saving CMomento.csv to CMomento.csv

	ZXY	CXY	L	Momento
0	0.8	0.25	2.0	0.5566
1	0.8	0.30	2.0	0.5516
2	0.8	0.35	2.0	0.5473
3	0.8	0.40	2.0	0.5420
4	0.8	0.45	2.0	0.5365

```
In [2]: # Definir Las variables independientes (ZXY, CXY, L) y La variable dependiente (Momento)
X = df[['ZXY', 'CXY', 'L']].astype(float) # Convertir datos a formato numérico
y = df['Momento'].astype(float)
```

```
In [3]: # Se puede ajustar el grado del polinomio según sea necesario
poly = PolynomialFeatures(degree=2)

# Transformar Los datos de entrada para incluir características polinómicas
X_poly = poly.fit_transform(X)

# Crear un modelo de Regresión Lineal
model_poly = LinearRegression()

# Entrenar el modelo con Los datos transformados
model_poly.fit(X_poly, y)
```

```
Out[3]: LinearRegression
LinearRegression()
```

```
In [4]: # Coeficientes del modelo
coeficientes = model_poly.coef_

# Imprimir Los coeficientes con Las características correspondientes
features = poly.get_feature_names_out(['ZXY', 'CXY', 'L'])
print("Coeficientes del modelo:")
for feature, coef in zip(features, coeficientes):
    print(f"Coeficiente para {feature}: {coef}")

# Intercepto del modelo
intercepto = model_poly.intercept_

# Imprimir el intercepto
print(f"Intercepto del modelo: {intercepto}")
```

```
# Generar la ecuación de la regresión polinómica
ecuacion = f"y = {intercepto} + "
ecuacion += " + ".join([f"{coef} * {feature}" for feature, coef in zip(features, coeficientes)]

# Imprimir la ecuación
print("Ecuación de la regresión polinómica:")
print(ecuacion)
```

```
Coefficientes del modelo:
Coeficiente para 1: 0.0
Coeficiente para ZXY: 0.04731192642108534
Coeficiente para CXY: -0.14922334194037273
Coeficiente para L: -0.3069176519540053
Coeficiente para ZXY^2: -0.013827243018419758
Coeficiente para ZXY CXY: 0.07433379169849723
Coeficiente para ZXY L: 0.0066562115595880985
Coeficiente para CXY^2: 0.013117647058826183
Coeficiente para CXY L: 0.0050225347746912785
Coeficiente para L^2: 0.02700740443460169
Intercepto del modelo: 1.022968032538831
Ecuación de la regresión polinómica:
y = 1.022968032538831 + 0.0 * 1 + 0.04731192642108534 * ZXY + -0.14922334194037273 * CXY + -
0.3069176519540053 * L + -0.013827243018419758 * ZXY^2 + 0.07433379169849723 * ZXY CXY + 0.00
66562115595880985 * ZXY L + 0.013117647058826183 * CXY^2 + 0.0050225347746912785 * CXY L + 0.
02700740443460169 * L^2
```

```
In [5]: # Función para predecir Momento con valores ingresados para ZXY, CXY y L
def predecir_momento(zxy, cxy, l):
    # Crear un DataFrame con los valores ingresados
    valores_nuevos = pd.DataFrame([[zxy, cxy, l]], columns=['ZXY', 'CXY', 'L'])

    # Transformar los valores ingresados para incluir características polinómicas
    valores_nuevos_poly = poly.transform(valores_nuevos)

    # Predecir Momento con el modelo entrenado
    prediccion = model_poly.predict(valores_nuevos_poly)

    return prediccion[0]
# Ejemplo de predicción
zxy_nuevo = float(input("Ingrese el valor de ZXY: "))
cxy_nuevo = float(input("Ingrese el valor de CXY: "))
l_nuevo = float(input("Ingrese el valor de L: "))
momento_real = float(input("Ingrese el valor real de Momento: "))
```

```
Ingrese el valor de ZXY: 1.8
Ingrese el valor de CXY: 0.45
Ingrese el valor de L: 5.275
Ingrese el valor real de Momento: 0.2780
```

```
In [7]: momento_predicho = predecir_momento(zxy_nuevo, cxy_nuevo, l_nuevo)
print(f"Predicción de Momento para ZXY={zxy_nuevo}, CXY={cxy_nuevo}, L={l_nuevo}: {momento_pr
# Calcular el error cuadrático medio (MSE) para la predicción
mse = mean_squared_error([momento_real], [momento_predicho])
print(f"Error cuadrático medio (MSE) para la predicción: {mse}")
```

```
Predicción de Momento para ZXY=1.8, CXY=0.45, L=5.275: 0.2666756882920298
Error cuadrático medio (MSE) para la predicción: 0.00012824003565927125
```

```
In [9]: # Calcular el coeficiente de determinación R^2 y el error cuadrático medio (MSE) para el mode
y_pred = model_poly.predict(X_poly)
r2_general = r2_score(y, y_pred)
mse_general = mean_squared_error(y, y_pred)
print(f"Coeficiente de determinación (R^2) general: {r2_general}")
print(f"Error cuadrático medio (MSE) general: {mse_general}")
```

```
Coeficiente de determinación (R^2) general: 0.992246670522066
Error cuadrático medio (MSE) general: 8.577970316430408e-05
```

```
In [ ]: from google.colab import files
import pandas as pd
from sklearn.linear_model import LinearRegression
from sklearn.preprocessing import PolynomialFeatures
from sklearn.metrics import mean_squared_error, r2_score

# Cargar archivo CSV desde el sistema local
uploaded = files.upload()

# Obtener el nombre del archivo cargado
file_name = next(iter(uploaded))

# Leer el archivo CSV usando pandas
df = pd.read_csv(file_name)

# Visualizar Los primeros 5 registros del DataFrame
print(df.head())
```

Elegir archivos Sin archivos seleccionados Upload widget is only available when the cell has been executed in the current browser session. Please rerun this cell to enable.

Saving CMomentoZ.csv to CMomentoZ.csv

	ZXY	CXY	L	MomentoZ
0	0.8	0.25	2.0	0.5494
1	0.8	0.30	2.0	0.5445
2	0.8	0.35	2.0	0.5406
3	0.8	0.40	2.0	0.5353
4	0.8	0.45	2.0	0.5297

```
In [ ]: # Definir Las variables independientes (ZXY, CXY, L) y La variable dependiente (MomentoZ)
X = df[['ZXY', 'CXY', 'L']].astype(float) # Convertir datos a formato numérico
y = df['MomentoZ'].astype(float)
```

```
In [ ]: # Se puede ajustar el grado del polinomio según sea necesario
poly = PolynomialFeatures(degree=2)

# Transformar Los datos de entrada para incluir características polinómicas
X_poly = poly.fit_transform(X)

# Crear un modelo de Regresión Lineal
model_poly = LinearRegression()

# Entrenar el modelo con Los datos transformados
model_poly.fit(X_poly, y)
```

```
Out[ ]: ▼ LinearRegression
LinearRegression()
```

```
In [ ]: # Coeficientes del modelo
coeficientes = model_poly.coef_

# Imprimir Los coeficientes con Las características correspondientes
features = poly.get_feature_names_out(['ZXY', 'CXY', 'L'])
print("Coeficientes del modelo:")
for feature, coef in zip(features, coeficientes):
    print(f"Coeficiente para {feature}: {coef}")

# Intercepto del modelo
intercepto = model_poly.intercept_

# Imprimir el intercepto
print(f"Intercepto del modelo: {intercepto}")
```

```
# Generar la ecuación de la regresión polinómica
ecuacion = f"y = {intercepto} + "
ecuacion += " + ".join([f"{coef} * {feature}" for feature, coef in zip(features, coeficientes)]

# Imprimir la ecuación
print("Ecuación de la regresión polinómica:")
print(ecuacion)
```

```
Coefficientes del modelo:
Coeficiente para 1: 0.0
Coeficiente para ZXY: 0.11766403662335377
Coeficiente para CXY: -0.13828913023542214
Coeficiente para L: -0.3126909373128026
Coeficiente para ZXY^2: -0.03868649732620345
Coeficiente para ZXY CXY: 0.05717361853832417
Coeficiente para ZXY L: -0.015604850032738846
Coeficiente para CXY^2: 0.005172268907564588
Coeficiente para CXY L: 0.008553580146460826
Coeficiente para L^2: 0.030351032560462426
Intercepto del modelo: 1.0108679491947976
Ecuación de la regresión polinómica:
y = 1.0108679491947976 + 0.0 * 1 + 0.11766403662335377 * ZXY + -0.13828913023542214 * CXY + -
0.3126909373128026 * L + -0.03868649732620345 * ZXY^2 + 0.05717361853832417 * ZXY CXY + -0.01
5604850032738846 * ZXY L + 0.005172268907564588 * CXY^2 + 0.008553580146460826 * CXY L + 0.03
0351032560462426 * L^2
```

```
In [ ]: # Función para predecir MomentoZ con valores ingresados para ZXY, CXY y L
def predecir_momentoz(zxy, cxy, l):
    # Crear un DataFrame con los valores ingresados
    valores_nuevos = pd.DataFrame([[zxy, cxy, l]], columns=['ZXY', 'CXY', 'L'])

    # Transformar los valores ingresados para incluir características polinómicas
    valores_nuevos_poly = poly.transform(valores_nuevos)

    # Predecir MomentoZ con el modelo entrenado
    prediccion = model_poly.predict(valores_nuevos_poly)

    return prediccion[0]

# Ejemplo de predicción
zxy_nuevo = float(input("Ingrese el valor de ZXY: "))
cxy_nuevo = float(input("Ingrese el valor de CXY: "))
l_nuevo = float(input("Ingrese el valor de L: "))
momentoz_real = float(input("Ingrese el valor real de MomentoZ: "))
```

```
Ingrese el valor de ZXY: 1.8
Ingrese el valor de CXY: 0.45
Ingrese el valor de L: 5.275
Ingrese el valor real de MomentoZ: 0.1338
```

```
In [ ]: momentoz_predicho = predecir_momentoz(zxy_nuevo, cxy_nuevo, l_nuevo)
print(f"Predicción de MomentoZ para ZXY={zxy_nuevo}, CXY={cxy_nuevo}, L={l_nuevo}: {momentoz_
# Calcular el error cuadrático medio (MSE) para la predicción
mse = mean_squared_error([momentoz_real], [momentoz_predicho])
print(f"Error cuadrático medio (MSE) para la predicción: {mse}")
```

```
Predicción de MomentoZ para ZXY=1.8, CXY=0.45, L=5.275: 0.14967463652080915
Error cuadrático medio (MSE) para la predicción: 0.00025200408466780744
```

```
In [10]: # Calcular el coeficiente de determinación R^2 y el error cuadrático medio (MSE) para el mode
y_pred = model_poly.predict(X_poly)
r2_general = r2_score(y, y_pred)
mse_general = mean_squared_error(y, y_pred)
print(f"Coeficiente de determinación (R^2) general: {r2_general}")
print(f"Error cuadrático medio (MSE) general: {mse_general}")
```

```
Coeficiente de determinación (R^2) general: 0.9936875195143374
Error cuadrático medio (MSE) general: 7.943161317914835e-05
```

```
In [ ]: from google.colab import files
import pandas as pd
from sklearn.linear_model import LinearRegression
from sklearn.preprocessing import PolynomialFeatures
from sklearn.metrics import mean_squared_error, r2_score

# Cargar archivo CSV desde el sistema local
uploaded = files.upload()

# Obtener el nombre del archivo cargado
file_name = next(iter(uploaded))

# Leer el archivo CSV usando pandas
df = pd.read_csv(file_name)

# Visualizar Los primeros 5 registros del DataFrame
print(df.head())
```

Elegir archivos Sin archivos seleccionados Upload widget is only available when the cell has been executed in the current browser session. Please rerun this cell to enable.

Saving CReleno.csv to CReleno.csv

	ZXY	CXY	L	SCD
0	0.8	0.25	2.0	-0.4341
1	0.8	0.30	2.0	-0.4492
2	0.8	0.35	2.0	-0.4659
3	0.8	0.40	2.0	-0.4803
4	0.8	0.45	2.0	-0.4944

```
In [ ]: # Definir Las variables independientes (ZXY, CXY, L) y La variable dependiente (Momento)
X = df[['ZXY', 'CXY', 'L']].astype(float) # Convertir datos a formato numérico
y = df['SCD'].astype(float)
```

```
In [ ]: # Se puede ajustar el grado del polinomio según sea necesario
poly = PolynomialFeatures(degree=2)

# Transformar Los datos de entrada para incluir características polinómicas
X_poly = poly.fit_transform(X)

# Crear un modelo de Regresión Lineal
model_poly = LinearRegression()

# Entrenar el modelo con Los datos transformados
model_poly.fit(X_poly, y)
```

```
Out[ ]: ▼ LinearRegression
LinearRegression()
```

```
In [ ]: # Coeficientes del modelo
coeficientes = model_poly.coef_

# Imprimir Los coeficientes con Las características correspondientes
features = poly.get_feature_names_out(['ZXY', 'CXY', 'L'])
print("Coeficientes del modelo:")
for feature, coef in zip(features, coeficientes):
    print(f"Coeficiente para {feature}: {coef}")

# Intercepto del modelo
intercepto = model_poly.intercept_

# Imprimir el intercepto
print(f"Intercepto del modelo: {intercepto}")
```

```
# Generar la ecuación de la regresión polinómica
ecuacion = f"y = {intercepto} + "
ecuacion += " + ".join([f"{coef} * {feature}" for feature, coef in zip(features, coeficientes)]

# Imprimir la ecuación
print("Ecuación de la regresión polinómica:")
print(ecuacion)
```

```
Coefficientes del modelo:
Coeficiente para 1: 0.0
Coeficiente para ZXY: 1.0495774378293146
Coeficiente para CXY: -0.4064277476103209
Coeficiente para L: -0.4483066943275539
Coeficiente para ZXY^2: 0.09333667557932072
Coeficiente para ZXY CXY: -0.168391953144896
Coeficiente para ZXY L: -0.1293570961856163
Coeficiente para CXY^2: 0.23726890756302435
Coeficiente para CXY L: 0.032138808167693454
Coeficiente para L^2: 0.005558535888804617
Intercepto del modelo: -0.1515582456274127
Ecuación de la regresión polinómica:
y = -0.1515582456274127 + 0.0 * 1 + 1.0495774378293146 * ZXY + -0.4064277476103209 * CXY + -
0.4483066943275539 * L + 0.09333667557932072 * ZXY^2 + -0.168391953144896 * ZXY CXY + -0.1293
570961856163 * ZXY L + 0.23726890756302435 * CXY^2 + 0.032138808167693454 * CXY L + 0.0055585
35888804617 * L^2
```

```
In [ ]: # Función para predecir Momento con valores ingresados para ZXY, CXY y L
def predecir_momento(zxy, cxy, l):
    # Crear un DataFrame con los valores ingresados
    valores_nuevos = pd.DataFrame([[zxy, cxy, l]], columns=['ZXY', 'CXY', 'L'])

    # Transformar los valores ingresados para incluir características polinómicas
    valores_nuevos_poly = poly.transform(valores_nuevos)

    # Predecir Momento con el modelo entrenado
    prediccion = model_poly.predict(valores_nuevos_poly)

    return prediccion[0]

# Ejemplo de predicción
zxy_nuevo = float(input("Ingrese el valor de ZXY: "))
cxy_nuevo = float(input("Ingrese el valor de CXY: "))
l_nuevo = float(input("Ingrese el valor de L: "))
momento_real = float(input("Ingrese el valor real de Momento: "))
```

```
Ingreso el valor de ZXY: 1.8
Ingreso el valor de CXY: 0.45
Ingreso el valor de L: 5.275
Ingreso el valor real de Momento: -1.6891
```

```
In [22]: # Calcular siempre el error cuadrático medio (MSE)
mse = mean_squared_error([momento_real], [momento_predicho])
print(f"Error cuadrático medio (MSE) para la predicción: {mse}")

Error cuadrático medio (MSE) para la predicción: 0.009186215502682251
```

```
In [1]: from google.colab import files
import pandas as pd
from sklearn.linear_model import LinearRegression
from sklearn.preprocessing import PolynomialFeatures
from sklearn.metrics import mean_squared_error, r2_score

# Cargar archivo CSV desde el sistema local
uploaded = files.upload()

# Obtener el nombre del archivo cargado
file_name = next(iter(uploaded))

# Leer el archivo CSV usando pandas
df = pd.read_csv(file_name)

# Visualizar Los primeros 5 registros del DataFrame
print(df.head())
```

Elegir archivos Sin archivos seleccionados Upload widget is only available when the cell has been executed in the current browser session. Please rerun this cell to enable.

Saving VRelleno_F.csv to VRelleno_F.csv

	ZX	ZY	CX	CY	L	SD
0	0.8	0.8	0.25	0.25	2.0	-0.4341
1	0.8	0.9	0.25	0.25	2.0	-0.4292
2	0.8	1.0	0.25	0.25	2.0	-0.4272
3	0.8	1.1	0.25	0.25	2.0	-0.4255
4	0.8	1.2	0.25	0.25	2.0	-0.4225

```
In [2]: # Definir Las variables independientes (ZX, ZY, CX, CY, L) y La variable dependiente (Momento)
X = df[['ZX', 'ZY', 'CX', 'CY', 'L']]
y = df['SD']
```

```
In [3]: # Se puede ajustar el grado del polinomio según sea necesario
poly = PolynomialFeatures(degree=3)

# Transformar Los datos de entrada para incluir características polinómicas
X_poly = poly.fit_transform(X)

# Crear un modelo de Regresión Lineal
model_poly = LinearRegression()

# Entrenar el modelo con Los datos transformados
model_poly.fit(X_poly, y)
```

```
Out[3]: LinearRegression
LinearRegression()
```

```
In [4]: # Coeficientes del modelo
coeficientes = model_poly.coef_

# Imprimir Los coeficientes con Las características correspondientes
features = poly.get_feature_names_out(['ZX', 'ZY', 'CX', 'CY', 'L'])
print("Coeficientes del modelo:")
for feature, coef in zip(features, coeficientes):
    print(f"Cf {feature}: {coef}")

# Intercepto del modelo
intercepto = model_poly.intercept_

# Imprimir el intercepto
print(f"Intercepto del modelo: {intercepto}")
```

```
# Generar la ecuación de la regresión polinómica
ecuacion = f"y = {intercepto} + "
ecuacion += " + ".join([f"{coef} * {feature}" for feature, coef in zip(features, coeficientes)

# Imprimir la ecuación
print("Ecuación de la regresión polinómica:")
print(ecuacion)
```

```
Coefficientes del modelo:
Cf 1: 5.104261741788512e-13
Cf ZX: 1.0224546644966173
Cf ZY: 0.008890122350851508
Cf CX: -0.5191757990816415
Cf CY: -0.29347034546597006
Cf L: -0.47472220662509623
Cf ZX^2: -0.2567718713791108
Cf ZX ZY: 0.01665545117012099
Cf ZX CX: 0.42661785689906523
Cf ZX CY: -0.5329823919421494
Cf ZX L: 0.0856151951508184
Cf ZY^2: -0.01629400898068005
Cf ZY CX: 0.21710082577392154
Cf ZY CY: 0.21158532534286195
Cf ZY L: -0.008503052503851367
Cf CX^2: -0.05561726303747616
Cf CX CY: 0.5669608228184713
Cf CX L: -0.07876314873179592
Cf CY^2: 0.5988547260788792
Cf CY L: 0.06526538739309126
Cf L^2: -0.010236334748029957
Cf ZX^3: 0.04475505678525943
Cf ZX^2 ZY: 0.0291401988807385297
Cf ZX^2 CX: -0.020106522785722447
Cf ZX^2 CY: 0.020337337212047724
Cf ZX^2 L: 0.0008943391808232115
Cf ZX ZY^2: 0.008044279869648258
Cf ZX ZY CX: -0.022445551056430105
Cf ZX ZY CY: 0.017513307322408144
Cf ZX ZY L: -0.03388572459813047
Cf ZX CX^2: 0.13319384772268794
Cf ZX CX CY: -0.02225882418054581
Cf ZX CX L: -0.07396449497632512
Cf ZX CY^2: 0.3548742162493536
Cf ZX CY L: 0.0003966546102904811
Cf ZX L^2: -0.007966384785531688
Cf ZY^3: -0.006645098788838122
Cf ZY^2 CX: -0.042397721728988896
Cf ZY^2 CY: -0.01533551007483902
Cf ZY^2 L: 0.010947798560040245
Cf ZY CX^2: -0.11073901855486568
Cf ZY CX CY: -0.11253602628987582
Cf ZY CX L: 0.007721343647935544
Cf ZY CY^2: -0.14896569517206013
Cf ZY CY L: 0.0012762322473187926
Cf ZY L^2: -0.0009056542492323627
Cf CX^3: 0.16590886174220376
Cf CX^2 CY: -0.7246147593490954
Cf CX^2 L: 0.014180859276527569
Cf CX CY^2: 0.5098959280446088
Cf CX CY L: -0.05138165656117194
Cf CX L^2: 0.014545532366883662
Cf CY^3: -0.761758966198153
Cf CY^2 L: -0.04879144240188377
Cf CY L^2: 0.003139240323324688
Cf L^3: 0.0007189629810432363
Intercepto del modelo: -0.11401942117917585
Ecuación de la regresión polinómica:
y = -0.11401942117917585 + 5.104261741788512e-13 * 1 + 1.0224546644966173 * ZX + 0.0088901223
50851508 * ZY + -0.5191757990816415 * CX + -0.29347034546597006 * CY + -0.47472220662509623 *
L + -0.2567718713791108 * ZX^2 + 0.01665545117012099 * ZX ZY + 0.42661785689906523 * ZX CX +
-0.5329823919421494 * ZX CY + 0.0856151951508184 * ZX L + -0.01629400898068005 * ZY^2 + 0.217
10082577392154 * ZY CX + 0.21158532534286195 * ZY CY + -0.008503052503851367 * ZY L + -0.0556
1726303747616 * CX^2 + 0.5669608228184713 * CX CY + -0.07876314873179592 * CX L + 0.598854726
0788792 * CY^2 + 0.06526538739309126 * CY L + -0.010236334748029957 * L^2 + 0.044755056785259
```

```

43 * ZX^3 + 0.029140198807385297 * ZX^2 ZY + -0.020106522785722447 * ZX^2 CX + 0.020337337212
047724 * ZX^2 CY + 0.0008943391808232115 * ZX^2 L + 0.008044279869648258 * ZX ZY^2 + -0.02244
5551056430105 * ZX ZY CX + 0.017513307322408144 * ZX ZY CY + -0.03388572459813047 * ZX ZY L +
0.13319384772268794 * ZX CX^2 + -0.02225882418054581 * ZX CX CY + -0.07396449497632512 * ZX C
X L + 0.3548742162493536 * ZX CY^2 + 0.0003966546102904811 * ZX CY L + -0.007966384785531688
* ZX L^2 + -0.006645098788838122 * ZY^3 + -0.042397721728988896 * ZY^2 CX + -0.01533551007483
902 * ZY^2 CY + 0.010947798560040245 * ZY^2 L + -0.11073901855486568 * ZY CX^2 + -0.112536026
28987582 * ZY CX CY + 0.007721343647935544 * ZY CX L + -0.14896569517206013 * ZY CY^2 + 0.001
2762322473187926 * ZY CY L + -0.0009056542492323627 * ZY L^2 + 0.16590886174220376 * CX^3 + -
0.7246147593490954 * CX^2 CY + 0.014180859276527569 * CX^2 L + 0.5098959280446088 * CX CY^2 +
-0.05138165656117194 * CX CY L + 0.014545532366883662 * CX L^2 + -0.761758966198153 * CY^3 +
-0.04879144240188377 * CY^2 L + 0.003139240323324688 * CY L^2 + 0.0007189629810432363 * L^3

```

```

In [5]: # Función para predecir MSD con valores ingresados para ZX, CX y L
def predecir_vSD(zx, zy, cx, cy, l):
    # Crear un DataFrame con los valores ingresados
    valores_nuevos = pd.DataFrame([[zx, zy, cx, cy, l]], columns=['ZX', 'ZY', 'CX', 'CY', 'L']

    # Transformar los valores ingresados para incluir características polinómicas
    valores_nuevos_poly = poly.transform(valores_nuevos)

    # Predecir MLIVE con el modelo entrenado
    prediccion = model_poly.predict(valores_nuevos_poly)

    return prediccion[0]

```

```

In [6]: # Ejemplo de predicción
zx_nuevo = float(input("Ingrese el valor de ZX: "))
zy_nuevo = float(input("Ingrese el valor de ZY: "))
cx_nuevo = float(input("Ingrese el valor de CX: "))
cy_nuevo = float(input("Ingrese el valor de CY: "))
l_nuevo = float(input("Ingrese el valor de L: "))
vSD_real = float(input("Ingrese el valor real de SD: "))

vSD_predicho = predecir_vSD(zx_nuevo, zy_nuevo, cx_nuevo, cy_nuevo, l_nuevo)
print(f"Predicción de SD para ZX={zx_nuevo}, ZY={zy_nuevo}, CX={cx_nuevo}, CY={cy_nuevo}, L={l_nuevo}: {vSD_predicho}")

Ingreso el valor de ZX: 1.75
Ingreso el valor de ZY: 1.5
Ingreso el valor de CX: 0.65
Ingreso el valor de CY: 0.5
Ingreso el valor de L: 6.6
Ingreso el valor real de SD: -2.4835
Predicción de SD para ZX=1.75, ZY=1.5, CX=0.65, CY=0.5, L=6.6: -2.4863510729030174

```

```

In [7]: # Calcular el coeficiente de determinación R^2 y el error cuadrático medio (MSE) para la pred
r2_pred = r2_score([vSD_real], [vSD_predicho])
mse_pred = mean_squared_error([vSD_real], [vSD_predicho])

print(f"Coeficiente de determinación (R^2) para la predicción: {r2_pred}")
print(f"Error cuadrático medio (MSE) para la predicción: {mse_pred}")

Coeficiente de determinación (R^2) para la predicción: nan
Error cuadrático medio (MSE) para la predicción: 8.128616698320974e-06

/usr/local/lib/python3.10/dist-packages/sklearn/metrics/_regression.py:996: UndefinedMetricWarning: R^2 score is not well-defined with less than two samples.
warnings.warn(msg, UndefinedMetricWarning)

```

```
In [1]: from google.colab import files
import pandas as pd
from sklearn.linear_model import LinearRegression
from sklearn.preprocessing import PolynomialFeatures
from sklearn.metrics import mean_squared_error, r2_score

# Cargar archivo CSV desde el sistema local
uploaded = files.upload()

# Obtener el nombre del archivo cargado
file_name = next(iter(uploaded))

# Leer el archivo CSV usando pandas
df = pd.read_csv(file_name)

# Visualizar Los primeros 5 registros del DataFrame
print(df.head())
```

Elegir archivos Sin archivos seleccionados Upload widget is only available when the cell has been executed in the current browser session. Please rerun this cell to enable.

```
Saving VMomentoZ_F.csv to VMomentoZ_F.csv
  ZX  ZY  CX  CY  L  MomentoZ
0  0.8  0.8  0.25  0.25  2.0  0.5494
1  0.8  0.9  0.25  0.25  2.0  0.5464
2  0.8  1.0  0.25  0.25  2.0  0.5448
3  0.8  1.1  0.25  0.25  2.0  0.5433
4  0.8  1.2  0.25  0.25  2.0  0.5412
```

```
In [2]: # Definir Las variables independientes (ZX, ZY, CX, CY, L) y La variable dependiente (Momento)
X = df[['ZX', 'ZY', 'CX', 'CY', 'L']]
y = df['MomentoZ']
```

```
In [3]: # Se puede ajustar el grado del polinomio según sea necesario
poly = PolynomialFeatures(degree=3)

# Transformar Los datos de entrada para incluir características polinómicas
X_poly = poly.fit_transform(X)

# Crear un modelo de Regresión Lineal
model_poly = LinearRegression()

# Entrenar el modelo con Los datos transformados
model_poly.fit(X_poly, y)
```

```
Out[3]: LinearRegression
LinearRegression()
```

```
In [4]: # Coeficientes del modelo
coeficientes = model_poly.coef_

# Imprimir Los coeficientes con Las características correspondientes
features = poly.get_feature_names_out(['ZX', 'ZY', 'CX', 'CY', 'L'])
print("Coeficientes del modelo:")
for feature, coef in zip(features, coeficientes):
    print(f"Cf {feature}: {coef}")

# Intercepto del modelo
intercepto = model_poly.intercept_

# Imprimir el intercepto
print(f"Intercepto del modelo: {intercepto}")
```

```
# Generar la ecuación de la regresión polinómica
ecuacion = f"y = {intercepto} + "
ecuacion += " + ".join([f"{coef} * {feature}" for feature, coef in zip(features, coeficientes)

# Imprimir la ecuación
print("Ecuación de la regresión polinómica:")
print(ecuacion)
```

```
Coefficientes del modelo:
Cf 1: -2.520979004016301e-14
Cf ZX: 0.22203663933518836
Cf ZY: -0.006943609498506835
Cf CX: -0.6187867038461454
Cf CY: 0.20351181289667708
Cf L: -0.45870610237245846
Cf ZX^2: -0.06648026388554304
Cf ZX ZY: -0.07205390394476101
Cf ZX CX: 0.03645644909776102
Cf ZX CY: 0.1882692357789269
Cf ZX L: -0.03832835215213275
Cf ZY^2: 0.012259475829703867
Cf ZY CX: 0.020444969876009272
Cf ZY CY: -0.012020040659054843
Cf ZY L: 0.00966199284585792
Cf CX^2: 0.6365802445208447
Cf CX CY: -0.21705173864807575
Cf CX L: 0.1200630932553112
Cf CY^2: -0.6407419052390355
Cf CY L: 0.0006596964150911329
Cf L^2: 0.06833096978369516
Cf ZX^3: 0.021168727507428407
Cf ZX^2 ZY: 0.0021592687928976215
Cf ZX^2 CX: -0.014634570029350896
Cf ZX^2 CY: -0.024603502418295488
Cf ZX^2 L: -0.002301375985730547
Cf ZX ZY^2: 0.010549404964398563
Cf ZX ZY CX: 0.005505692898116005
Cf ZX ZY CY: -0.007493264471529482
Cf ZX ZY L: 0.0029588092428495805
Cf ZX CX^2: -0.03808804987140574
Cf ZX CX CY: -0.04951116204960984
Cf ZX CX L: 0.006527871117468838
Cf ZX CY^2: -0.04120186872167697
Cf ZX CY L: -0.008336288695215771
Cf ZX L^2: 0.0027301355184398135
Cf ZY^3: -0.002465774942937496
Cf ZY^2 CX: -0.0014250487777892062
Cf ZY^2 CY: -0.005932228968405319
Cf ZY^2 L: -0.0016152243458625037
Cf ZY CX^2: -0.019282269760171278
Cf ZY CX CY: 0.009282670851952515
Cf ZY CX L: -0.0020521360733055383
Cf ZY CY^2: 0.025277648663815544
Cf ZY CY L: 0.0016015242035765653
Cf ZY L^2: -0.0007296035717492683
Cf CX^3: -0.23951569840028836
Cf CX^2 CY: 0.30766429651163707
Cf CX^2 L: -0.05961275177664095
Cf CX CY^2: 0.1439086492542716
Cf CX CY L: -0.018782480439561655
Cf CX L^2: -0.005692641782176794
Cf CY^3: 0.6170046613225305
Cf CY^2 L: -0.028174132974602806
Cf CY L^2: 0.002733351233119151
Cf L^3: -0.0036102341299215635
Intercepto del modelo: 1.1733676900262267
Ecuación de la regresión polinómica:
y = 1.1733676900262267 + -2.520979004016301e-14 * 1 + 0.22203663933518836 * ZX + -0.006943609498506835 * ZY + -0.6187867038461454 * CX + 0.20351181289667708 * CY + -0.45870610237245846 * L + -0.06648026388554304 * ZX^2 + -0.07205390394476101 * ZX ZY + 0.03645644909776102 * ZX CX + 0.1882692357789269 * ZX CY + -0.03832835215213275 * ZX L + 0.012259475829703867 * ZY^2 + 0.020444969876009272 * ZY CX + -0.012020040659054843 * ZY CY + 0.00966199284585792 * ZY L + 0.6365802445208447 * CX^2 + -0.21705173864807575 * CX CY + 0.1200630932553112 * CX L + -0.6407419052390355 * CY^2 + 0.0006596964150911329 * CY L + 0.06833096978369516 * L^2 + 0.021168727507428407 * ZX^3 + 0.0021592687928976215 * ZX^2 ZY + -0.014634570029350896 * ZX^2 CX + -0.024603502418295488 * ZX^2 CY + -0.002301375985730547 * ZX^2 L + 0.010549404964398563 * ZX ZY^2 + 0.005505692898116005 * ZX ZY CX + -0.007493264471529482 * ZX ZY CY + 0.0029588092428495805 * ZX ZY L + -0.03808804987140574 * ZX CX^2 + -0.04951116204960984 * ZX CX CY + 0.006527871117468838 * ZX CX L + -0.04120186872167697 * ZX CY^2 + -0.008336288695215771 * ZX CY L + 0.0027301355184398135 * ZX L^2 + -0.002465774942937496 * ZY^3 + -0.0014250487777892062 * ZY^2 CX + -0.005932228968405319 * ZY^2 CY + -0.0016152243458625037 * ZY^2 L + -0.019282269760171278 * ZY CX^2 + 0.009282670851952515 * ZY CX CY + -0.0020521360733055383 * ZY CX L + 0.025277648663815544 * ZY CY^2 + 0.0016015242035765653 * ZY CY L + -0.0007296035717492683 * ZY L^2 + -0.23951569840028836 * CX^3 + 0.30766429651163707 * CX^2 CY + -0.05961275177664095 * CX^2 L + 0.1439086492542716 * CX CY^2 + -0.018782480439561655 * CX CY L + -0.005692641782176794 * CX L^2 + 0.6170046613225305 * CY^3 + -0.028174132974602806 * CY^2 L + 0.002733351233119151 * CY L^2 + -0.0036102341299215635 * L^3
```

```

428407 * ZX^3 + 0.0021592687928976215 * ZX^2 ZY + -0.014634570029350896 * ZX^2 CX + -0.024603
502418295488 * ZX^2 CY + -0.002301375985730547 * ZX^2 L + 0.010549404964398563 * ZX ZY^2 + 0.
005505692898116005 * ZX ZY CX + -0.007493264471529482 * ZX ZY CY + 0.0029588092428495805 * ZX
ZY L + -0.03808804987140574 * ZX CX^2 + -0.04951116204960984 * ZX CX CY + 0.00652787111746883
8 * ZX CX L + -0.04120186872167697 * ZX CY^2 + -0.008336288695215771 * ZX CY L + 0.0027301355
184398135 * ZX L^2 + -0.002465774942937496 * ZY^3 + -0.0014250487777892062 * ZY^2 CX + -0.005
932228968405319 * ZY^2 CY + -0.0016152243458625037 * ZY^2 L + -0.019282269760171278 * ZY CX^2
+ 0.009282670851952515 * ZY CX CY + -0.0020521360733055383 * ZY CX L + 0.025277648663815544 *
ZY CY^2 + 0.0016015242035765653 * ZY CY L + -0.0007296035717492683 * ZY L^2 + -0.239515698400
28836 * CX^3 + 0.30766429651163707 * CX^2 CY + -0.05961275177664095 * CX^2 L + 0.143908649254
2716 * CX CY^2 + -0.018782480439561655 * CX CY L + -0.005692641782176794 * CX L^2 + 0.6170046
613225305 * CY^3 + -0.028174132974602806 * CY^2 L + 0.002733351233119151 * CY L^2 + -0.003610
2341299215635 * L^3

```

```

In [5]: # Función para predecir MMOMENTO Z con valores ingresados para ZX, CX y L
def predecir_vMomentoZ(zx, zy, cx, cy, l):
    # Crear un DataFrame con Los valores ingresados
    valores_nuevos = pd.DataFrame([[zx, zy, cx, cy, l]], columns=['ZX', 'ZY', 'CX', 'CY', 'L']

    # Transformar Los valores ingresados para incluir características polinómicas
    valores_nuevos_poly = poly.transform(valores_nuevos)

    # Predecir MLIVE con el modelo entrenado
    prediccion = model_poly.predict(valores_nuevos_poly)

    return prediccion[0]

```

```

In [6]: # Ejemplo de predicción
zx_nuevo = float(input("Ingrese el valor de ZX: "))
zy_nuevo = float(input("Ingrese el valor de ZY: "))
cx_nuevo = float(input("Ingrese el valor de CX: "))
cy_nuevo = float(input("Ingrese el valor de CY: "))
l_nuevo = float(input("Ingrese el valor de L: "))
vMomentoZ_real = float(input("Ingrese el valor real de MomentoZ: "))

vMomentoZ_predicho = predecir_vMomentoZ(zx_nuevo, zy_nuevo, cx_nuevo, cy_nuevo, l_nuevo)
print(f"Predicción de VMomentoZ para ZX={zx_nuevo}, ZY={zy_nuevo}, CX={cx_nuevo}, CY={cy_nuev

Ingreso el valor de ZX: 1.75
Ingreso el valor de ZY: 1.5
Ingreso el valor de CX: 0.65
Ingreso el valor de CY: 0.5
Ingreso el valor de L: 6.6
Ingreso el valor real de MomentoZ: 0.1077
Predicción de VMomentoZ para ZX=1.75, ZY=1.5, CX=0.65, CY=0.5, L=6.6: 0.11246169651444227

```

```

In [7]: # Calcular el coeficiente de determinación R^2 y el error cuadrático medio (MSE) para La pred
r2_pred = r2_score([vMomentoZ_real], [vMomentoZ_predicho])
mse_pred = mean_squared_error([vMomentoZ_real], [vMomentoZ_predicho])

print(f"Coeficiente de determinación (R^2) para la predicción: {r2_pred}")
print(f"Error cuadrático medio (MSE) para la predicción: {mse_pred}")

Coeficiente de determinación (R^2) para la predicción: nan
Error cuadrático medio (MSE) para la predicción: 2.267375369565159e-05

/usr/local/lib/python3.10/dist-packages/sklearn/metrics/_regression.py:996: UndefinedMetricWarn
ning: R^2 score is not well-defined with less than two samples.
warnings.warn(msg, UndefinedMetricWarning)

```

```
In [1]: from google.colab import files
import pandas as pd
from sklearn.linear_model import LinearRegression
from sklearn.preprocessing import PolynomialFeatures
from sklearn.metrics import mean_squared_error, r2_score

# Cargar archivo CSV desde el sistema local
uploaded = files.upload()

# Obtener el nombre del archivo cargado
file_name = next(iter(uploaded))

# Leer el archivo CSV usando pandas
df = pd.read_csv(file_name)

# Visualizar Los primeros 5 registros del DataFrame
print(df.head())
```

Elegir archivos Sin archivos seleccionados Upload widget is only available when the cell has been executed in the current browser session. Please rerun this cell to enable.

Saving VMomento_F.csv to VMomento_F.csv

	ZX	ZY	CX	CY	L	Momento
0	0.8	0.8	0.25	0.25	2.0	0.5566
1	0.8	0.9	0.25	0.25	2.0	0.5544
2	0.8	1.0	0.25	0.25	2.0	0.5536
3	0.8	1.1	0.25	0.25	2.0	0.5530
4	0.8	1.2	0.25	0.25	2.0	0.5518

```
In [2]: # Definir Las variables independientes (ZX, ZY, CX, CY, L) y La variable dependiente (Momento)
X = df[['ZX', 'ZY', 'CX', 'CY', 'L']]
y = df['Momento']
```

```
In [3]: # Se puede ajustar el grado del polinomio según sea necesario
poly = PolynomialFeatures(degree=3)

# Transformar Los datos de entrada para incluir características polinómicas
X_poly = poly.fit_transform(X)

# Crear un modelo de Regresión Lineal
model_poly = LinearRegression()

# Entrenar el modelo con Los datos transformados
model_poly.fit(X_poly, y)
```

```
Out[3]: LinearRegression
LinearRegression()
```

```
In [8]: # Coeficientes del modelo
coeficientes = model_poly.coef_

# Imprimir Los coeficientes con Las características correspondientes
features = poly.get_feature_names_out(['ZX', 'ZY', 'CX', 'CY', 'L'])
print("Coeficientes del modelo:")
for feature, coef in zip(features, coeficientes):
    print(f"Cf {feature}: {coef}")

# Intercepto del modelo
intercepto = model_poly.intercept_

# Imprimir el intercepto
print(f"Intercepto del modelo: {intercepto}")
```

```
# Generar la ecuación de la regresión polinómica
ecuacion = f"y = {intercepto} + "
ecuacion += " + ".join([f"{coef} * {feature}" for feature, coef in zip(features, coeficientes)

# Imprimir la ecuación
print("Ecuación de la regresión polinómica:")
print(ecuacion)
```

Coefficientes del modelo:

```
Cf 1: -1.267252862119808e-13
Cf ZX: 0.14641441459022214
Cf ZY: -0.0532449486362905
Cf CX: -0.4164257547466554
Cf CY: 0.19043162211801778
Cf L: -0.47564905973713817
Cf ZX^2: -0.06950442628665038
Cf ZX ZY: -0.034602544381903036
Cf ZX CX: 0.028174568554709685
Cf ZX CY: 0.15992607626355398
Cf ZX L: -0.00602384151438666
Cf ZY^2: 0.0171109694901299
Cf ZY CX: 0.011986506047062945
Cf ZY CY: -0.03203155024672086
Cf ZY L: 0.022727624815271824
Cf CX^2: 0.19106728970781717
Cf CX CY: -0.15616961967020612
Cf CX L: 0.11187064664854915
Cf CY^2: -0.5404606888984274
Cf CY L: -0.003704333627174157
Cf L^2: 0.0670642689461839
Cf ZX^3: 0.022009719651674732
Cf ZX^2 ZY: 0.008037403229967037
Cf ZX^2 CX: -0.011429758890036279
Cf ZX^2 CY: -0.019038464946366164
Cf ZX^2 L: -0.0015294330741517925
Cf ZX ZY^2: 0.0017530718055473195
Cf ZX ZY CX: 0.014485291297521803
Cf ZX ZY CY: 0.0012944439513237968
Cf ZX ZY L: 0.0025193443629460827
Cf ZX CX^2: -0.017808264243322797
Cf ZX CX CY: -0.0570098051494608
Cf ZX CX L: 0.002436475927109487
Cf ZX CY^2: -0.02655577170034704
Cf ZX CY L: -0.009190195290836922
Cf ZX L^2: 0.00012989199618312908
Cf ZY^3: -0.0004083345387837223
Cf ZY^2 CX: -0.004030835498433666
Cf ZY^2 CY: -0.0037533200912070828
Cf ZY^2 L: -0.0026469814409250114
Cf ZY CX^2: -0.004388942336830445
Cf ZY CX CY: 0.005830293382084295
Cf ZY CX L: -0.0033965424070924455
Cf ZY CY^2: 0.03306195364377132
Cf ZY CY L: 0.0012582120380992545
Cf ZY L^2: -0.001580156865499116
Cf CX^3: 0.01773433431998236
Cf CX^2 CY: 0.2761213813666138
Cf CX^2 L: -0.04472230280509312
Cf CX CY^2: 0.12752677832914008
Cf CX CY L: -0.019173993116527205
Cf CX L^2: -0.005446310711186356
Cf CY^3: 0.5071687533116715
Cf CY^2 L: -0.025256775650951413
Cf CY L^2: 0.0030569325239623857
Cf L^3: -0.003329987939929391
Intercepto del modelo: 1.2113447896572513
Ecuación de la regresión polinómica:
y = 1.2113447896572513 + -1.267252862119808e-13 * 1 + 0.14641441459022214 * ZX + -0.053244948
6362905 * ZY + -0.4164257547466554 * CX + 0.19043162211801778 * CY + -0.47564905973713817 * L
+ -0.06950442628665038 * ZX^2 + -0.034602544381903036 * ZX ZY + 0.028174568554709685 * ZX CX
+ 0.15992607626355398 * ZX CY + -0.00602384151438666 * ZX L + 0.0171109694901299 * ZY^2 + 0.0
11986506047062945 * ZY CX + -0.03203155024672086 * ZY CY + 0.022727624815271824 * ZY L + 0.19
106728970781717 * CX^2 + -0.15616961967020612 * CX CY + 0.11187064664854915 * CX L + -0.54046
06888984274 * CY^2 + -0.003704333627174157 * CY L + 0.0670642689461839 * L^2 + 0.022009719651
```

```

674732 * ZX^3 + 0.008037403229967037 * ZX^2 ZY + -0.011429758890036279 * ZX^2 CX + -0.0190384
64946366164 * ZX^2 CY + -0.0015294330741517925 * ZX^2 L + 0.0017530718055473195 * ZX ZY^2 +
0.014485291297521803 * ZX ZY CX + 0.0012944439513237968 * ZX ZY CY + 0.0025193443629460827 *
ZX ZY L + -0.017808264243322797 * ZX CX^2 + -0.0570098051494608 * ZX CX CY + 0.00243647592710
9487 * ZX CX L + -0.02655577170034704 * ZX CY^2 + -0.009190195290836922 * ZX CY L + 0.0001298
9199618312908 * ZX L^2 + -0.0004083345387837223 * ZY^3 + -0.004030835498433666 * ZY^2 CX + -
0.0037533200912070828 * ZY^2 CY + -0.0026469814409250114 * ZY^2 L + -0.004388942336830445 * Z
Y CX^2 + 0.005830293382084295 * ZY CX CY + -0.0033965424070924455 * ZY CX L + 0.0330619536437
7132 * ZY CY^2 + 0.0012582120380992545 * ZY CY L + -0.001580156865499116 * ZY L^2 + 0.0177343
3431998236 * CX^3 + 0.2761213813666138 * CX^2 CY + -0.04472230280509312 * CX^2 L + 0.12752677
832914008 * CX CY^2 + -0.019173993116527205 * CX CY L + -0.005446310711186356 * CX L^2 + 0.50
71687533116715 * CY^3 + -0.025256775650951413 * CY^2 L + 0.0030569325239623857 * CY L^2 + -0.
003329987939929391 * L^3

```

```

In [5]: # Función para predecir VLIVE con valores ingresados para ZX, CX y L
def predecir_vMomento(zx, zy, cx, cy, l):
    # Crear un DataFrame con Los valores ingresados
    valores_nuevos = pd.DataFrame([[zx, zy, cx, cy, l]], columns=['ZX', 'ZY', 'CX', 'CY', 'L'])

    # Transformar Los valores ingresados para incluir características polinómicas
    valores_nuevos_poly = poly.transform(valores_nuevos)

    # Predecir VLIVE con el modelo entrenado
    prediccion = model_poly.predict(valores_nuevos_poly)

    return prediccion[0]

```

```

In [6]: # Ejemplo de predicción
zx_nuevo = float(input("Ingrese el valor de ZX: "))
zy_nuevo = float(input("Ingrese el valor de ZY: "))
cx_nuevo = float(input("Ingrese el valor de CX: "))
cy_nuevo = float(input("Ingrese el valor de CY: "))
l_nuevo = float(input("Ingrese el valor de L: "))
vMomento_real = float(input("Ingrese el valor real de Momento: "))

vMomento_predicho = predecir_vMomento(zx_nuevo, zy_nuevo, cx_nuevo, cy_nuevo, l_nuevo)
print(f"Predicción de VMomento para ZX={zx_nuevo}, ZY={zy_nuevo}, CX={cx_nuevo}, CY={cy_nuevo}

Ingreso el valor de ZX: 1.75
Ingreso el valor de ZY: 1.5
Ingreso el valor de CX: 0.65
Ingreso el valor de CY: 0.5
Ingreso el valor de L: 6.6
Ingreso el valor real de Live: 0.2039
Predicción de VMomento para ZX=1.75, ZY=1.5, CX=0.65, CY=0.5, L=6.6: 0.21126131193249154

```

```

In [7]: # Calcular el coeficiente de determinación R^2 y el error cuadrático medio (MSE) para La pred
r2_pred = r2_score([vMomento_real], [vMomento_predicho])
mse_pred = mean_squared_error([vMomento_real], [vMomento_predicho])

print(f"Coeficiente de determinación (R^2) para la predicción: {r2_pred}")
print(f"Error cuadrático medio (MSE) para la predicción: {mse_pred}")

```

```

Coeficiente de determinación (R^2) para la predicción: nan
Error cuadrático medio (MSE) para la predicción: 5.41889133674423e-05

```

```

/usr/local/lib/python3.10/dist-packages/sklearn/metrics/_regression.py:996: UndefinedMetricWarning:
R^2 score is not well-defined with less than two samples.
warnings.warn(msg, UndefinedMetricWarning)

```

```
In [1]: from google.colab import files
import pandas as pd
from sklearn.linear_model import LinearRegression
from sklearn.preprocessing import PolynomialFeatures
from sklearn.metrics import mean_squared_error, r2_score

# Cargar archivo CSV desde el sistema local
uploaded = files.upload()

# Obtener el nombre del archivo cargado
file_name = next(iter(uploaded))

# Leer el archivo CSV usando pandas
df = pd.read_csv(file_name)

# Visualizar Los primeros 5 registros del DataFrame
print(df.head())
```

Elegir archivos Sin archivos seleccionados Upload widget is only available when the cell has been executed in the current browser session. Please rerun this cell to enable.

```
Saving VLive_F.csv to VLive_F.csv
  ZX  ZY  CX  CY  L  Live
0  0.8  0.8  0.25  0.25  2.0 -0.1058
1  0.8  0.9  0.25  0.25  2.0 -0.1006
2  0.8  1.0  0.25  0.25  2.0 -0.0981
3  0.8  1.1  0.25  0.25  2.0 -0.0961
4  0.8  1.2  0.25  0.25  2.0 -0.0927
```

```
In [2]: # Definir Las variables independientes (ZX, ZY, CX, CY, L) y La variable dependiente (Live)
X = df[['ZX', 'ZY', 'CX', 'CY', 'L']]
y = df['Live']
```

```
In [3]: # Se puede ajustar el grado del polinomio según sea necesario
poly = PolynomialFeatures(degree=3)

# Transformar Los datos de entrada para incluir características polinómicas
X_poly = poly.fit_transform(X)

# Crear un modelo de Regresión Lineal
model_poly = LinearRegression()

# Entrenar el modelo con Los datos transformados
model_poly.fit(X_poly, y)
```

```
Out[3]: LinearRegression
LinearRegression()
```

```
In [8]: # Coeficientes del modelo
coeficientes = model_poly.coef_

# Imprimir Los coeficientes con Las características correspondientes
features = poly.get_feature_names_out(['ZX', 'ZY', 'CX', 'CY', 'L'])
print("Coeficientes del modelo:")
for feature, coef in zip(features, coeficientes):
    print(f"Cf {feature}: {coef}")

# Intercepto del modelo
intercepto = model_poly.intercept_

# Imprimir el intercepto
print(f"Intercepto del modelo: {intercepto}")
```

```
# Generar la ecuación de la regresión polinómica
ecuacion = f"y = {intercepto} + "
ecuacion += " + ".join([f"{coef} * {feature}" for feature, coef in zip(features, coeficientes)

# Imprimir la ecuación
print("Ecuación de la regresión polinómica:")
print(ecuacion)
```

Coefficientes del modelo:

```
Cf 1: 4.809855723873399e-14
Cf ZX: -0.40644948262351466
Cf ZY: 0.04959963098005224
Cf CX: 0.44576308646057666
Cf CY: -0.17492827802170366
Cf L: 0.041415982004126925
Cf ZX^2: 0.13599279712896006
Cf ZX ZY: 0.11879430487512561
Cf ZX CX: 0.06546730524322855
Cf ZX CY: -0.3382315500385435
Cf ZX L: 0.023808180221631156
Cf ZY^2: -0.03870559502549846
Cf ZY CX: -0.034272753280345354
Cf ZY CY: 0.06917786857841293
Cf ZY L: -0.026760674751463688
Cf CX^2: -0.17170671811600785
Cf CX CY: 0.24870023518277193
Cf CX L: -0.09955415307934112
Cf CY^2: 0.1924499849712005
Cf CY L: 0.07197905422806183
Cf L^2: -0.0027430592855228163
Cf ZX^3: -0.02289564529042727
Cf ZX^2 ZY: 0.004664640009236134
Cf ZX^2 CX: -0.011091009214533104
Cf ZX^2 CY: 0.001505659780295182
Cf ZX^2 L: -0.003094801973305944
Cf ZX ZY^2: -0.0182635682893479
Cf ZX ZY CX: -0.028388889844182037
Cf ZX ZY CY: 0.01497575577075792
Cf ZX ZY L: -0.008705502705542226
Cf ZX CX^2: -0.014585678576930425
Cf ZX CX CY: 0.07233449415945827
Cf ZX CX L: -0.003469528864446285
Cf ZX CY^2: 0.09231726990846865
Cf ZX CY L: 0.028878185582742855
Cf ZX L^2: -8.288610042550548e-05
Cf ZY^3: 0.006785328459556391
Cf ZY^2 CX: 0.009285701600958027
Cf ZY^2 CY: 0.005149641988077852
Cf ZY^2 L: 0.004144755964916119
Cf ZY CX^2: 0.019341282361915527
Cf ZY CX CY: -0.018626488406791125
Cf ZY CX L: 0.00486430603433087
Cf ZY CY^2: -0.05626589413573324
Cf ZY CY L: -0.0062324059848177515
Cf ZY L^2: 0.0021539577449672803
Cf CX^3: 0.14627084028513987
Cf CX^2 CY: -0.1886750579140012
Cf CX^2 L: 0.008364266736933246
Cf CX CY^2: -0.09458436804652554
Cf CX CY L: -0.012632002494502248
Cf CX L^2: 0.006262068081258856
Cf CY^3: -0.11642407626081328
Cf CY^2 L: -0.008469519408987658
Cf CY L^2: -0.00695350264408677
Cf L^3: -7.629527020369675e-05
Intercepto del modelo: -0.035715337618514725
```

Ecuación de la regresión polinómica:

```
y = -0.035715337618514725 + 4.809855723873399e-14 * 1 + -0.40644948262351466 * ZX + 0.0495996
3098005224 * ZY + 0.44576308646057666 * CX + -0.17492827802170366 * CY + 0.041415982004126925
* L + 0.13599279712896006 * ZX^2 + 0.11879430487512561 * ZX ZY + 0.06546730524322855 * ZX CX
+ -0.3382315500385435 * ZX CY + 0.023808180221631156 * ZX L + -0.03870559502549846 * ZY^2 + -
0.034272753280345354 * ZY CX + 0.06917786857841293 * ZY CY + -0.026760674751463688 * ZY L + -
0.17170671811600785 * CX^2 + 0.24870023518277193 * CX CY + -0.09955415307934112 * CX L + 0.19
24499849712005 * CY^2 + 0.07197905422806183 * CY L + -0.0027430592855228163 * L^2 + -0.022895
```

```

64529042727 * ZX^3 + 0.004664640009236134 * ZX^2 ZY + -0.011091009214533104 * ZX^2 CX + 0.001
505659780295182 * ZX^2 CY + -0.003094801973305944 * ZX^2 L + -0.0182635682893479 * ZX ZY^2 +
-0.028388889844182037 * ZX ZY CX + 0.01497575577075792 * ZX ZY CY + -0.008705502705542226 * Z
X ZY L + -0.014585678576930425 * ZX CX^2 + 0.07233449415945827 * ZX CX CY + -0.00346952886444
6285 * ZX CX L + 0.09231726990846865 * ZX CY^2 + 0.028878185582742855 * ZX CY L + -8.28861004
2550548e-05 * ZX L^2 + 0.006785328459556391 * ZY^3 + 0.009285701600958027 * ZY^2 CX + 0.00514
9641988077852 * ZY^2 CY + 0.004144755964916119 * ZY^2 L + 0.019341282361915527 * ZY CX^2 + -
0.018626488406791125 * ZY CX CY + 0.00486430603433087 * ZY CX L + -0.05626589413573324 * ZY C
Y^2 + -0.0062324059848177515 * ZY CY L + 0.0021539577449672803 * ZY L^2 + 0.14627084028513987
* CX^3 + -0.1886750579140012 * CX^2 CY + 0.008364266736933246 * CX^2 L + -0.09458436804652554
* CX CY^2 + -0.012632002494502248 * CX CY L + 0.006262068081258856 * CX L^2 + -0.116424076260
81328 * CY^3 + -0.008469519408987658 * CY^2 L + -0.006953502644408677 * CY L^2 + -7.6295270203
69675e-05 * L^3

```

```

In [5]: # Función para predecir MLIVE con valores ingresados para ZX, CX y L
def predecir_vlive(zx, zy, cx, cy, l):
    # Crear un DataFrame con Los valores ingresados
    valores_nuevos = pd.DataFrame([[zx, zy, cx, cy, l]], columns=['ZX', 'ZY', 'CX', 'CY', 'L']

    # Transformar Los valores ingresados para incluir características polinómicas
    valores_nuevos_poly = poly.transform(valores_nuevos)

    # Predecir MLIVE con el modelo entrenado
    prediccion = model_poly.predict(valores_nuevos_poly)

    return prediccion[0]

```

```

In [6]: # Ejemplo de predicción
zx_nuevo = float(input("Ingrese el valor de ZX: "))
zy_nuevo = float(input("Ingrese el valor de ZY: "))
cx_nuevo = float(input("Ingrese el valor de CX: "))
cy_nuevo = float(input("Ingrese el valor de CY: "))
l_nuevo = float(input("Ingrese el valor de L: "))
vlive_real = float(input("Ingrese el valor real de Live: "))

vlive_predicho = predecir_vlive(zx_nuevo, zy_nuevo, cx_nuevo, cy_nuevo, l_nuevo)
print(f"Predicción de VLIVE para ZX={zx_nuevo}, ZY={zy_nuevo}, CX={cx_nuevo}, CY={cy_nuevo},

Ingreso el valor de ZX: 1.75
Ingreso el valor de ZY: 1.5
Ingreso el valor de CX: 0.65
Ingreso el valor de CY: 0.5
Ingreso el valor de L: 6.6
Ingreso el valor real de Live: -0.0486
Predicción de VLIVE para ZX=1.75, ZY=1.5, CX=0.65, CY=0.5, L=6.6: -0.047677588928468635

```

```

In [7]: # Calcular el coeficiente de determinación R^2 y el error cuadrático medio (MSE) para La pred
r2_pred = r2_score([vlive_real], [vlive_predicho])
mse_pred = mean_squared_error([vlive_real], [vlive_predicho])

print(f"Coeficiente de determinación (R^2) para la predicción: {r2_pred}")
print(f"Error cuadrático medio (MSE) para la predicción: {mse_pred}")

```

```

Coeficiente de determinación (R^2) para la predicción: nan
Error cuadrático medio (MSE) para la predicción: 8.508421848836357e-07

/usr/local/lib/python3.10/dist-packages/sklearn/metrics/_regression.py:996: UndefinedMetricWarning:
R^2 score is not well-defined with less than two samples.
warnings.warn(msg, UndefinedMetricWarning)

```

```
In [1]: from google.colab import files
import pandas as pd
from sklearn.linear_model import LinearRegression
from sklearn.preprocessing import PolynomialFeatures
from sklearn.metrics import mean_squared_error, r2_score

# Cargar archivo CSV desde el sistema local
uploaded = files.upload()

# Obtener el nombre del archivo cargado
file_name = next(iter(uploaded))

# Leer el archivo CSV usando pandas
df = pd.read_csv(file_name)

# Visualizar Los primeros 5 registros del DataFrame
print(df.head())
```

Elegir archivos Sin archivos seleccionados Upload widget is only available when the cell has been executed in the current browser session. Please rerun this cell to enable.

```
Saving MRelleno_F.csv to MRelleno_F.csv
   ZX  ZY  CX  CY  L  SD
0  0.8  0.8  0.25  0.25  2.0  0.3027
1  0.8  0.9  0.25  0.25  2.0  0.3091
2  0.8  1.0  0.25  0.25  2.0  0.3118
3  0.8  1.1  0.25  0.25  2.0  0.3140
4  0.8  1.2  0.25  0.25  2.0  0.3180
```

```
In [2]: # Definir Las variables independientes (ZX, ZY, CX, CY, L) y La variable dependiente (Momento)
X = df[['ZX', 'ZY', 'CX', 'CY', 'L']]
y = df['SD']
```

```
In [3]: # Se puede ajustar el grado del polinomio según sea necesario
poly = PolynomialFeatures(degree=3)

# Transformar Los datos de entrada para incluir características polinómicas
X_poly = poly.fit_transform(X)

# Crear un modelo de Regresión Lineal
model_poly = LinearRegression()

# Entrenar el modelo con Los datos transformados
model_poly.fit(X_poly, y)
```

```
Out[3]: LinearRegression
LinearRegression()
```

```
In [5]: # Coeficientes del modelo
coeficientes = model_poly.coef_

# Imprimir Los coeficientes con Las características correspondientes
features = poly.get_feature_names_out(['ZX', 'ZY', 'CX', 'CY', 'L'])
print("Coeficientes del modelo:")
for feature, coef in zip(features, coeficientes):
    print(f"Cf {feature}: {coef}")

# Intercepto del modelo
intercepto = model_poly.intercept_

# Imprimir el intercepto
print(f"Intercepto del modelo: {intercepto}")
```

```
# Generar la ecuación de la regresión polinómica
ecuacion = f"y = {intercepto} + "
ecuacion += " + ".join([f"{coef} * {feature}" for feature, coef in zip(features, coeficientes)

# Imprimir la ecuación
print("Ecuación de la regresión polinómica:")
print(ecuacion)
```

Coeficientes del modelo:

```
Cf 1: 2.359424336555506e-13
Cf ZX: 0.5176176526038343
Cf ZY: 0.47149084153353094
Cf CX: -1.3154442284151513
Cf CY: 0.14925241619437646
Cf L: -0.7667195487580463
Cf ZX^2: -1.0929502683812973
Cf ZX ZY: -0.4599938780696944
Cf ZX CX: 0.645541042430001
Cf ZX CY: -0.514549787208088
Cf ZX L: 0.8839209145575786
Cf ZY^2: -0.39690716977830165
Cf ZY CX: 0.5625557563961029
Cf ZY CY: 0.06808600043600926
Cf ZY L: 0.20782872398271113
Cf CX^2: 1.0071051465345358
Cf CX CY: -0.6821324245953202
Cf CX L: 0.2819913014966794
Cf CY^2: 0.3896272364380748
Cf CY L: -0.026758724336295354
Cf L^2: 0.10976446717294952
Cf ZX^3: 0.16622613164025699
Cf ZX^2 ZY: 0.26363858918973976
Cf ZX^2 CX: -0.06383878880603903
Cf ZX^2 CY: -0.031147844767873953
Cf ZX^2 L: -0.013874040086981149
Cf ZX ZY^2: 0.12930665860728455
Cf ZX ZY CX: -0.10905631356546741
Cf ZX ZY CY: 0.21420294766273645
Cf ZX ZY L: -0.17137169883672157
Cf ZX CX^2: -0.1144921233631575
Cf ZX CX CY: 0.14858743258856016
Cf ZX CX L: -0.06168334771332745
Cf ZX CY^2: 0.08668858755716674
Cf ZX CY L: -0.010162351248561685
Cf ZX L^2: -0.07457207679999045
Cf ZY^3: 0.028600774386079553
Cf ZY^2 CX: -0.06395476122759036
Cf ZY^2 CY: 0.010189432234566323
Cf ZY^2 L: 0.03815432620258996
Cf ZY CX^2: -0.320584292600167787
Cf ZY CX CY: -0.1103687322694755
Cf ZY CX L: -0.0145063515655105
Cf ZY CY^2: -0.4133914984042625
Cf ZY CY L: 0.02507821731328691
Cf ZY L^2: -0.025677522580392076
Cf CX^3: 0.1615579528637911
Cf CX^2 CY: 0.5280531698783282
Cf CX^2 L: -0.2123086655262526
Cf CX CY^2: 0.6941759943823207
Cf CX CY L: -0.07837810741161688
Cf CX L^2: -0.0026427094335278456
Cf CY^3: 0.017878440545776086
Cf CY^2 L: -0.04089999502620842
Cf CY L^2: 0.008609222281519613
Cf L^3: -0.0025169932220994173
Intercepto del modelo: 0.38597371468623143
Ecuación de la regresión polinómica:
y = 0.38597371468623143 + 2.359424336555506e-13 * 1 + 0.5176176526038343 * ZX + 0.47149084153353094 * ZY + -1.3154442284151513 * CX + 0.14925241619437646 * CY + -0.7667195487580463 * L + -1.0929502683812973 * ZX^2 + -0.4599938780696944 * ZX ZY + 0.645541042430001 * ZX CX + -0.514549787208088 * ZX CY + 0.8839209145575786 * ZX L + -0.39690716977830165 * ZY^2 + 0.5625557563961029 * ZY CX + 0.06808600043600926 * ZY CY + 0.20782872398271113 * ZY L + 1.0071051465345358 * CX^2 + -0.6821324245953202 * CX CY + 0.2819913014966794 * CX L + 0.3896272364380748 * CY^2 + -0.026758724336295354 * CY L + 0.10976446717294952 * L^2 + 0.16622613164025699 * ZX^3 +
```

```

0.26363858918973976 * ZX^2 ZY + -0.06383878880603903 * ZX^2 CX + -0.031147844767873953 * ZX^2
CY + -0.013874040086981149 * ZX^2 L + 0.12930665860728455 * ZX ZY^2 + -0.10905631356546741 *
ZX ZY CX + 0.21420294766273645 * ZX ZY CY + -0.17137169883672157 * ZX ZY L + -0.1144921233631
575 * ZX CX^2 + 0.14858743258856016 * ZX CX CY + -0.06168334771332745 * ZX CX L + 0.086688587
55716674 * ZX CY^2 + -0.010162351248561685 * ZX CY L + -0.07457207679999045 * ZX L^2 + 0.0286
00774386079553 * ZY^3 + -0.06395476122759036 * ZY^2 CX + 0.010189432234566323 * ZY^2 CY + 0.0
3815432620258996 * ZY^2 L + -0.32058429260167787 * ZY CX^2 + -0.1103687322694755 * ZY CX CY +
-0.0145063515655105 * ZY CX L + -0.4133914984042625 * ZY CY^2 + 0.02507821731328691 * ZY CY L
+ -0.025677522580392076 * ZY L^2 + 0.1615579528637911 * CX^3 + 0.5280531698783282 * CX^2 CY +
-0.2123086655262526 * CX^2 L + 0.6941759943823207 * CX CY^2 + -0.07837810741161688 * CX CY L
+ -0.0026427094335278456 * CX L^2 + 0.017878440545776086 * CY^3 + -0.04089999502620842 * CY^2
L + 0.008609222281519613 * CY L^2 + -0.0025169932220994173 * L^3

```

```

In [7]: # Función para predecir MLIVE con valores ingresados para ZX, CX y L
def predecir_mSD(zx, zy, cx, cy, l):
    # Crear un DataFrame con los valores ingresados
    valores_nuevos = pd.DataFrame([[zx, zy, cx, cy, l]], columns=['ZX', 'ZY', 'CX', 'CY', 'L'])

    # Transformar los valores ingresados para incluir características polinómicas
    valores_nuevos_poly = poly.transform(valores_nuevos)

    # Predecir MLIVE con el modelo entrenado
    prediccion = model_poly.predict(valores_nuevos_poly)

    return prediccion[0]

```

```

In [8]: # Ejemplo de predicción
zx_nuevo = float(input("Ingrese el valor de ZX: "))
zy_nuevo = float(input("Ingrese el valor de ZY: "))
cx_nuevo = float(input("Ingrese el valor de CX: "))
cy_nuevo = float(input("Ingrese el valor de CY: "))
l_nuevo = float(input("Ingrese el valor de L: "))
mSD_real = float(input("Ingrese el valor real de SD: "))

mSD_predicho = predecir_mSD(zx_nuevo, zy_nuevo, cx_nuevo, cy_nuevo, l_nuevo)
print(f"Predicción de SD para ZX={zx_nuevo}, ZY={zy_nuevo}, CX={cx_nuevo}, CY={cy_nuevo}, L={l_nuevo}: {mSD_predicho}")

Ingreso el valor de ZX: 1.75
Ingreso el valor de ZY: 1.5
Ingreso el valor de CX: 0.65
Ingreso el valor de CY: 0.5
Ingreso el valor de L: 6.6
Ingreso el valor real de SD: 0.5382
Predicción de SD para ZX=1.75, ZY=1.5, CX=0.65, CY=0.5, L=6.6: 0.5327927037053233

```

```

In [9]: # Calcular el coeficiente de determinación R^2 y el error cuadrático medio (MSE) para la pred
r2_pred = r2_score([mSD_real], [mSD_predicho])
mse_pred = mean_squared_error([mSD_real], [mSD_predicho])

print(f"Coeficiente de determinación (R^2) para la predicción: {r2_pred}")
print(f"Error cuadrático medio (MSE) para la predicción: {mse_pred}")

Coeficiente de determinación (R^2) para la predicción: nan
Error cuadrático medio (MSE) para la predicción: 2.923885321842473e-05

/usr/local/lib/python3.10/dist-packages/sklearn/metrics/_regression.py:996: UndefinedMetricWarning: R^2 score is not well-defined with less than two samples.
warnings.warn(msg, UndefinedMetricWarning)

```

```
In [1]: from google.colab import files
import pandas as pd
from sklearn.linear_model import LinearRegression
from sklearn.preprocessing import PolynomialFeatures
from sklearn.metrics import mean_squared_error, r2_score

# Cargar archivo CSV desde el sistema local
uploaded = files.upload()

# Obtener el nombre del archivo cargado
file_name = next(iter(uploaded))

# Leer el archivo CSV usando pandas
df = pd.read_csv(file_name)

# Visualizar Los primeros 5 registros del DataFrame
print(df.head())
```

Elegir archivos Sin archivos seleccionados Upload widget is only available when the cell has been executed in the current browser session. Please rerun this cell to enable.

```
Saving MMomentoZ_F.csv to MMomentoZ_F.csv
  ZX  ZY  CX  CY  L  MomentoZ
0  0.8  0.8  0.25  0.25  2.0  0.7280
1  0.8  0.9  0.25  0.25  2.0  0.7240
2  0.8  1.0  0.25  0.25  2.0  0.7218
3  0.8  1.1  0.25  0.25  2.0  0.7199
4  0.8  1.2  0.25  0.25  2.0  0.7171
```

```
In [2]: # Definir Las variables independientes (ZX, ZY, CX, CY, L) y La variable dependiente (Momento)
X = df[['ZX', 'ZY', 'CX', 'CY', 'L']]
y = df['MomentoZ']
```

```
In [3]: # Se puede ajustar el grado del polinomio según sea necesario
poly = PolynomialFeatures(degree=3)

# Transformar Los datos de entrada para incluir características polinómicas
X_poly = poly.fit_transform(X)

# Crear un modelo de Regresión Lineal
model_poly = LinearRegression()

# Entrenar el modelo con Los datos transformados
model_poly.fit(X_poly, y)
```

```
Out[3]: ▼ LinearRegression
LinearRegression()
```

```
In [4]: # Coeficientes del modelo
coeficientes = model_poly.coef_

# Imprimir Los coeficientes con Las características correspondientes
features = poly.get_feature_names_out(['ZX', 'ZY', 'CX', 'CY', 'L'])
print("Coeficientes del modelo:")
for feature, coef in zip(features, coeficientes):
    print(f"Cf {feature}: {coef}")

# Intercepto del modelo
intercepto = model_poly.intercept_

# Imprimir el intercepto
print(f"Intercepto del modelo: {intercepto}")
```

```
# Generar la ecuación de la regresión polinómica
ecuacion = f"y = {intercepto} + "
ecuacion += " + ".join([f"{coef} * {feature}" for feature, coef in zip(features, coeficientes)

# Imprimir la ecuación
print("Ecuación de la regresión polinómica:")
print(ecuacion)
```

```
Coficientes del modelo:
Cf 1: -1.526729113535993e-13
Cf ZX: -0.3010705974583908
Cf ZY: 0.06516110127543674
Cf CX: -0.23438029154630022
Cf CY: 0.3777623577686465
Cf L: 0.23808407205567567
Cf ZX^2: -0.30094817033568527
Cf ZX ZY: -0.12354961583066768
Cf ZX CX: 0.15712095977332938
Cf ZX CY: 0.09329686585020011
Cf ZX L: 0.18820126439645685
Cf ZY^2: 0.0032285988109409733
Cf ZY CX: 0.004276165981094114
Cf ZY CY: -0.036337847773687135
Cf ZY L: 0.0020487708471438604
Cf CX^2: 1.0378253810733435
Cf CX CY: -0.7636219194191742
Cf CX L: -0.049855142962948115
Cf CY^2: -0.3949370272897836
Cf CY L: -0.037201878712556556
Cf L^2: -0.05307682829142538
Cf L^3: 0.05643352585919097
Cf ZX^2 ZY: 0.03257602883451277
Cf ZX^2 CX: 0.015038587177840679
Cf ZX^2 CY: 0.028495485623538583
Cf ZX^2 L: 0.00016192544661025599
Cf ZX ZY^2: 0.025720699315674195
Cf ZX ZY CX: -0.01567363264875736
Cf ZX ZY CY: -0.018501035023429785
Cf ZX ZY L: -0.015811577825685597
Cf ZX CX^2: -0.06687236299163253
Cf ZX CX CY: 0.00962773725096535
Cf ZX CX L: -0.021035836904479903
Cf ZX CY^2: -0.010927634924231877
Cf ZX CY L: -0.02138075597238126
Cf ZX L^2: -0.013933844362426229
Cf ZY^3: -0.007039758128719306
Cf ZY^2 CX: 0.0042244926684021356
Cf ZY^2 CY: -0.0028607570629886614
Cf ZY^2 L: 0.0011711222029803237
Cf ZY CX^2: -0.00617386357226421
Cf ZY CX CY: 0.04574907146150925
Cf ZY CX L: -0.002990558422470313
Cf ZY CY^2: 0.029485590976878986
Cf ZY CY L: 0.0029063721393550457
Cf ZY L^2: 8.530941026732575e-05
Cf CX^3: -0.7478789622759696
Cf CX^2 CY: 0.4917245463443596
Cf CX^2 L: -0.034205906524625074
Cf CX CY^2: 0.16494633875912817
Cf CX CY L: 0.023188956338794225
Cf CX L^2: 0.008325004358351623
Cf CY^3: 0.1980594610946923
Cf CY^2 L: 0.008781433323633792
Cf CY L^2: 0.003950858790980963
Cf L^3: 0.0034576800786517703
Intercepto del modelo: 0.5631680428542505
Ecuación de la regresión polinómica:
y = 0.5631680428542505 + -1.526729113535993e-13 * 1 + -0.3010705974583908 * ZX + 0.06516110127543674 * ZY + -0.23438029154630022 * CX + 0.3777623577686465 * CY + 0.23808407205567567 * L + -0.30094817033568527 * ZX^2 + -0.12354961583066768 * ZX ZY + 0.15712095977332938 * ZX CX + 0.09329686585020011 * ZX CY + 0.18820126439645685 * ZX L + 0.0032285988109409733 * ZY^2 + 0.004276165981094114 * ZY CX + -0.036337847773687135 * ZY CY + 0.0020487708471438604 * ZY L + 1.0378253810733435 * CX^2 + -0.7636219194191742 * CX CY + -0.049855142962948115 * CX L + -0.3949370272897836 * CY^2 + -0.037201878712556556 * CY L + -0.05307682829142538 * L^2 + 0.05643352585919097 * L^3
```

```

585919097 * ZX^3 + 0.03257602883451277 * ZX^2 ZY + 0.015038587177840679 * ZX^2 CX + 0.0284954
85623538583 * ZX^2 CY + 0.00016192544661025599 * ZX^2 L + 0.025720699315674195 * ZX ZY^2 + -
0.01567363264875736 * ZX ZY CX + -0.018501035023429785 * ZX ZY CY + -0.015811577825685597 * Z
X ZY L + -0.06687236299163253 * ZX CX^2 + 0.00962773725096535 * ZX CX CY + -0.021035836904479
903 * ZX CX L + -0.010927634924231877 * ZX CY^2 + -0.02138075597238126 * ZX CY L + -0.0139338
44362426229 * ZX L^2 + -0.007039758128719306 * ZY^3 + 0.0042244926684021356 * ZY^2 CX + -0.00
28607570629886614 * ZY^2 CY + 0.0011711222029803237 * ZY^2 L + -0.00617386357226421 * ZY CX^2
+ 0.04574907146150925 * ZY CX CY + -0.002990558422470313 * ZY CX L + 0.029485590976878986 * Z
Y CY^2 + 0.0029063721393550457 * ZY CY L + 8.530941026732575e-05 * ZY L^2 + -0.74787896227596
96 * CX^3 + 0.4917245463443596 * CX^2 CY + -0.034205906524625074 * CX^2 L + 0.164946338759128
17 * CX CY^2 + 0.023188956338794225 * CX CY L + 0.008325004358351623 * CX L^2 + 0.19805946109
46923 * CY^3 + 0.008781433323633792 * CY^2 L + 0.003950858790980963 * CY L^2 + 0.003457680078
6517703 * L^3

```

```

In [6]: # Función para predecir MLIVE con valores ingresados para ZX, CX y L
def predecir_mMomentoZ(zx, zy, cx, cy, l):
    # Crear un DataFrame con Los valores ingresados
    valores_nuevos = pd.DataFrame([[zx, zy, cx, cy, l]], columns=['ZX', 'ZY', 'CX', 'CY', 'L']

    # Transformar Los valores ingresados para incluir características polinómicas
    valores_nuevos_poly = poly.transform(valores_nuevos)

    # Predecir MLIVE con el modelo entrenado
    prediccion = model_poly.predict(valores_nuevos_poly)

    return prediccion[0]

```

```

In [7]: # Ejemplo de predicción
zx_nuevo = float(input("Ingrese el valor de ZX: "))
zy_nuevo = float(input("Ingrese el valor de ZY: "))
cx_nuevo = float(input("Ingrese el valor de CX: "))
cy_nuevo = float(input("Ingrese el valor de CY: "))
l_nuevo = float(input("Ingrese el valor de L: "))
mMomentoZ_real = float(input("Ingrese el valor real de Live: "))

mMomentoZ_predicho = predecir_mMomentoZ(zx_nuevo, zy_nuevo, cx_nuevo, cy_nuevo, l_nuevo)
print(f"Predicción de mMomentoZ para ZX={zx_nuevo}, ZY={zy_nuevo}, CX={cx_nuevo}, CY={cy_nuev

Ingreso el valor de ZX: 1.75
Ingreso el valor de ZY: 1.5
Ingreso el valor de CX: 0.65
Ingreso el valor de CY: 0.5
Ingreso el valor de L: 6.6
Ingreso el valor real de Live: 0.5573
Predicción de mMomentoZ para ZX=1.75, ZY=1.5, CX=0.65, CY=0.5, L=6.6: 0.5518113519160538

```

```

In [8]: # Calcular el coeficiente de determinación R^2 y el error cuadrático medio (MSE) para La pred
r2_pred = r2_score([mMomentoZ_real], [mMomentoZ_predicho])
mse_pred = mean_squared_error([mMomentoZ_real], [mMomentoZ_predicho])

print(f"Coeficiente de determinación (R^2) para la predicción: {r2_pred}")
print(f"Error cuadrático medio (MSE) para la predicción: {mse_pred}")

```

```

Coeficiente de determinación (R^2) para la predicción: nan
Error cuadrático medio (MSE) para la predicción: 3.012525778940655e-05

/usr/local/lib/python3.10/dist-packages/sklearn/metrics/_regression.py:996: UndefinedMetricWarning:
Warning: R^2 score is not well-defined with less than two samples.
warnings.warn(msg, UndefinedMetricWarning)

```

```
In [ ]: from google.colab import files
import pandas as pd
from sklearn.linear_model import LinearRegression
from sklearn.preprocessing import PolynomialFeatures
from sklearn.metrics import mean_squared_error, r2_score

# Cargar archivo CSV desde el sistema local
uploaded = files.upload()

# Obtener el nombre del archivo cargado
file_name = next(iter(uploaded))

# Leer el archivo CSV usando pandas
df = pd.read_csv(file_name)

# Visualizar Los primeros 5 registros del DataFrame
print(df.head())
```

Elegir archivos Sin archivos seleccionados Upload widget is only available when the cell has been executed in the current browser session. Please rerun this cell to enable.

```
Saving MMomento_F.csv to MMomento_F.csv
  ZX  ZY  CX  CY  L  Momento
0  0.8  0.8  0.25  0.25  2.0  -0.2625
1  0.8  0.9  0.25  0.25  2.0  -0.2654
2  0.8  1.0  0.25  0.25  2.0  -0.2665
3  0.8  1.1  0.25  0.25  2.0  -0.2672
4  0.8  1.2  0.25  0.25  2.0  -0.2689
```

```
In [ ]: # Definir Las variables independientes (ZX, ZY, CX, CY, L) y La variable dependiente (Momento)
X = df[['ZX', 'ZY', 'CX', 'CY', 'L']]
y = df['Momento']
```

```
In [ ]: # Se puede ajustar el grado del polinomio según sea necesario
poly = PolynomialFeatures(degree=3)

# Transformar Los datos de entrada para incluir características polinómicas
X_poly = poly.fit_transform(X)

# Crear un modelo de Regresión Lineal
model_poly = LinearRegression()

# Entrenar el modelo con Los datos transformados
model_poly.fit(X_poly, y)
```

```
Out[ ]: LinearRegression
LinearRegression()
```

```
In [ ]: # Coeficientes del modelo
coeficientes = model_poly.coef_

# Imprimir Los coeficientes con Las características correspondientes
features = poly.get_feature_names_out(['ZX', 'ZY', 'CX', 'CY', 'L'])
print("Coeficientes del modelo:")
for feature, coef in zip(features, coeficientes):
    print(f"Cf {feature}: {coef}")

# Intercepto del modelo
intercepto = model_poly.intercept_

# Imprimir el intercepto
print(f"Intercepto del modelo: {intercepto}")
```

```
# Generar la ecuación de la regresión polinómica
ecuacion = f"y = {intercepto} + "
ecuacion += " + ".join([f"{coef} * {feature}" for feature, coef in zip(features, coeficientes)

# Imprimir la ecuación
print("Ecuación de la regresión polinómica:")
print(ecuacion)
```

```
Coefficientes del modelo:
Cf 1: -1.0995132410035903e-13
Cf ZX: -0.7161616590924488
Cf ZY: -0.25688462999368616
Cf CX: 0.43978186762770577
Cf CY: 0.11006777632451789
Cf L: 0.1576409640911157
Cf ZX^2: -0.14818505170865975
Cf ZX ZY: 0.07107811508159234
Cf ZX CX: 0.029796420746230835
Cf ZX CY: 0.10551198881903794
Cf ZX L: 0.22836325784766154
Cf ZY^2: 0.11015391170796962
Cf ZY CX: -0.1360323001922795
Cf ZY CY: 0.0007839725723135793
Cf ZY L: 0.038477011149915696
Cf CX^2: -0.2739940351056257
Cf CX CY: -0.07763587770186971
Cf CX L: -0.09477646080664949
Cf CY^2: 0.041208622445528684
Cf CY L: -0.060815199853881285
Cf L^2: -0.04628101960113352
Cf ZX^3: 0.006717132270133779
Cf ZX^2 ZY: 0.0004513788939953661
Cf ZX^2 CX: 0.03327541955288052
Cf ZX^2 CY: 0.01733702227648312
Cf ZX^2 L: 0.01607022260301194
Cf ZX ZY^2: -0.0351364918513859
Cf ZX ZY CX: 0.03510197396086166
Cf ZX ZY CY: -0.03583702661462046
Cf ZX ZY L: 0.011857794378124939
Cf ZX CX^2: 0.0391532599778334
Cf ZX CX CY: -0.003865374630264572
Cf ZX CX L: -0.026720580456027578
Cf ZX CY^2: 0.0277633303919482
Cf ZX CY L: -0.01837052685641638
Cf ZX L^2: -0.01764875801947008
Cf ZY^3: -0.00927657005343785
Cf ZY^2 CX: 0.012682133890374064
Cf ZY^2 CY: -0.02582017798034507
Cf ZY^2 L: -0.0065973513170939635
Cf ZY CX^2: 0.10701893069762083
Cf ZY CX CY: 0.04928092455032596
Cf ZY CX L: -0.007051499971408873
Cf ZY CY^2: 0.09164899248919102
Cf ZY CY L: -0.0002571588538542585
Cf ZY L^2: -0.0020902120667688484
Cf CX^3: -0.1358091125582261
Cf CX^2 CY: -0.06928065953299431
Cf CX^2 L: 0.05466963275509177
Cf CX CY^2: -0.11117197101996074
Cf CX CY L: 0.03216832991884057
Cf CX L^2: 0.006531644982843476
Cf CY^3: -0.2447452538479877
Cf CY^2 L: 0.02749021196805582
Cf CY L^2: 0.003978440667425254
Cf L^3: 0.0034620648441606727
Intercepto del modelo: -0.08777419858349494
Ecuación de la regresión polinómica:
y = -0.08777419858349494 + -1.0995132410035903e-13 * 1 + -0.7161616590924488 * ZX + -0.256884
62999368616 * ZY + 0.43978186762770577 * CX + 0.11006777632451789 * CY + 0.1576409640911157 *
L + -0.14818505170865975 * ZX^2 + 0.07107811508159234 * ZX ZY + 0.029796420746230835 * ZX CX
+ 0.10551198881903794 * ZX CY + 0.22836325784766154 * ZX L + 0.11015391170796962 * ZY^2 + -0.
1360323001922795 * ZY CX + 0.0007839725723135793 * ZY CY + 0.038477011149915696 * ZY L + -0.2
739940351056257 * CX^2 + -0.07763587770186971 * CX CY + -0.09477646080664949 * CX L + 0.04120
8622445528684 * CY^2 + -0.060815199853881285 * CY L + -0.04628101960113352 * L^2 + 0.00671713
```

```

2270133779 * ZX^3 + 0.0004513788939953661 * ZX^2 ZY + 0.03327541955288052 * ZX^2 CX + 0.01733
702227648312 * ZX^2 CY + 0.01607022260301194 * ZX^2 L + -0.0351364918513859 * ZX ZY^2 + 0.035
10197396086166 * ZX ZY CX + -0.03583702661462046 * ZX ZY CY + 0.011857794378124939 * ZX ZY L
+ 0.03915325997778334 * ZX CX^2 + -0.003865374630264572 * ZX CX CY + -0.026720580456027578 *
ZX CX L + 0.0277633303919482 * ZX CY^2 + -0.01837052685641638 * ZX CY L + -0.0176487580194700
8 * ZX L^2 + -0.00927657005343785 * ZY^3 + 0.012682133890374064 * ZY^2 CX + -0.02582017798034
507 * ZY^2 CY + -0.0065973513170939635 * ZY^2 L + 0.10701893069762083 * ZY CX^2 + 0.049280924
55032596 * ZY CX CY + -0.007051499971408873 * ZY CX L + 0.09164899248919102 * ZY CY^2 + -0.00
02571588538542585 * ZY CY L + -0.0020902120667688484 * ZY L^2 + -0.1358091125582261 * CX^3 +
-0.06928065953299431 * CX^2 CY + 0.05466963275509177 * CX^2 L + -0.11117197101996074 * CX CY^
2 + 0.03216832991884057 * CX CY L + 0.006531644982843476 * CX L^2 + -0.2447452538479877 * CY^
3 + 0.02749021196805582 * CY^2 L + 0.003978440667425254 * CY L^2 + 0.0034620648441606727 * L^
3

```

```

In [ ]: # Función para predecir MLIVE con valores ingresados para ZX, CX y L
def predecir_mMomento(zx, zy, cx, cy, l):
    # Crear un DataFrame con Los valores ingresados
    valores_nuevos = pd.DataFrame([[zx, zy, cx, cy, l]], columns=['ZX', 'ZY', 'CX', 'CY', 'L']

    # Transformar Los valores ingresados para incluir características polinómicas
    valores_nuevos_poly = poly.transform(valores_nuevos)

    # Predecir MLIVE con el modelo entrenado
    prediccion = model_poly.predict(valores_nuevos_poly)

    return prediccion[0]

```

```

In [ ]: # Ejemplo de predicción
zx_nuevo = float(input("Ingrese el valor de ZX: "))
zy_nuevo = float(input("Ingrese el valor de ZY: "))
cx_nuevo = float(input("Ingrese el valor de CX: "))
cy_nuevo = float(input("Ingrese el valor de CY: "))
l_nuevo = float(input("Ingrese el valor de L: "))
mMomento_real = float(input("Ingrese el valor real de Momento: "))

mMomento_predicho = predecir_mMomento(zx_nuevo, zy_nuevo, cx_nuevo, cy_nuevo, l_nuevo)
print(f"Predicción de MMomento para ZX={zx_nuevo}, ZY={zy_nuevo}, CX={cx_nuevo}, CY={cy_nuevo}

Ingreso el valor de ZX: 1.75
Ingreso el valor de ZY: 1.5
Ingreso el valor de CX: 0.65
Ingreso el valor de CY: 0.5
Ingreso el valor de L: 6.6
Ingreso el valor real de Live: 0.0552
Predicción de MMomento para ZX=1.75, ZY=1.5, CX=0.65, CY=0.5, L=6.6: 0.053069736081425456

```

```

In [ ]: # Calcular el coeficiente de determinación R^2 y el error cuadrático medio (MSE) para La pred
r2_pred = r2_score([mMomento_real], [mMomento_predicho])
mse_pred = mean_squared_error([mMomento_real], [mMomento_predicho])

print(f"Coeficiente de determinación (R^2) para la predicción: {r2_pred}")
print(f"Error cuadrático medio (MSE) para la predicción: {mse_pred}")

```

```

Coeficiente de determinación (R^2) para la predicción: nan
Error cuadrático medio (MSE) para la predicción: 4.538024362780568e-06

/usr/local/lib/python3.10/dist-packages/sklearn/metrics/_regression.py:996: UndefinedMetricWarning:
Warning: R^2 score is not well-defined with less than two samples.
warnings.warn(msg, UndefinedMetricWarning)

```

```
In [1]: from google.colab import files
import pandas as pd
from sklearn.linear_model import LinearRegression
from sklearn.preprocessing import PolynomialFeatures
from sklearn.metrics import mean_squared_error, r2_score

# Cargar archivo CSV desde el sistema local
uploaded = files.upload()

# Obtener el nombre del archivo cargado
file_name = next(iter(uploaded))

# Leer el archivo CSV usando pandas
df = pd.read_csv(file_name)

# Visualizar Los primeros 5 registros del DataFrame
print(df.head())
```

Elegir archivos Sin archivos seleccionados Upload widget is only available when the cell has been executed in the current browser session. Please rerun this cell to enable.

```
Saving MLIVE_F.csv to MLIVE_F.csv
   ZX  ZY  CX  CY  L  Live
0  0.8  0.8  0.25  0.25  2.0 -0.1402
1  0.8  0.9  0.25  0.25  2.0 -0.1333
2  0.8  1.0  0.25  0.25  2.0 -0.1300
3  0.8  1.1  0.25  0.25  2.0 -0.1274
4  0.8  1.2  0.25  0.25  2.0 -0.1229
```

```
In [2]: # Definir Las variables independientes (ZX, ZY, CX, CY, L) y La variable dependiente (Live)
X = df[['ZX', 'ZY', 'CX', 'CY', 'L']]
y = df['Live']
```

```
In [3]: # Se puede ajustar el grado del polinomio según sea necesario
poly = PolynomialFeatures(degree=3)

# Transformar Los datos de entrada para incluir características polinómicas
X_poly = poly.fit_transform(X)

# Crear un modelo de Regresión Lineal
model_poly = LinearRegression()

# Entrenar el modelo con Los datos transformados
model_poly.fit(X_poly, y)
```

```
Out[3]: LinearRegression
LinearRegression()
```

```
In [9]: # Coeficientes del modelo
coeficientes = model_poly.coef_

# Imprimir Los coeficientes con Las características correspondientes
features = poly.get_feature_names_out(['ZX', 'ZY', 'CX', 'CY', 'L'])
print("Coeficientes del modelo:")
for feature, coef in zip(features, coeficientes):
    print(f"Cf {feature}: {coef}")

# Intercepto del modelo
intercepto = model_poly.intercept_

# Imprimir el intercepto
print(f"Intercepto del modelo: {intercepto}")
```

```
# Generar la ecuación de la regresión polinómica
ecuacion = f"y = {intercepto} + "
ecuacion += " + ".join([f"{coef} * {feature}" for feature, coef in zip(features, coeficientes)

# Imprimir la ecuación
print("Ecuación de la regresión polinómica:")
print(ecuacion)
```

```
Coefficientes del modelo:
Cf 1: 1.872365113183591e-13
Cf ZX: -0.27990389197324683
Cf ZY: 0.02728294034373322
Cf CX: 0.29665626424270525
Cf CY: -0.2354035455457707
Cf L: -0.05041939852245008
Cf ZX^2: 0.3808939295937368
Cf ZX ZY: 0.12016830267053509
Cf ZX CX: -0.3543690480347246
Cf ZX CY: -0.3099858575243113
Cf ZX L: -0.18541107084452074
Cf ZY^2: -0.03352043214296542
Cf ZY CX: -0.000999539747208622
Cf ZY CY: 0.07022504513130692
Cf ZY L: -0.01828360381891516
Cf CX^2: 0.06060440223508824
Cf CX CY: 0.31898157061636656
Cf CX L: 0.1158011949587503
Cf CY^2: 0.34482363043212816
Cf CY L: 0.03510618910418111
Cf L^2: 0.021232024499211084
Cf ZX^3: -0.06426244173926528
Cf ZX^2 ZY: 0.007277588482499556
Cf ZX^2 CX: 0.02845844010675079
Cf ZX^2 CY: -0.021586512183041924
Cf ZX^2 L: 0.004125384896355291
Cf ZX ZY^2: -0.04107006941759324
Cf ZX ZY CX: -0.02581397818449155
Cf ZX ZY CY: 0.04916810310286783
Cf ZX ZY L: 0.007993801061919714
Cf ZX CX^2: 0.042526681467397374
Cf ZX CX CY: 0.04651080264941343
Cf ZX CX L: 0.014088416632125567
Cf ZX CY^2: 0.04382345313047524
Cf ZX CY L: 0.02808134007541163
Cf ZX L^2: 0.011997368577163381
Cf ZY^3: 0.010718287322441372
Cf ZY^2 CX: 0.00900130590489525
Cf ZY^2 CY: 0.01073797755841815
Cf ZY^2 L: 0.002429911426423098
Cf ZY CX^2: 0.01261463143143484
Cf ZY CX CY: -0.034591734546166146
Cf ZY CX L: -0.004766865082505289
Cf ZY CY^2: -0.10231620302142454
Cf ZY CY L: -0.0057162106145530606
Cf ZY L^2: 0.0007084890697504481
Cf CX^3: 0.05590401847706348
Cf CX^2 CY: -0.24813032293858514
Cf CX^2 L: -0.011761690321870702
Cf CX CY^2: -0.03919799436299552
Cf CX CY L: -0.012828402133640032
Cf CX L^2: -0.009390798957141872
Cf CY^3: -0.1265189491986429
Cf CY^2 L: -0.00996405019097224
Cf CY L^2: -0.003223107208886189
Cf L^3: -0.0016178617057924227
Intercepto del modelo: 0.09017842250590996
Ecuación de la regresión polinómica:
y = 0.09017842250590996 + 1.872365113183591e-13 * 1 + -0.27990389197324683 * ZX + 0.02728294034373322 * ZY + 0.29665626424270525 * CX + -0.2354035455457707 * CY + -0.05041939852245008 * L + 0.3808939295937368 * ZX^2 + 0.12016830267053509 * ZX ZY + -0.3543690480347246 * ZX CX + -0.3099858575243113 * ZX CY + -0.18541107084452074 * ZX L + -0.03352043214296542 * ZY^2 + -0.000999539747208622 * ZY CX + 0.07022504513130692 * ZY CY + -0.01828360381891516 * ZY L + 0.06060440223508824 * CX^2 + 0.31898157061636656 * CX CY + 0.1158011949587503 * CX L + 0.34482363043212816 * CY^2 + 0.03510618910418111 * CY L + 0.021232024499211084 * L^2 + -0.06426244173926528
```

```

528 * ZX^3 + 0.007277588482499556 * ZX^2 ZY + 0.02845844010675079 * ZX^2 CX + -0.021586512183
041924 * ZX^2 CY + 0.004125384896355291 * ZX^2 L + -0.04107006941759324 * ZX ZY^2 + -0.025813
97818449155 * ZX ZY CX + 0.04916810310286783 * ZX ZY CY + 0.007993801061919714 * ZX ZY L + 0.
042526681467397374 * ZX CX^2 + 0.04651080264941343 * ZX CX CY + 0.014088416632125567 * ZX CX
L + 0.04382345313047524 * ZX CY^2 + 0.02808134007541163 * ZX CY L + 0.011997368577163381 * ZX
L^2 + 0.010718287322441372 * ZY^3 + 0.00900130590489525 * ZY^2 CX + 0.010737977755841815 * ZY
^2 CY + 0.002429911426423098 * ZY^2 L + 0.01261463143143484 * ZY CX^2 + -0.034591734546166146
* ZY CX CY + -0.004766865082505289 * ZY CX L + -0.10231620302142454 * ZY CY^2 + -0.0057162106
145530606 * ZY CY L + 0.0007084890697504481 * ZY L^2 + 0.05590401847706348 * CX^3 + -0.248130
32293858514 * CX^2 CY + -0.011761690321870702 * CX^2 L + -0.03919799436299552 * CX CY^2 + -0.
012828402133640032 * CX CY L + -0.009390798957141872 * CX L^2 + -0.1265189491986429 * CY^3 +
-0.00996405019097224 * CY^2 L + -0.003223107208886189 * CY L^2 + -0.0016178617057924227 * L^3

```

```

In [5]: # Función para predecir MLIVE con valores ingresados para ZX, CX y L
def predecir_mlive(zx, zy, cx, cy, l):
    # Crear un DataFrame con los valores ingresados
    valores_nuevos = pd.DataFrame([[zx, zy, cx, cy, l]], columns=['ZX', 'ZY', 'CX', 'CY', 'L']

    # Transformar los valores ingresados para incluir características polinómicas
    valores_nuevos_poly = poly.transform(valores_nuevos)

    # Predecir MLIVE con el modelo entrenado
    prediccion = model_poly.predict(valores_nuevos_poly)

    return prediccion[0]

```

```

In [6]: # Ejemplo de predicción
zx_nuevo = float(input("Ingrese el valor de ZX: "))
zy_nuevo = float(input("Ingrese el valor de ZY: "))
cx_nuevo = float(input("Ingrese el valor de CX: "))
cy_nuevo = float(input("Ingrese el valor de CY: "))
l_nuevo = float(input("Ingrese el valor de L: "))
mlive_real = float(input("Ingrese el valor real de Live: "))

mlive_predicho = predecir_mlive(zx_nuevo, zy_nuevo, cx_nuevo, cy_nuevo, l_nuevo)
print(f"Predicción de MLIVE para ZX={zx_nuevo}, ZY={zy_nuevo}, CX={cx_nuevo}, CY={cy_nuevo},
Ingreso el valor de ZX: 1.75
Ingreso el valor de ZY: 1.5
Ingreso el valor de CX: 0.65
Ingreso el valor de CY: 0.5
Ingreso el valor de L: 6.6
Ingreso el valor real de Live: -0.2174
Predicción de MLIVE para ZX=1.75, ZY=1.5, CX=0.65, CY=0.5, L=6.6: -0.24881901359267966

```

```

In [8]: # Calcular el coeficiente de determinación R^2 y el error cuadrático medio (MSE) para la pred
r2_pred = r2_score([mlive_real], [mlive_predicho])
mse_pred = mean_squared_error([mlive_real], [mlive_predicho])

print(f"Coeficiente de determinación (R^2) para la predicción: {r2_pred}")
print(f"Error cuadrático medio (MSE) para la predicción: {mse_pred}")

Coeficiente de determinación (R^2) para la predicción: nan
Error cuadrático medio (MSE) para la predicción: 0.0009871544151369887
/usr/local/lib/python3.10/dist-packages/sklearn/metrics/_regression.py:996: UndefinedMetricWarning: R^2 score is not well-defined with less than two samples.
warnings.warn(msg, UndefinedMetricWarning)

```

```
In [2]: from google.colab import files
import pandas as pd
from sklearn.linear_model import LinearRegression
from sklearn.preprocessing import PolynomialFeatures
from sklearn.metrics import mean_squared_error, r2_score

# Cargar archivo CSV desde el sistema local
uploaded = files.upload()

# Obtener el nombre del archivo cargado
file_name = next(iter(uploaded))

# Leer el archivo CSV usando pandas
df = pd.read_csv(file_name)

# Visualizar Los primeros 5 registros del DataFrame
print(df.head())
```

Elegir archivos Sin archivos seleccionados Upload widget is only available when the cell has been executed in the current browser session. Please rerun this cell to enable.

```
Saving VSCD.csv to VSCD.csv
   Bv   Hv   SCD
0  0.25  0.35 -0.0522
1  0.25  0.40 -0.0960
2  0.25  0.45 -0.1252
3  0.25  0.50 -0.1450
4  0.25  0.55 -0.1590
```

```
In [3]: # Definir Las variables independientes (Bv, Hv) y La variable dependiente (Live)
X = df[['Bv', 'Hv']].astype(float) # Convertir datos a formato numérico
y = df['SCD'].astype(float)
```

```
In [4]: # Se puede ajustar el grado del polinomio según sea necesario
poly = PolynomialFeatures(degree=3)

# Transformar Los datos de entrada para incluir características polinómicas
X_poly = poly.fit_transform(X)

# Crear un modelo de Regresión Lineal
model_poly = LinearRegression()

# Entrenar el modelo con Los datos transformados
model_poly.fit(X_poly, y)
```

```
Out[4]: ▼ LinearRegression
LinearRegression()
```

```
In [5]: # Coeficientes del modelo
coeficientes = model_poly.coef_

# Imprimir Los coeficientes con Las características correspondientes
features = poly.get_feature_names_out(['Bv', 'Hv'])
print("Coeficientes del modelo:")
for feature, coef in zip(features, coeficientes):
    print(f"Coeficiente para {feature}: {coef}")

# Intercepto del modelo
intercepto = model_poly.intercept_

# Imprimir el intercepto
print(f"Intercepto del modelo: {intercepto}")
```

```
# Generar la ecuación de la regresión polinómica
ecuacion = f"y = {intercepto} + "
ecuacion += " + ".join([f"{coef} * {feature}" for feature, coef in zip(features, coeficientes)]

# Imprimir la ecuación
print("Ecuación de la regresión polinómica:")
print(ecuacion)
```

```
Coeficientes del modelo:
Coeficiente para 1: 0.0
Coeficiente para Bv: -1.6006441360888053
Coeficiente para Hv: -2.945385605576075
Coeficiente para Bv^2: 1.4929749417249902
Coeficiente para Bv Hv: 2.4948844726702055
Coeficiente para Hv^2: 3.2112390255247183
Coeficiente para Bv^3: -0.5907407407407608
Coeficiente para Bv^2 Hv: -0.9519980019980334
Coeficiente para Bv Hv^2: -1.1120422434708088
Coeficiente para Hv^3: -1.228455495122152
Intercepto del modelo: 0.7841819434533752
Ecuación de la regresión polinómica:
y = 0.7841819434533752 + 0.0 * 1 + -1.6006441360888053 * Bv + -2.945385605576075 * Hv + 1.4929749417249902 * Bv^2 + 2.4948844726702055 * Bv Hv + 3.2112390255247183 * Hv^2 + -0.5907407407407608 * Bv^3 + -0.9519980019980334 * Bv^2 Hv + -1.1120422434708088 * Bv Hv^2 + -1.228455495122152 * Hv^3
```

```
In [6]: # Función para predecir SCD con valores ingresados para Bv, y Hv
def predecir_VSCD(bv, hv):
    # Crear un DataFrame con los valores ingresados
    valores_nuevos = pd.DataFrame([[bv, hv]], columns=['Bv', 'Hv'])

    # Transformar los valores ingresados para incluir características polinómicas
    valores_nuevos_poly = poly.transform(valores_nuevos)

    # Predecir VSCD con el modelo entrenado
    prediccion = model_poly.predict(valores_nuevos_poly)

    return prediccion[0]

# Ejemplo de predicción
bv_nuevo = float(input("Ingrese el valor de Bv: "))
hv_nuevo = float(input("Ingrese el valor de Hv: "))
VSCD_real = float(input("Ingrese el valor real de SCD: "))
```

```
Ingrese el valor de Bv: 0.5
Ingrese el valor de Hv: 0.9
Ingrese el valor real de SCD: -0.1998
```

```
In [ ]: from google.colab import files
import pandas as pd
from sklearn.linear_model import LinearRegression
from sklearn.preprocessing import PolynomialFeatures
from sklearn.metrics import mean_squared_error, r2_score

# Cargar archivo CSV desde el sistema local
uploaded = files.upload()

# Obtener el nombre del archivo cargado
file_name = next(iter(uploaded))

# Leer el archivo CSV usando pandas
df = pd.read_csv(file_name)

# Visualizar Los primeros 5 registros del DataFrame
print(df.head())
```

Elegir archivos Sin archivos seleccionados Upload widget is only available when the cell has been executed in the current browser session. Please rerun this cell to enable.

Saving VMomentoZ.csv to VMomentoZ.csv

	Bv	Hv	MomentoZ
0	0.25	0.35	0.0274
1	0.25	0.40	0.0381
2	0.25	0.45	0.0453
3	0.25	0.50	0.0502
4	0.25	0.55	0.0537

```
In [ ]: # Definir Las variables independientes (Bv, Hv) y La variable dependiente (Live)
X = df[['Bv', 'Hv']].astype(float) # Convertir datos a formato numérico
y = df['MomentoZ'].astype(float)
```

```
In [ ]: # Se puede ajustar el grado del polinomio según sea necesario
poly = PolynomialFeatures(degree=3)

# Transformar Los datos de entrada para incluir características polinómicas
X_poly = poly.fit_transform(X)

# Crear un modelo de Regresión Lineal
model_poly = LinearRegression()

# Entrenar el modelo con Los datos transformados
model_poly.fit(X_poly, y)
```

```
Out[ ]: ▼ LinearRegression
LinearRegression()
```

```
In [ ]: # Coeficientes del modelo
coeficientes = model_poly.coef_

# Imprimir Los coeficientes con Las características correspondientes
features = poly.get_feature_names_out(['Bv', 'Hv'])
print("Coeficientes del modelo:")
for feature, coef in zip(features, coeficientes):
    print(f"Coeficiente para {feature}: {coef}")

# Intercepto del modelo
intercepto = model_poly.intercept_

# Imprimir el intercepto
print(f"Intercepto del modelo: {intercepto}")
```

```
# Generar la ecuación de la regresión polinómica
ecuacion = f"y = {intercepto} + "
ecuacion += " + ".join([f"{coef} * {feature}" for feature, coef in zip(features, coeficientes)]

# Imprimir la ecuación
print("Ecuación de la regresión polinómica:")
print(ecuacion)
```

```
Coefficientes del modelo:
Coeficiente para 1: 0.0
Coeficiente para Bv: 0.3948261297344702
Coeficiente para Hv: 0.7179540521207162
Coeficiente para Bv^2: -0.3805147630147776
Coeficiente para Bv Hv: -0.5996903096903133
Coeficiente para Hv^2: -0.7820494320494262
Coeficiente para Bv^3: 0.16049382716050142
Coeficiente para Bv^2 Hv: 0.22717282717283524
Coeficiente para Bv Hv^2: 0.2676523476523454
Coeficiente para Hv^3: 0.2993352326685632
Intercepto del modelo: -0.1775091787841794
Ecuación de la regresión polinómica:
y = -0.1775091787841794 + 0.0 * 1 + 0.3948261297344702 * Bv + 0.7179540521207162 * Hv + -0.3805147630147776 * Bv^2 + -0.5996903096903133 * Bv Hv + -0.7820494320494262 * Hv^2 + 0.16049382716050142 * Bv^3 + 0.22717282717283524 * Bv^2 Hv + 0.2676523476523454 * Bv Hv^2 + 0.2993352326685632 * Hv^3
```

```
In [ ]: # Función para predecir MLIVE con valores ingresados para Bv, y Hv
def predecir_mMomentoZ(bv, hv):
    # Crear un DataFrame con los valores ingresados
    valores_nuevos = pd.DataFrame([[bv, hv]], columns=['Bv', 'Hv'])

    # Transformar los valores ingresados para incluir características polinómicas
    valores_nuevos_poly = poly.transform(valores_nuevos)

    # Predecir MLIVE con el modelo entrenado
    prediccion = model_poly.predict(valores_nuevos_poly)

    return prediccion[0]

# Ejemplo de predicción
bv_nuevo = float(input("Ingrese el valor de Bv: "))
hv_nuevo = float(input("Ingrese el valor de Hv: "))
mMomentoZ_real = float(input("Ingrese el valor real de MomentoZ: "))
```

```
Ingreso el valor de Bv: 0.45
Ingreso el valor de Hv: 0.65
Ingreso el valor real de MomentoZ: 0.0614
```

```
In [ ]: mMomentoZ_predicho = predecir_mMomentoZ(bv_nuevo, hv_nuevo)
print(f"Predicción de MMOMENTOZ para Bv={bv_nuevo}, Hv={hv_nuevo},: {mMomentoZ_predicho}")

# Calcular el coeficiente de determinación R^2 y el error cuadrático medio (MSE) para la pred
r2 = r2_score([mMomentoZ_real], [mMomentoZ_predicho])
mse = mean_squared_error([mMomentoZ_real], [mMomentoZ_predicho])

print(f"Coeficiente de determinación (R^2) para la predicción: {r2}")
print(f"Error cuadrático medio (MSE) para la predicción: {mse}")
```

```
Predicción de MMOMENTOZ para Bv=0.45, Hv=0.65,: 0.06157213758463739
Coeficiente de determinación (R^2) para la predicción: nan
Error cuadrático medio (MSE) para la predicción: 2.963134804479456e-08
```

```
/usr/local/lib/python3.10/dist-packages/sklearn/metrics/_regression.py:918: UndefinedMetricWarning: R^2 score is not well-defined with less than two samples.
warnings.warn(msg, UndefinedMetricWarning)
```

```
In [ ]: from google.colab import files
import pandas as pd
from sklearn.linear_model import LinearRegression
from sklearn.preprocessing import PolynomialFeatures
from sklearn.metrics import mean_squared_error, r2_score

# Cargar archivo CSV desde el sistema local
uploaded = files.upload()

# Obtener el nombre del archivo cargado
file_name = next(iter(uploaded))

# Leer el archivo CSV usando pandas
df = pd.read_csv(file_name)

# Visualizar Los primeros 5 registros del DataFrame
print(df.head())
```

Elegir archivos Sin archivos seleccionados Upload widget is only available when the cell has been executed in the current browser session. Please rerun this cell to enable.

```
Saving VMomento.csv to VMomento.csv
   Bv   Hv  Momento
0  0.25  0.35 -0.00320
1  0.25  0.40 -0.00795
2  0.25  0.45 -0.01110
3  0.25  0.50 -0.01325
4  0.25  0.55 -0.01475
```

```
In [ ]: # Definir Las variables independientes (Bv, Hv) y La variable dependiente (Live)
X = df[['Bv', 'Hv']].astype(float) # Convertir datos a formato numérico
y = df['Momento'].astype(float)
```

```
In [ ]: # Se puede ajustar el grado del polinomio según sea necesario
poly = PolynomialFeatures(degree=3)

# Transformar Los datos de entrada para incluir características polinómicas
X_poly = poly.fit_transform(X)

# Crear un modelo de Regresión Lineal
model_poly = LinearRegression()

# Entrenar el modelo con Los datos transformados
model_poly.fit(X_poly, y)
```

```
Out[ ]: ▼ LinearRegression
LinearRegression()
```

```
In [ ]: # Coeficientes del modelo
coeficientes = model_poly.coef_

# Imprimir Los coeficientes con Las características correspondientes
features = poly.get_feature_names_out(['Bv', 'Hv'])
print("Coeficientes del modelo:")
for feature, coef in zip(features, coeficientes):
    print(f"Coeficiente para {feature}: {coef}")

# Intercepto del modelo
intercepto = model_poly.intercept_

# Imprimir el intercepto
print(f"Intercepto del modelo: {intercepto}")
```

```
# Generar la ecuación de la regresión polinómica
ecuacion = f"y = {intercepto} + "
ecuacion += " + ".join([f"{coef} * {feature}" for feature, coef in zip(features, coeficientes)]

# Imprimir la ecuación
print("Ecuación de la regresión polinómica:")
print(ecuacion)
```

```
Coefficientes del modelo:
Coeficiente para 1: 0.0
Coeficiente para Bv: -0.16907156477781765
Coeficiente para Hv: -0.31983267658267583
Coeficiente para Bv^2: 0.15218552281052805
Coeficiente para Bv Hv: 0.2687954545454569
Coeficiente para Hv^2: 0.34999722499722263
Coeficiente para Bv^3: -0.056481481481483485
Coeficiente para Bv^2 Hv: -0.10197302697303075
Coeficiente para Bv Hv^2: -0.11996003996003939
Coeficiente para Hv^3: -0.13431753431753313
Intercepto del modelo: 0.08693212759462797
Ecuación de la regresión polinómica:
y = 0.08693212759462797 + 0.0 * 1 + -0.16907156477781765 * Bv + -0.31983267658267583 * Hv +
0.15218552281052805 * Bv^2 + 0.2687954545454569 * Bv Hv + 0.34999722499722263 * Hv^2 + -0.056
481481481483485 * Bv^3 + -0.10197302697303075 * Bv^2 Hv + -0.11996003996003939 * Bv Hv^2 + -
0.13431753431753313 * Hv^3
```

```
In [ ]: # Función para predecir MLIVE con valores ingresados para Bv, y Hv
def predecir_mMomento(bv, hv):
    # Crear un DataFrame con los valores ingresados
    valores_nuevos = pd.DataFrame([[bv, hv]], columns=['Bv', 'Hv'])

    # Transformar los valores ingresados para incluir características polinómicas
    valores_nuevos_poly = poly.transform(valores_nuevos)

    # Predecir MLIVE con el modelo entrenado
    prediccion = model_poly.predict(valores_nuevos_poly)

    return prediccion[0]

# Ejemplo de predicción
bv_nuevo = float(input("Ingrese el valor de Bv: "))
hv_nuevo = float(input("Ingrese el valor de Hv: "))
mMomento_real = float(input("Ingrese el valor real de Live: "))
```

```
Ingreso el valor de Bv: 0.5
Ingreso el valor de Hv: 0.9
Ingreso el valor real de Live: -0.1879
```

```
In [ ]: mMomento_predicho = predecir_mMomento(bv_nuevo, hv_nuevo)
print(f"Predicción de MMOMENTO para Bv={bv_nuevo}, Hv={hv_nuevo},: {mMomento_predicho}")

# Calcular el coeficiente de determinación R^2 y el error cuadrático medio (MSE) para la pred
r2 = r2_score([mMomento_real], [mMomento_predicho])
mse = mean_squared_error([mMomento_real], [mMomento_predicho])

print(f"Coeficiente de determinación (R^2) para la predicción: {r2}")
print(f"Error cuadrático medio (MSE) para la predicción: {mse}")
```

```
Predicción de MMOMENTO para Bv=0.5, Hv=0.9,: -0.1911506373917089
Coeficiente de determinación (R^2) para la predicción: nan
Error cuadrático medio (MSE) para la predicción: 1.0566643452375964e-05
```

```
/usr/local/lib/python3.10/dist-packages/sklearn/metrics/_regression.py:918: UndefinedMetricWarning: R^2 score is not well-defined with less than two samples.
warnings.warn(msg, UndefinedMetricWarning)
```

```
In [ ]: from google.colab import files
import pandas as pd
from sklearn.linear_model import LinearRegression
from sklearn.preprocessing import PolynomialFeatures
from sklearn.metrics import mean_squared_error, r2_score

# Cargar archivo CSV desde el sistema local
uploaded = files.upload()

# Obtener el nombre del archivo cargado
file_name = next(iter(uploaded))

# Leer el archivo CSV usando pandas
df = pd.read_csv(file_name)

# Visualizar Los primeros 5 registros del DataFrame
print(df.head())
```

Elegir archivos Sin archivos seleccionados Upload widget is only available when the cell has been executed in the current browser session. Please rerun this cell to enable.

Saving VLIVE.csv to VLIVE (2).csv

	Bv	Hv	Live
0	0.25	0.35	-0.0063
1	0.25	0.40	-0.0111
2	0.25	0.45	-0.0143
3	0.25	0.50	-0.0166
4	0.25	0.55	-0.0181

```
In [ ]: # Definir Las variables independientes (Bv, Hv) y La variable dependiente (Live)
X = df[['Bv', 'Hv']].astype(float) # Convertir datos a formato numérico
y = df['Live'].astype(float)
```

```
In [ ]: # Se puede ajustar el grado del polinomio según sea necesario
poly = PolynomialFeatures(degree=3)

# Transformar Los datos de entrada para incluir características polinómicas
X_poly = poly.fit_transform(X)

# Crear un modelo de Regresión Lineal
model_poly = LinearRegression()

# Entrenar el modelo con Los datos transformados
model_poly.fit(X_poly, y)
```

```
Out[ ]: ▼ LinearRegression
LinearRegression()
```

```
In [ ]: # Coeficientes del modelo
coeficientes = model_poly.coef_

# Imprimir Los coeficientes con Las características correspondientes
features = poly.get_feature_names_out(['Bv', 'Hv'])
print("Coeficientes del modelo:")
for feature, coef in zip(features, coeficientes):
    print(f"Coeficiente para {feature}: {coef}")

# Intercepto del modelo
intercepto = model_poly.intercept_

# Imprimir el intercepto
print(f"Intercepto del modelo: {intercepto}")
```

```
# Generar la ecuación de la regresión polinómica
ecuacion = f"y = {intercepto} + "
ecuacion += " + ".join([f"{coef} * {feature}" for feature, coef in zip(features, coeficientes)]

# Imprimir la ecuación
print("Ecuación de la regresión polinómica:")
print(ecuacion)
```

```
Coefficientes del modelo:
Coeficiente para 1: 0.0
Coeficiente para Bv: -0.17835585948443403
Coeficiente para Hv: -0.32341241034098095
Coeficiente para Bv^2: 0.1733699633699693
Coeficiente para Bv Hv: 0.2698875410304003
Coeficiente para Hv^2: 0.35270427984713465
Coeficiente para Bv^3: -0.07407407407407675
Coeficiente para Bv^2 Hv: -0.10329670329670684
Coeficiente para Bv Hv^2: -0.11945768517197033
Coeficiente para Hv^3: -0.13540533540533428
Intercepto del modelo: 0.08602477403548875
Ecuación de la regresión polinómica:
y = 0.08602477403548875 + 0.0 * 1 + -0.17835585948443403 * Bv + -0.32341241034098095 * Hv +
0.1733699633699693 * Bv^2 + 0.2698875410304003 * Bv Hv + 0.35270427984713465 * Hv^2 + -0.0740
7407407407675 * Bv^3 + -0.10329670329670684 * Bv^2 Hv + -0.11945768517197033 * Bv Hv^2 + -0.1
3540533540533428 * Hv^3
```

```
In [ ]: # Función para predecir MLIVE con valores ingresados para Bv, y Hv
def predecir_mlive(bv, hv):
    # Crear un DataFrame con los valores ingresados
    valores_nuevos = pd.DataFrame([[bv, hv]], columns=['Bv', 'Hv'])

    # Transformar los valores ingresados para incluir características polinómicas
    valores_nuevos_poly = poly.transform(valores_nuevos)

    # Predecir MLIVE con el modelo entrenado
    prediccion = model_poly.predict(valores_nuevos_poly)

    return prediccion[0]

# Ejemplo de predicción
bv_nuevo = float(input("Ingrese el valor de Bv: "))
hv_nuevo = float(input("Ingrese el valor de Hv: "))
mlive_real = float(input("Ingrese el valor real de Live: "))
```

```
Ingreso el valor de Bv: 0.45
Ingreso el valor de Hv: 0.65
Ingreso el valor real de Live: -0.0215
```

```
In [ ]: mlive_predicho = predecir_mlive(bv_nuevo, hv_nuevo)
print(f"Predicción de MLIVE para Bv={bv_nuevo}, Hv={hv_nuevo},: {mlive_predicho}")

# Calcular el coeficiente de determinación R^2 y el error cuadrático medio (MSE) para la pred
r2 = r2_score([mlive_real], [mlive_predicho])
mse = mean_squared_error([mlive_real], [mlive_predicho])

print(f"Coeficiente de determinación (R^2) para la predicción: {r2}")
print(f"Error cuadrático medio (MSE) para la predicción: {mse}")
```

```
Predicción de MLIVE para Bv=0.45, Hv=0.65,: -0.021630359085359
Coeficiente de determinación (R^2) para la predicción: nan
Error cuadrático medio (MSE) para la predicción: 1.6993491135635346e-08
```

```
/usr/local/lib/python3.10/dist-packages/sklearn/metrics/_regression.py:918: UndefinedMetricWarning: R^2 score is not well-defined with less than two samples.
warnings.warn(msg, UndefinedMetricWarning)
```

```
In [ ]: from google.colab import files
import pandas as pd
from sklearn.linear_model import LinearRegression
from sklearn.preprocessing import PolynomialFeatures
from sklearn.metrics import mean_squared_error, r2_score

# Cargar archivo CSV desde el sistema local
uploaded = files.upload()

# Obtener el nombre del archivo cargado
file_name = next(iter(uploaded))

# Leer el archivo CSV usando pandas
df = pd.read_csv(file_name)

# Visualizar Los primeros 5 registros del DataFrame
print(df.head())
```

Elegir archivos Sin archivos seleccionados Upload widget is only available when the cell has been executed in the current browser session. Please rerun this cell to enable.

```
Saving MSCD.csv to MSCD.csv
   Bv   Hv   SCD
0  0.25  0.35  0.2589
1  0.25  0.40  0.4177
2  0.25  0.45  0.5233
3  0.25  0.50  0.5954
4  0.25  0.55  0.6458
```

```
In [ ]: # Definir Las variables independientes (Bv, Hv) y La variable dependiente (Live)
X = df[['Bv', 'Hv']].astype(float) # Convertir datos a formato numérico
y = df['SCD'].astype(float)
```

```
In [ ]: # Se puede ajustar el grado del polinomio según sea necesario
poly = PolynomialFeatures(degree=3)

# Transformar Los datos de entrada para incluir características polinómicas
X_poly = poly.fit_transform(X)

# Crear un modelo de Regresión Lineal
model_poly = LinearRegression()

# Entrenar el modelo con Los datos transformados
model_poly.fit(X_poly, y)
```

```
Out[ ]: ▼ LinearRegression
LinearRegression()
```

```
In [ ]: # Coeficientes del modelo
coeficientes = model_poly.coef_

# Imprimir Los coeficientes con Las características correspondientes
features = poly.get_feature_names_out(['Bv', 'Hv'])
print("Coeficientes del modelo:")
for feature, coef in zip(features, coeficientes):
    print(f"Coeficiente para {feature}: {coef}")

# Intercepto del modelo
intercepto = model_poly.intercept_

# Imprimir el intercepto
print(f"Intercepto del modelo: {intercepto}")
```

```
# Generar la ecuación de la regresión polinómica
ecuacion = f"y = {intercepto} + "
ecuacion += " + ".join([f"{coef} * {feature}" for feature, coef in zip(features, coeficientes)]

# Imprimir la ecuación
print("Ecuación de la regresión polinómica:")
print(ecuacion)
```

```
Coefficientes del modelo:
Coeficiente para 1: 0.0
Coeficiente para Bv: 5.802508663624821
Coeficiente para Hv: 10.678274375536244
Coeficiente para Bv^2: -5.4086143023644615
Coeficiente para Bv Hv: -9.05006086770379
Coeficiente para Hv^2: -11.641354148496914
Coeficiente para Bv^3: 2.135185185185253
Coeficiente para Bv^2 Hv: 3.457592407592518
Coeficiente para Bv Hv^2: 4.032424718138982
Coeficiente para Hv^3: 4.4533195199861435
Intercepto del modelo: -2.7732369229976452
Ecuación de la regresión polinómica:
y = -2.7732369229976452 + 0.0 * 1 + 5.802508663624821 * Bv + 10.678274375536244 * Hv + -5.408
6143023644615 * Bv^2 + -9.05006086770379 * Bv Hv + -11.641354148496914 * Hv^2 + 2.13518518518
5253 * Bv^3 + 3.457592407592518 * Bv^2 Hv + 4.032424718138982 * Bv Hv^2 + 4.4533195199861435
* Hv^3
```

```
In [ ]: # Función para predecir MSCD con valores ingresados para Bv, y Hv
def predecir_mSCD(bv, hv):
    # Crear un DataFrame con los valores ingresados
    valores_nuevos = pd.DataFrame([[bv, hv]], columns=['Bv', 'Hv'])

    # Transformar los valores ingresados para incluir características polinómicas
    valores_nuevos_poly = poly.transform(valores_nuevos)

    # Predecir MLIVE con el modelo entrenado
    prediccion = model_poly.predict(valores_nuevos_poly)

    return prediccion[0]

# Ejemplo de predicción
bv_nuevo = float(input("Ingrese el valor de Bv: "))
hv_nuevo = float(input("Ingrese el valor de Hv: "))
mSCD_real = float(input("Ingrese el valor real de Live: "))
```

```
Ingreso el valor de Bv: 0.5
Ingreso el valor de Hv: 0.9
Ingreso el valor real de Live: 0.7939
```

```
In [ ]: mSCD_predicho = predecir_mSCD(bv_nuevo, hv_nuevo)
print(f"Predicción de MSCD para Bv={bv_nuevo}, Hv={hv_nuevo},: {mSCD_predicho}")

# Calcular el coeficiente de determinación R^2 y el error cuadrático medio (MSE) para la pred
r2 = r2_score([mSCD_real], [mSCD_predicho])
mse = mean_squared_error([mSCD_real], [mSCD_predicho])

print(f"Coeficiente de determinación (R^2) para la predicción: {r2}")
print(f"Error cuadrático medio (MSE) para la predicción: {mse}")
```

```
Predicción de MSCD para Bv=0.5, Hv=0.9,: 0.8087449012297219
Coeficiente de determinación (R^2) para la predicción: nan
Error cuadrático medio (MSE) para la predicción: 0.00022037109252019636
```

```
/usr/local/lib/python3.10/dist-packages/sklearn/metrics/_regression.py:918: UndefinedMetricWarning: R^2 score is not well-defined with less than two samples.
warnings.warn(msg, UndefinedMetricWarning)
```

```
In [ ]: from google.colab import files
import pandas as pd
from sklearn.linear_model import LinearRegression
from sklearn.preprocessing import PolynomialFeatures
from sklearn.metrics import mean_squared_error, r2_score

# Cargar archivo CSV desde el sistema local
uploaded = files.upload()

# Obtener el nombre del archivo cargado
file_name = next(iter(uploaded))

# Leer el archivo CSV usando pandas
df = pd.read_csv(file_name)

# Visualizar Los primeros 5 registros del DataFrame
print(df.head())
```

Elegir archivos Sin archivos seleccionados Upload widget is only available when the cell has been executed in the current browser session. Please rerun this cell to enable.

Saving MMomentoZ.csv to MMomentoZ (1).csv

	Bv	Hv	MomentoZ
0	0.25	0.35	0.0468
1	0.25	0.40	0.0858
2	0.25	0.45	0.1118
3	0.25	0.50	0.1297
4	0.25	0.55	0.1423

```
In [ ]: # Definir Las variables independientes (Bv, Hv) y La variable dependiente (Live)
X = df[['Bv', 'Hv']].astype(float) # Convertir datos a formato numérico
y = df['MomentoZ'].astype(float)
```

```
In [ ]: # Se puede ajustar el grado del polinomio según sea necesario
poly = PolynomialFeatures(degree=3)

# Transformar Los datos de entrada para incluir características polinómicas
X_poly = poly.fit_transform(X)

# Crear un modelo de Regresión Lineal
model_poly = LinearRegression()

# Entrenar el modelo con Los datos transformados
model_poly.fit(X_poly, y)
```

```
Out[ ]: ▼ LinearRegression
LinearRegression()
```

```
In [ ]: # Coeficientes del modelo
coeficientes = model_poly.coef_

# Imprimir Los coeficientes con Las características correspondientes
features = poly.get_feature_names_out(['Bv', 'Hv'])
print("Coeficientes del modelo:")
for feature, coef in zip(features, coeficientes):
    print(f"Coeficiente para {feature}: {coef}")

# Intercepto del modelo
intercepto = model_poly.intercept_

# Imprimir el intercepto
print(f"Intercepto del modelo: {intercepto}")
```

```
# Generar la ecuación de la regresión polinómica
ecuacion = f"y = {intercepto} + "
ecuacion += " + ".join([f"{coef} * {feature}" for feature, coef in zip(features, coeficientes)]

# Imprimir la ecuación
print("Ecuación de la regresión polinómica:")
print(ecuacion)
```

```
Coefficientes del modelo:
Coeficiente para 1: 0.0
Coeficiente para Bv: 1.4148635324992724
Coeficiente para Hv: 2.6008011701702127
Coeficiente para Bv^2: -1.3214685314685763
Coeficiente para Bv Hv: -2.1869483373769296
Coeficiente para Hv^2: -2.828404954833509
Coeficiente para Bv^3: 0.5222222222222415
Coeficiente para Bv^2 Hv: 0.8360639360639665
Coeficiente para Bv Hv^2: 0.9731582703011239
Coeficiente para Hv^3: 1.0812915479582066
Intercepto del modelo: -0.6936808031254492
Ecuación de la regresión polinómica:
y = -0.6936808031254492 + 0.0 * 1 + 1.4148635324992724 * Bv + 2.6008011701702127 * Hv + -1.3214685314685763 * Bv^2 + -2.1869483373769296 * Bv Hv + -2.828404954833509 * Hv^2 + 0.5222222222222415 * Bv^3 + 0.8360639360639665 * Bv^2 Hv + 0.9731582703011239 * Bv Hv^2 + 1.0812915479582066 * Hv^3
```

```
In [ ]: # Función para predecir MLIVE con valores ingresados para Bv, y Hv
def predecir_mMomentoZ(bv, hv):
    # Crear un DataFrame con los valores ingresados
    valores_nuevos = pd.DataFrame([[bv, hv]], columns=['Bv', 'Hv'])

    # Transformar los valores ingresados para incluir características polinómicas
    valores_nuevos_poly = poly.transform(valores_nuevos)

    # Predecir MLIVE con el modelo entrenado
    prediccion = model_poly.predict(valores_nuevos_poly)

    return prediccion[0]

# Ejemplo de predicción
bv_nuevo = float(input("Ingrese el valor de Bv: "))
hv_nuevo = float(input("Ingrese el valor de Hv: "))
mMomentoZ_real = float(input("Ingrese el valor real de Live: "))
```

```
Ingreso el valor de Bv: 0.5
Ingreso el valor de Hv: 0.9
Ingreso el valor real de Live: 0.1811
```

```
In [ ]: mMomentoZ_predicho = predecir_mMomentoZ(bv_nuevo, hv_nuevo)
print(f"Predicción de MMOMENTO para Bv={bv_nuevo}, Hv={hv_nuevo},: {mMomentoZ_predicho}")

# Calcular el coeficiente de determinación R^2 y el error cuadrático medio (MSE) para la pred
r2 = r2_score([mMomentoZ_real], [mMomentoZ_predicho])
mse = mean_squared_error([mMomentoZ_real], [mMomentoZ_predicho])

print(f"Coeficiente de determinación (R^2) para la predicción: {r2}")
print(f"Error cuadrático medio (MSE) para la predicción: {mse}")
```

```
Predicción de MMOMENTO para Bv=0.5, Hv=0.9,: 0.18475291950113393
Coeficiente de determinación (R^2) para la predicción: nan
Error cuadrático medio (MSE) para la predicción: 1.3343820881764462e-05
```

```
/usr/local/lib/python3.10/dist-packages/sklearn/metrics/_regression.py:918: UndefinedMetricWarning: R^2 score is not well-defined with less than two samples.
warnings.warn(msg, UndefinedMetricWarning)
```

```
In [1]: from google.colab import files
import pandas as pd
from sklearn.linear_model import LinearRegression
from sklearn.preprocessing import PolynomialFeatures
from sklearn.metrics import mean_squared_error, r2_score

# Cargar archivo CSV desde el sistema local
uploaded = files.upload()

# Obtener el nombre del archivo cargado
file_name = next(iter(uploaded))

# Leer el archivo CSV usando pandas
df = pd.read_csv(file_name)

# Visualizar Los primeros 5 registros del DataFrame
print(df.head())
```

Elegir archivos Sin archivos seleccionados Upload widget is only available when the cell has been executed in the current browser session. Please rerun this cell to enable.

```
Saving Momento.csv to Momento.csv
   Bv  Hv  Momento
0  0.25  0.35 -0.0734
1  0.25  0.40 -0.1077
2  0.25  0.45 -0.1306
3  0.25  0.50 -0.1461
4  0.25  0.55 -0.1569
```

```
In [2]: # Definir Las variables independientes (Bv, Hv) y La variable dependiente (Live)
X = df[['Bv', 'Hv']].astype(float) # Convertir datos a formato numérico
y = df['Momento'].astype(float)
```

```
In [3]: # Se puede ajustar el grado del polinomio según sea necesario
poly = PolynomialFeatures(degree=3)

# Transformar Los datos de entrada para incluir características polinómicas
X_poly = poly.fit_transform(X)

# Crear un modelo de Regresión Lineal
model_poly = LinearRegression()

# Entrenar el modelo con Los datos transformados
model_poly.fit(X_poly, y)
```

```
Out[3]: LinearRegression
LinearRegression()
```

```
In [4]: # Coeficientes del modelo
coeficientes = model_poly.coef_

# Imprimir Los coeficientes con Las características correspondientes
features = poly.get_feature_names_out(['Bv', 'Hv'])
print("Coeficientes del modelo:")
for feature, coef in zip(features, coeficientes):
    print(f"Coeficiente para {feature}: {coef}")

# Intercepto del modelo
intercepto = model_poly.intercept_

# Imprimir el intercepto
print(f"Intercepto del modelo: {intercepto}")
```

```
# Generar la ecuación de la regresión polinómica
ecuacion = f"y = {intercepto} + "
ecuacion += " + ".join([f"{coef} * {feature}" for feature, coef in zip(features, coeficientes)]

# Imprimir la ecuación
print("Ecuación de la regresión polinómica:")
print(ecuacion)
```

```
Coefficientes del modelo:
Coeficiente para 1: 0.0
Coeficiente para Bv: -1.2436455321574595
Coeficiente para Hv: -2.316857246369148
Coeficiente para Bv^2: 1.139981129981173
Coeficiente para Bv Hv: 1.9666188097616832
Coeficiente para Hv^2: 2.5292301613730053
Coeficiente para Bv^3: -0.4382716049382937
Coeficiente para Bv^2 Hv: -0.7476523476523719
Coeficiente para Bv Hv^2: -0.8793777650920478
Coeficiente para Hv^3: -0.9677458344124947
Intercepto del modelo: 0.5818339098071275
Ecuación de la regresión polinómica:
y = 0.5818339098071275 + 0.0 * 1 + -1.2436455321574595 * Bv + -2.316857246369148 * Hv + 1.139
981129981173 * Bv^2 + 1.9666188097616832 * Bv Hv + 2.5292301613730053 * Hv^2 + -0.43827160493
82937 * Bv^3 + -0.7476523476523719 * Bv^2 Hv + -0.8793777650920478 * Bv Hv^2 + -0.96774583441
24947 * Hv^3
```

```
In [5]: # Función para predecir MLIVE con valores ingresados para Bv, y Hv
def predecir_mMomento(bv, hv):
    # Crear un DataFrame con los valores ingresados
    valores_nuevos = pd.DataFrame([[bv, hv]], columns=['Bv', 'Hv'])

    # Transformar los valores ingresados para incluir características polinómicas
    valores_nuevos_poly = poly.transform(valores_nuevos)

    # Predecir MLIVE con el modelo entrenado
    prediccion = model_poly.predict(valores_nuevos_poly)

    return prediccion[0]

# Ejemplo de predicción
bv_nuevo = float(input("Ingrese el valor de Bv: "))
hv_nuevo = float(input("Ingrese el valor de Hv: "))
mMomento_real = float(input("Ingrese el valor real de Live: "))
```

```
Ingrese el valor de Bv: 0.5
Ingrese el valor de Hv: 0.9
Ingrese el valor real de Live: -0.1879
```

```
In [6]: mMomento_predicho = predecir_mMomento(bv_nuevo, hv_nuevo)
print(f"Predicción de MMOMENTO para Bv={bv_nuevo}, Hv={hv_nuevo},: {mMomento_predicho}")

# Calcular el coeficiente de determinación R^2 y el error cuadrático medio (MSE) para la pred
r2 = r2_score([mMomento_real], [mMomento_predicho])
mse = mean_squared_error([mMomento_real], [mMomento_predicho])

print(f"Coeficiente de determinación (R^2) para la predicción: {r2}")
print(f"Error cuadrático medio (MSE) para la predicción: {mse}")
```

```
Predicción de MMOMENTO para Bv=0.5, Hv=0.9,: -0.1911506373917089
Coeficiente de determinación (R^2) para la predicción: nan
Error cuadrático medio (MSE) para la predicción: 1.0566643452375964e-05
```

```
/usr/local/lib/python3.10/dist-packages/sklearn/metrics/_regression.py:918: UndefinedMetricWarning: R^2 score is not well-defined with less than two samples.
warnings.warn(msg, UndefinedMetricWarning)
```

```
> jupyter nbconvert --config mycfg.py
```

To see all available configurables, use `--help-all`.

```
In [ ]: from google.colab import files
import pandas as pd
from sklearn.linear_model import LinearRegression
from sklearn.preprocessing import PolynomialFeatures
from sklearn.metrics import mean_squared_error, r2_score

# Cargar archivo CSV desde el sistema local
uploaded = files.upload()

# Obtener el nombre del archivo cargado
file_name = next(iter(uploaded))

# Leer el archivo CSV usando pandas
df = pd.read_csv(file_name)

# Visualizar los primeros 5 registros del DataFrame
print(df.head())
```

Elegir archivos Sin archivos seleccionados Upload widget is only available when the cell has been executed in the current browser session. Please rerun this cell to enable.

Saving MLive.csv to MLive.csv

```
  ZXY  CXY  L  Live
0  0.8  0.25  2.0 -0.1402
1  0.8  0.30  2.0 -0.1296
2  0.8  0.35  2.0 -0.1208
3  0.8  0.40  2.0 -0.1082
4  0.8  0.45  2.0 -0.0945
```

```
In [ ]: # Definir las variables independientes (Bv, Hv) y la variable dependiente (Live)
X = df[['Bv', 'Hv']].astype(float) # Convertir datos a formato numérico
y = df['Live'].astype(float)
```

```
In [ ]: # Se puede ajustar el grado del polinomio según sea necesario
poly = PolynomialFeatures(degree=3)

# Transformar los datos de entrada para incluir características polinómicas
X_poly = poly.fit_transform(X)

# Crear un modelo de Regresión Lineal
model_poly = LinearRegression()

# Entrenar el modelo con los datos transformados
model_poly.fit(X_poly, y)
```

```
Out[ ]: LinearRegression
LinearRegression()
```

```
In [ ]: # Coeficientes del modelo
coeficientes = model_poly.coef_

# Imprimir los coeficientes con las características correspondientes
features = poly.get_feature_names_out(['Bv', 'Hv'])
print("Coeficientes del modelo:")
for feature, coef in zip(features, coeficientes):
    print(f"Coeficiente para {feature}: {coef}")

# Intercepto del modelo
```

```

intercepto = model_poly.intercept_

# Imprimir el intercepto
print(f"Intercepto del modelo: {intercepto}")

# Generar la ecuación de la regresión polinómica
ecuacion = f"y = {intercepto} + "
ecuacion += " + ".join([f"{coef} * {feature}" for feature, coef in zip(features, coeficientes)]

# Imprimir la ecuación
print("Ecuación de la regresión polinómica:")
print(ecuacion)

```

```

Coeficientes del modelo:
Coeficiente para 1: 0.0
Coeficiente para Bv: -0.6353584737793188
Coeficiente para Hv: -1.1725972576805879
Coeficiente para Bv^2: 0.5912244699744938
Coeficiente para Bv Hv: 0.9836268731268798
Coeficiente para Hv^2: 1.2768333518333432
Coeficiente para Bv^3: -0.23271604938272883
Coeficiente para Bv^2 Hv: -0.37497502497503693
Coeficiente para Bv Hv^2: -0.4376023976023951
Coeficiente para Hv^3: -0.4886989553656179
Intercepto del modelo: 0.3084620356495369
Ecuación de la regresión polinómica:
y = 0.3084620356495369 + 0.0 * 1 + -0.6353584737793188 * Bv + -1.1725972576805879 * Hv + 0.5912244699744938 * Bv^2 + 0.9836268731268798 * Bv Hv + 1.2768333518333432 * Hv^2 + -0.23271604938272883 * Bv^3 + -0.37497502497503693 * Bv^2 Hv + -0.4376023976023951 * Bv Hv^2 + -0.4886989553656179 * Hv^3

```

```

In [ ]: # Función para predecir MLIVE con valores ingresados para Bv, y Hv
def predecir_mlive(bv, hv):
    # Crear un DataFrame con los valores ingresados
    valores_nuevos = pd.DataFrame([[bv, hv]], columns=['Bv', 'Hv'])

    # Transformar los valores ingresados para incluir características polinómicas
    valores_nuevos_poly = poly.transform(valores_nuevos)

    # Predecir MLIVE con el modelo entrenado
    prediccion = model_poly.predict(valores_nuevos_poly)

    return prediccion[0]

# Ejemplo de predicción
bv_nuevo = float(input("Ingrese el valor de Bv: "))
hv_nuevo = float(input("Ingrese el valor de Hv: "))
mlive_real = float(input("Ingrese el valor real de Live: "))

```

```

Ingreso el valor de Bv: 0.5
Ingreso el valor de Hv: 0.9
Ingreso el valor real de Live: -0.0852

```

```

In [ ]: mlive_predicho = predecir_mlive(bv_nuevo, hv_nuevo)
print(f"Predicción de MLIVE para Bv={bv_nuevo}, Hv={hv_nuevo},: {mlive_predicho}")

# Calcular el coeficiente de determinación R^2 y el error cuadrático medio (MSE) para la predicción
r2 = r2_score([mlive_real], [mlive_predicho])
mse = mean_squared_error([mlive_real], [mlive_predicho])

print(f"Coeficiente de determinación (R^2) para la predicción: {r2}")
print(f"Error cuadrático medio (MSE) para la predicción: {mse}")

```

```

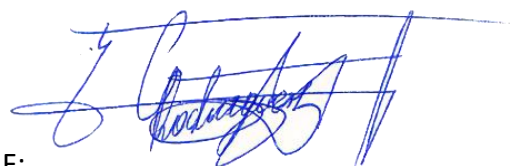
Predicción de MLIVE para Bv=0.5, Hv=0.9,: -0.08035339590964588
Coeficiente de determinación (R^2) para la predicción: nan
Error cuadrático medio (MSE) para la predicción: 2.3489571208637263e-05

```

**AUTORIZACION DE PUBLICACION EN EL REPOSITORIO
INSTITUCIONAL**

Yo, Carlos Andres Rodríguez Molina portador de la cédula de ciudadanía N.º 0105485767. En calidad de autor/a y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación “Optimización para el pre dimensionamiento de zapatas aisladas de esquina utilizando 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, Así mismo; autorizo a la Universidad para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 22 de octubre de 2024



F:

Carlos Andres Rodríguez Molina
0105485767