



# UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

ANÁLISIS DE LAS COLUMNAS DE CONCRETO DE UN GALPON CON  
CUBIERTA METÁLICA APLICANDO CRITERIOS DE DISEÑO ANTE  
FUERZAS LATERALES

ZAMBRANO ARMIJOS LUIS GUILBER  
INGENIERO CIVIL

MACHALA  
2022



# UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

ANÁLISIS DE LAS COLUMNAS DE CONCRETO DE UN GALPON  
CON CUBIERTA METÁLICA APLICANDO CRITERIOS DE  
DISEÑO ANTE FUERZAS LATERALES

ZAMBRANO ARMIJOS LUIS GUILBER  
INGENIERO CIVIL

MACHALA  
2022



# UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

EXAMEN COMPLEXIVO

ANÁLISIS DE LAS COLUMNAS DE CONCRETO DE UN GALPON CON CUBIERTA  
METÁLICA APLICANDO CRITERIOS DE DISEÑO ANTE FUERZAS LATERALES

ZAMBRANO ARMIJOS LUIS GUILBER  
INGENIERO CIVIL

ORDÓÑEZ FERNANDEZ JOSÉ LUIS

MACHALA, 22 DE FEBRERO DE 2022

MACHALA  
22 de febrero de 2022

# Zambrano Armijos Luis

*por* Luis Zambrano Armijos

---

**Fecha de entrega:** 10-feb-2022 11:47p.m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 1759831201

**Nombre del archivo:** Zambrano\_Armijos\_Luis.pdf (659.22K)

**Total de palabras:** 5324

**Total de caracteres:** 29851

# Zambrano Armijos Luis

## INFORME DE ORIGINALIDAD

9%

INDICE DE SIMILITUD

9%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

4%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="http://docplayer.es">docplayer.es</a> Fuente de Internet	1%
2	<a href="http://ribuni.uni.edu.ni">ribuni.uni.edu.ni</a> Fuente de Internet	1%
3	Submitted to Universidad Catolica De Cuenca Trabajo del estudiante	1%
4	<a href="http://documentop.com">documentop.com</a> Fuente de Internet	1%
5	<a href="http://aulaseproinca.blogspot.com">aulaseproinca.blogspot.com</a> Fuente de Internet	<1%
6	<a href="http://queith.net">queith.net</a> Fuente de Internet	<1%
7	Joshua G. Sizemore, Larry A. Fahnestock, Eric M. Hines, Cameron R. Bradley. "Parametric Study of Low-Ductility Concentrically Braced Frames under Cyclic Static Loading", Journal of Structural Engineering, 2017 Publicación	<1%

## CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

El que suscribe, ZAMBRANO ARMIJOS LUIS GUILBER, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado ANÁLISIS DE LAS COLUMNAS DE CONCRETO DE UN GALPON CON CUBIERTA METÁLICA APLICANDO CRITERIOS DE DISEÑO ANTE FUERZAS LATERALES, otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

El autor declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

El autor como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 22 de febrero de 2022



ZAMBRANO ARMIJOS LUIS GUILBER  
0705860575

## RESUMEN

“El uso de naves industriales, o conocidas con el nombre de galpones; permiten a grandes empresas comerciales e industriales, la facilidad de almacenar materiales en espacios abiertos debajo de una cubierta; sin necesidad de emplear columnas internas dentro de las instalaciones.” [1] Esta ventaja permite una mejor maniobrabilidad sin obstáculos, para vehículos o personas; los múltiples usos para este tipo de estructuras involucran las necesidades presentes o futuras de la cual será diseñado.

Los galpones deben soportar considerables cargas verticales que se dan por acción de la gravedad; cargas horizontales, la carga de viento que golpea perpendicularmente a la fachada lateral del galpón, tiene mayor incidencia de esfuerzos en la estructura; la carga sísmica es un tipo de carga horizontal que su presencia y magnitud dependerá de la zona sísmica de donde se ubica el inmueble.

En el presente trabajo se realiza una evaluación de esfuerzos en columnas de un galpón para uso de coliseo; específicamente, se examinará los elementos estructurales con mayor magnitud de esfuerzos producidos, de acuerdo a la evaluación y análisis de carga presentes sobre la estructura del pórtico. Para la evaluación, se realizó un modelado tridimensional de todos los componentes estructurales del galpón mediante un software estructural; previamente se revisó las dimensiones presentes en el plano estructural, además se identificó el tipo de secciones presentes en el pórtico.

El objetivo es determinar si las secciones columna de concreto de la estructura, cumple con los requerimientos de diseño presente en la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC).

**PALABRAS CLAVES:** Método LRFD, Vulnerabilidad sísmica, Naves Industriales, Vulnerabilidad estructural, Carga Viva, Carga Muerta, Carga Sísmica, Diagrama de Interacción de columnas.

## ABSTRACT

“The use of industrial buildings, or known by the name of sheds; They allow large commercial and industrial companies the ease of storing materials in open spaces under a cover; without the need to use internal columns within the facilities.” [1] This advantage allows better maneuverability without obstacles, for vehicles or people; The multiple uses for this type of structure involve the present or future needs of which it will be designed.

The sheds must support considerable vertical loads that occur due to the action of gravity; horizontal loads, the wind load that strikes perpendicularly to the side facade of the shed, has a higher incidence of stresses in the structure; The seismic load is a type of horizontal load whose presence and magnitude will depend on the seismic zone where the property is located.

In the present work an evaluation of efforts in columns of a shed for coliseum use is carried out; specifically, the structural elements with the greatest magnitude of stress produced will be examined, according to the evaluation and analysis of loads present on the frame structure. For the evaluation, a three-dimensional modeling of all the structural components of the shed was carried out using structural software; Previously, the dimensions present in the structural plan were reviewed, in addition, the type of sections present in the frame were identified.

The objective is to determine if the concrete column sections of the structure meet the design requirements present in the Ecuadorian Construction Standards (NEC).

**KEYWORDS:** LRFD Method, Seismic Vulnerability, Industrial Buildings, Structural Vulnerability, Live Load, Dead Load, Seismic Load, Column Interaction Diagram.



## ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN .....	1
ABSTRACT.....	2
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	3
ÍNDICE DE TABLAS .....	4
ÍNDICE DE ANEXOS .....	4
1. INTRODUCCIÓN .....	5
1.1 Objetivos de la investigación .....	5
2. DESARROLLO .....	6
2.1 Estructuras Metálicas .....	6
2.2 Normas y Especificaciones de Diseño Estructural en Ecuador .....	6
2.2 Galpones .....	7
2.3 Tipos de estructuras para Galpones .....	7
2.4 Método de diseño LRFD (Load and Resistance Factor Design) .....	8
2.5 Perfiles Conformados en frío y Elementos de Hormigón .....	9
2.5 Requerimiento y restricciones en columna de concreto .....	10
3. PROCESO METODOLÓGICO .....	11
3.1 Evaluación Cargas gravitacionales y laterales para Pórtico .....	11
3.2 Espectro de Aceleración .....	11
3.3 Diagramas de Iteración de Columnas de hormigón .....	12
4. RESULTADO DE LA PRÁCTICA .....	13
4.1 Modelación de la estructura .....	13
4.2 Diagrama de interacción en Columnas .....	14
4.2 Esfuerzo cortantes en columnas.....	17
4.3 Capacidad Axial en columnas.....	17
4.2 Conclusiones .....	18
4.3 Recomendaciones .....	19

ANEXOS .....	22
--------------	----

### ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Resumen de Materiales de acero .....	9
Tabla 2. Materiales de hormigón y mampostería .....	9
Tabla 3. Propuesta de secciones para chercha .....	13
Tabla 4. Esfuerzos Máximos de columna 30x30 .....	14
Tabla 5. Esfuerzos Máximos de columna 60x40 .....	15
Tabla 6. Esfuerzos Máximos de columna 40x60 .....	16
Tabla 7. Esfuerzos Cortantes Máximos .....	17
Tabla 8. Resumen de capacidad axial en columnas .....	17

### ÍNDICE DE ANEXOS

Anexos A. Tipos de estructuras de Acero para Galpones.....	22
Anexos B. Tablas para velocidad de viento corregida $V_b$ .....	26
Anexos C. Cargas Gravitacionales Y Cargas de Viento.....	27
Anexos D. Espectro de Aceleración .....	30
Anexos E. Espectro de esquema de análisis para diagrama de iteración.....	31
Anexos F. Secciones de Columnas y Diagramas de iteración en SAP 2000.....	32
Anexos G. Máximo cortante en Columnas .....	35
Anexos H. Cálculo de cortantes vs. Cortantes Nominales .....	36
Anexos I. Nuevas secciones aplicadas en cerchas .....	37

## 1. INTRODUCCIÓN

En la ciudad de Machala se ha presenciado una creciente expansión en la construcción de galpones para el uso de actividad comercial dentro de la zona urbana. Sin embargo, debemos recordar siempre que toda obra pública o privada de construcción, está sujeta a normativas de diseño estructural que permiten garantizar la calidad y la seguridad de la infraestructura.

“La aplicación de normativas de diseño sismo resistente es prioritaria puesto que, el galpón se encuentra ubicado en una zona de altamente sísmica y la estructura corre un riesgo de sufrir ciertos niveles de daño e incluso al colapso propio de la estructura” [2]

Los elementos de hormigón armado requieren mayor atención en la elaboración del armado longitudinal, y de reforzamiento transversal. El colado del hormigón y el vibrado debe darse en las condiciones más óptimas, evitando espacios vacíos y poca homogeneidad en los materiales.

En el desarrollo del presente trabajo se priorizará la revisión de los elementos estructurales que soportan cargas axiales en la estructura; la revisión de capacidad está relacionada con las secciones de diseño definitivas perteneciente al plano estructural y de las especificaciones técnicas. Hay que destacar las consideraciones de cargas gravitacionales, de viento y sísmica que afectan al inmueble; en la revisión se incluye también la elaboración del diagrama de interacción de las columnas, y las cargas nominales de la evaluación de cargas.

### 1.1 Objetivos de la investigación

Objetivo general:

Analizar las columnas de concreto de un galpón con cubierta metálica aplicando criterios de diseño ante fuerzas laterales

Objetivos específicos:

- Modelar la estructura considerando secciones típicas de elementos estructurales.
- Analizar esfuerzos generados en las columnas por cada estado de carga actuante.
- Identificar el nivel de desempeño del elemento columna en la condición más desfavorable.

## 2. DESARROLLO

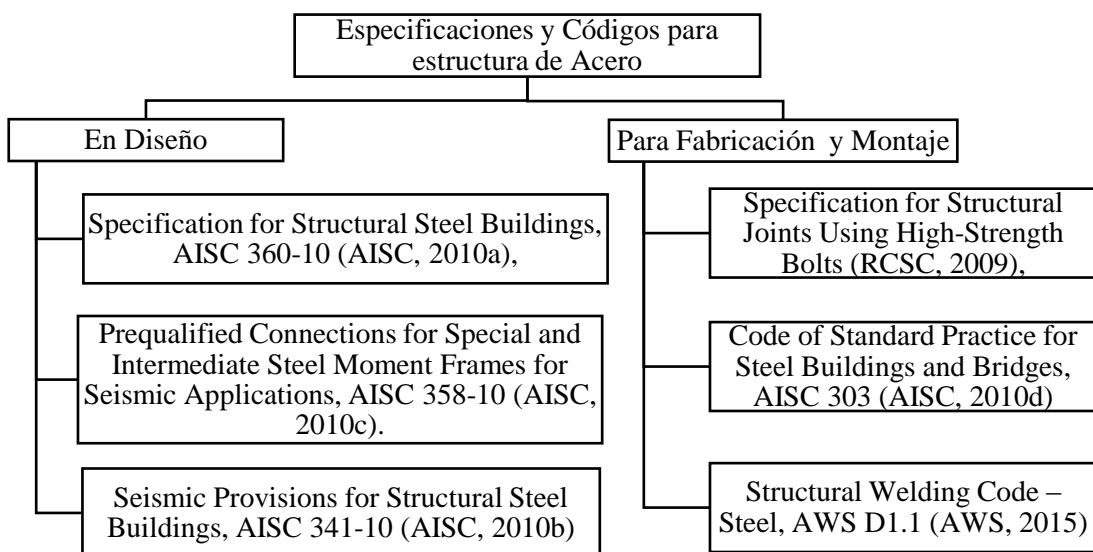
### 2.1 Estructuras Metálicas

“El uso de estructuras metálicas ha satisfecho debidamente su desempeño durante eventos sísmicos, sin embargo, casos excepcionales ha obligado una revisión de los códigos de construcción, como también de las especificaciones, con la finalidad de mejorar los requerimientos de diseño que han de someterse los componentes de las estructuras.” [3]

Las conexiones en edificios deben cumplir el concepto de viga débil – columna fuerte mediante la revisión de diseño de rótulas plásticas a cada extremo de viga, evitando la transferencia de energía hacia las columnas. Para el caso de pórticos formados por cerchas, lo elementos trabajan axialmente siendo necesario la revisión de diseño LRFD.

### 2.2 Normas y Especificaciones de Diseño Estructural en Ecuador

El antecesor de las Normativas Ecuatorianas de Construcción (NEC-2015) fue El Código Ecuatoriano de la Construcción (CEC-2001), el cual se enfocaba en la evaluación de cargas gravitacionales y laterales sometidas en edificaciones. Pero a diferencia de la Normativa NEC-2015, no tenía presente los lineamientos para estimar la resistencia diseño en los componentes que forman parte de la estructura. Para el dimensionamiento de perfiles de acero se aplicaban las especificaciones del American Institute of Steel Construction, (AISC). [4]



**Ilustración 1.** Especificaciones y Códigos para estructura de Acero

## **2.2 Galpones**

Existe gran variedad de naves industriales; pero dependiendo de las necesidades y la funcionalidad, la estructura puede estar compuesta de acero o madera. Para galpones contruidos para el uso de invernaderos o centro de producción acuícola, opcionalmente se puede optar por elementos de madera; siempre y cuando se tenga la factibilidad económica y buen desempeño estructural para satisfacer cualidades arquitectónicas. [5]

El uso de madera para la construcción de galpones es muy limitado en cuanto a la cantidad de espacio que pueden cubrir, puesto que el material ya no es apto para el diseño de la estructura; aquí es cuando las secciones de acero brindan una formidable ventaja estructural.

## **2.3 Tipos de estructuras para Galpones**

La elección del tipo de estructura para la selección de un galpón, deberá satisfacer las necesidades de diseño estructural pero primordialmente, ajustarse a un presupuesto económico. Actualmente se utilizan 2 tipos de formas estructurales para galpón o naves industriales, de las cuales mencionaremos:

Marcos Rígidos. - Compuestos por vigas y columnas de secciones sólidas de acero que brindan una alta resistencia permitiendo usar elementos de menor tamaño, las conexiones de viga a columna son rígidas de la misma manera que la cimentación.

Marcos de cercha y columna. - El pórtico se compone de 2 columnas esbeltas de sección metálica, estos elementos cumplen la función de soportar una armadura de gran peralte cuando se requiere una mayor luz debajo de la estructura.

Marcos de cercha. - Las columnas como la cubierta están compuestas de cerchas, esta estructura está compuesta por barras pequeñas ordenadas reticularmente para unir dos barras continuas. Tiene la particularidad de convertir esfuerzos flexionantes en esfuerzos axiales. El material de las cerchas puede ser de material de madera, o de metal para galpones de considerable tamaño. En el Anexo A se muestra un ejemplo de cada estructura.

La caída de la cubierta de un galpón puede diseñarse a una, dos o incluso varias pendientes. Este diseño de cubierta dependerá de la geometría adoptada para la nave industrial.

## 2.4 Método de diseño LRFD (Load and Resistance Factor Design)

“El método diseña los elementos de una estructura mediante el uso de factores de cargas y de resistencia de la sección, además de la revisión de evaluación de 2 estados límites; uno de resistencia, para sustentar la capacidad del elemento ante una carga, incluyendo la fluencia excesiva, la fractura, el pandeo, la fatiga y el movimiento bruto de cuerpo rígido. Y el otro estado límite, donde se analiza el comportamiento, la deflexión, el agrietamiento, los deslizamientos, la vibración y el deterioro.” [6]

La expresión algebraica se resume que la reducción de la resistencia nominal de un miembro deberá ser mayor o igual que la fuerza calculada para un factor de carga de diseño:

$$\Phi R_n \geq R_u$$

Donde:

- $\Phi$  Factor de reducción
- $R_n$  Resistencia nominal de un miembro
- $R_u$  Fuerza factorizada calculada en el miembro

De acuerdo al criterio de algunos autores, el método de diseño LRFD presenta ventajas de eficiencia económica, además de proveer un nivel de confiabilidad y resistencia en los componentes de la estructura. Las combinaciones de cargas que se presentan dentro del método LRFD, son las siguientes:

Cargas combinadas	Abreviaturas:
$U = 1.4D$	U = carga factorizada o de diseño
$U = 1.2D + 1.6L + 0.5(L_r \text{ o } S \text{ o } R)$	D = carga muerta
$U = 1.2D + 1.6(L_r \text{ o } S \text{ o } R) + (L \text{ o } 0.5W)$	L = carga viva debida a la ocupación
$U = 1.2D + 1.0W + L + 0.5(L_r \text{ o } S \text{ o } R)$	L <sub>r</sub> = carga viva del techo
$U = 1.2D + 1.0E + L + 0.2S$	S = carga de nieve
$U = 0.9D + 1.0W$	R = carga de lluvia o hielo, independientemente de la contribución por encharcamiento
$U = 0.9D + 1.0E$	W = carga de viento
	E = carga de sismo

## 2.5 Perfiles Conformados en frío y Elementos de Hormigón

Los perfiles usados en la elaboración de cerchas, son componentes monolíticos creados mediante el doblado de láminas de acero a temperatura ambiente; las secciones que se encuentran en la estructura son elementos de tipo C, L y HSS de tipo rectangular. Las columnas que soportan la cercha tienen una dimensión de 600mm como base y 400mm de altura con respecto al eje y del modelado en el software. Como elemento adicional, se incluyó varillas de 25 mm de diámetro para arriostramientos de cerchas.

“En un sistema de entramado de perfiles de bajo espesor conformados en frío, sean secciones tipo L, C o U distribuidos adecuadamente, puede garantizar la distribución de cargas gravitatorias hacia las bases, que a su vez tiene que soportar la acción de las cargas sísmicas y de viento” [7] En la Tabla 1 se muestra la especificación técnica de los elementos del galpón.

**Tabla 1. Resumen de Materiales de acero**

Sección	Propiedad Mecánica	Uso
2C y C 200x50x4	A572Gr50	Cubierta
2L y L 50x4	A572Gr50	Cubierta
HSS 100x200x3	A36	Viga Lateral
G 100x50x15x3	A36	Correa para Cubierta
Varilla de 25mm	A992Fy50	Tensores Axiales
<b>Elaboración:</b> Autor		

Las propiedades mecánicas que se ha considerado a las paredes laterales y posterior, se las referenció con base a un estudio resistencia de paredes, mediante un ensayo de compresión de una muestra de pared elaborada. [8]

La característica de los elementos que sostienen a la estructura principal de cubierta se resume en la siguiente tabla.

**Tabla 2. Materiales de hormigón y mampostería**

Sección	Propiedad Mecánica	Uso
60cm x 40 cm	f'c 240 kg/cm <sup>2</sup>	Columnas Laterales
30cm x 30 cm	f'c 240 kg/cm <sup>2</sup>	Columnas Posterior
25cm x 30 cm	f'c 240 kg/cm <sup>2</sup>	Vigas
Pared 12 cm	f'c 16.66 kg/cm <sup>2</sup>	Paredes enlucidas
<b>Elaboración:</b> Autor		

## 2.5 Requerimiento y restricciones en columna de concreto

“Recordando el acontecimiento del terremoto en abril del 2016, se realizaron levantamiento de información, y estudios de laboratorio con la finalidad de evaluar el control de calidad del material. Como resultado del estudio, se determinó que ciertos pórticos estructurales de concreto no cumplían con la resistencia mínima de  $f'c=21\text{MPa}$  que propone la normativa de construcción. La mayoría de las estructuras que colapsaron ante las cargas sísmicas, era edificios o casas que presentaban deficiencia en diseño de elementos de hormigón, además de que estas estructuras son las que mayor carga reactiva sísmica debido a la aportación de cargas en losa, y columnas.” [9]

El cumplimiento de cuantía es uno de los requerimientos que especifica la normativa, para cuantificar la cantidad de acero requerida en la sección, el rango de la cuantía está entre el 1% y 3%. Esta condición se expresa de la siguiente manera:

$$0.01 \leq \frac{A_s}{A_g} \leq$$

Donde:

- $A_s$ = Área del refuerzo longitudinal
- $A_g$ = Área bruta de la sección”

En la revisión de esbeltez más desfavorable que se debería considerar es en columnas de mayor altura en luz libre, la estimación de l valor de esbeltez se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$\epsilon = k \frac{l_u}{r} \leq 22$$

Donde:

- $\epsilon$  = Esbeltez de la columna
- $l_u$  = Longitud de la columna entre apoyos
- $r$  = Radio de giro de la sección transversal (0.3\*Lado, o 0.25\*Diámetro)
- $k$  = Factor de condición de vínculo en los extremos (0.8)



### 3. PROCESO METODOLÓGICO

#### 3.1 Evaluación Cargas gravitacionales y laterales para Pórtico

Una fuente indispensable para la elección de las cargas, con el seguimiento de la tabla 8 y 9 perteneciente a la NEC-2015 de Cargas No Sísmicas. Ver Anexo B.

Carga Viva ( $C_v$ ), el material que comúnmente se usa para la cubierta es de chapa ondulada de acero galvanizado. Para este caso considera una carga máxima de:

$$C_v = 0.14 \frac{kN}{m^2}$$

Carga Muerta ( $C_m$ ), para cubiertas planas, inclinadas o curvas se propone una carga uniforme de:

$$C_m = 0.7 \frac{kN}{m^2}$$

Carga de Viento ( $C_v$ ), de acuerdo a la sección 3.2.4 de la normativa, se tiene que considerar la velocidad de viento del sitio del galpón. En páginas de información meteorológica, se han registrado vientos entre 13 y 29 km/h; en caso de velocidades menores a 79 km/h, la normativa obliga una aplicación de carga de viento de 75km/H (21m/s).

$$V = 21 \frac{m}{s}$$

Con este valor y los siguientes requerimientos se estimará la presión de viento ejercida en una franja de diseño interior y exterior del pórtico.

La estimación de cargas laterales en columnas y en las diagonales para cercha, se encuentra en el Anexo C.

#### 3.2 Espectro de Aceleración

El modelado, elaborado en el software de análisis estructural, se someterá bajo acciones sísmicas consideradas en la norma de diseño sísmico (NEC-SD-DS). Para el tipo de suelo para el estudio está clasificado como tipo D para un valor de con una categorización máxima en roca de  $Z=0.4g$ . Procedimiento del cálculo, y el diagrama de aceleraciones inelásticas se encuentra representado en el Anexo D.

“Es oportuno mencionar que algunas normas extranjeras contemplan el uso de las láminas de la cubierta como diafragmas que contribuyen a la resistencia y rigidez lateral de las naves.” [9] Sin embargo, en el modelado digital se utilizó correas de sección metálica tipo G con conexión axial para las conexiones en cerchas. Además, se consideró el aumento de números de análisis de modal, con la finalidad de mantener la participación de masas dentro de un rango de 90% y 100%, de acuerdo contemplado en la normativa ecuatoriana.

### **3.3 Diagramas de Iteración de Columnas de hormigón**

Una columna que está sometida a esfuerzos de flexo-compresión, de los cuales tiene diferentes solicitaciones para carga axiales, y su momento calculado para dicha carga axial. Al organizar los valores en una gráfica de carga axial vs. momento se logra definir el diagrama de interacción.

“Los diagramas de interacción permite agilizar el trabajo al visualizar la elección de sección de diseño y cuantías requeridas, el diseñador al poder interactuar directamente con el valor del momento y carga axial.” [10]

El método de elaboración de diagrama de interacción, se basa en el método de equilibrio de momentos, Ver Anexo E. Los diagramas de interacción obtenidos para las columnas asignadas de acuerdo al plano definitivo se muestran en el Anexo F, del cual se consideró 4cm de recubrimiento, y los diámetros y separaciones de varilla aplicado.

Los valores de módulo de elasticidad para el hormigón, y de varilla corrugada asignados en el software de análisis estructural son los siguientes:

$$(1) E_c (GPa) = 4.7 * \sqrt{f'c} (f'c \text{ MPa}) = 232515.64 \text{ kgf/cm}^2 \quad \text{Hormigón}$$

$$(2) E_s = 2039432.4 \text{ kgf/cm}^2 = 200.000 \text{ MPa} \quad \text{Varilla de Acero}$$

La resistencia del hormigón dependerá de los resultados de diseño aplicado en materiales pétreos, y la dosificación requerida, el resultado de la dosificación es la resistencia del material ( $f'c$ ); para el cálculo del módulo de elasticidad del concreto se lo realizo mediante la fórmula (1), perteneciente al Instituto Americano del concreto (ACI 2015). [11]

## 4. RESULTADO DE LA PRÁCTICA

### 4.1 Modelación de la estructura

Para cumplir con los requerimientos de movimiento estabilidad estructural en el modelado, fue indispensable el uso de elementos axiales en la cubierta tipo celosía. Además de considerar las exigencias del método de diseño basado en fuerzas (DBF) presentada en el capítulo 6 de la normativa NEC de diseño sísmico. En el Anexo I se muestran los elementos de sección metálica sé que incluyeron, y modificaron. Las secciones incluidas se especifican en la siguiente tabla:

**Tabla 3.** Propuesta de secciones para chercha

Sección	Propiedad	Uso
18, 16 ,12 mm	Fy 420 kg/cm2	<b>Tensores axiales</b>
<b>Cercha de Carga para cubierta</b>		
C 200x80x6	A572Gr50	Diagonales y verticales internas
C 200x100x6		Perimetral
<b>Cubierta</b>		
C 200x80x6	A572Gr50	Sección a Placa base
C 200x100*12		Apoyos verticales en nodo y perimetrales
C 200x100*8		Sección superior e inferior de cubierta, ejes del 5 al 10
C 200x80x8		Perimetrales y Apoyo en nodo del eje 3 y 4
C 200x80x6		Perimetrales y Apoyo en nodo del eje 2 y 1
<b>Elaboración:</b> Autor		

*4.2.1 Inercia agrietada.* Se consideró el valor de inercia agrietada en columnas, con un coeficiente de  $0.8I_g$ , Las columnas son los elementos más sobrecargados en la estructura, aunque la presencia de vigas de hormigón está presente, no están sujetas bajo cargas de losa por lo que el valor de inercia agrietada no se aplica. La inercia agrietada en paredes tampoco aplica debido a que la relación de altura y longitud es inferior a 1.5.

Como resultado al aplicar el valor de inercia agrietada en columnas el periodo de la estructura cambió de 0.424s a 0.445s, un valor dentro del límite aceptable del incremento del 30% al periodo fundamental, siendo 0.52s.

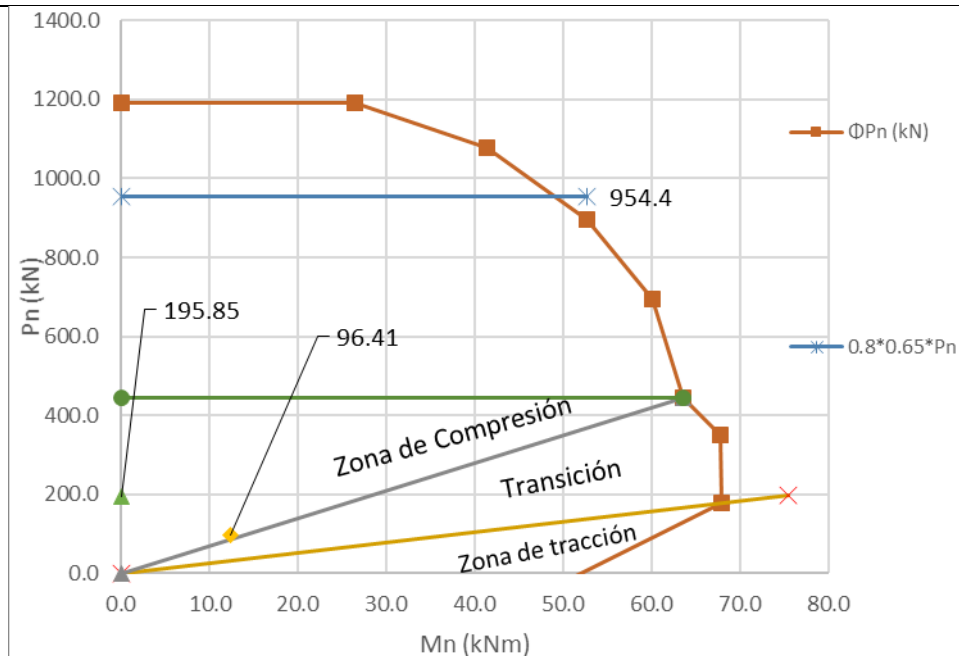
## 4.2 Diagrama de interacción en Columnas

4.2.1 Sección 30x30. Con el envolvente de cargas se obtuvo el esfuerzo axial y momento máximo, para la columna para la columna de 30x30, en la siguiente tabla se muestra los valores:

**Tabla 4.** Esfuerzos Máximos de columna 30x30

Columna de 30 x30				
Columna	Dimensión mm	Combo	Envolvente	
			Axial kN	Momento kN*m
D-11	30*30	1.4(D+SD)	195.85	0.08
B-11	30*30	1.2(D+SD) +E(SX) + L +0.2S	96.41	12.37

**Elaboración:** Autor



**Gráfica 1.** Diagrama de interacción columna 30x30 **Elaboración:** Autor

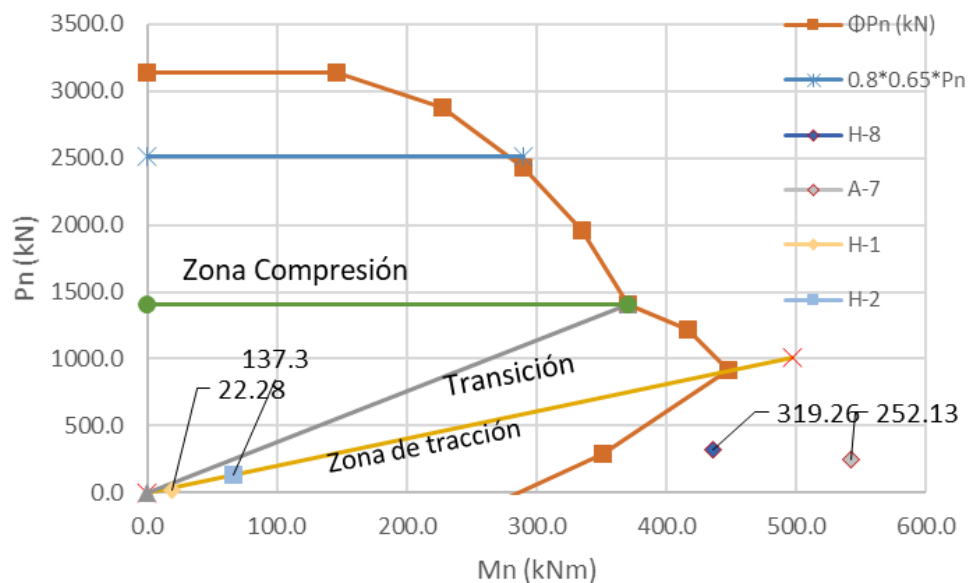
En la gráfica, para el punto de carga axial y momento de diseño nominal para el sismo estático en eje X perteneciente a la columna B-11, se encuentra cerca del límite en donde se produce la falla balanceada entre el esfuerzo del hormigón y el acero.

4.2.2 Sección 60x40. Estas columnas soportan la cubierta principal formada por cercha, tienen como función transferir las cargas hacia los cimientos. Con los resultados obtenidos en el análisis estructural con el software, se destaca esfuerzos flexionantes nominales que superan al diagrama de interacción de columna de 60x40. En la siguiente tabla se muestran los siguientes resultados:

**Tabla 5.** Esfuerzos Máximos de columna 60x40

Columna de 60 x40				
Columna	Dimensión mm	Combo	Envolvente	
			Axial kN	Momento kN*m
H-8	60x40	1.2(D + SD) + 1.6(Lr)+ L	319.26	435.83
A-8	60x40	1.2(D + SD) + E(SX) + 0.2S	252.13	542.14
H-1	60x40	1.2(D+SD)+E(SY)+0.2S	22.28	19.05
H-2	60x40	0.9(D+SD)+E(Sx)	137.3	66.52

**Elaboración:** Autor



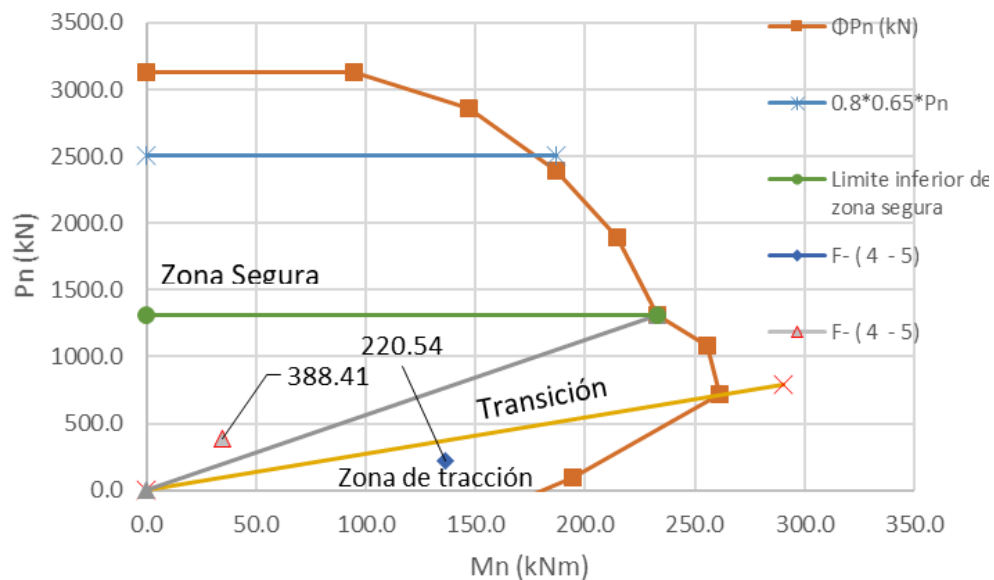
**Gráfica 2.** Diagrama de interacción columna 60x40 **Elaboración:** Autor

De acuerdo a los resultados; al graficar los puntos de carga axial y nominal en el diagrama de interacción, se aprecia que la sección no satisface con la demanda a momento flector para los combos mostrados, valores mayores a 195 kN\*m conllevan a un fallo por tracción.

4.2.3 Sección 40x60. Dentro del galpón, existe una columna interna que da apoyo a una celosía para cubierta, la columna tiene las mismas dimensiones de las columnas laterales; sin embargo, esta columna está rotada a 90 grados. En la siguiente tabla, se muestran los valores máximos y mínimos de carga nominal, dentro del diagrama de interacción de la columna con respecto a su otro eje perpendicular al área transversal.

**Tabla 6.** Esfuerzos Máximos de columna 40x60

Columna de 40 x 60				
Columna	Dimensión	Combo	Envolvente	
			Axial	Momento
	mm		kN	kN*m
F- ( 4 - 5)	60x40	1.2(D+SD)+1.6(Lr)+0.5W	388.41	34.61
F- ( 4 - 5)	60x40	0.9(D+SD)+E(SX)	220.54	136.24
<b>Elaboración:</b> Autor				



**Gráfica 3.** Diagrama de interacción columna 60x40 **Elaboración:** Autor

La columna interna presenta una falla por tracción para el combo de diseño  $0.9(D+SD)+E(SX)$ , pero aún está presente dentro del diagrama de iteración. Para mejorar el desempeño es necesario aumentar la sección de 40cm de ancho o aumentar cuantía en las caras de mayor sección.

## 4.2 Esfuerzo cortantes en columnas

En la revisión de esfuerzos de cortante se obtuvieron los valores nominales inferiores al cortante de diseño último de cortante, ver anexo G. En la siguiente tabla se identifican las columnas con valores máximos de esfuerzos a compresión.

**Tabla 7.** Esfuerzos Cortantes Máximos

Columna	Dimensión	Combo	Axial
	mm		kN
A-11	60x40	1.2(D+SD)+ E(SX)+L+0.2S	180.22
B-11	30x30	1.2(D+SD)+ E(SX)+L+0.2S	7.88
F-4-5	40x40	1.2(D+SD)+ E(SX)+L+0.2S	170.4
<b>Elaboración:</b> Autor			

Al aplicar la fórmula del cortante que absorbe el hormigón  $V_c$ , perteneciente a la normativa, se tiene como resultado de  $V_c=170,4$  kN de la columna de 60x40; y  $V_c= 60.71$  kN de la columna de 30x30. Ver Anexo H.

## 4.3 Capacidad Axial en columnas

Para estimar la capacidad axial nominal para compresión pura, se aplica la siguiente fórmula:

$$\phi P_n = 0,80 * 0,65 [0,85 * f'_c (A_g - A_{st}) + f_y * A_{st} - 0.85 * f'_c * A_{st}]$$

Donde:

- $A_g$  es el área bruta de la sección
- $A_{st}$  el área de sección de acero
- $f'_c$ , resistencia del concreto 240 kg/cm<sup>2</sup>
- $f_y$ , resistencia del acero 4200 kg/cm<sup>2</sup>

**Tabla 8.** Resumen de capacidad axial en columnas

Capacidad de Carga				
Dimensión mm	Acero mm	$A_{st}$ cm <sup>2</sup>	Axial kN	Cuantía %
60x40	#12 $\phi$ 18mm	30.536 cm <sup>2</sup>	3087.179	1.272
30x30	#8 $\phi$ 14mm	12.315 cm <sup>2</sup>	1174.398	1.368
<b>Elaboración:</b> Autor				

En la revisión de esbeltez se obtiene los siguientes resultados:

Capacidad de Carga					
Dimensión mm	Lado m	k	Altura libre Ln m	Radio de giro r 0.3*Lado	$\epsilon = k \frac{lu}{r} \leq 22$
60x40	0.4	0.8	6	0.12	40
	0.6		6	0.18	26
	0.4		3	0.12	20
	0.6		3	0.18	13
30x30	0.3		3	0.09	26
<b>Elaboración:</b> Autor					

Como resultado, la columna de 40x60 de 6 metros es considerada esbelta en ambos sentidos, pero si la luz libre fuera 3 metros no se considera un elemento esbelto, caso contrario sucede con la columna de sección 30x30 a 3 metros.

## 4.2 Conclusiones

En la elaboración del modelado, se ha reemplazado todos elementos de sección débil de la armadura rectangular a secciones más robustas, tal es el caso de las secciones doble L de 50x4 dadas en el plano, para agregar más estabilidad a la estructura fue indispensable el uso de tensores. Como observación, se debe evitar las conexiones de otras armaduras con los elementos perimetrales de la armadura principal para cubierta, lo cual generaría esfuerzos excesivos durante un evento sísmico con desplazamientos horizontales y verticales.

Con los resultados obtenidos se verificó que las columnas son capaces de soportar cargas axiales de demanda, incluso las secciones son lo suficientemente grandes para que el hormigón absorba la demanda máxima de esfuerzo cortante.

En el reforzamiento de cortante para las columnas, se concluye usar el reforzamiento mínimo que la normativa ecuatoriana para hormigón armado dispone para el armado de estribos. Puesto que el cortante nominal obtenido es inferior al cortante que absorbe la sección de hormigón.



### **4.3 Recomendaciones**

Como recomendación para un trabajo de análisis estructural de un galpón existente, es necesario recabar información de la memoria técnica de diseño; hacer una visita técnica a la estructura existente para verificar las dimensiones reales de diseño y de las secciones presentes en el inmueble. Siguiendo previas recomendaciones, se instruye al lector a tomar decisiones esenciales durante la elaboración del modelado estructural en el software para obtener comportamiento y desempeño semejantes a la estructura real.

Si el lector planea diseñar un galpón distinto al proyecto, es necesario hacer un armado estructural asimétrico; en el caso del presente proyecto, la conexión de cercha a columna presentaba una inclinación sobre el cual reposaba la placa base del nudo. Otra recomendación a destacar es, la alineación de las correas tipo G para cubierta con los nodos perimetrales de la cercha, con la intención de transmitir directamente la carga axial a las diagonales internas sobre los nudos.

En la revisión de diseño para elementos metálicos, es importante contar con un catálogo comercial de secciones metálicas para armaduras, e incluir el uso de arriostramiento en cubiertas, e incluso en columnas de sección metálicas.

Todo cambio, adición o sustracción de elementos estructurales conlleva una revisión completa del modelado para la verificación de relación de demanda y capacidad. De acuerdo a las normativas aplicadas en el estudio.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] A. García y E. Gálvez, «Galpones,» *Revista Facultad de Ingeniería*, vol. 11, nº 1, p. 48, 22 septiembre 2003.
- [2] R. Martínez y P. Nungaray, «Evaluación del desempeño sísmico de edificaciones compuestas de marcos rígidos de acero en zonas hondureñas de alto peligro sísmico,» *Informes de la Construcción*, vol. 71, nº 556, p. 2, 2019.
- [3] G. Pannillo, M. Chacón y H. Riera, «Desarrollo y programación de conexiones sismorresistentes tipo BFP y RBS conforme a la normativa Ansi/Aisc 358-16,» *Revista Gaceta Técnica*, vol. XIX, nº 2, p. 1, 2018.
- [4] Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, MIDUVI, «Códigos y Normativas de Diseño Consideradas para el Desarrollo de la NEC2015,» de *Guía práctica para el diseño de estructuras de acero de conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC 2015*, Quito, Imprenta Activa, Quito - Ecuador, 2016, p. 10.
- [5] M. Alonso y D. Rosenberg, «Galpón y cobertizo,» *Dialnet*, vol. 1, nº 60, p. 42, 2005.
- [6] J. C. y C. S. F. McCormac, «DISEÑO CON FACTORES DE CARGA Y RESISTENCIA (LRFD),» de *Diseño de Estructuras de Acero.*, México, Alfaomega, 2012, pp. 51-54.
- [7] S. Segura-Barrientos, «REFERENTES SOBRE EL DISEÑO SISMORRESISTENTE DE ESTRUCTURAS LIGERAS DE ACERO CONFORMADO EN FRÍO,» *Ciencia en su PC*, vol. I, nº 4, pp. 60-61, 2018.
- [8] J. García, R. León y C. Ledezma, «Modelo Analítico del Comportamiento a Compresión de Bloques Huecos de Concreto,» *Revista de la Construcción*, vol. XII, nº 3, pp. 2-3, 2013.
- [9] L. Lara, H. Aguirre y M. Gallegos, «Estructuras Aporticadas de Hormigón Armado que Colapsaron en el Terremoto del 16 de Abril de 2016 en Tabuga– Ecuador,» *Rev Politéc. (Quito)*, vol. XLII, nº 1, p. 2, 2018.

- [10] H. Toujague, D. Sánchez y L. Díaz, «COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL ANTE ACCIONES SÍSMICAS DE UNA NAVE INDUSTRIAL DE ACERO EN SANTIAGO DE CUBA,» *Ciencia en su PC*, vol. I, n° 4, pp. 3-4, 2018.
- [11] C. Rodríguez García y R. Blanco Heredia, «Diseño de columnas de HA con acero simétrico mediante Diagramas de Interacción.,» *Revista de Arquitectura e Ingeniería*, vol. 6, n° 3, p. 4, 2012.
- [12] D. Sánchez, J. Chilibingua, E. Flores y M. Orosco, «Módulo Estático de Elasticidad del Hormigón Fabricado con Agregados de la Mina de San Roque, Imbabura, Ecuador.,» *Rev Politéc. (Quito)*, vol. XLVI, n° 1, p. 2, 2020.

## ANEXOS

### Anexos A. Tipos de estructuras de Acero para Galpones



Marco Rígido



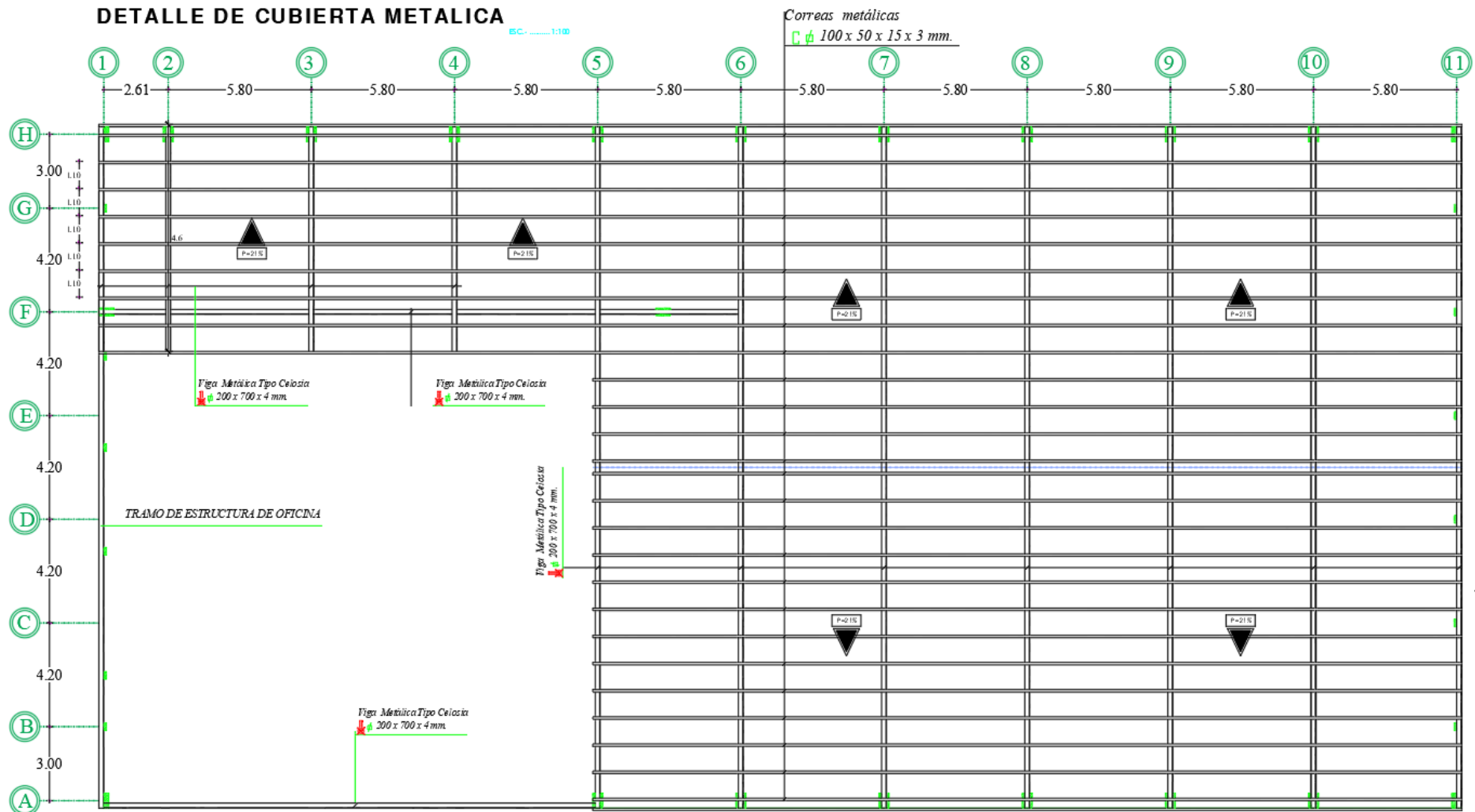
Marco de Cercha y Columnas



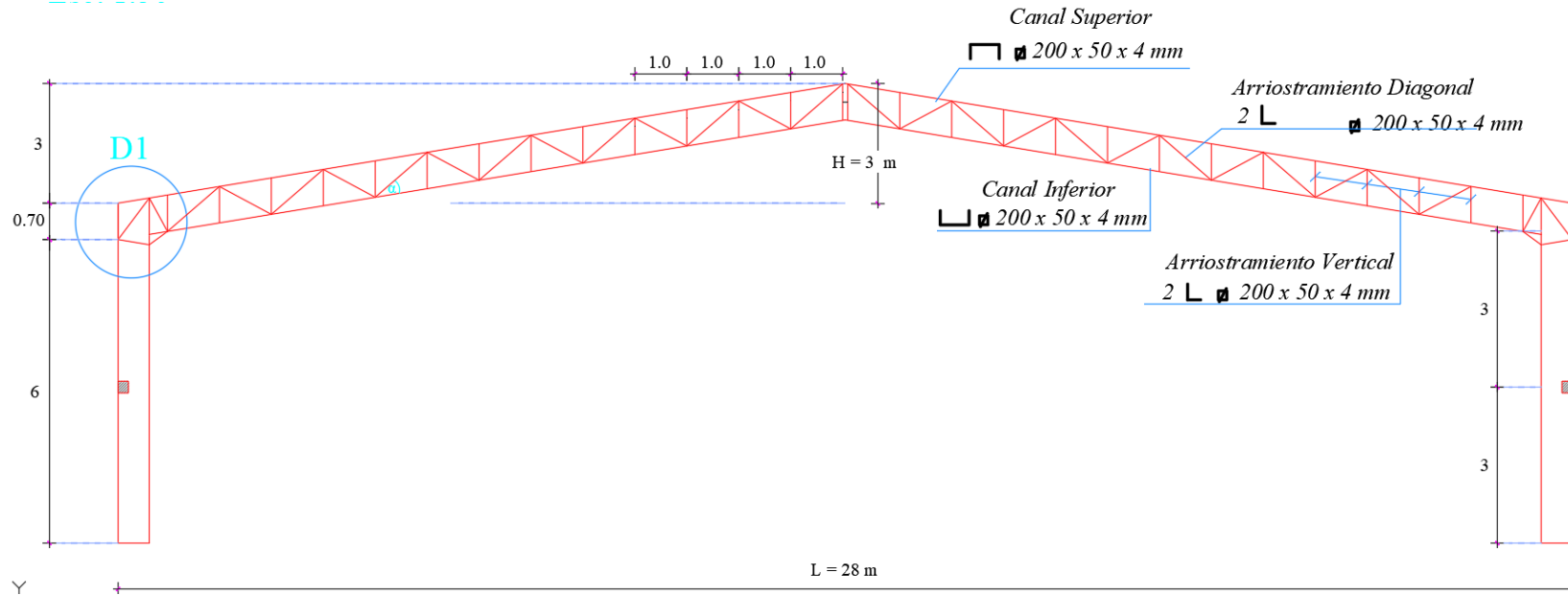
Marco de Cerchas

Fuente: Google Imágenes

### Vista en planta del Galpón a Evaluar

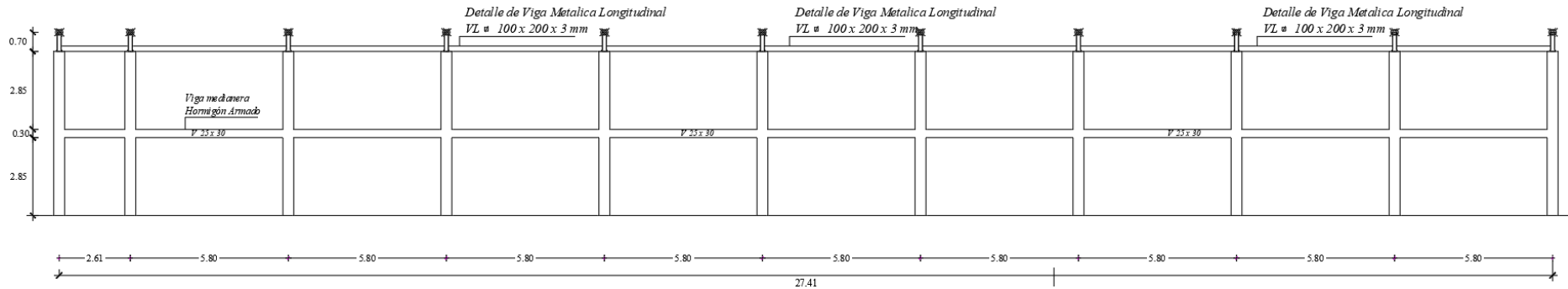


### Detalle Transversal y lateral de Pórtico



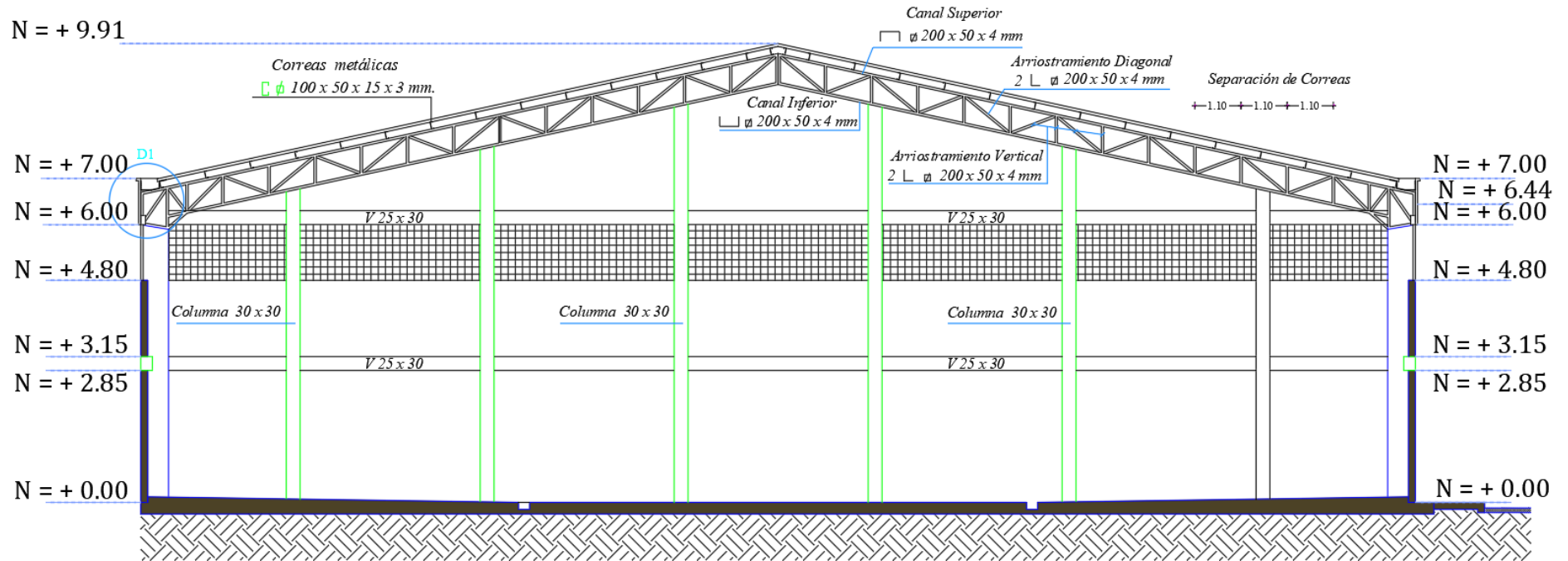
### DETALLE DE VISTA EN ELEVACION LATERAL

ESC. 1:100



# Detalle de Galpón

ESC. 1:75



## Anexos B. Tablas para velocidad de viento corregida $V_b$

Coeficiente de corrección $\sigma$			
Altura (m)	Sin obstrucción (Categoría A)	Obstrucción baja (Categoría B)	Zona edificada (Categoría C)
5	0.91	0.86	0.80
10	1.00	0.90	0.80
20	1.06	0.97	0.88
40	1.14	1.03	0.96
80	1.21	1.14	1.06
150	1.28	1.22	1.15

**Fuente:** NEC 2015 (Cargas no Sísmicas), Tabla 5. Pág. 15

Factor de forma $C_f$		
Construcción	Barlovento	Sotavento
Superficies verticales de edificios	+0.8	
Anuncios, muros aislados, elementos con una dimensión corta en el sentido del viento	+1.5	
Tanques de agua, chimeneas y otros de sección circular o elíptica	+0.7	
Tanques de agua, chimeneas y otros de sección cuadrada o rectangular	+2.0	
Arcos y cubiertas cilíndricas con un ángulo de inclinación que no exceda los 45°	+0.8	-0.5
Superficies inclinadas a 15° o menos	+0.3 a 0	-0.6
Superficies inclinadas entre 15° y 60°	+0.3 a +0.7	-0.6
Superficies inclinadas entre 60° y la vertical	+0.8	-0.6

**Fuente:** NEC 2015 (Cargas no Sísmicas), Tabla 6. Pág. 16

Determinación simplificada del factor de forma $C_f$	
Construcción	Coeficiente $C_f$
Elementos situados en patios interiores, cuyo ancho es inferior a la altura del edificio y sin conexión con el espacio exterior por su parte inferior, así como ventanas interiores (en el caso de que se dispongan dobles ventanas)	0.3
Elementos en fachadas protegidas en edificios alineados en calles rectas, a una distancia de la esquina, mayor que la altura de la edificación, en bloques exentos en la parte central de una fachada, de longitud mayor que el doble de la altura o en patios abiertos a fachadas o patios de manzana	0.8
Elementos en fachadas expuestas en edificaciones aisladas o fachadas de longitud menor que el doble de la altura	1.3
Elementos en fachadas muy expuestas, situados al borde de la orilla de lagos o del mar, próximos a escarpaduras, laderas de fuerte inclinación, desfiladeros, y otros	1.5

**Fuente:** NEC 2015 (Cargas no Sísmicas), Tabla 7. Pág. 17



## Anexos C. Cargas Gravitacionales Y Cargas de Viento

### Cargas por viento

Velocidad instantánea máxima del viento (Vi)

$$Vi := 21 \frac{m}{s}$$

Velocidad instantánea máxima del viento (Vb)

$$Altura1 := 5 \text{ m} \quad \sigma1 := 0.86$$

$$Altura2 := 10 \text{ m} \quad \sigma2 := 0.9$$

$$Altura := 9.75 \text{ m}$$

$$\sigma := \sigma1 + \frac{\sigma2 - \sigma1}{Altura2 - Altura1} \cdot (Altura - Altura1) = 0.898$$

$$Vb := Vi \cdot \sigma \xrightarrow{\text{explicit, ALL}} 21 \frac{m}{s} \cdot 0.898 = 18.858 \frac{m}{s}$$

Las características topográficas se reparten en 3 categorías:

- Categoría A (sin obstrucción): edificios frente al mar, zonas rurales o espacios abiertos sin obstáculos topográficos.
- Categoría B (obstrucción baja): edificios en zonas suburbanas con edificación de baja altura, promedio hasta 10m.
- Categoría C (zona edificada): zonas urbanas con edificios de altura.

Altura (m)	Sin obstrucción (Categoría A)	Obstrucción baja (Categoría B)	Zona edificada (Categoría C)
5	0.91	0.86	0.80
10	1.00	0.90	0.80
20	1.06	0.97	0.88
40	1.14	1.03	0.96
80	1.21	1.14	1.06
150	1.28	1.22	1.15

Tabla 5: Coeficiente de corrección  $\sigma$

### Cálculo de la presión del Viento

$$Cf := 0.8$$

Coefficiente de Forma

$$\rho := 1.25 \frac{kg}{m^3}$$

Peso específico de aire

Interpolación

$$Altura1 := 5 \text{ m} \quad Ce1 := 0.70$$

$$Altura2 := 10 \text{ m} \quad Ce2 := 0.76$$

$$Altura := 9.75 \text{ m} \quad \text{Altura de Galpón}$$

Table 26.10-1 Velocity Pressure Exposure Coefficients,  $K_h$  and  $K_z$

Height above Ground Level, z		Exposure		
ft	m	B	C	D
0-15	0-4.6	0.57 (0.70) <sup>a</sup>	0.85	1.03
20	6.1	0.62 (0.70) <sup>a</sup>	0.90	1.08
25	7.6	0.66 (0.70) <sup>a</sup>	0.94	1.12
30	9.1	0.70	0.98	1.16
40	12.2	0.76	1.04	1.22
50	15.2	0.81	1.09	1.27
60	18.0	0.85	1.13	1.31
70	21.3	0.89	1.17	1.34
80	24.4	0.93	1.21	1.38
90	27.4	0.96	1.24	1.40
100	30.5	0.99	1.26	1.43
120	36.6	1.04	1.31	1.48
140	42.7	1.09	1.36	1.52
160	48.8	1.13	1.39	1.55

$$Ce := Ce1 + \frac{Ce2 - Ce1}{Altura2 - Altura1} \cdot (Altura - Altura1) = 0.757 \quad \text{Coeficiente de Exposición}$$

$$Pr := \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot (Vb)^2 \cdot Ce \cdot Cf \xrightarrow{\text{explicit, ALL}} \frac{1}{2} \cdot 1.25 \frac{kg}{m^3} \cdot \left( \frac{18.858 \cdot m}{s} \right)^2 \cdot 0.757 \cdot 0.8 = 134.604 \frac{N}{m^2}$$

$$Pr = 13.726 \frac{kgf}{m^2} \quad \text{Presión de Aire}$$

Fuente: Autor

### Carga de Viento en Columnas laterales

$hc := 6 \text{ m}$	Altura de Columna	$Pr = 0.135 \frac{kN}{m^2}$	Presión
<b>Anchos de Aportación de Columnas</b>		<b>Cargas Lateral por Viento</b>	
$Ancho1 := \frac{5.8}{2} \text{ m}$		$CL1 := Ancho1 \cdot Pr = 39.805 \frac{1}{m} \cdot kgf$	
$Ancho2 := 5.8 \text{ m}$		$CL2 := Ancho2 \cdot Pr = 79.609 \frac{1}{m} \cdot kgf$	
$Ancho3 := \left(\frac{5.8}{2} + \frac{2.6}{2}\right) \text{ m} = 4.2 \text{ m}$		$CL3 := Ancho3 \cdot Pr = 57.648 \frac{1}{m} \cdot kgf$	
$Ancho4 := \frac{2.6}{2} \text{ m}$		$CL4 := Ancho4 \cdot Pr = 17.843 \frac{1}{m} \cdot kgf$	

### Carga de Viento en Cubiertas

#### Presión Barlovento

$hi := 14.12 \text{ m}$	Longitud inclinada (12°) cubierta	$Ce = 0.757$	$Cf := 0.3$
$Pr := \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot (Vb)^2 \cdot Ce \cdot Cf \xrightarrow{\text{explicit, ALL}} \frac{1}{2} \cdot 1.25 \frac{kg}{m^3} \cdot \left(\frac{18.858 \cdot m}{s}\right)^2 \cdot 0.757 \cdot 0.3 = 50.476 \frac{N}{m^2}$			
$Pr = 0.05 \frac{kN}{m^2}$		Presión	

#### Cargas Lateral por Viento Barlovento

$CL1 := Ancho1 \cdot Pr$	$\xrightarrow{\text{explicit, ALL}} \frac{5.8}{2} \text{ m} \cdot \frac{50.476404777750005 \cdot N}{m^2} = 14.927 \frac{1}{m} \cdot kgf$
$CL2 := Ancho2 \cdot Pr$	$\xrightarrow{\text{explicit, ALL}} 5.8 \text{ m} \cdot \frac{50.476404777750005 \cdot N}{m^2} = 29.854 \frac{1}{m} \cdot kgf$
$CL3 := Ancho3 \cdot Pr$	$\xrightarrow{\text{explicit, ALL}} 4.2 \text{ m} \cdot \frac{50.476404777750005 \cdot N}{m^2} = 21.618 \frac{1}{m} \cdot kgf$
$CL4 := Ancho4 \cdot Pr$	$\xrightarrow{\text{explicit, ALL}} \frac{2.6}{2} \text{ m} \cdot \frac{50.476404777750005 \cdot N}{m^2} = 6.691 \frac{1}{m} \cdot kgf$

#### Presión Sotavento

$hi := 14.12 \text{ m}$	Longitud inclinada (12°) cubierta	$Ce = 0.757$	$Cf := -0.6$
$Pr := \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot (Vb)^2 \cdot Ce \cdot Cf \xrightarrow{\text{explicit, ALL}} \frac{1}{2} \cdot 1.25 \frac{kg}{m^3} \cdot \left(\frac{18.858 \cdot m}{s}\right)^2 \cdot 0.757 \cdot -0.6 = -100.953 \frac{N}{m^2}$			
$Pr = -10.294 \frac{kgf}{m^2}$			

#### Cargas Lateral por Viento Sotavento

$CL1 := Ancho1 \cdot Pr$	$\xrightarrow{\text{explicit, ALL}} \frac{5.8}{2} \text{ m} \cdot \frac{-100.95280955550001 \cdot N}{m^2} = -29.854 \frac{1}{m} \cdot kgf$
$CL2 := Ancho2 \cdot Pr$	$\xrightarrow{\text{explicit, ALL}} 5.8 \text{ m} \cdot \frac{-100.95280955550001 \cdot N}{m^2} = -59.707 \frac{1}{m} \cdot kgf$

**Fuente:** Autor

### Carga Viva y carga muerta en correas de cubierta

#### Anchos de Aportación Para Correas

$$\text{Ancho1} := \frac{0.47}{2} \text{ m} \quad \text{Ancho2} := \left( \frac{0.47}{2} + \frac{1}{2} \right) \text{ m} = 0.735 \text{ m} \quad \text{Ancho3} := 1 \text{ m}$$

$$\text{Ancho4} := \left( \frac{0.53}{2} + \frac{1}{2} \right) \text{ m} \quad \text{Ancho5} := \left( \frac{0.53}{2} + 0.125 \right) \text{ m}$$

#### Carga Viva

$$Cv := 0.7 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$Cv1 := \text{Ancho1} \cdot Cv \xrightarrow{\text{explicit, ALL}} \frac{0.47}{2} \text{ m} \cdot 0.7 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 16.774 \frac{1}{\text{m}} \cdot \text{kgf}$$

$$Cv2 := \text{Ancho2} \cdot Cv \xrightarrow{\text{explicit, ALL}} 0.735 \cdot \text{m} \cdot 0.7 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 52.464 \frac{1}{\text{m}} \cdot \text{kgf}$$

$$Cv3 := \text{Ancho3} \cdot Cv \xrightarrow{\text{explicit, ALL}} 1 \text{ m} \cdot 0.7 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 71.38 \frac{1}{\text{m}} \cdot \text{kgf}$$

$$\frac{Cv3}{2} = 35.69 \frac{\text{kgf}}{\text{m}}$$

$$Cv4 := \text{Ancho4} \cdot Cv \xrightarrow{\text{explicit, ALL}} \left( \frac{0.53}{2} + \frac{1}{2} \right) \text{ m} \cdot 0.7 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 54.606 \frac{1}{\text{m}} \cdot \text{kgf}$$

$$Cv5 := \text{Ancho5} \cdot Cv \xrightarrow{\text{explicit, ALL}} \left( \frac{0.53}{2} + 0.125 \right) \text{ m} \cdot 0.7 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 27.838 \frac{1}{\text{m}} \cdot \text{kgf}$$

#### Carga Muerta

$$Cm := 10.2 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2} = 0.1 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$Cm1 := \text{Ancho1} \cdot Cm \xrightarrow{\text{explicit, ALL}} \frac{0.47}{2} \text{ m} \cdot \frac{0.10002782999999998 \cdot \text{kN}}{\text{m}^2} = 2.397 \frac{1}{\text{m}} \cdot \text{kgf}$$

$$Cm2 := \text{Ancho2} \cdot Cm \xrightarrow{\text{explicit, ALL}} 0.735 \cdot \text{m} \cdot \frac{0.10002782999999998 \cdot \text{kN}}{\text{m}^2} = 7.497 \frac{1}{\text{m}} \cdot \text{kgf}$$

$$Cm3 := \text{Ancho3} \cdot Cm \xrightarrow{\text{explicit, ALL}} 1 \text{ m} \cdot \frac{0.10002782999999998 \cdot \text{kN}}{\text{m}^2} = 10.2 \frac{1}{\text{m}} \cdot \text{kgf}$$

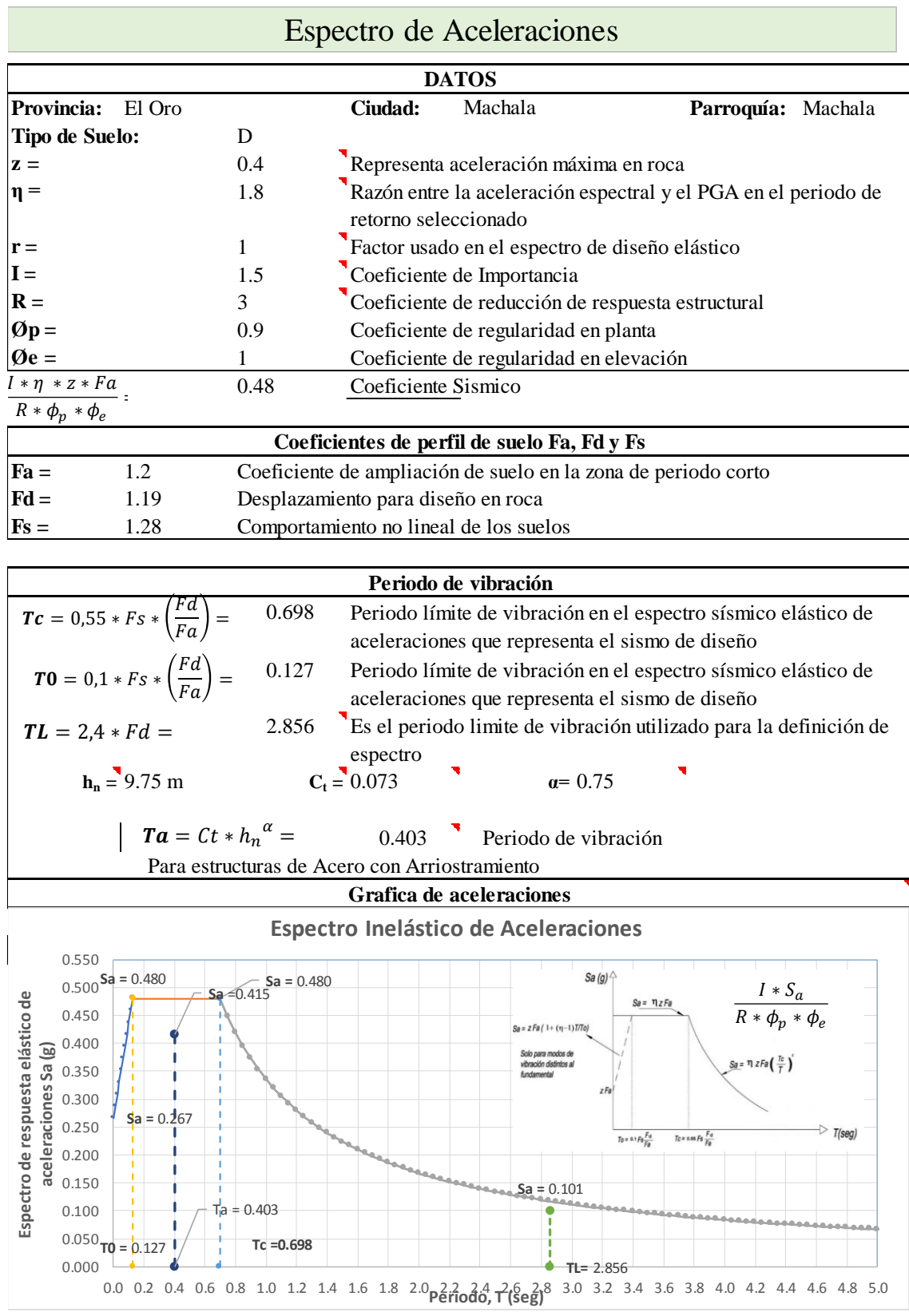
$$\frac{Cm3}{2} = 5.1 \frac{\text{kgf}}{\text{m}}$$

$$Cm4 := \text{Ancho4} \cdot Cm \xrightarrow{\text{explicit, ALL}} \left( \frac{0.53}{2} + \frac{1}{2} \right) \text{ m} \cdot \frac{0.10002782999999998 \cdot \text{kN}}{\text{m}^2} = 7.803 \frac{1}{\text{m}} \cdot \text{kgf}$$

$$Cm5 := \text{Ancho5} \cdot Cm \xrightarrow{\text{explicit, ALL}} \left( \frac{0.53}{2} + 0.125 \right) \text{ m} \cdot \frac{0.10002782999999998 \cdot \text{kN}}{\text{m}^2} = 3.978 \frac{1}{\text{m}} \cdot \text{kgf}$$

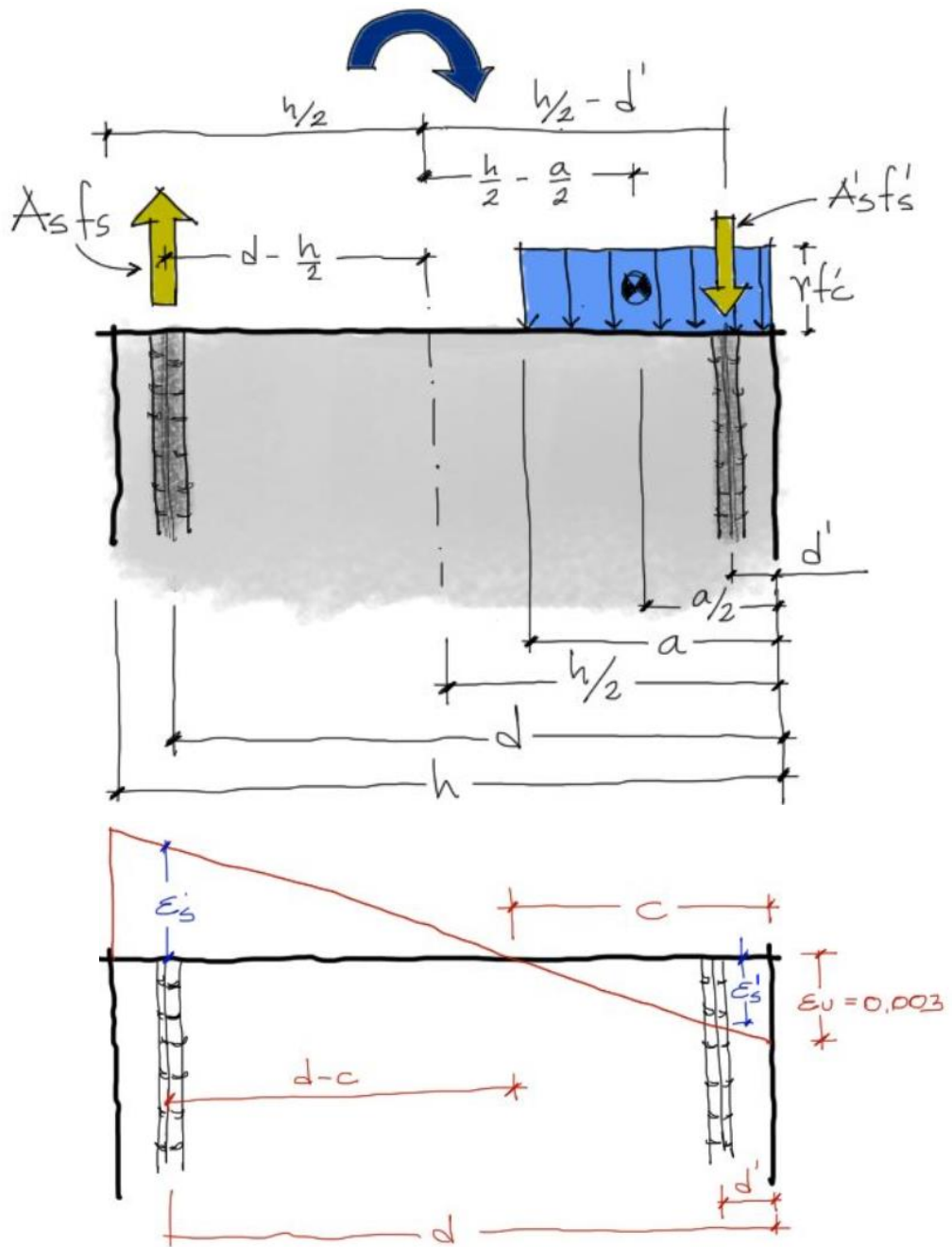
**Fuente:** Autor

## Anexos D. Espectro de Aceleración



Fuente: Autor

Anexos E. Espectro de esquema de análisis para diagrama de iteración



Fuente: Marcelo Pardo

## Anexos F. Secciones de Columnas y Diagramas de iteración en SAP 2000

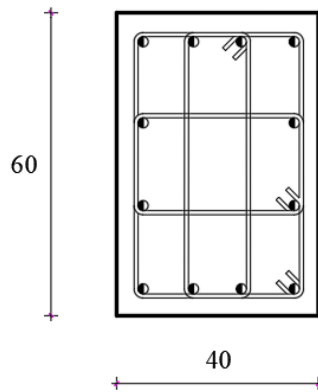
### ARMADO DE COLUMNAS LATERALES C1

Ejes 1 - 2 - 3 - 4 - 6 - 7 - 8 - 9 - 10 - 11

• 12 Ø 18 mm

E Ø 10 mm @ 10 cm ; H/3 pie - cabeza

Ø 10 mm @ 15 cm ; H/3 Centro



### Detalle de Columnas de Fachada Frontal y Posterior

• 8 Ø 14 mm.

E Ø 10 mm @ 10 cm. H/3 Pie - Cabeza

Ø 10 mm @ 15 cm. H/3 Cuerpo

@ 4.2 m.

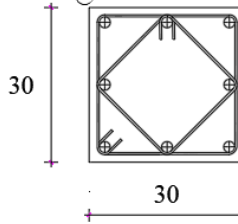
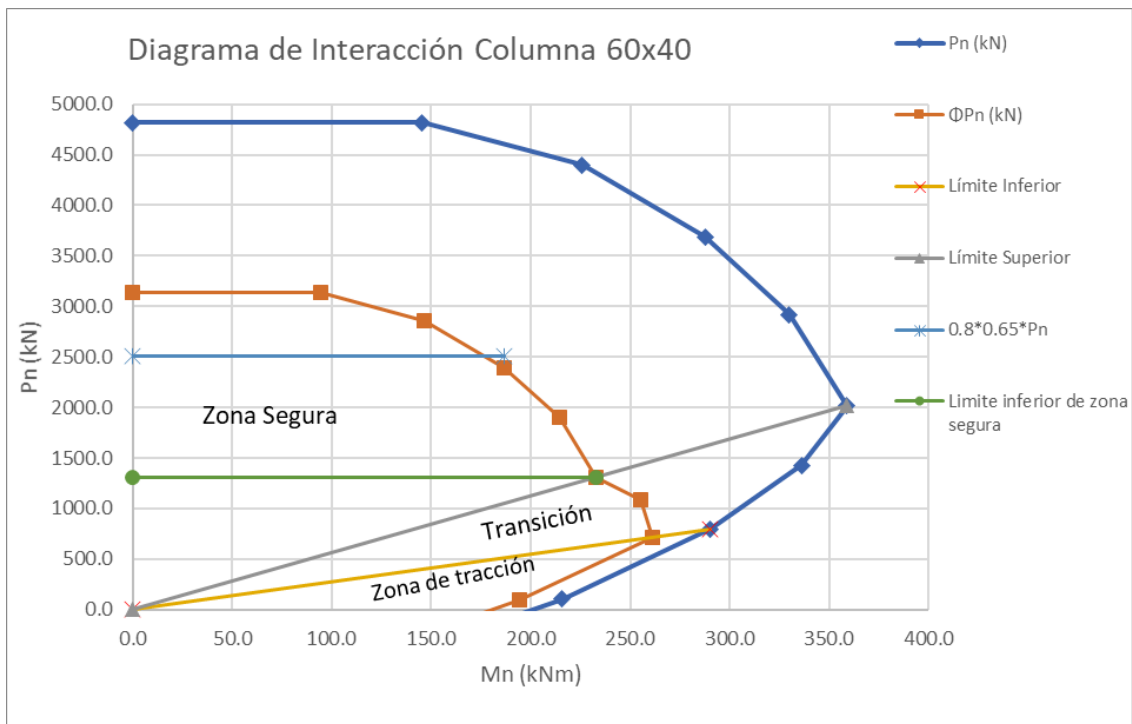


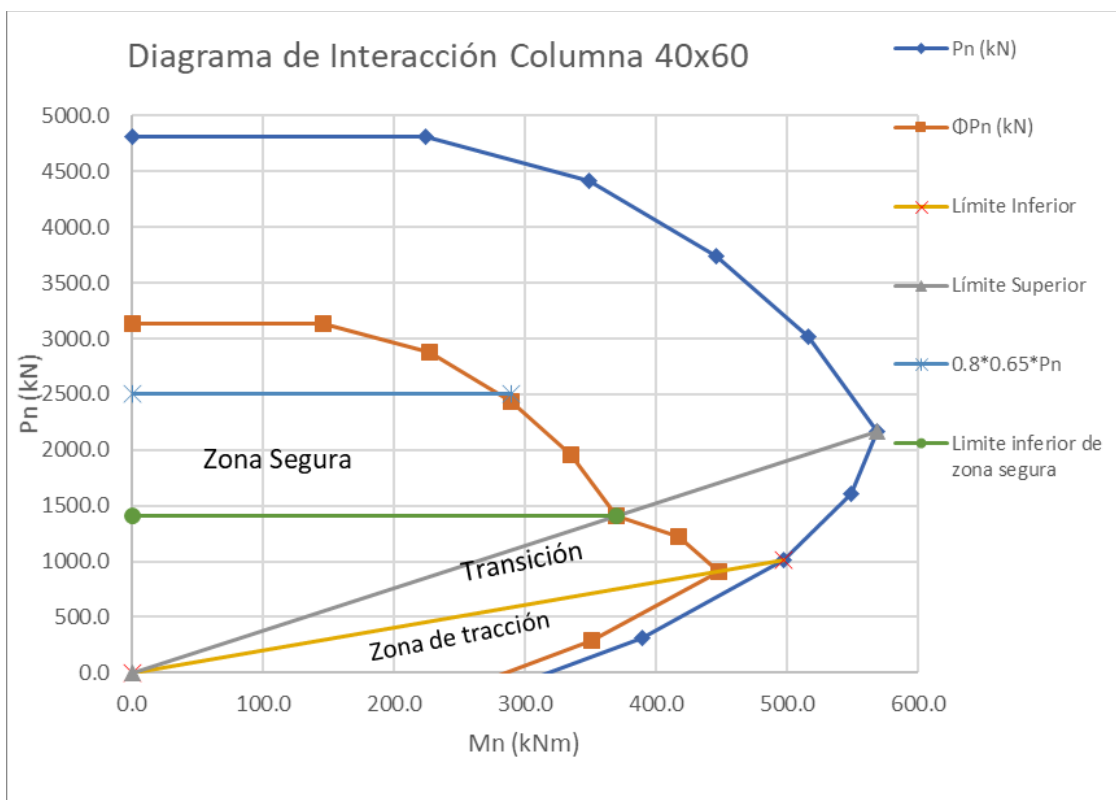
Diagrama de Interacción Columna 60x40				
Pn (kN)	Mn (kNm)	Φphi	ΦPn (kN)	ΦMn (kNm)
4818	0.00	0.65	3132	0
4818	145.43	0.65	3132	94.5358902
4396	225.79	0.65	2857	146.74237
3686	287.57	0.65	2396	186.928562
2918	329.87	0.65	1897	214.446749
2018	358.71	0.65	1311	233.036552
1425	335.97	0.76	1083	255.33682
794.7977	290.16	0.90	715.3179	261.142369
105.0949	215.95	0.90	94.5854	194.353539
-732.5976	94.62	0.90	-659.3378	85.1561048
-1281.8736	0.00	0.90	-1153.6862	0

Diagrama de Interacción Columna 40x60 (90 Grados)				
Pn (kN)	Mn (kNm)	Φphi	ΦPn (kN)	ΦMn (kNm)
4818	0.00	0.65	3132	0
4818	224.74	0.65	3132	146.091808
4422	349.52	0.65	2874	227.166237
3742	445.68	0.65	2432	289.657894
3012	516.00	0.65	1958	335.433613
2169	569.22	0.65	1410	370.033795
1602	548.64	0.76	1218	417.133752
1013	497.39	0.90	911.7696	447.682114
318.2053	389.87	0.90	286.3848	350.880967
-377.1862	231.86	0.90	-339.4675	208.676021
-1281.8736	0.00	0.90	-1153.6862	0

Fuente: Autor



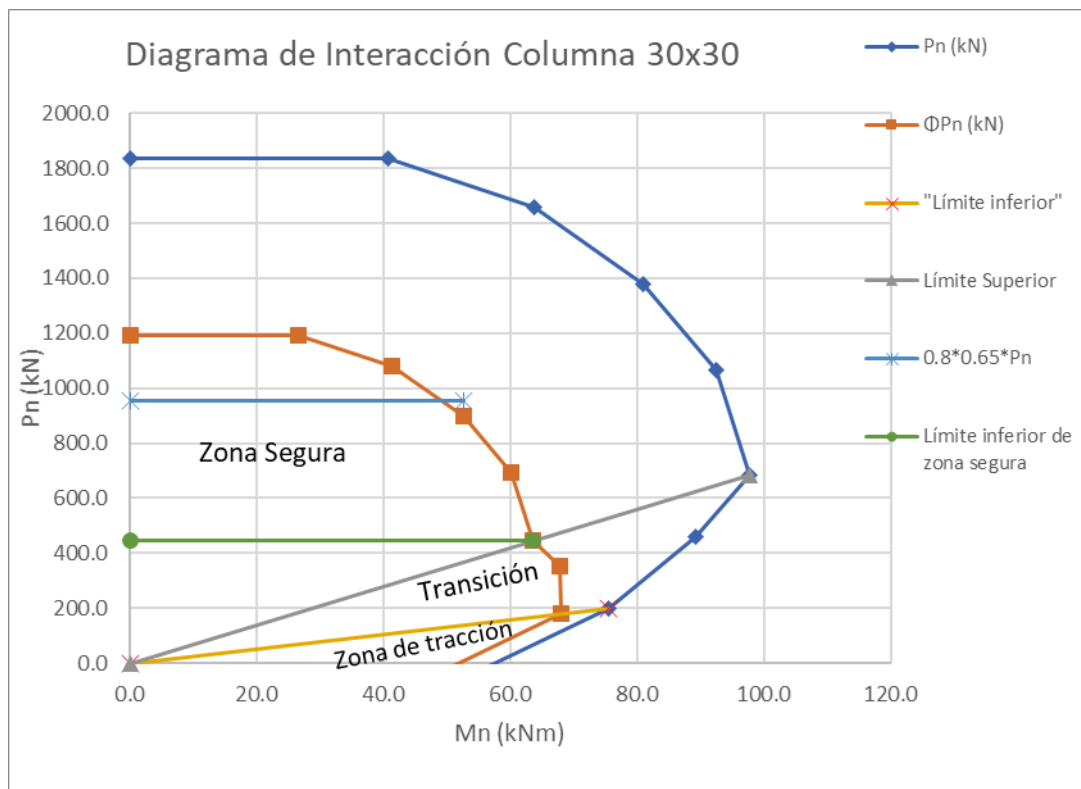
**Fuente:** Autor



**Fuente:** Autor

Diagrama de Interacción Columna 30x30				
Pn (kN)	Mn (kNm)	$\Phi\phi$	$\Phi Pn$ (kN)	$\Phi Mn$ (kNm)
1835	0	0.65	1193	0
1835	40.7307	0.65	1193	26.4805041
1659	63.6829	0.65	1078	41.3804498
1379	81.0091	0.65	896.5589	52.6681868
1068	92.4263	0.65	693.9255	60.0533394
683.3049	97.7597	0.65	444.1482	63.5438071
461.3757	89.2606	0.76	350.6207	67.8332518
197.7587	75.5053	0.90	177.9829	67.9547967
-30.9244	54.7837	0.90	-27.8319	49.3052237
-371.6151	20.1022	0.90	-334.4536	18.0919805
-517.44	0	0.90	-465.696	0

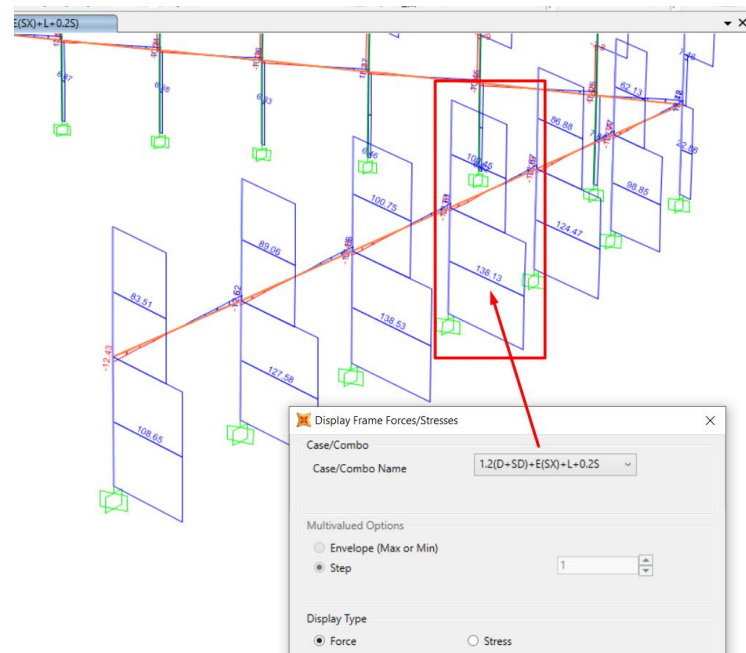
Fuente: Autor



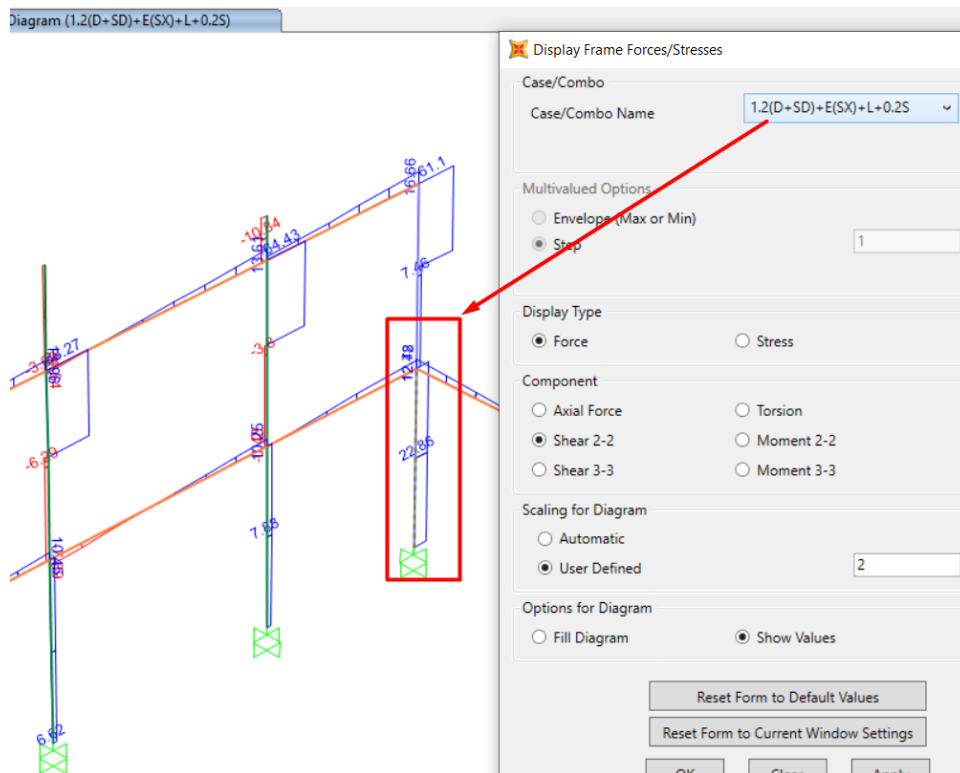
Fuente: Autor



## Anexos G. Máximo cortante en Columnas



Columna Eje A fila 8, cortante de 138.13 kN combo 1.2(D+SD)+E(Sx)+L+0.2S



Columna Eje A fila 11, cortante de 22.86 kN combo 1.2(D+SD)+E(Sx)+L+0.2S

## Anexos H. Cálculo de cortantes vs. Cortantes Nominales

<b>Cortantes de Hormigón</b>		$b_w$ = base de columna $d$ = peralte de la sección $f'_c$ = resistencia del hormigón	
$V_c = 0.17 \lambda \sqrt{f'_c} b_w d$			
$V_c := 0.17 \cdot \sqrt{24} \cdot 400 \cdot \left(600 - 40 - 10 - \frac{18}{2}\right) \cdot 1 \text{ N} = 180.22 \text{ kN}$		<b>40x60</b> $1.2 \cdot (D + SD) + E(SX) + L + 0.2 S$	
$V_c := 0.17 \cdot \sqrt{24} \cdot 600 \cdot \left(400 - 40 - 10 - \frac{18}{2}\right) \cdot 1 \text{ N} = 170.4 \text{ kN}$	mayor que	$C_u := 138.13 \text{ kN}$	
		<b>30x30</b> $1.2 \cdot (D + SD) + E(SX) + L + 0.2 S$	
$V_c := 0.17 \cdot \sqrt{24} \cdot 300 \cdot \left(300 - 40 - 10 - \frac{14}{2}\right) \cdot 1 \text{ N} = 60.71 \text{ kN}$	mayor que	$C_u := 22.86 \text{ kN}$	
<b>Limitación de zona de confinamiento cabeza y pie de columna</b>			
<b>Columna de 40x60</b>	<b>Separación de estribos</b>	<b>Columna de 30x30</b>	<b>Separación de estribos</b>
$h_c := 600 \text{ mm}$	$S := 100 \text{ mm}$	$h_c := 300 \text{ mm}$	$S := 100 \text{ mm}$
$h_{nn} := \frac{3000}{6} \text{ mm} = 500 \text{ mm}$	$6 \cdot 18 \text{ mm} = 108 \text{ mm}$	$h_{nn} := \frac{3000}{6} \text{ mm} = 500 \text{ mm}$	$6 \cdot 14 \text{ mm} = 84 \text{ mm}$
450 mm		450 mm	
zona de confinamiento 60cm, estribos de 10mm a 10cm de separación		zona de confinamiento 45cm, estribos de 10mm a 8cm de separación	

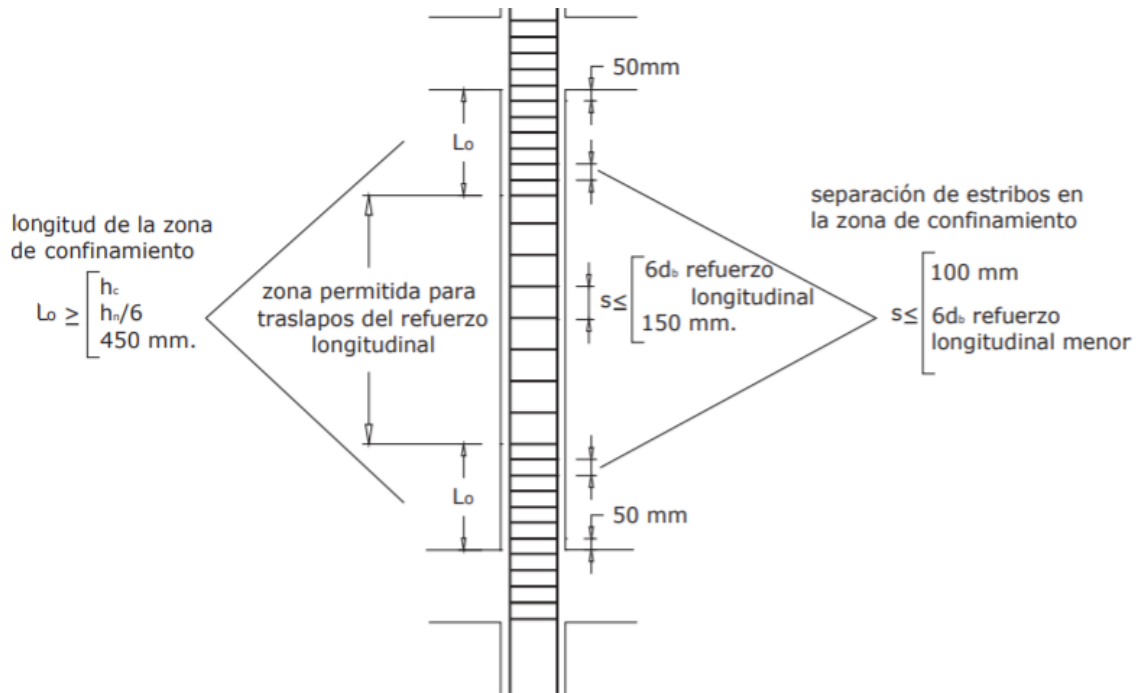
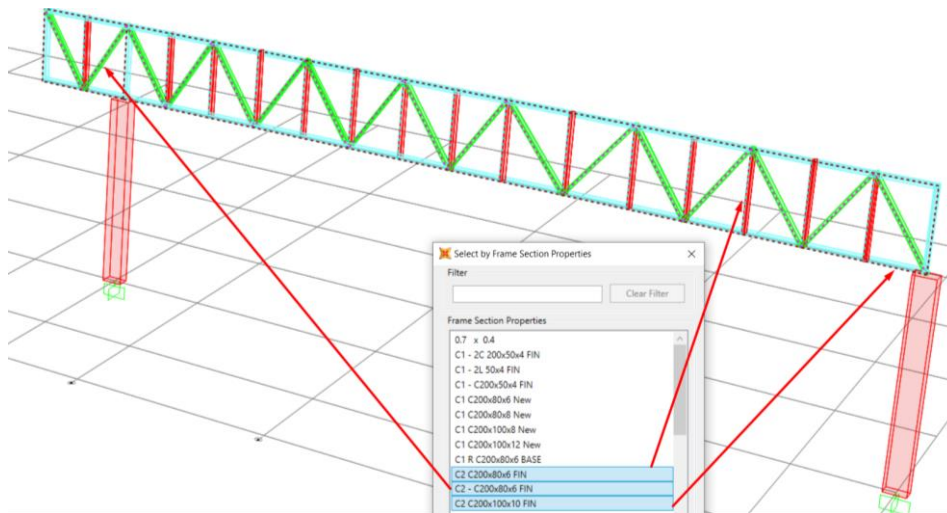
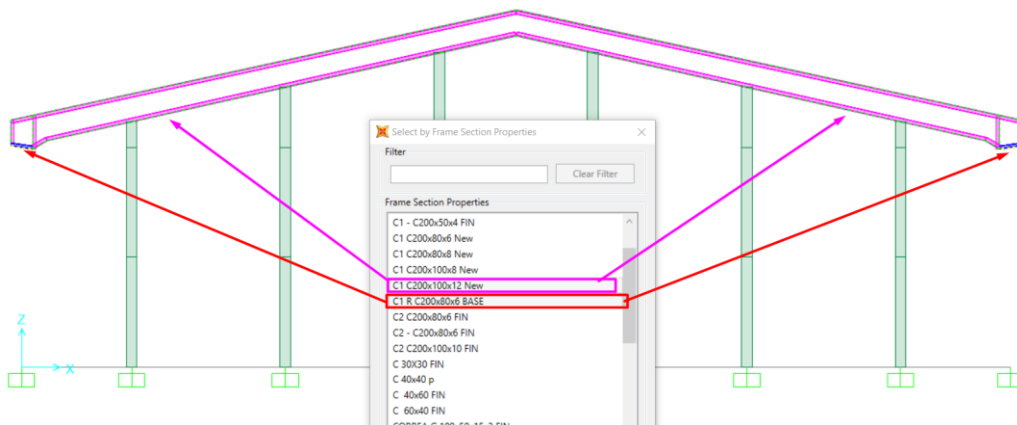


Figura 9: Separación de estribos

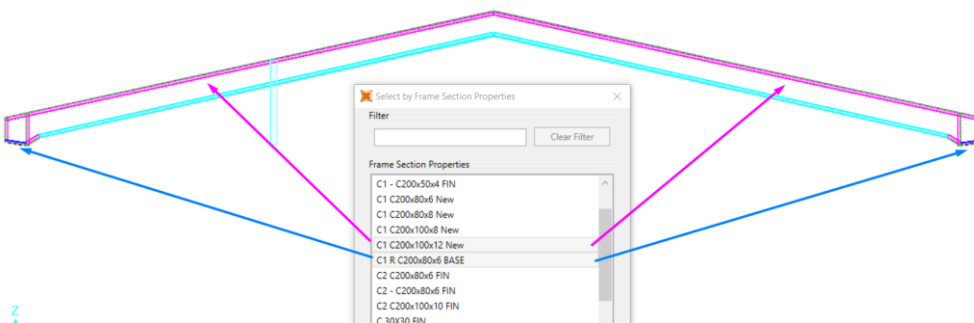
## Anexos I. Nuevas secciones aplicadas en cerchas



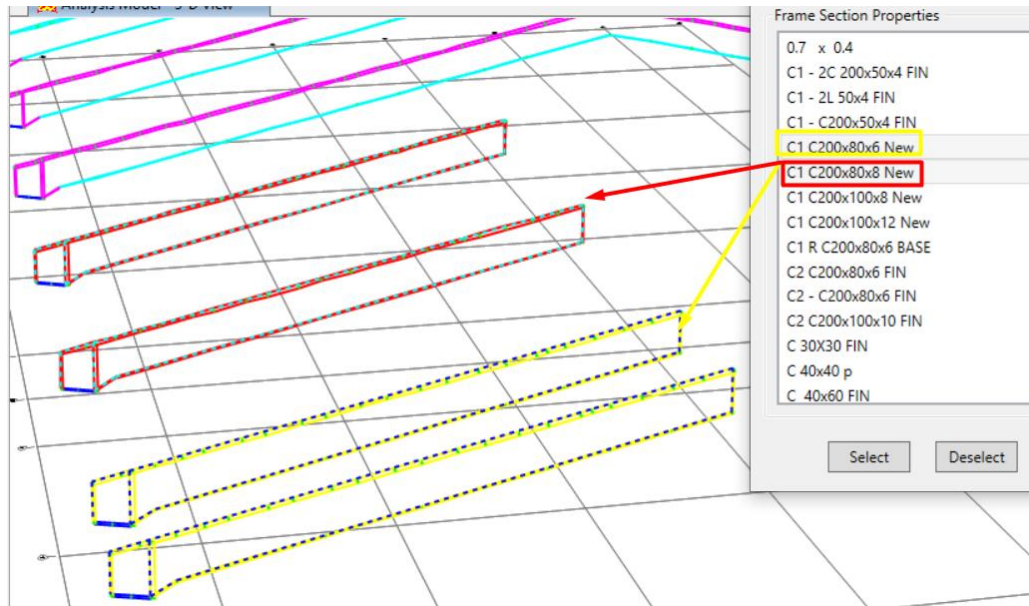
### Cercha de Carga para cubierta



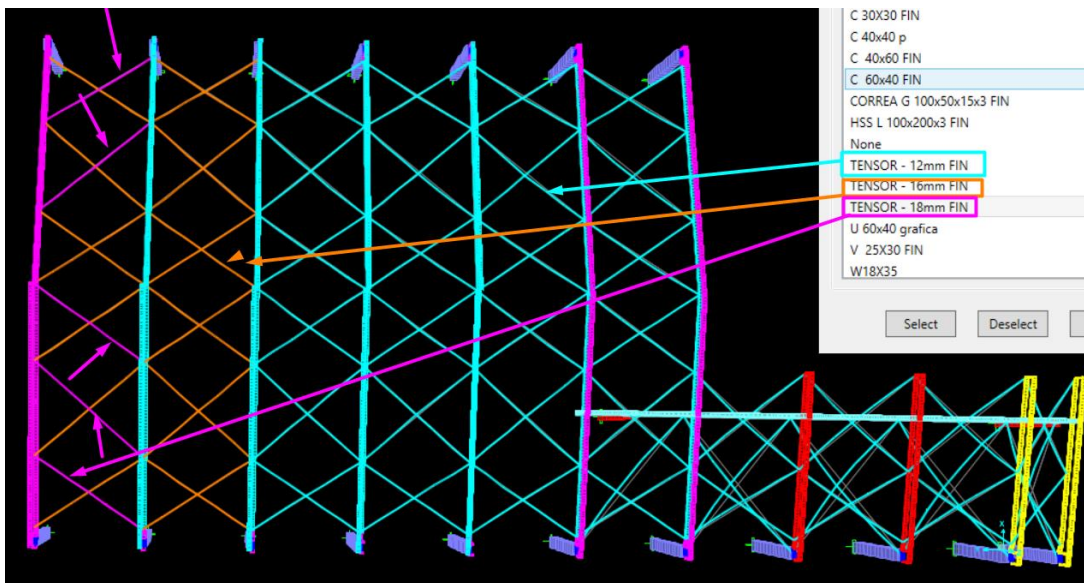
### Eje 11



### Eje 6



Ejes del 1 al 4



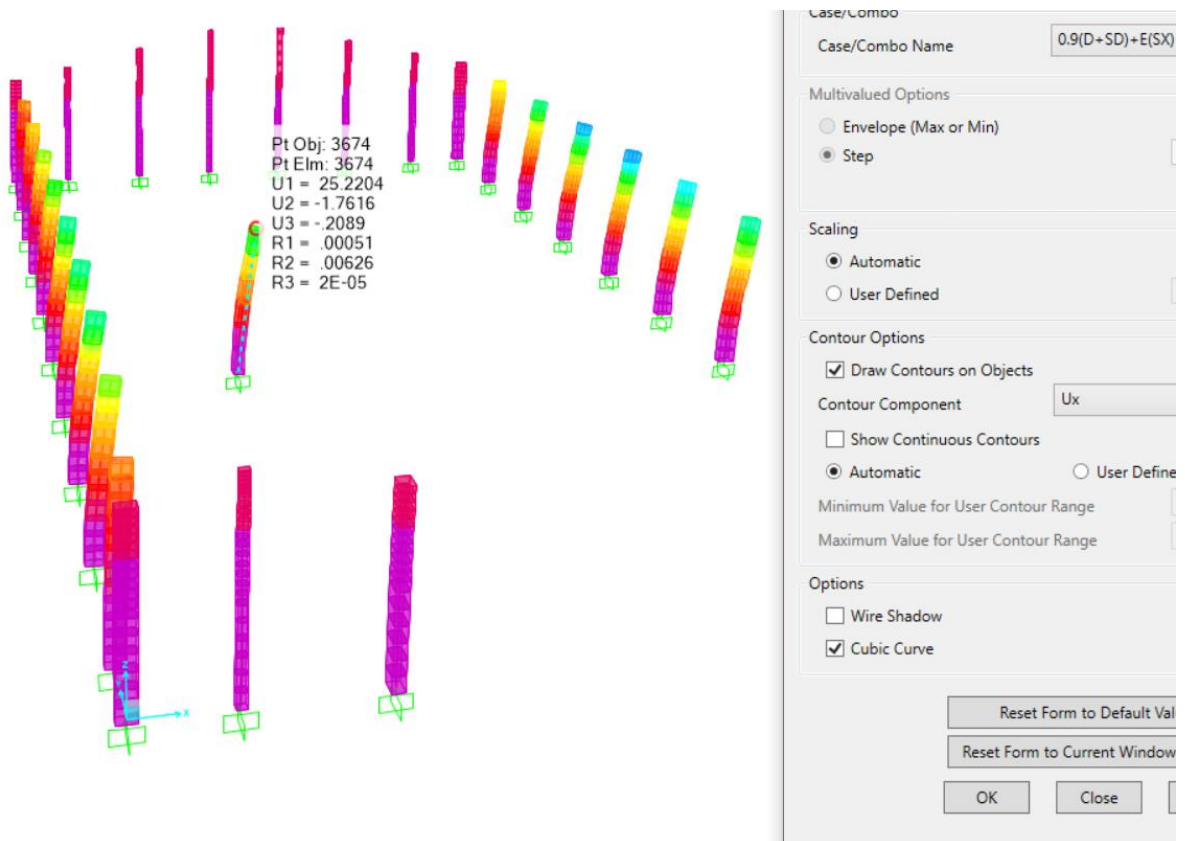
Tensores de 12, 16, 18

OutputCase	ItemType Text	Item Text	Static Percent	Dynamic Percent
MODAL	Acceleration	UX	96.869	67.8333
MODAL	Acceleration	UY	93.4684	41.0436
MODAL	Acceleration	UZ	92.7228	9.8918

Participación de masas con Inercia agrietada en columnas,  $I_g$  0.8

OutputCase	StepType Text	StepNum Unitless	Period Sec	UX Unitless	UY Unitless	UZ Unitless
MODAL	Mode	1	0.4451	0.002102	0.21	0.001269
MODAL	Mode	2	0.398297	0.38	0.002005	0.00236
MODAL	Mode	3	0.360806	0.02812	0.02356	0.03886
MODAL	Mode	4	0.351098	0.006439	0.02371	0.006739
MODAL	Mode	5	0.324768	0.005862	0.006684	9.417E-07

### Resultados del análisis modal 1, 2 y 3



### Máximo desplazamiento en columna