



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA INGENIERÍA CIVIL**

**TEMA:**

**Análisis Y Optimización De Las Capacidades De Carga  
De Cerchas En El Software SAP 2000 En El Diseño De  
Estructuras.**

**AUTOR:**

**MONTERO BELTRAN, IAN HAROLD**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de  
INGENIERO CIVIL**

**TUTOR:**

**Enciso Tostado, Mauricio Conrado**

**Guayaquil, Ecuador**

**07 de febrero del 2024**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA INGENIERÍA CIVIL**

### **CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente trabajo de titulación, fue realizado en su totalidad por **Montero Beltrán, Ian Harold**, como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniero Civil**.

**TUTOR (A)**

f. 

Ing. Enciso Testado, Mauricio Conrado M.Sc.

**DIRECTOR DE LA CARRERA**

f. 

Ing. Alcivar Bastidas, Stefany Esther M.Sc.

**Guayaquil, a los 07 del mes de febrero del año 2024**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**CARRERA INGENIERÍA CIVIL**

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Yo, **Montero Beltrán, Ian Harold**

**DECLARO QUE:**

El Trabajo de Titulación: **Análisis Y Optimización De Las Capacidades De Carga De Cerchas En El Software SAP 2000 En El Diseño De Estructuras**, previo a la obtención del título de **Ingeniero Civil**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría. En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

**Guayaquil, a los 07 del mes de febrero del año 2024**

**EL AUTOR**

f. \_\_\_\_\_

**Montero Beltrán, Ian Harold**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA INGENIERÍA CIVIL

### AUTORIZACIÓN

Yo, **Montero Beltrán, Ian Harold**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: **Análisis Y Optimización De Las Capacidades De Carga De Cerchas En El Software SAP 2000 En El Diseño De Estructuras**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

**Guayaquil, a los 07 del mes de febrero del año 2024**

**EL AUTOR:**

f. \_\_\_\_\_

**Montero Beltrán, Ian Harold**



# UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

## FACULTAD DE INGENIERÍA CARRERA INGENIERÍA CIVIL REPORTE COMPILATIO

**CERTIFICADO DE ANÁLISIS**  
registro

### TRABAJO DE TÍTULO MONTERO

**9%**  
Textos sospechosos

**0%** Similitudes  
de similitudes entre cambios  
de entre las fuentes mencionadas

**< 1%** Similitudes no mencionadas

Nombre del documento: TRABAJO DE TÍTULO MONTERO.docx  
ID del documento: 6279523ee261729e0508b05ee100c2726a5464e1  
Tamaño del documento original: 1,24 MB

Depositar: Clara Catalina Giac Cavallos  
Fecha de depósito: 16/2/2024  
Tipo de carga: autoarchivo  
Fecha de fin de análisis: 16/2/2024

Número de palabras: 18.418  
Número de caracteres: 98.257

Ubicación de las similitudes en el documento:

**Fuentes principales detectadas**

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	<a href="http://www.habitatysvienda.gob.ec">www.habitatysvienda.gob.ec</a> Habitatysvienda.gob.ec/wp-content/uploads/2023/02/1401-DE-EL-Congreso-Parlamentario-... 8 Fuentes similares	2%		Palabras idénticas: 29 (273 palabras)
2	Documento de otro usuario El documento pertenece a otro grupo 8 Fuentes similares	1%		Palabras idénticas: 19 (173 palabras)
3	WUJWUJ - Proyectos De Acero Y Cables Material Estructural - YUP RYD WUJWUJ - Proyectos De Acero Y Cables Material Estructural - YUP RYD 1 Fuente similar	1%		Palabras idénticas: 19 (173 palabras)
4	repositorio.usg.edu.ec repositorio.usg.edu.ec/bitstream/handle/11362/14022/1/USG-2023-04-277.pdf 13 Fuentes similares	1%		Palabras idénticas: 19 (173 palabras)
5	repositorio.usg.edu.ec repositorio.usg.edu.ec/bitstream/handle/11362/14022/1/USG-2023-04-277.pdf 13 Fuentes similares	1%		Palabras idénticas: 19 (173 palabras)

**Fuentes con similitudes fortuitas**

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	Documento de otro usuario El documento pertenece a otro grupo	< 1%		Palabras idénticas: 19 (173 palabras)
2	Documento de otro usuario El documento pertenece a otro grupo	< 1%		Palabras idénticas: 19 (173 palabras)
3	repositorio.usg.edu.ec repositorio.usg.edu.ec/bitstream/handle/11362/14022/1/USG-2023-04-277.pdf	< 1%		Palabras idénticas: 19 (173 palabras)
4	Documento de otro usuario El documento pertenece a otro grupo	< 1%		Palabras idénticas: 19 (173 palabras)
5	Documento de otro usuario El documento pertenece a otro grupo	< 1%		Palabras idénticas: 19 (173 palabras)

**Fuentes mencionadas por similitudes detectadas**

- <https://www.aisc.org/globalassets/aisc/publications/standards/aisc-341-16.pdf>
- <https://www.zaemencia.com/products/sap2000/features/user-interface>
- <https://www.habitatysvienda.gob.ec/wp-content/uploads/2023/02/1401-DE-EL-Congreso-Parlamentario-...>

TUTOR

f.   
Ing. Enciso Tostado, Mauricio Conrado M.Sc.

## AGRADECIMIENTO

En primer lugar, elevo mi más sincero agradecimiento a Dios, quien ha sido mi guía constante. A mis padres, Yadira y Harold, les agradezco profundamente por ser mis pilares y fuentes constantes de inspiración. Su amor, paciencia y aliento han sido la fuerza motriz que me impulsó a alcanzar mis metas académicas.

A mi familia, en especial a mis hermanas Iana e Ianara, así como a mi abuela y mi tía Yajaira, les agradezco por su constante respaldo y comprensión. En cada desafío, encontré en ustedes un sólido sistema de apoyo que me dio la confianza necesaria para avanzar.

Mi leal compañero de estudios, mi perro Thor, también merece mi agradecimiento por su compañía incondicional durante las largas noches de investigación y estudio. Su presencia ha sido reconfortante y motivadora en cada etapa de este proceso.

Al profesor Mauricio, mi tutor, le expreso mi más sincero agradecimiento. Su experiencia y orientación han sido fundamentales en la construcción y desarrollo de esta tesis. Sus valiosas sugerencias y correcciones han enriquecido enormemente mi trabajo.

A Sinecuanon, agradezco por proporcionarme las herramientas y recursos necesarios para llevar a cabo esta investigación y por último, a todas las personas que me han acompañado en este viaje universitario, gracias por formar parte de este capítulo tan significativo en mi vida.

## **DEDICATORIA**

A todas las personas que han sido testigos y cómplices de mi crecimiento como persona y profesional, les dedico esta tesis con profundo agradecimiento. Su apoyo inquebrantable ha sido el motor de mi éxito. Este logro es tanto suyo como mío.



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA INGENIERÍA CIVIL

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. \_\_\_\_\_

**Ing. Federico von Buchwald de Janon, Ph. D.**

DECANO DE LA FACULTAD

f. \_\_\_\_\_

**Ing. Jaime Hernández Barredo, M. Sc.**

DOCENTE DE LA CARRERA

DELEGADO  
**JOSE ANDRES  
BARROS  
CABEZAS**

Firmado digitalmente por JOSE ANDRES  
BARROS CABEZAS  
DN: C=EC, O=SECURITY DATA S.A. 1, OU=  
ENTIDAD DE CERTIFICACION DE  
INFORMACION, SERIALNUMBER=030820191013  
, CN=JOSE ANDRES BARROS CABEZAS  
Razón: Estoy aprobando este documento  
Ubicación:  
Fecha: 2023.09.14 03:13:49-05'00'  
Foxit PDF Reader Versión: 12.1.3

f. \_\_\_\_\_

**Ing. José Andrés Barros Cabezas, Ph. D.**

OPONENTE



## Contenido

AGRADECIMIENTO.....	VI
DEDICATORIA.....	VII
RESUMEN.....	XII
INTRODUCCIÓN .....	2
Antecedentes .....	3
Objetivos .....	3
Objetivo General .....	3
Objetivos Específicos.....	3
Alcance.....	4
Metodología .....	4
CAPITULO 1: Cargas Mínimas De Diseño Y Criterios Asociados Para Edificios Y Otras Estructuras .....	6
1.1 Cargas y Diseño Estructural: Consideraciones y Normativas .....	6
CAPITULO 2: Desarrollo del Problema.....	12
2.1 Planteamiento del Problema.....	13
2.2 Justificación del estudio .....	14
2.3 Cálculo de cerchas.....	15
2.4 Propuesta.....	18
CONCLUSIONES .....	41
RECOMENDACIONES .....	43
Bibliografía .....	45

## Índice de tablas

Tabla 1 Fórmula para determinar la carga viva reducida del área soportada por el elemento.....	7
Tabla 2 Cercha distribuida al 7% de 60cm - C150x50x3.....	15
Tabla 3 Cercha distribuida al 10% de 60cm - C150x50x3.....	15
Tabla 4 Cercha distribuida al 15% de 60cm - C150x50x3.....	16
Tabla 5 Cercha distribuida al 20% de 60cm - C150x50x3.....	16
Tabla 6 Cercha distribuida al 7% de 60cm - C150x50x3.....	18
Tabla 7 Cercha distribuida al 7% de 90cm - C150x50x3.....	19
Tabla 8 Cercha distribuida al 7% de 120cm - C150x50x3.....	20
Tabla 9 Cercha distribuida al 10% de 60cm - C150x50x3.....	21
Tabla 10 Cercha distribuida al 10% de 90cm - C150x50x3.....	21
Tabla 11 Cercha distribuida al 10% de 120cm - C150x50x3.....	22
Tabla 12 Cercha distribuida al 15% de 60cm - C150x50x3.....	23
Tabla 13 Cercha distribuida al 15% de 90cm - C150x50x3.....	24
Tabla 14 Cercha distribuida al 15% de 120cm - C150x50x3.....	25
Tabla 15 Cercha distribuida al 20% de 60cm - C150x50x3.....	25
Tabla 16 Cercha distribuida al 20% de 90cm - C150x50x3.....	26
Tabla 17 Cercha distribuida al 20% de 120cm - C150x50x3.....	27
Tabla 18 Cercha distribuida al 7% de 90cm – C200x50x3.....	29
Tabla 19 Cercha distribuida al 7% de 120cm – C200x50x3.....	30
Tabla 20 Cercha distribuida al 10% de 90cm – C200x50x3.....	30
Tabla 21 Cercha distribuida al 10% de 120cm – C200x50x3.....	31
Tabla 22 Cercha distribuida al 15% de 90cm – C200x50x3.....	32
Tabla 23 Cercha distribuida al 15% de 120cm – C200x50x3.....	33
Tabla 24 Cercha distribuida al 20% de 90cm – C200x50x3.....	33
Tabla 25 Cercha distribuida al 20% de 120cm – C200x50x3.....	34
Tabla 26 Tabla de deformación calculada por centímetros.....	39

## Índice de ilustraciones

Ilustración 1 Gráfica con cercha de estudio .....	13
Ilustración 2 Gráfica de carga vs deflexión caso de estudio .....	17
Ilustración 3 cercha de 7% de pendiente con 60 cm de peralte .....	19
Ilustración 4 cercha de 7% de pendiente con peralte de 90 cm .....	19
Ilustración 5 cercha de 7% de pendiente con peralte de 120 cm .....	20
Ilustración 6 cercha de 10% de pendiente con peralte de 60 cm .....	21
Ilustración 7 cercha de 10% de pendiente con peralte de 90 cm .....	22
Ilustración 8 cercha de 10% de pendiente con peralte de 120 cm .....	23
Ilustración 9 cercha de 15% de pendiente con peralte de 60 cm .....	24
Ilustración 10 cercha de 15% de pendiente con peralte de 90 cm .....	24
Ilustración 11 cercha de 15% de pendiente con peralte de 120 cm.....	25
Ilustración 12 cercha de 20% de pendiente con peralte de 60 cm .....	26
Ilustración 13 cercha de 20% de pendiente con peralte de 90 cm .....	27
Ilustración 14 cercha de 20% de pendiente con peralte de 120 cm .....	27
Ilustración 15 cercha de 7%, 10%, 15% y 20% con 120 cm de peralte.....	28
Ilustración 16 cercha de 7%, 10%, 15% y 20% con 90 cm de peralte.....	28
Ilustración 17 cercha de 7% de pendiente con peralte de 90 cm en perfil C200x50x3 .....	29
Ilustración 18 cercha de 7% de pendiente con peralte de 120 cm en perfil C200x50x3 .....	30
Ilustración 19 cercha de 10% de pendiente con peralte de 90 cm en perfil C200x50x3 .....	31
Ilustración 20 cercha de 10% de pendiente con peralte de 120 cm en perfil C200x50x3 .....	32
Ilustración 21 cercha de 15% de pendiente con peralte de 90 cm en perfil C200x50x3 .....	32
Ilustración 22 cercha de 15% de pendiente con peralte de 120 cm en perfil C200x50x3 .....	33
Ilustración 23 cercha de 20% de pendiente con peralte de 90 cm en perfil C200x50x3 .....	34
Ilustración 24 cercha de 20% de pendiente con peralte de 120 cm en perfil C200x50x3 .....	35
Ilustración 25 cercha de 7%, 10%, 15% y 20% con 90 cm de peralte en el perfil C200x50x3 .....	35
Ilustración 26 cercha de 7%, 10%, 15% y 20% con 120 cm de peralte en el perfil C200x50x3 .....	36
Ilustración 27 cercha de 7%, .....	37
Ilustración 28 cercha de 10%, .....	37
Ilustración 29 cercha de 15%, .....	38
Ilustración 30 cercha de 20%, .....	38

## RESUMEN

Mi trabajo de título se enfoca en comprender el comportamiento de cerchas con pendientes variables, con valores del 7%, 10%, 15% y 20%, así como con anchos de carga variados entre 4 metros y 8 metros. El objetivo principal de este trabajo es proporcionar información esencial para el pre diseño de estructuras, permitiendo a los ingenieros tomar decisiones fundamentadas. La investigación busca determinar la influencia de la pendiente y el ancho de carga en el rendimiento estructural de las cerchas. Se evaluará la posibilidad de elegir entre aumentar el peralte de la cercha o cambiar a un perfil de mayores dimensiones, con el fin de optimizar la eficiencia estructural y garantizar la seguridad en el diseño. Los resultados de este estudio contribuirán al desarrollo de criterios y herramientas que faciliten la toma de decisiones en el diseño de estructuras de cerchas, considerando la variabilidad de la pendiente y el ancho de carga.

**Palabras Claves:** Carga, Pendiente, Prediseño, Peralte, Deflexión y Cercha

## SUMMARY

My degree work focuses on understanding the behavior of trusses with variable slopes, with values of 7%, 10%, 15% and 20%, as well as with loading widths varying between 4 meters and 8 meters. The main objective of this work is to provide essential information for the pre-design of structures, allowing engineers to make informed decisions. The research seeks to determine the influence of the slope and loading width on the structural performance of the trusses. The possibility of choosing between increasing the cant of the truss or changing to a larger profile will be evaluated, in order to optimize structural efficiency and guarantee design safety. The results of this study will contribute to the development of criteria and tools that facilitate decision-making in the design of truss structures, considering the variability of the slope and loading width.

**Keywords:** Load, Slope, Predesign, Superelevation, Deflection and Truss

## INTRODUCCIÓN

La presente investigación se centra en el análisis del comportamiento de cerchas con pendientes variables del 7%, 10%, 15% y 20%, así como con diferentes anchos de carga comprendidos entre 4 y 8 metros. El propósito principal de este estudio es proporcionar datos cruciales para el pre diseño de estructuras, permitiendo a los ingenieros tomar decisiones fundamentadas. Se busca profundizar en la influencia que tanto la pendiente como el ancho de carga ejercen en el rendimiento estructural de las cerchas, con el objetivo de ofrecer recomendaciones que optimicen la eficiencia y garanticen la seguridad en el diseño de estas estructuras.

A través de una exhaustiva evaluación, se investigará la viabilidad de ajustar el peralte de la cercha o considerar perfiles de mayores dimensiones, con el fin de alcanzar una optimización estructural óptima. Este estudio se posiciona como un aporte significativo al campo de la ingeniería estructural, ya que sus resultados contribuirán al desarrollo de criterios y herramientas que simplifiquen la toma de decisiones en el diseño de cerchas, teniendo en cuenta la variabilidad de la pendiente y el ancho de carga.

En última instancia, se espera que los hallazgos de esta investigación no solo enriquezcan el cuerpo de conocimientos existentes, sino que también proporcionen una base sólida para futuras investigaciones y contribuyan al avance continuo en la eficiencia y seguridad de las estructuras de cerchas.

## **Antecedentes**

El diseño eficiente de estructuras es esencial para garantizar la seguridad y la estabilidad en la construcción. En este contexto, las cerchas desempeñan un papel fundamental al proporcionar soporte estructural en diversas aplicaciones. Sin embargo, la optimización de las capacidades de carga de cerchas con características variables, como pendientes y anchos de carga, plantea desafíos particulares. A pesar de los avances en software de análisis estructural, como SAP 2000, la exploración específica de la influencia de estas variables en el rendimiento estructural de las cerchas ha sido limitada. La comprensión detallada de cómo ajustar la geometría de las cerchas para optimizar la eficiencia estructural y cumplir con los requisitos de seguridad es un área de investigación que puede enriquecer significativamente las prácticas de diseño.

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

El objetivo principal de esta tesis es realizar un análisis detallado y optimización de las capacidades de carga de cerchas mediante el uso del software SAP2000, con el fin de mejorar el diseño y la eficiencia de estructuras, explorando la influencia de diferentes configuraciones y cargas en la capacidad de soporte de estas estructuras.

### **Objetivos Específicos**

- Evaluar el impacto de la pendiente de la cubierta en la capacidad de carga y deformación de cerchas con diversos perfiles, buscando definir el rango óptimo de pendiente que asegure un equilibrio entre rigidez estructural y deformación, dentro de los límites de seguridad establecidos.
- Evaluar cómo diferentes anchos de carga, incluyendo 8 metros, impactan en la capacidad de carga y deformación de las cerchas, ofreciendo recomendaciones concretas para la selección de anchos en su diseño.
- Comparar el rendimiento de perfiles estándar con perfiles más grandes y evaluar diferentes pendientes de cubierta para optimizar la capacidad de carga de las cerchas, garantizando el cumplimiento de los requisitos de deformación y capacidad de carga.

## **Alcance**

El proyecto busca cumplir con el objetivo mediante la realización de simuladores experimentales, análisis de casos prácticos y recopilación de datos de programa. Concluyendo, se presentará un resumen de los resultados obtenidos y recomendaciones prácticas para el prediseño de cerchas. Esta aportación se considera importante para mejorar la comprensión y aplicación de las capacidades de carga de las estructuras en el contexto ecuatoriano.

El proyecto está orientado a futuros diseñadores, quienes podrán hacer uso de las tablas resultantes como una guía práctica que permitirá revisar las capacidades de carga de cerchas; simplificando el proceso de diseño y facilitando la toma de decisiones basadas en análisis previos y datos garantizados.

## **Metodología**

Para llevar a cabo el análisis y optimización de las capacidades de carga de cerchas en el software SAP 2000, se seguirá una metodología sistemática que permita obtener resultados precisos y confiables. En primer lugar, se realizará una revisión exhaustiva de la literatura técnica y los estudios previos relacionados con el comportamiento de cerchas, software de análisis estructural y optimización de diseños. Esta revisión proporcionará un marco teórico sólido y permitirá identificar las mejores prácticas y enfoques utilizados por la comunidad científica en problemas similares.

Posteriormente, se llevará a cabo la recopilación de datos mediante la creación de modelos virtuales de cerchas con pendientes variables del 7%, 10%, 15% y 20%, y anchos de carga variados entre 4 y 8 metros. Estos modelos se implementarán en el software SAP 2000 para realizar simulaciones estructurales detalladas. Durante las simulaciones, se variarán las condiciones de carga y se registrarán los datos correspondientes a la respuesta estructural, incluyendo esfuerzos, deformaciones y otros parámetros relevantes.



La fase final de la metodología incluirá un análisis detallado de los resultados obtenidos, donde se evaluará la influencia de la pendiente y el ancho de carga en las capacidades de carga de las cerchas. Se explorarán diversas estrategias de optimización, como ajustar el peralte y cambiar a perfiles de mayores dimensiones, con el objetivo de determinar las condiciones más eficientes desde el punto de vista estructural y de seguridad. La validación de los resultados se llevará a cabo mediante comparaciones con datos experimentales y con la normativa vigente en el diseño de estructuras de cerchas.

# **CAPITULO 1: Cargas Mínimas De Diseño Y Criterios Asociados Para Edificios Y Otras Estructuras**

## **1.1 Cargas y Diseño Estructural: Consideraciones y Normativas**

En edificios de oficinas y otros donde la ubicación de particiones puede cambiar, se deben prever cargas de particiones, incluso si no se muestran en los planos. La carga de partición no debe ser inferior a 15 psf (0.72 kN/m<sup>2</sup>), a menos que la carga viva especificada sea de 80 psf (3.83 kN/m<sup>2</sup>) o más, en cuyo caso no se requiere carga viva para particiones. La carga viva uniforme aplicada a una parte de una estructura se tiene en cuenta si produce un efecto de carga más desfavorable que la carga viva uniforme aplicada a la estructura completa.

En cuanto a las cargas concentradas, las superficies deben diseñarse para soportar las cargas vivas distribuidas uniformemente, eligiendo la que genere mayores efectos de carga.

Los diseños de sistemas de barandas y sistemas de protección, específicamente enfocado en las cargas máximas que estos deben soportar y transferir a la estructura. Se establece que tanto el pasamanos como el riel superior deben resistir una carga uniforme de 50 lb/ft (0.73 kN/m) a lo largo del pasamanos o riel superior, además de cargas concentradas en diversos puntos. Los componentes del sistema de protección, como balaustres y paneles, deben resistir una carga normal de 50 lb (0.22 kN) en un área específica.

En cuanto a los sistemas de barra de agarre y asientos de ducha, se requiere que estos puedan resistir una carga concentrada de 250 lb (1.11 kN) aplicada en cualquier dirección para generar el máximo efecto de carga. Se establecen excepciones para ciertos tipos de ocupaciones y estructuras, como viviendas unifamiliares, ocupaciones industriales y de almacenamiento no accesibles al público con una carga no superior a 50 personas, y techos no destinados a la ocupación.

Se requiere que el diseño estructural contemple provisiones para usos y cargas que involucren vibraciones e impactos inusuales.

En relación con maquinaria y cargas móviles, se establece un aumento en el peso para permitir el impacto, siendo del 20% para maquinaria ligera impulsada por eje o motor, y del 50% para maquinaria alternativa o unidades impulsadas por energía. Se especifica que estos porcentajes pueden aumentarse según lo indique el fabricante.

Los elementos estructurales que soportan poleas para acceso a fachadas y equipos de mantenimiento deben ser diseñados para una carga viva de 2.5 veces la carga nominal de la polea o la carga de parada de la polea, lo que sea mayor.

Para anclajes de sistemas de detención de caídas, se establece que deben ser diseñados para una carga viva de 3,100 lb (13.8 kN) para cada línea adjunta, en cualquier dirección en la que se aplique la carga. Además, los anclajes de líneas de vida horizontales deben ser diseñados para la máxima tensión que se desarrolle en la línea de vida horizontal debido a estas cargas vivas.

Los detalles sobre la reducción en las cargas vivas uniformemente distribuidas para elementos estructurales con un área tributaria de 400 ft<sup>2</sup> (37.16 m<sup>2</sup>) o más, según la siguiente fórmula:

$$L_r = L_0 R_1 R_2$$

Donde:

*Tabla 1 Fórmula para determinar la carga viva reducida del área soportada por el elemento*

	Sobrecarga reducida de cubierta en proyección horizontal, en kN/m <sup>2</sup> ; $0.60 \leq L_r \leq 1$
<b>L<sub>0</sub></b>	Sobrecarga no reducida de cubierta en proyección horizontal, en kN/m <sup>2</sup> , según la norma de cubierta planas, inclinadas y curvas se escoge un valor de 0.7
<b>R<sub>1</sub></b>	Factores de reducción de conformidad con de $A_T \geq 56.00 M^2 = 0.6$
<b>AT</b>	Es el área tributaria en ft <sup>2</sup> (m <sup>2</sup> ).
<b>R<sub>2</sub></b>	Factores de reducción de conformidad con
<b>F</b>	Pendiente de la cubierta (%), $F \leq 33.33\%$ se escoge 1

Instituto de Perfiles de Acero (AMERICAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTION, 2016):

- a. Deflexión máxima de las correas que soportan un techo de yeso debido a la carga viva de diseño: luz sobre 360.

Cargas permanentes o muertas

“Las cargas permanentes (o cargas muertas) están constituidas por los pesos de todos los elementos estructurales, tales como: muros, paredes, recubrimientos, instalaciones sanitarias, eléctricas, mecánicas, máquinas y todo artefacto integrado permanentemente a la estructura” (NEC, 2015)

Carga viva (sobrecargas de uso)

“Las sobrecargas que se utilicen en el cálculo dependen de la ocupación a la que está destinada la edificación y están conformadas por los pesos de personas, muebles, equipos y accesorios móviles o temporales, mercadería en transición, y otras” (NEC, 2015)

Durabilidad.

“Si el mantenimiento de las estructuras de acero es adecuado durarán indefinidamente. Investigaciones realizadas en los aceros modernos, indican que bajo ciertas condiciones no se requiere ningún mantenimiento a base de pintura” (McCormac J. C., 2012)

Desventajas de las Estructuras de Acero

Fatiga.

La fatiga es otra característica que busca reducir la resistencia en el acero cuando se ejercen fuerzas repetidas en el material. Cuando existen tensiones, entendemos que hay fatiga.

Corrosión.

La mayor parte de los aceros son susceptibles a la corrosión al estar expuestos al aire y al agua y, por consiguiente, deben pintarse periódicamente. Sin embargo, el uso de aceros intemperizados para ciertas aplicaciones, tiende a eliminar este costo. Aunque los aceros intemperizados pueden ser bastante efectivos en ciertas situaciones para limitar la corrosión, hay muchos casos donde su uso no es factible.

En algunas de estas situaciones, la corrosión puede ser un problema real (McCormac J. C., 2012)

Conexiones Simples

Las uniones básicas de vigas o enrejados necesitan ser concebidas como flexibles y se les puede dimensionar únicamente para las reacciones de corte, a menos que se especifique lo contrario en la documentación de diseño. Es esencial que las uniones flexibles de vigas básicas puedan soportar las rotaciones de las vigas en sus extremos. Se admite cierta deformación inelástica en la conexión, pero debe ser auto-limitada, con el fin de adaptarse a las rotaciones de una viga básica en sus extremos. (ANSI/AISC-360., 2010)

Conexiones de Momento

Las uniones ubicadas en los extremos empotrados de vigas y enrejados deben ser calculadas para resistir tanto las fuerzas de momento como las de corte generadas por la rigidez inherente de las uniones (ANSI/AISC-360., 2010)

En entornos menos agresivos, como áreas con baja exposición a la humedad y la corrosión, algunos aceros modernos han demostrado ser excepcionalmente duraderos sin requerir aplicaciones periódicas de pintura. Estos aceros están diseñados para resistir la formación de óxido superficial y protegerse a sí mismos de la degradación a largo plazo. “Si el mantenimiento de las estructuras de acero es adecuado durarán indefinidamente. Investigaciones realizadas en los aceros modernos, indican que bajo ciertas condiciones no se requiere ningún mantenimiento a base de pintura” (McCormac J. , 2012).

“SAP2000 ofrece una única interfaz de usuario para realizar modelado, análisis, diseño y generación de informes. La interfaz personalizable de SAP2000 permite a los usuarios definir diseños de ventanas y diseños de barras de herramientas.” (Computer & Structures, INC, s.f.)

“Los gráficos DirectX se han mejorado en cuanto a calidad y velocidad. Gráficos DirectX ultrarrápidos con capacidad completa de dibujo y selección en 2D y 3D. Los gráficos DirectX con gráficos acelerados por hardware permiten la navegación de modelos con desplazamientos elevados y rotaciones rápidas.” (Computer & Structures, INC, s.f.)

“La carga viva, también llamada sobrecargas de uso, que se utilizara en el cálculo depende de la ocupación a la que está destinada la edificación y están conformadas por los pesos de personas, muebles, equipos y accesorios móviles o temporales, mercadería en transición, y otras.” (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2014)

“Las diversas herramientas de análisis y los procesos desarrollados en SAP2000 permiten la evaluación de grandes desplazamientos en cada etapa de la estructura, el análisis modal a través de los vectores propios Eigen y Ritz basados en casos de carga no lineales,” (CSI Spain, s.f.)

“Las cerchas metálicas son estructuras que permiten salvar grandes luces con poco material, gracias a su morfología de barras formando triangulaciones. El triángulo es la forma geométrica que, aunque se articulen sus nudos, mantiene su forma, por lo que una serie de triángulos concatenados forman una estructura plana o espacial estable.” (Engineering, Training & Development Solutions, 2016)

Según Daniel Arboleda, en su trabajo previo llamado: “Capacidad Estructural de Cerchas metálicas con carga Axial variable” resume que en el caso del diseño de cerchas se observa que es comúnmente controlado por los elementos sometidos a compresión, debido a los efectos de pandeo que se generan por dicha solicitud, y es ahí donde se puede optimizar el diseño de cerchas.

La evaluación precisa de las cargas permanentes es fundamental para asegurar que la estructura pueda soportar de manera segura todas las fuerzas y pesos que actúan sobre ella durante su vida útil. “Las cargas permanentes (o cargas muertas) están constituidas por los pesos de todos los elementos estructurales, tales como: muros, paredes,

recubrimientos, instalaciones sanitarias, eléctricas, mecánicas, máquinas y todo artefacto integrado permanentemente a la estructura” (NEC, Cargas No Sísmicas, 2015, pág. 11)

SAP2000 destaca por su capacidad para automatizar la generación y aplicación de cargas sísmicas y de viento de acuerdo con normativas internacionales en el campo de la ingeniería estructural. Esta función es esencial para evaluar y diseñar estructuras con precisión, considerando los efectos de eventos sísmicos y fuerzas del viento. “SAP2000 cuenta con la capacidad de generar automáticamente y aplicar acciones sísmicas y de viento según las normativas internacionales. Esto permite realizar análisis estructurales precisos y tener en cuenta los efectos de carga sísmica y de viento en el diseño y comportamiento de la estructura.” (SAP 2000, s.f.)

## CAPITULO 2: Desarrollo del Problema

Este proyecto analiza y optimiza las capacidades de carga de cerchas en el diseño de estructuras utilizando como modelo una cercha simplemente apoyada con un peralte modificado de 60 cm de una sección C150x50x3mm con una separación de 60 cm. La elección de este modelo se debe a la necesidad de investigar minuciosamente cómo modificaciones particulares en la geometría y la configuración de las cerchas pueden afectar sus capacidades de carga. La herramienta principal para realizar simulaciones y análisis estructurales será el software SAP200, que permite evaluar el comportamiento de la cercha en diferentes condiciones de carga y sugerir estrategias de optimización.

### Cálculos de cargas vivas

$$L_r = L_0 R_1 R_2$$

$$L_r = 0.7 \times 0.6 \times 1 \frac{kN}{m^2}$$

$$L_r = 0.42 \text{ kN/m}^2$$

$$L_r = 42.828 \text{ kg/m}^2$$

Según la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) en su documento llamado "CARGAS NO SISMICAS"; menciona que la carga de  $42.828 \text{ kg/m}^2$  es la carga mínima requerida por la NEC donde se escogió el valor de  $60 \text{ kg/m}^2$  para los cálculos. Así mismo se escogió un valor de  $8.5 \text{ kg/m}^2$  para carga muerta debido que es un valor promedio



## 2.1 Planteamiento del Problema

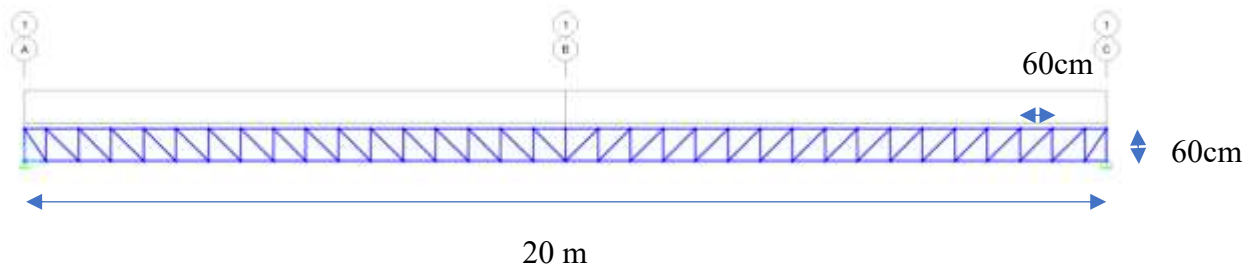


Ilustración 1 Gráfica con cercha de estudio

La presente investigación se centra en el análisis estructural de una cercha con una luz de 20 metros, peralte constante de 60 centímetros y conexiones estratégicamente distribuidas cada 60 centímetros. El estudio aborda la variabilidad de pendientes, con inclinaciones del 7%, 10%, 15% y 20%, así como distintos anchos de carga que van desde 4 hasta 8 metros. Un aspecto crítico a considerar es el límite establecido de 5.56 centímetros para el desplazamiento, lo que añade un desafío adicional al garantizar la seguridad y estabilidad de la cercha bajo diversas condiciones de carga y pendiente.

las cerchas en la ingeniería estructural y su aplicación diversificada en construcciones. Estas estructuras triangulares desempeñan un papel fundamental al proporcionar estabilidad y resistencia en una variedad de proyectos constructivos. La investigación se centra en comprender la eficacia de las cerchas en entornos sísmicos y geográficamente diversos, destacando su papel esencial en la optimización de la integridad estructural. La comprensión profunda de este componente clave permitirá mejorar la eficiencia y seguridad en el diseño y construcción de infraestructuras en contextos geotécnicos desafiantes.

La presente investigación tiene como objetivo realizar un análisis exhaustivo de una cercha con 20 metros de luz, peralte de 60 centímetros y pendiente variable (7%, 10%, 15% y 20%). El foco central es investigar la influencia directa de la pendiente de la cubierta y el ancho de carga en el rendimiento estructural de la cercha. El propósito es establecer relaciones significativas entre estas dos variables, con el fin de ofrecer recomendaciones valiosas para optimizar el diseño de cerchas en términos de resistencia y estabilidad. Este estudio contribuirá al avance y refinamiento de la ingeniería estructural.

## **2.2 Justificación del estudio**

El estudio de la cercha en cuestión reviste una importancia fundamental debido a su configuración específica, con 20 metros de luz, peralte de 60 centímetros y pendiente variable (7%, 10%, 15% y 20%). La relevancia de esta investigación radica en la necesidad de comprender el comportamiento estructural de tales cerchas frente a diferentes pendientes. Este conocimiento es crucial para el diseño eficiente de estructuras similares, ya que las variaciones en la pendiente pueden afectar significativamente la distribución de cargas, tensiones y la capacidad de resistencia.

La capacidad de establecer relaciones significativas entre la pendiente de la cubierta y el ancho de carga permitirá desarrollar recomendaciones prácticas para ingenieros y diseñadores estructurales. Estos hallazgos pueden contribuir a la optimización de futuros diseños, asegurando estructuras más eficientes y seguras en diversos contextos. En un sentido más amplio, la comprensión detallada del comportamiento de estas cerchas aporta al avance general de la ingeniería estructural, facilitando la toma de decisiones informada y la mejora continua de las prácticas de diseño.

## 2.3 Cálculo de cerchas

Tabla 2 Cercha distribuida al 7% de 60cm - C150x50x3

PENDIENTE 7%			
<b>Perfil</b>	C150X50X3	<b>Peralte</b>	60 cm
<b>Carga Viva</b>	60,00 kg/m <sup>2</sup>	<b>Carga Muerta</b>	8,58 kg/m <sup>2</sup>
<b>Límite</b>	L/360	20/360	5,56 cm
<b>Tipo de cercha</b>	<b>Caso de carga</b>	<b>Carga distribuida</b>	<b>Deflexión</b>
<b>Caso 1</b> <b>A=4 m</b>	Super muerta (SD)	34,32 kg/m	6,08 cm
	Viva de cubierta (RL)	240 kg/m	
<b>Caso 2</b> <b>A=5 m</b>	Super muerta (SD)	42,9 kg/m	7,51 cm
	Viva de cubierta (RL)	300 kg/m	
<b>Caso 3</b> <b>A=6 m</b>	Super muerta (SD)	51,48 kg/m	8,94 cm
	Viva de cubierta (RL)	360 kg/m	
<b>Caso 4</b> <b>A=7 m</b>	Super muerta (SD)	60,06 kg/m	10,37 cm
	Viva de cubierta (RL)	420 kg/m	
<b>Caso 5</b> <b>A=8 m</b>	Super muerta (SD)	68,64 kg/m	11,80 cm
	Viva de cubierta (RL)	480 kg/m	

Tabla 3 Cercha distribuida al 10% de 60cm - C150x50x3

PENDIENTE 10%			
<b>Perfil</b>	C150X50X3	<b>Peralte</b>	60 cm
<b>Carga Viva</b>	60,00 kg/m <sup>2</sup>	<b>Carga Muerta</b>	8,58 kg/m <sup>2</sup>
<b>Límite</b>	L/360	20/360	5,56 cm
<b>Tipo de cercha</b>	<b>Caso de carga</b>	<b>Carga distribuida</b>	<b>Deflexión</b>
<b>Caso 1</b> <b>A=4 m</b>	Super muerta (SD)	34,32 kg/m	5,83 cm
	Viva de cubierta (RL)	240 kg/m	
<b>Caso 2</b> <b>A=5 m</b>	Super muerta (SD)	42,9 kg/m	7,19 cm
	Viva de cubierta (RL)	300 kg/m	

<b>Caso 3</b> <b>A=6 m</b>	Super muerta (SD)	51,48 kg/m	8,56 cm
	Viva de cubierta (RL)	360 kg/m	
<b>Caso 4</b> <b>A=7 m</b>	Super muerta (SD)	60,06 kg/m	9,93 cm
	Viva de cubierta (RL)	420 kg/m	
<b>Caso 5</b> <b>A=8 m</b>	Super muerta (SD)	68,64 kg/m	11,30 cm
	Viva de cubierta (RL)	480 kg/m	

Tabla 4 Cercha distribuida al 15% de 60cm - C150x50x3

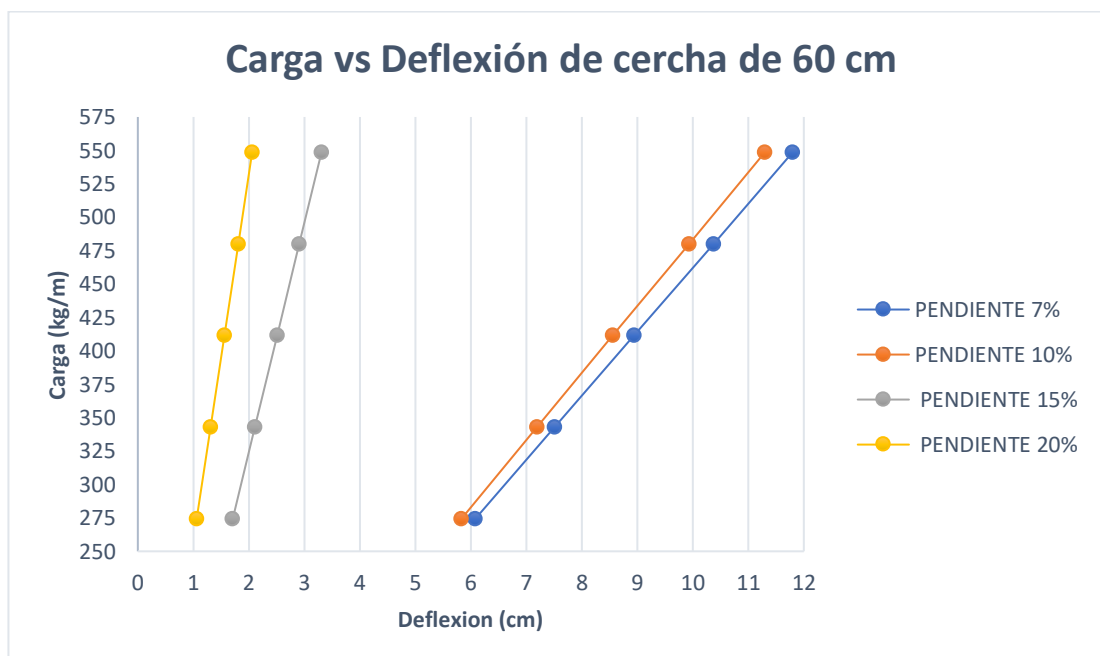
<b>PENDIENTE 15%</b>			
<b>Perfil</b>	C150X50X3	<b>Peralte</b>	60 cm
<b>Carga Viva</b>	60,00 kg/m <sup>2</sup>	<b>Carga Muerta</b>	8,58 kg/m <sup>2</sup>
<b>Límite</b>	L/360	20/360	5,56 cm
<b>Tipo de cercha</b>	<b>Caso de carga</b>	<b>Carga distribuida</b>	<b>Deflexión</b>
<b>Caso 1</b> <b>A=4 m</b>	Super muerta (SD)	34,32 kg/m	1,71 cm
	Viva de cubierta (RL)	240 kg/m	
<b>Caso 2</b> <b>A=5 m</b>	Super muerta (SD)	42,9 kg/m	2,11 cm
	Viva de cubierta (RL)	300 kg/m	
<b>Caso 3</b> <b>A=6 m</b>	Super muerta (SD)	51,48 kg/m	2,51 cm
	Viva de cubierta (RL)	360 kg/m	
<b>Caso 4</b> <b>A=7 m</b>	Super muerta (SD)	60,06 kg/m	2,91 cm
	Viva de cubierta (RL)	420 kg/m	
<b>Caso 5</b> <b>A=8 m</b>	Super muerta (SD)	68,64 kg/m	3,31 cm
	Viva de cubierta (RL)	480 kg/m	

Tabla 5 Cercha distribuida al 20% de 60cm - C150x50x3

<b>PENDIENTE 20%</b>
----------------------

<b>Perfil</b>	C150X50X3	<b>Peralte</b>	60 cm
<b>Carga Viva</b>	60,00 kg/m <sup>2</sup>	<b>Carga Muerta</b>	8,58 kg/m <sup>2</sup>
<b>Límite</b>	L/360	20/360	5,56 cm
<b>Tipo de cercha</b>	<b>Caso de carga</b>	<b>Carga distribuida</b>	<b>Deflexión</b>
<b>Caso 1</b> <b>A=4 m</b>	Super muerta (SD)	34,32 kg/m	1,06 cm
	Viva de cubierta (RL)	240 kg/m	
<b>Caso 2</b> <b>A=5 m</b>	Super muerta (SD)	42,9 kg/m	1,31 cm
	Viva de cubierta (RL)	300 kg/m	
<b>Caso 3</b> <b>A=6 m</b>	Super muerta (SD)	51,48 kg/m	1,56 cm
	Viva de cubierta (RL)	360 kg/m	
<b>Caso 4</b> <b>A=7 m</b>	Super muerta (SD)	60,06 kg/m	1,81 cm
	Viva de cubierta (RL)	420 kg/m	
<b>Caso 5</b> <b>A=8 m</b>	Super muerta (SD)	68,64 kg/m	2,06 cm
	Viva de cubierta (RL)	480 kg/m	

Ilustración 2 Gráfica de carga vs deflexión caso de estudio



En la gráfica de la cercha de estudio, se observa que la deflexión varía según la pendiente de la carga aplicada: a menor pendiente, mayor deflexión. Además, se nota que a medida que se amplía el ancho de la carga, la deflexión de la cercha aumenta,

mostrando una relación directa entre la distribución de la carga y la deformación estructural.

## 2.4 Propuesta

Las deflexiones calculadas en la cercha original no cumplen con los estándares admisibles de 5.56 cm, indicando la necesidad de ajustes en el diseño. Se propone un cambio de peralte, incrementando la altura a 2 veces el valor inicial. Se consideran dos configuraciones alternativas, una con una luz de 90 cm y otra con 120 cm, ambas manteniendo el mismo material y una separación de 60 cm en las conexiones. Este ajuste busca mejorar significativamente el rendimiento estructural, reduciendo las deflexiones y garantizando que la cercha cumpla con los requisitos de seguridad y estabilidad establecidos.

Tabla 6 Cercha distribuida al 7% de 60cm - C150x50x3

<b>PENDIENTE 7%</b>			
<b>Perfil</b>	C150X50X3	<b>Peralte</b>	60 cm
<b>Carga Viva</b>	60,00 kg/m <sup>2</sup>	<b>Carga Muerta</b>	8,58 kg/m <sup>2</sup>
<b>Límite</b>	L/360	20/360	5,56 cm
<b>Tipo de cercha</b>	<b>Caso de carga</b>	<b>Carga distribuida</b>	<b>Deflexión</b>
<b>Caso 1</b> <b>A=4 m</b>	Super muerta (SD)	34,32 kg/m	6,08 cm
	Viva de cubierta (RL)	240 kg/m	
<b>Caso 2</b> <b>A=5 m</b>	Super muerta (SD)	42,9 kg/m	7,51 cm
	Viva de cubierta (RL)	300 kg/m	
<b>Caso 3</b> <b>A=6 m</b>	Super muerta (SD)	51,48 kg/m	8,94 cm
	Viva de cubierta (RL)	360 kg/m	
<b>Caso 4</b> <b>A=7 m</b>	Super muerta (SD)	60,06 kg/m	10,37 cm
	Viva de cubierta (RL)	420 kg/m	
<b>Caso 5</b> <b>A=8 m</b>	Super muerta (SD)	68,64 kg/m	11,80 cm
	Viva de cubierta (RL)	480 kg/m	

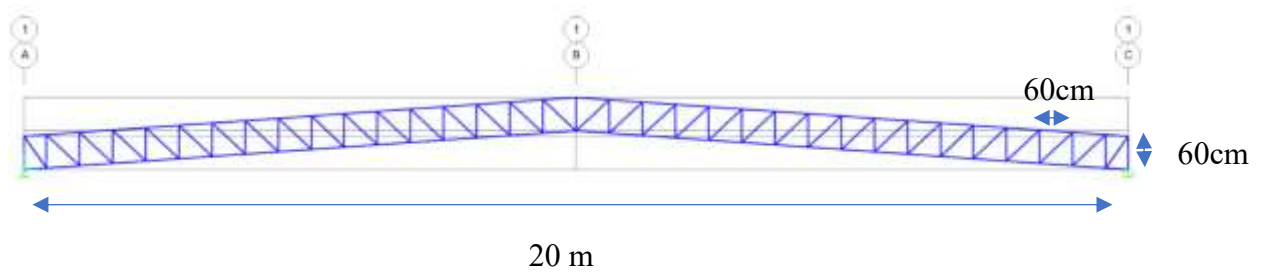


Ilustración 3 cercha de 7% de pendiente con 60 cm de peralte

Tabla 7 Cercha distribuida al 7% de 90cm - C150x50x3

PENDIENTE 7%			
<b>Perfil</b>	C150X50X3	<b>Peralte</b>	90 cm
<b>Carga Viva</b>	60,00 kg/m <sup>2</sup>	<b>Carga Muerta</b>	8,58 kg/m <sup>2</sup>
<b>Límite</b>	L/360	20/360	5,56 cm
<b>Tipo de cercha</b>	<b>Caso de carga</b>	<b>Carga distribuida</b>	<b>Deflexión</b>
<b>Caso 1</b> <b>A=4 m</b>	Super muerta (SD)	34,32 kg/m	3,17 cm
	Viva de cubierta (RL)	240 kg/m	
<b>Caso 2</b> <b>A=5 m</b>	Super muerta (SD)	42,9 kg/m	3,91 cm
	Viva de cubierta (RL)	300 kg/m	
<b>Caso 3</b> <b>A=6 m</b>	Super muerta (SD)	51,48 kg/m	4,65 cm
	Viva de cubierta (RL)	360 kg/m	
<b>Caso 4</b> <b>A=7 m</b>	Super muerta (SD)	60,06 kg/m	5,39 cm
	Viva de cubierta (RL)	420 kg/m	
<b>Caso 5</b> <b>A=8 m</b>	Super muerta (SD)	68,64 kg/m	6,13 cm
	Viva de cubierta (RL)	480 kg/m	

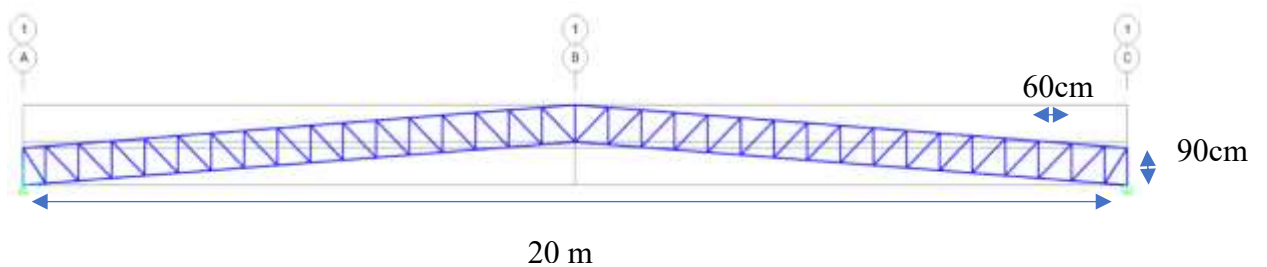


Ilustración 4 cercha de 7% de pendiente con peralte de 90 cm

Tabla 8 Cercha distribuida al 7% de 120cm - C150x50x3

PENDIENTE 7%			
<b>Perfil</b>	C150X50X3	<b>Peralte</b>	120 cm
<b>Carga Viva</b>	60,00 kg/m <sup>2</sup>	<b>Carga Muerta</b>	8,58 kg/m <sup>2</sup>
<b>Límite</b>	L/360	20/360	5,56 cm
<b>Tipo de cercha</b>	<b>Caso de carga</b>	<b>Carga distribuida</b>	<b>Deflexión</b>
<b>Caso 1</b> <b>A=4 m</b>	Super muerta (SD)	34,32 kg/m	2,44 cm
	Viva de cubierta (RL)	240 kg/m	
<b>Caso 2</b> <b>A=5 m</b>	Super muerta (SD)	42,9 kg/m	3,01 cm
	Viva de cubierta (RL)	300 kg/m	
<b>Caso 3</b> <b>A=6 m</b>	Super muerta (SD)	51,48 kg/m	3,57 cm
	Viva de cubierta (RL)	360 kg/m	
<b>Caso 4</b> <b>A=7 m</b>	Super muerta (SD)	60,06 kg/m	4,14 cm
	Viva de cubierta (RL)	420 kg/m	
<b>Caso 5</b> <b>A=8 m</b>	Super muerta (SD)	68,64 kg/m	4,70 cm
	Viva de cubierta (RL)	480 kg/m	

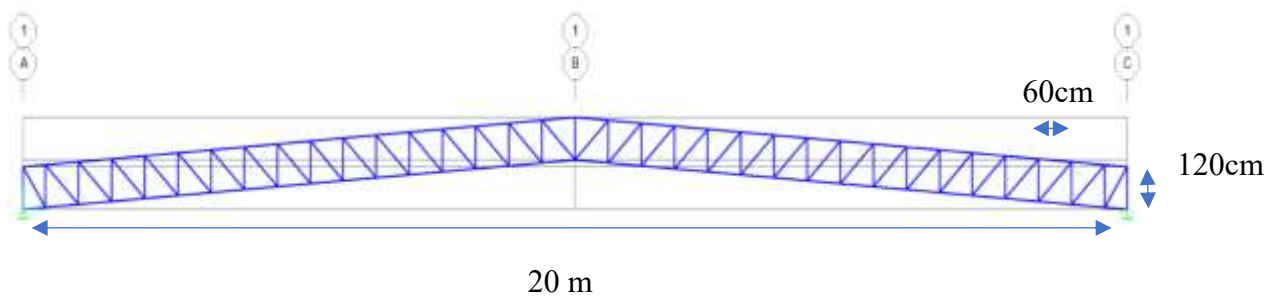


Ilustración 5 cercha de 7% de pendiente con peralte de 120 cm



Tabla 9 Cercha distribuida al 10% de 60cm - C150x50x3

PENDIENTE 10%			
<b>Perfil</b>	C150X50X3	<b>Peralte</b>	60 cm
<b>Carga Viva</b>	60,00 kg/m <sup>2</sup>	<b>Carga Muerta</b>	8,58 kg/m <sup>2</sup>
<b>Límite</b>	L/360	20/360	5,56 cm
<b>Tipo de cercha</b>	<b>Caso de carga</b>	<b>Carga distribuida</b>	<b>Deflexión</b>
<b>Caso 1</b> <b>A=4 m</b>	Super muerta (SD)	34,32 kg/m	5,83 cm
	Viva de cubierta (RL)	240 kg/m	
<b>Caso 2</b> <b>A=5 m</b>	Super muerta (SD)	42,9 kg/m	7,19 cm
	Viva de cubierta (RL)	300 kg/m	
<b>Caso 3</b> <b>A=6 m</b>	Super muerta (SD)	51,48 kg/m	8,56 cm
	Viva de cubierta (RL)	360 kg/m	
<b>Caso 4</b> <b>A=7 m</b>	Super muerta (SD)	60,06 kg/m	9,93 cm
	Viva de cubierta (RL)	420 kg/m	
<b>Caso 5</b> <b>A=8 m</b>	Super muerta (SD)	68,64 kg/m	11,30 cm
	Viva de cubierta (RL)	480 kg/m	

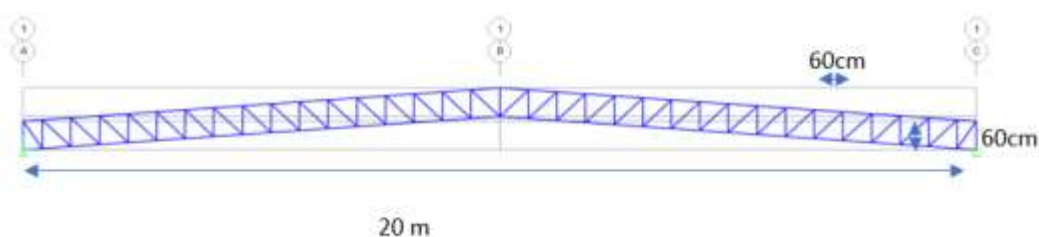


Ilustración 6 cercha de 10% de pendiente con peralte de 60 cm

Tabla 10 Cercha distribuida al 10% de 90cm - C150x50x3

PENDIENTE 10%			
<b>Perfil</b>	C150X50X3	<b>Peralte</b>	90 cm
<b>Carga Viva</b>	60,00 kg/m <sup>2</sup>	<b>Carga Muerta</b>	8,58 kg/m <sup>2</sup>
<b>Límite</b>	L/360	20/360	5,56 cm
<b>Tipo de cercha</b>	<b>Caso de carga</b>	<b>Carga distribuida</b>	<b>Deflexión</b>
<b>Caso 1</b> <b>A=4 m</b>	Super muerta (SD)	34,32 kg/m	2,89 cm
	Viva de cubierta (RL)	240 kg/m	
<b>Caso 2</b> <b>A=5 m</b>	Super muerta (SD)	42,9 kg/m	3,17 cm
	Viva de cubierta (RL)	300 kg/m	
<b>Caso 3</b> <b>A=6 m</b>	Super muerta (SD)	51,48 kg/m	3,44 cm
	Viva de cubierta (RL)	360 kg/m	
<b>Caso 4</b> <b>A=7 m</b>	Super muerta (SD)	60,06 kg/m	3,99 cm
	Viva de cubierta (RL)	420 kg/m	
<b>Caso 5</b> <b>A=8 m</b>	Super muerta (SD)	68,64 kg/m	4,53 cm
	Viva de cubierta (RL)	480 kg/m	

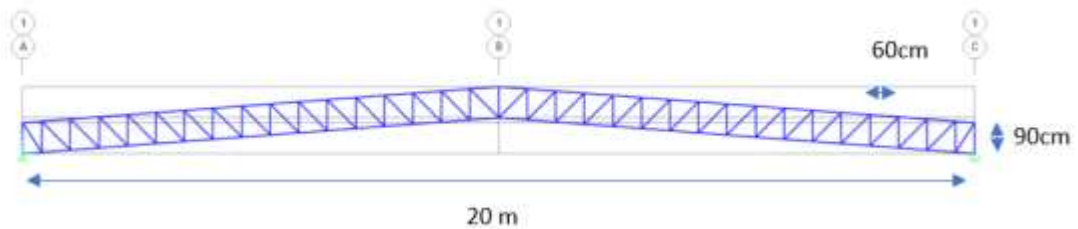


Ilustración 7 cercha de 10% de pendiente con peralte de 90 cm

Tabla 11 Cercha distribuida al 10% de 120cm - C150x50x3

PENDIENTE 10%			
<b>Perfil</b>	C150X50X3	<b>Peralte</b>	120 cm
<b>Carga Viva</b>	60,00 kg/m <sup>2</sup>	<b>Carga Muerta</b>	8,58 kg/m <sup>2</sup>
<b>Límite</b>	L/360	20/360	5,56 cm
<b>Tipo de cercha</b>	<b>Caso de carga</b>	<b>Carga distribuida</b>	<b>Deflexión</b>
<b>Caso 1</b> <b>A=4 m</b>	Super muerta (SD)	34,32 kg/m	1,87 cm
	Viva de cubierta (RL)	240 kg/m	

<b>Caso 2</b> <b>A=5 m</b>	Super muerta (SD)	42,9 kg/m	2,30 cm
	Viva de cubierta (RL)	300 kg/m	
<b>Caso 3</b> <b>A=6 m</b>	Super muerta (SD)	51,48 kg/m	2,73 cm
	Viva de cubierta (RL)	360 kg/m	
<b>Caso 4</b> <b>A=7 m</b>	Super muerta (SD)	60,06 kg/m	3,17 cm
	Viva de cubierta (RL)	420 kg/m	
<b>Caso 5</b> <b>A=8 m</b>	Super muerta (SD)	68,64 kg/m	3,60 cm
	Viva de cubierta (RL)	480 kg/m	

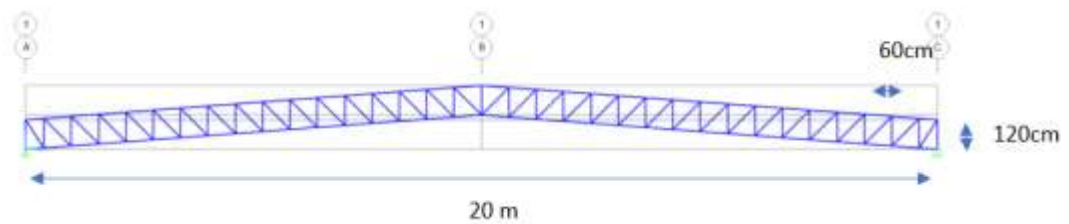


Ilustración 8 cercha de 10% de pendiente con peralte de 120 cm

Tabla 12 Cercha distribuida al 15% de 60cm - C150x50x3

<b>PENDIENTE 15%</b>			
<b>Perfil</b>	C150X50X3	<b>Peralte</b>	60 cm
<b>Carga Viva</b>	60,00 kg/m <sup>2</sup>	<b>Carga Muerta</b>	8,58 kg/m <sup>2</sup>
<b>Límite</b>	L/360	20/360	5,56 cm
<b>Tipo de cercha</b>	<b>Caso de carga</b>	<b>Carga distribuida</b>	<b>Deflexión</b>
<b>Caso 1</b> <b>A=4 m</b>	Super muerta (SD)	34,32 kg/m	1,71 cm
	Viva de cubierta (RL)	240 kg/m	
<b>Caso 2</b> <b>A=5 m</b>	Super muerta (SD)	42,9 kg/m	2,11 cm
	Viva de cubierta (RL)	300 kg/m	
<b>Caso 3</b> <b>A=6 m</b>	Super muerta (SD)	51,48 kg/m	2,51 cm
	Viva de cubierta (RL)	360 kg/m	
<b>Caso 4</b> <b>A=7 m</b>	Super muerta (SD)	60,06 kg/m	2,91 cm
	Viva de cubierta (RL)	420 kg/m	
<b>Caso 5</b> <b>A=8 m</b>	Super muerta (SD)	68,64 kg/m	3,31 cm
	Viva de cubierta (RL)	480 kg/m	

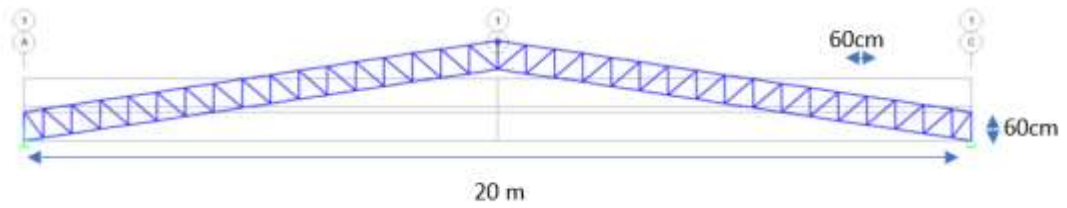


Ilustración 9 cercha de 15% de pendiente con peralte de 60 cm

Tabla 13 Cercha distribuida al 15% de 90cm - C150x50x3

PENDIENTE 15%			
<b>Perfil</b>	C150X50X3	<b>Peralte</b>	90 cm
<b>Carga Viva</b>	60,00 kg/m <sup>2</sup>	<b>Carga Muerta</b>	8,58 kg/m <sup>2</sup>
<b>Límite</b>	L/360	20/360	5,56 cm
<b>Tipo de cercha</b>	<b>Caso de carga</b>	<b>Carga distribuida</b>	<b>Deflexión</b>
<b>Caso 1</b> <b>A=4 m</b>	Super muerta (SD)	34,32 kg/m	1,44 cm
	Viva de cubierta (RL)	240 kg/m	
<b>Caso 2</b> <b>A=5 m</b>	Super muerta (SD)	42,9 kg/m	1,77 cm
	Viva de cubierta (RL)	300 kg/m	
<b>Caso 3</b> <b>A=6 m</b>	Super muerta (SD)	51,48 kg/m	2,10 cm
	Viva de cubierta (RL)	360 kg/m	
<b>Caso 4</b> <b>A=7 m</b>	Super muerta (SD)	60,06 kg/m	2,44 cm
	Viva de cubierta (RL)	420 kg/m	
<b>Caso 5</b> <b>A=8 m</b>	Super muerta (SD)	68,64 kg/m	2,77 cm
	Viva de cubierta (RL)	480 kg/m	

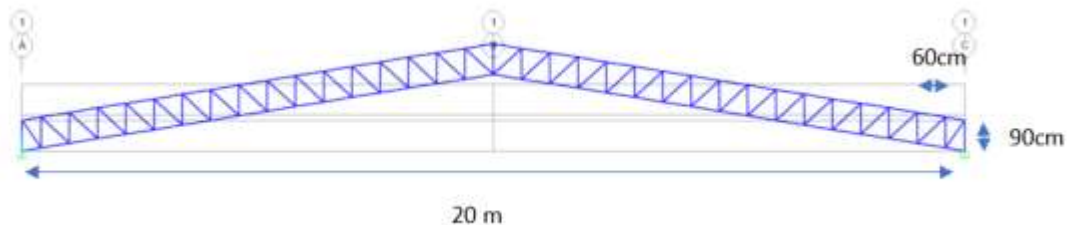


Ilustración 10 cercha de 15% de pendiente con peralte de 90 cm

Tabla 14 Cercha distribuida al 15% de 120cm - C150x50x3

PENDIENTE 15%			
<b>Perfil</b>	C150X50X3	<b>Peralte</b>	120 cm
<b>Carga Viva</b>	60,00 kg/m <sup>2</sup>	<b>Carga Muerta</b>	8,58 kg/m <sup>2</sup>
<b>Límite</b>	L/360	20/360	5,56 cm
<b>Tipo de cercha</b>	<b>Caso de carga</b>	<b>Carga distribuida</b>	<b>Deflexión</b>
<b>Caso 1</b> <b>A=4 m</b>	Super muerta (SD)	34,32 kg/m	1,23 cm
	Viva de cubierta (RL)	240 kg/m	
<b>Caso 2</b> <b>A=5 m</b>	Super muerta (SD)	42,9 kg/m	1,54 cm
	Viva de cubierta (RL)	300 kg/m	
<b>Caso 3</b> <b>A=6 m</b>	Super muerta (SD)	51,48 kg/m	1,83 cm
	Viva de cubierta (RL)	360 kg/m	
<b>Caso 4</b> <b>A=7 m</b>	Super muerta (SD)	60,06 kg/m	2,12 cm
	Viva de cubierta (RL)	420 kg/m	
<b>Caso 5</b> <b>A=8 m</b>	Super muerta (SD)	68,64 kg/m	2,40 cm
	Viva de cubierta (RL)	480 kg/m	

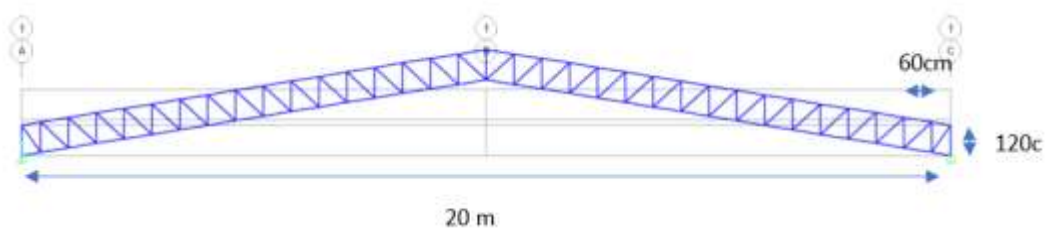


Ilustración 11 cercha de 15% de pendiente con peralte de 120 cm

Tabla 15 Cercha distribuida al 20% de 60cm - C150x50x3

PENDIENTE 20%			
<b>Perfil</b>	C150X50X3	<b>Peralte</b>	60 cm
<b>Carga Viva</b>	60,00 kg/m <sup>2</sup>	<b>Carga Muerta</b>	8,58 kg/m <sup>2</sup>
<b>Límite</b>	L/360	20/360	5,56 cm
<b>Tipo de cercha</b>	<b>Caso de carga</b>	<b>Carga distribuida</b>	<b>Deflexión</b>
<b>Caso 1</b> <b>A=4 m</b>	Super muerta (SD)	34,32 kg/m	1,06 cm
	Viva de cubierta (RL)	240 kg/m	
<b>Caso 2</b>	Super muerta (SD)	42,9 kg/m	1,31 cm

<b>A=5 m</b>	Viva de cubierta (RL)	300 kg/m	
<b>Caso 3</b>	Super muerta (SD)	51,48 kg/m	1,56 cm
	<b>A=6 m</b>	Viva de cubierta (RL)	
<b>Caso 4</b>	Super muerta (SD)	60,06 kg/m	1,81 cm
	<b>A=7 m</b>	Viva de cubierta (RL)	
<b>Caso 5</b>	Super muerta (SD)	68,64 kg/m	2,06 cm
	<b>A=8 m</b>	Viva de cubierta (RL)	

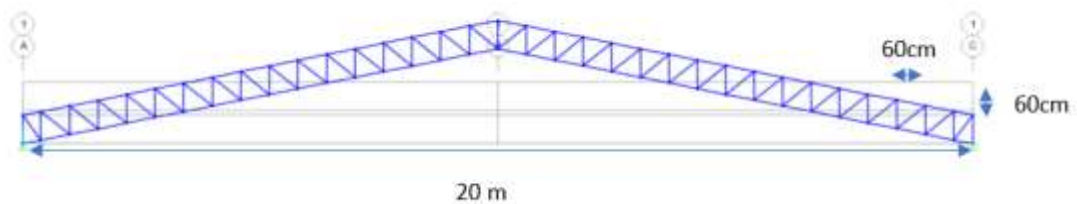


Ilustración 12 cercha de 20% de pendiente con peralte de 60 cm

Tabla 16 Cercha distribuida al 20% de 90cm - C150x50x3

<b>PENDIENTE 20%</b>			
<b>Perfil</b>	C150X50X3	<b>Peralte</b>	90 cm
<b>Carga Viva</b>	60,00 kg/m <sup>2</sup>	<b>Carga Muerta</b>	8,58 kg/m <sup>2</sup>
<b>Límite</b>	L/360	20/360	5,56 cm
<b>Tipo de cercha</b>	<b>Caso de carga</b>	<b>Carga distribuida</b>	<b>Deflexión</b>
<b>Caso 1</b>	Super muerta (SD)	34,32 kg/m	0,97 cm
	<b>A=4 m</b>	Viva de cubierta (RL)	
<b>Caso 2</b>	Super muerta (SD)	42,9 kg/m	1,19 cm
	<b>A=5 m</b>	Viva de cubierta (RL)	
<b>Caso 3</b>	Super muerta (SD)	51,48 kg/m	1,42 cm
	<b>A=6 m</b>	Viva de cubierta (RL)	
<b>Caso 4</b>	Super muerta (SD)	60,06 kg/m	1,64 cm
	<b>A=7 m</b>	Viva de cubierta (RL)	
<b>Caso 5</b>	Super muerta (SD)	68,64 kg/m	1,87 cm
	<b>A=8 m</b>	Viva de cubierta (RL)	

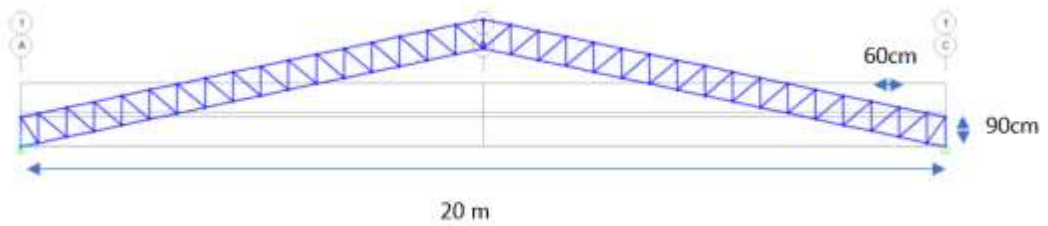


Ilustración 13 cercha de 20% de pendiente con peralte de 90 cm

Tabla 17 Cercha distribuida al 20% de 120cm - C150x50x3

PENDIENTE 20%			
<b>Perfil</b>	C150X50X3	<b>Peralte</b>	120 cm
<b>Carga Viva</b>	60,00 kg/m <sup>2</sup>	<b>Carga Muerta</b>	8,58 kg/m <sup>2</sup>
<b>Límite</b>	L/360	20/360	5,56 cm
<b>Tipo de cercha</b>	<b>Caso de carga</b>	<b>Carga distribuida</b>	<b>Deflexión</b>
<b>Caso 1</b> <b>A=4 m</b>	Super muerta (SD)	34,32 kg/m	0,88 cm
	Viva de cubierta (RL)	240 kg/m	
<b>Caso 2</b> <b>A=5 m</b>	Super muerta (SD)	42,9 kg/m	1,09 cm
	Viva de cubierta (RL)	300 kg/m	
<b>Caso 3</b> <b>A=6 m</b>	Super muerta (SD)	51,48 kg/m	1,29 cm
	Viva de cubierta (RL)	360 kg/m	
<b>Caso 4</b> <b>A=7 m</b>	Super muerta (SD)	60,06 kg/m	1,49 cm
	Viva de cubierta (RL)	420 kg/m	
<b>Caso 5</b> <b>A=8 m</b>	Super muerta (SD)	68,64 kg/m	1,70 cm
	Viva de cubierta (RL)	480 kg/m	

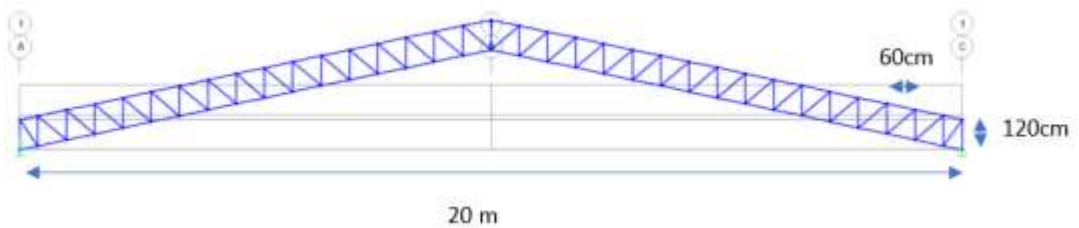


Ilustración 14 cercha de 20% de pendiente con peralte de 120 cm

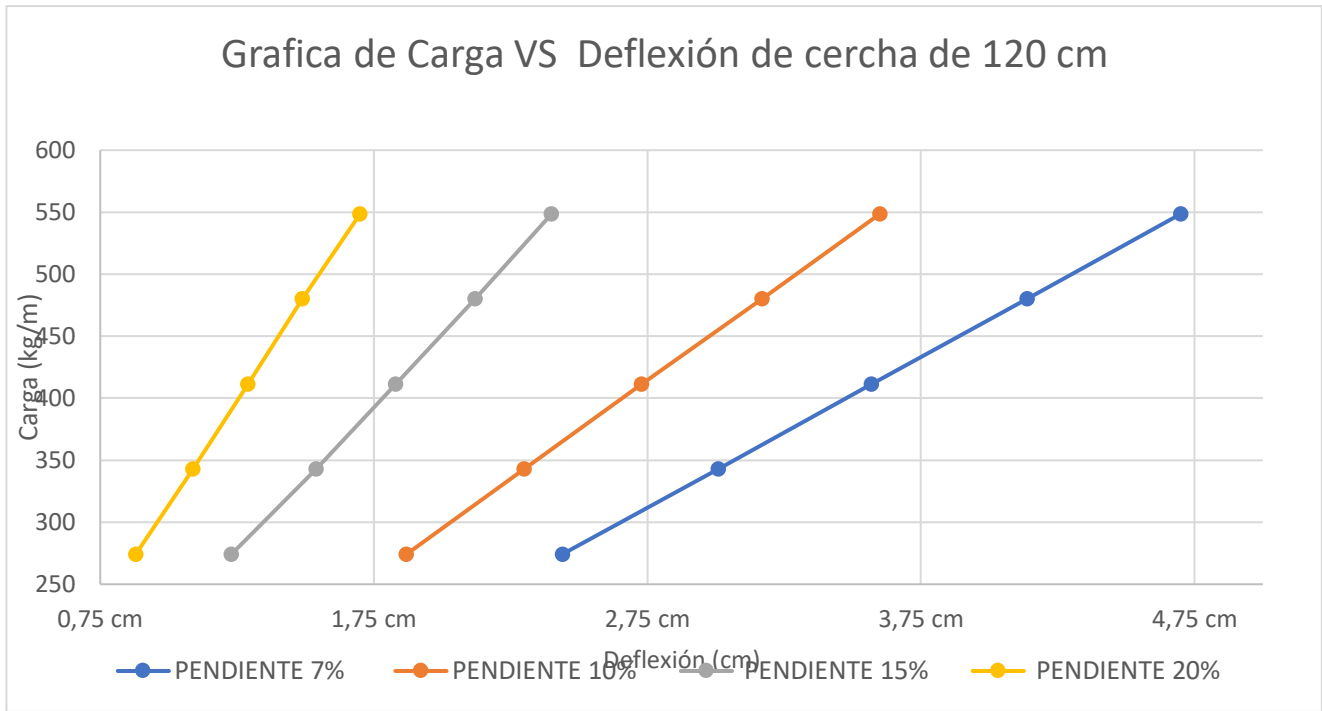


Ilustración 15 cercha de 7%, 10%, 15% y 20% con 120 cm de peralte

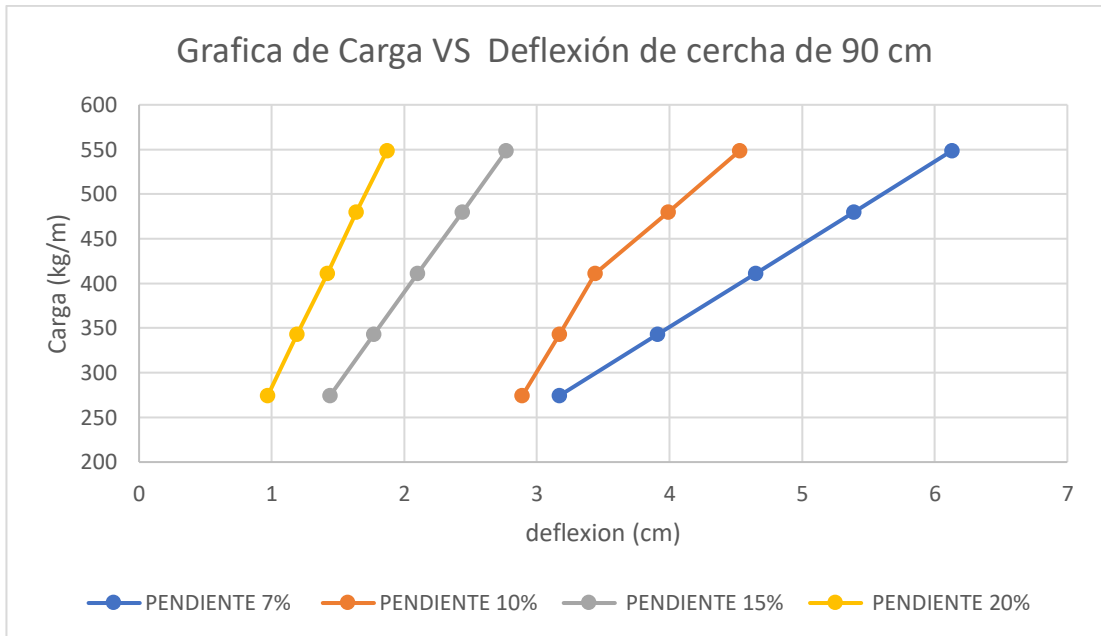


Ilustración 16 cercha de 7%, 10%, 15% y 20% con 90 cm de peralte



Para optimizar aún más el rendimiento de la cercha, se propone un cambio en la sección del perfil de C150x50x3 a C200x50x3. Esta modificación en la sección busca incrementar la capacidad estructural y fortalecer la resistencia de la cercha, manteniendo la misma altura, pero mejorando las propiedades geométricas del perfil. Este cambio tiene como objetivo principal aumentar la eficiencia y la capacidad de carga de la cercha, contribuyendo así a la obtención de un diseño más robusto y seguro.

Tabla 18 Cercha distribuida al 7% de 90cm – C200x50x3

PENDIENTE 7%			
<b>Perfil</b>	C200X50X3	<b>Peralte</b>	90 cm
<b>Carga Viva</b>	60,00 kg/m <sup>2</sup>	<b>Carga Muerta</b>	8,58 kg/m <sup>2</sup>
<b>Límite</b>	L/360	20/360	5,56 cm
<b>Tipo de cercha</b>	<b>Caso de carga</b>	<b>Carga distribuida</b>	<b>Deflexión</b>
<b>Caso 1</b> <b>A=4 m</b>	Super muerta (SD)	34,32 kg/m	2,68 cm
	Viva de cubierta (RL)	240 kg/m	
<b>Caso 2</b> <b>A=5 m</b>	Super muerta (SD)	42,9 kg/m	3,30 cm
	Viva de cubierta (RL)	300 kg/m	
<b>Caso 3</b> <b>A=6 m</b>	Super muerta (SD)	51,48 kg/m	3,92 cm
	Viva de cubierta (RL)	360 kg/m	
<b>Caso 4</b> <b>A=7 m</b>	Super muerta (SD)	60,06 kg/m	4,54 cm
	Viva de cubierta (RL)	420 kg/m	
<b>Caso 5</b> <b>A=8 m</b>	Super muerta (SD)	68,64 kg/m	5,16 cm
	Viva de cubierta (RL)	480 kg/m	

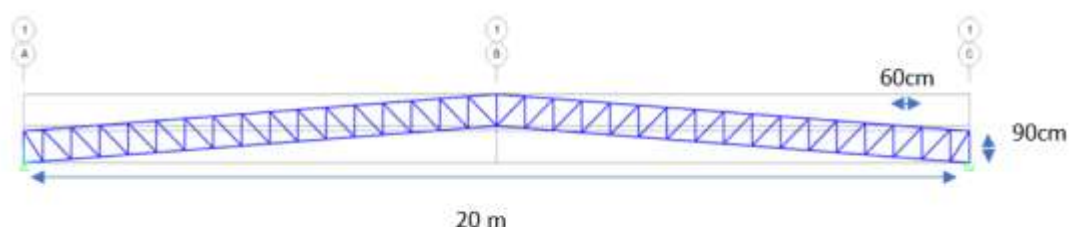


Ilustración 17 cercha de 7% de pendiente con peralte de 90 cm en perfil C200x50x3

Tabla 19 Cercha distribuida al 7% de 120cm – C200x50x3

PENDIENTE 7%			
<b>Perfil</b>	C200X50X3	<b>Peralte</b>	120 cm
<b>Carga Viva</b>	60,00 kg/m <sup>2</sup>	<b>Carga Muerta</b>	8,58 kg/m <sup>2</sup>
<b>Límite</b>	L/360	20/360	5,56 cm
<b>Tipo de cercha</b>	<b>Caso de carga</b>	<b>Carga distribuida</b>	<b>Deflexión</b>
<b>Caso 1</b> <b>A=4 m</b>	Super muerta (SD)	34,32 kg/m	2,10 cm
	Viva de cubierta (RL)	240 kg/m	
<b>Caso 2</b> <b>A=5 m</b>	Super muerta (SD)	42,9 kg/m	2,58 cm
	Viva de cubierta (RL)	300 kg/m	
<b>Caso 3</b> <b>A=6 m</b>	Super muerta (SD)	51,48 kg/m	3,06 cm
	Viva de cubierta (RL)	360 kg/m	
<b>Caso 4</b> <b>A=7 m</b>	Super muerta (SD)	60,06 kg/m	3,54 cm
	Viva de cubierta (RL)	420 kg/m	
<b>Caso 5</b> <b>A=8 m</b>	Super muerta (SD)	68,64 kg/m	4,02 cm
	Viva de cubierta (RL)	480 kg/m	



Ilustración 18 cercha de 7% de pendiente con peralte de 120 cm en perfil C200x50x3

Tabla 20 Cercha distribuida al 10% de 90cm – C200x50x3

PENDIENTE 10%			
<b>Perfil</b>	C200X50X3	<b>Peralte</b>	90 cm
<b>Carga Viva</b>	60,00 kg/m <sup>2</sup>	<b>Carga Muerta</b>	8,58 kg/m <sup>2</sup>
<b>Límite</b>	L/360	20/360	5,56 cm
<b>Tipo de cercha</b>	<b>Caso de carga</b>	<b>Carga distribuida</b>	<b>Deflexión</b>
<b>Caso 1</b>	Super muerta (SD)	34,32 kg/m	1,94 cm

<b>A=4 m</b>	Viva de cubierta (RL)	240 kg/m	
<b>Caso 2</b>	Super muerta (SD)	42,9 kg/m	2,39 cm
<b>A=5 m</b>	Viva de cubierta (RL)	300 kg/m	
<b>Caso 3</b>	Super muerta (SD)	51,48 kg/m	2,83 cm
<b>A=6 m</b>	Viva de cubierta (RL)	360 kg/m	
<b>Caso 4</b>	Super muerta (SD)	60,06 kg/m	3,28 cm
<b>A=7 m</b>	Viva de cubierta (RL)	420 kg/m	
<b>Caso 5</b>	Super muerta (SD)	68,64 kg/m	3,73 cm
<b>A=8 m</b>	Viva de cubierta (RL)	480 kg/m	

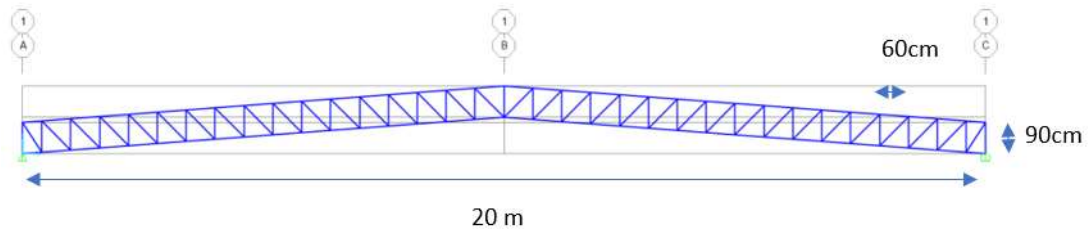


Ilustración 19 cercha de 10% de pendiente con peralte de 90 cm en perfil C200x50x3

Tabla 21 Cercha distribuida al 10% de 120cm – C200x50x3

<b>PENDIENTE 10%</b>			
<b>Perfil</b>	C200X50X3	<b>Peralte</b>	120 cm
<b>Carga Viva</b>	60,00 kg/m <sup>2</sup>	<b>Carga Muerta</b>	8,58 kg/m <sup>2</sup>
<b>Límite</b>	L/360	20/360	5,56 cm
<b>Tipo de cercha</b>	<b>Caso de carga</b>	<b>Carga distribuida</b>	<b>Deflexión</b>
<b>Caso 1</b>	Super muerta (SD)	34,32 kg/m	1,60 cm
<b>A=4 m</b>	Viva de cubierta (RL)	240 kg/m	
<b>Caso 2</b>	Super muerta (SD)	42,9 kg/m	1,97 cm
<b>A=5 m</b>	Viva de cubierta (RL)	300 kg/m	
<b>Caso 3</b>	Super muerta (SD)	51,48 kg/m	2,33 cm
<b>A=6 m</b>	Viva de cubierta (RL)	360 kg/m	
<b>Caso 4</b>	Super muerta (SD)	60,06 kg/m	2,70 cm
<b>A=7 m</b>	Viva de cubierta (RL)	420 kg/m	
<b>Caso 5</b>	Super muerta (SD)	68,64 kg/m	3,07 cm
<b>A=8 m</b>	Viva de cubierta (RL)	480 kg/m	

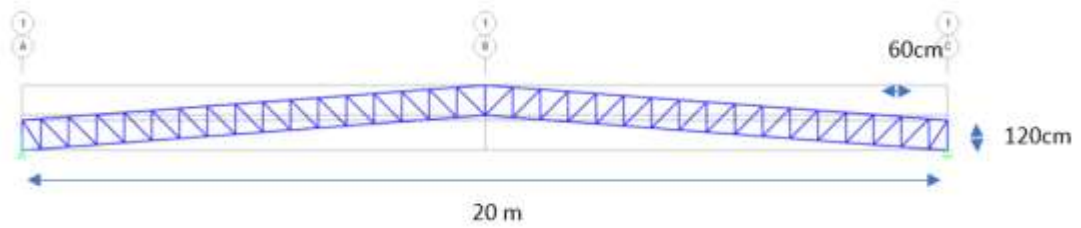


Ilustración 20 cercha de 10% de pendiente con peralte de 120 cm en perfil C200x50x3

Tabla 22 Cercha distribuida al 15% de 90cm – C200x50x3

PENDIENTE 15%			
<b>Perfil</b>	C200X50X3	<b>Peralte</b>	90 cm
<b>Carga Viva</b>	60,00 kg/m <sup>2</sup>	<b>Carga Muerta</b>	8,58 kg/m <sup>2</sup>
<b>Límite</b>	L/360	20/360	5,56 cm
<b>Tipo de cercha</b>	<b>Caso de carga</b>	<b>Carga distribuida</b>	<b>Deflexión</b>
<b>Caso 1</b> <b>A=4 m</b>	Super muerta (SD)	34,32 kg/m	1,21 cm
	Viva de cubierta (RL)	240 kg/m	
<b>Caso 2</b> <b>A=5 m</b>	Super muerta (SD)	42,9 kg/m	1,49 cm
	Viva de cubierta (RL)	300 kg/m	
<b>Caso 3</b> <b>A=6 m</b>	Super muerta (SD)	51,48 kg/m	1,77 cm
	Viva de cubierta (RL)	360 kg/m	
<b>Caso 4</b> <b>A=7 m</b>	Super muerta (SD)	60,06 kg/m	2,05 cm
	Viva de cubierta (RL)	420 kg/m	
<b>Caso 5</b> <b>A=8 m</b>	Super muerta (SD)	68,64 kg/m	2,33 cm
	Viva de cubierta (RL)	480 kg/m	

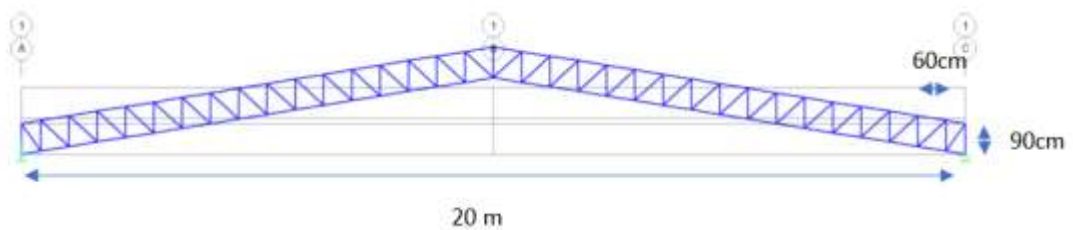


Ilustración 21 cercha de 15% de pendiente con peralte de 90 cm en perfil C200x50x3

Tabla 23 Cercha distribuida al 15% de 120cm – C200x50x3

PENDIENTE 15%			
<b>Perfil</b>	C200X50X3	<b>Peralte</b>	120 cm
<b>Carga Viva</b>	60,00 kg/m <sup>2</sup>	<b>Carga Muerta</b>	8,58 kg/m <sup>2</sup>
<b>Límite</b>	L/360	20/360	5,56 cm
<b>Tipo de cercha</b>	<b>Caso de carga</b>	<b>Carga distribuida</b>	<b>Deflexión</b>
<b>Caso 1</b> <b>A=4 m</b>	Super muerta (SD)	34,32 kg/m	1,07 cm
	Viva de cubierta (RL)	240 kg/m	
<b>Caso 2</b> <b>A=5 m</b>	Super muerta (SD)	42,9 kg/m	1,31 cm
	Viva de cubierta (RL)	300 kg/m	
<b>Caso 3</b> <b>A=6 m</b>	Super muerta (SD)	51,48 kg/m	1,55 cm
	Viva de cubierta (RL)	360 kg/m	
<b>Caso 4</b> <b>A=7 m</b>	Super muerta (SD)	60,06 kg/m	1,80 cm
	Viva de cubierta (RL)	420 kg/m	
<b>Caso 5</b> <b>A=8 m</b>	Super muerta (SD)	68,64 kg/m	2,05 cm
	Viva de cubierta (RL)	480 kg/m	

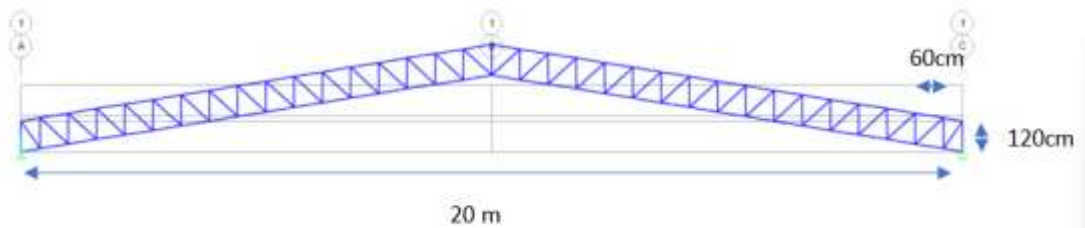


Ilustración 22 cercha de 15% de pendiente con peralte de 120 cm en perfil C200x50x3

Tabla 24 Cercha distribuida al 20% de 90cm – C200x50x3

PENDIENTE 20%			
<b>Perfil</b>	C200X50X3	<b>Peralte</b>	90 cm
<b>Carga Viva</b>	60,00 kg/m <sup>2</sup>	<b>Carga Muerta</b>	8,58 kg/m <sup>2</sup>
<b>Límite</b>	L/360	20/360	5,56 cm
<b>Tipo de cercha</b>	<b>Caso de carga</b>	<b>Carga distribuida</b>	<b>Deflexión</b>
<b>Caso 1</b> <b>A=4 m</b>	Super muerta (SD)	34,32 kg/m	0,81 cm
	Viva de cubierta (RL)	240 kg/m	
<b>Caso 2</b>	Super muerta (SD)	42,9 kg/m	1,00 cm

<b>A=5 m</b>	Viva de cubierta (RL)	300 kg/m	
<b>Caso 3</b>	Super muerta (SD)	51,48 kg/m	1,19 cm
<b>A=6 m</b>	Viva de cubierta (RL)	360 kg/m	
<b>Caso 4</b>	Super muerta (SD)	60,06 kg/m	1,38 cm
<b>A=7 m</b>	Viva de cubierta (RL)	420 kg/m	
<b>Caso 5</b>	Super muerta (SD)	68,64 kg/m	1,56 cm
<b>A=8 m</b>	Viva de cubierta (RL)	480 kg/m	

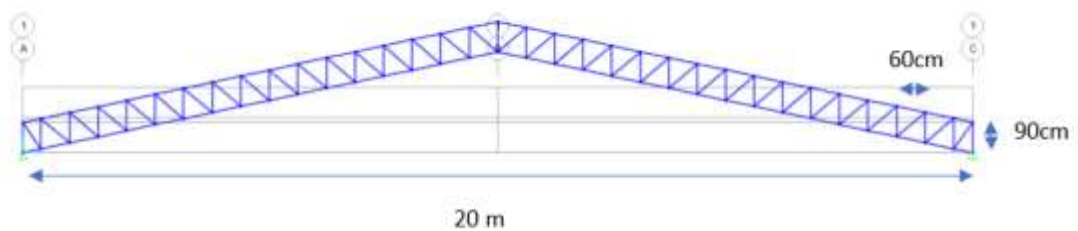


Ilustración 23 cercha de 20% de pendiente con peralte de 90 cm en perfil C200x50x3

Tabla 25 Cercha distribuida al 20% de 120cm – C200x50x3

<b>PENDIENTE 20%</b>			
<b>Perfil</b>	C200X50X3	<b>Peralte</b>	120 cm
<b>Carga Viva</b>	60,00 kg/m <sup>2</sup>	<b>Carga Muerta</b>	8,58 kg/m <sup>2</sup>
<b>Límite</b>	L/360	20/360	5,56 cm
<b>Tipo de cercha</b>	<b>Caso de carga</b>	<b>Carga distribuida</b>	<b>Deflexión</b>
<b>Caso 1</b> <b>A=4 m</b>	Super muerta (SD)	34,32 kg/m	0,75 cm
	Viva de cubierta (RL)	240 kg/m	
<b>Caso 2</b> <b>A=5 m</b>	Super muerta (SD)	42,9 kg/m	0,90 cm
	Viva de cubierta (RL)	300 kg/m	
<b>Caso 3</b> <b>A=6 m</b>	Super muerta (SD)	51,48 kg/m	1,09 cm
	Viva de cubierta (RL)	360 kg/m	
<b>Caso 4</b> <b>A=7 m</b>	Super muerta (SD)	60,06 kg/m	1,26 cm
	Viva de cubierta (RL)	420 kg/m	

<b>Caso 5</b> <b>A=8 m</b>	Super muerta (SD)	68,64 kg/m	1,44 cm
	Viva de cubierta (RL)	480 kg/m	

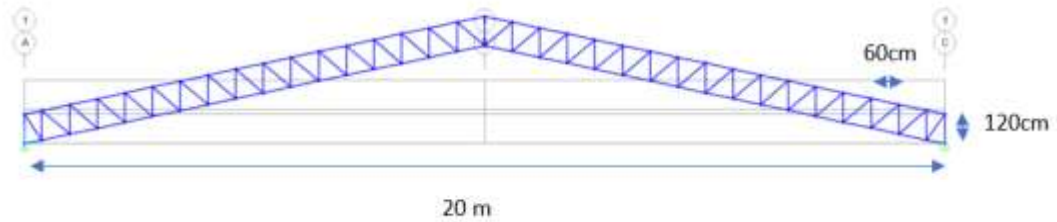


Ilustración 24 cercha de 20% de pendiente con peralte de 120 cm en perfil C200x50x3

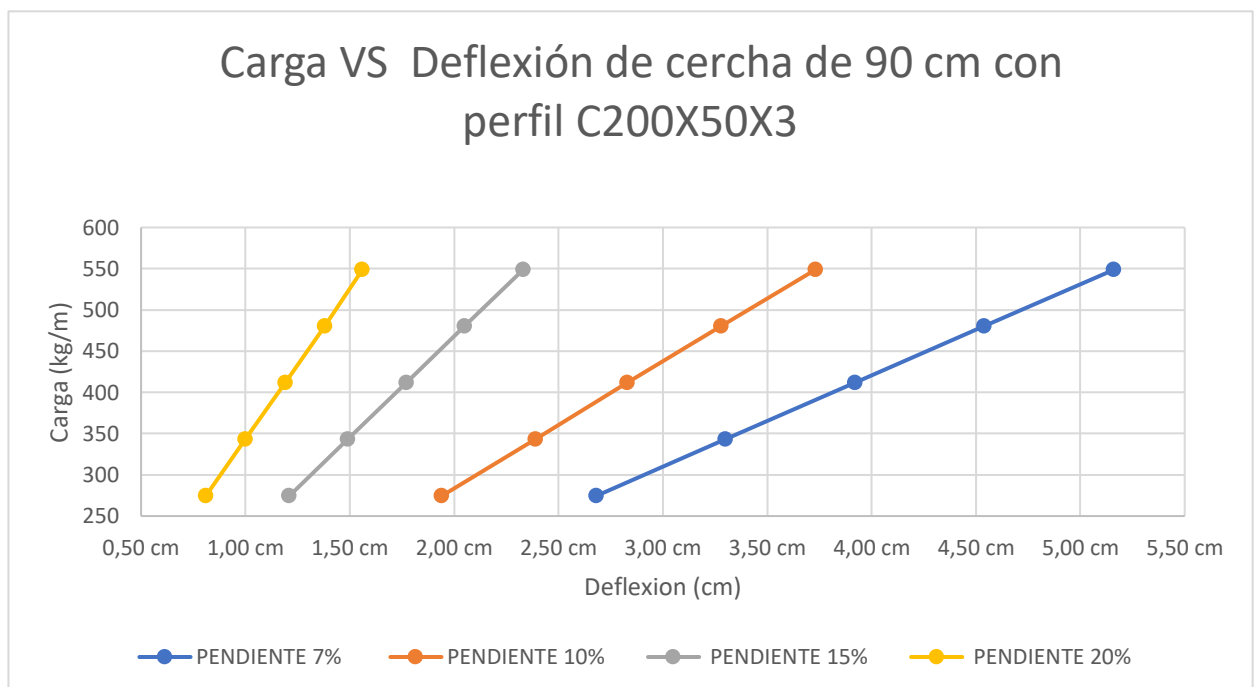
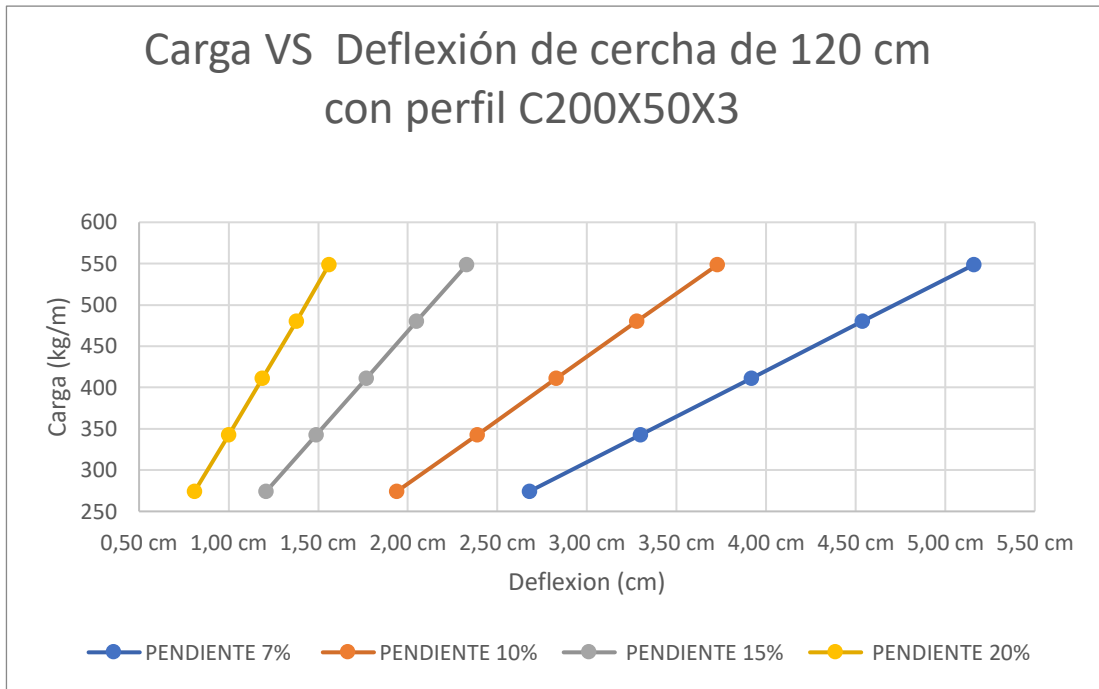


Ilustración 25 cercha de 7%, 10%, 15% y 20% con 90 cm de peralte en el perfil C200x50x3



*Ilustración 26 cercha de 7%, 10%, 15% y 20% con 120 cm de peralte en el perfil C200x50x3*

Se realizó la creación de gráficas para cada una de las pendientes de 7, 10, 15 y 20 grados, representando visualmente su comportamiento en relación con todas las cerchas del proyecto. Estas gráficas proporcionan una guía invaluable para el prediseño, permitiendo una evaluación precisa de cómo cada pendiente afecta la distribución de cargas, la estabilidad estructural y otros factores clave. Con esta herramienta, los diseñadores pueden tomar decisiones informadas y optimizar el rendimiento de las cerchas en función de las necesidades específicas del proyecto, garantizando así resultados sólidos y eficientes desde el inicio del proceso de diseño.



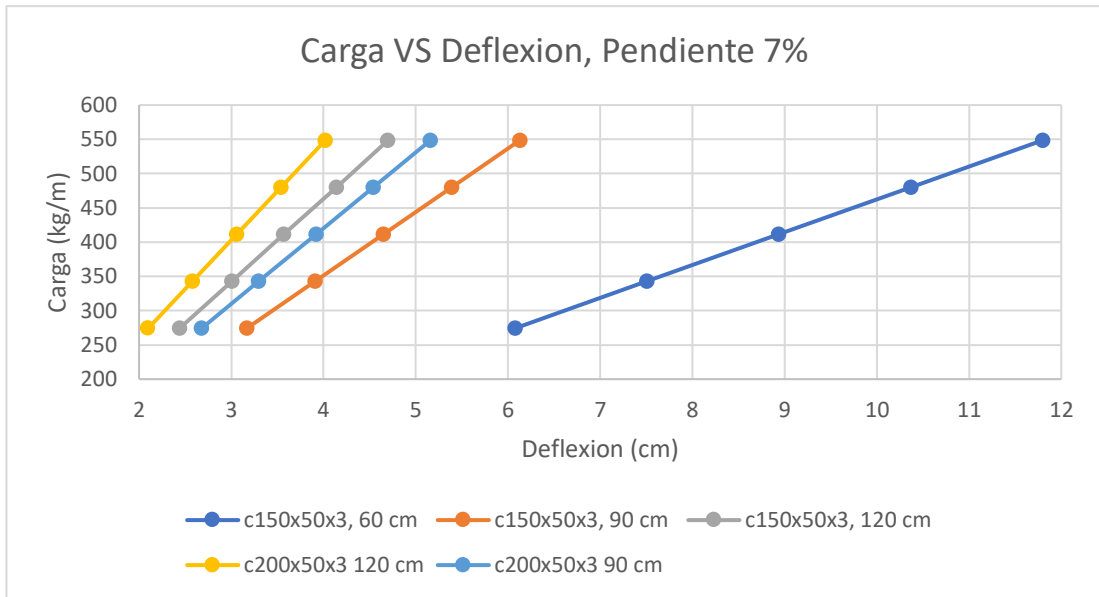


Ilustración 27 cercha de 7%.

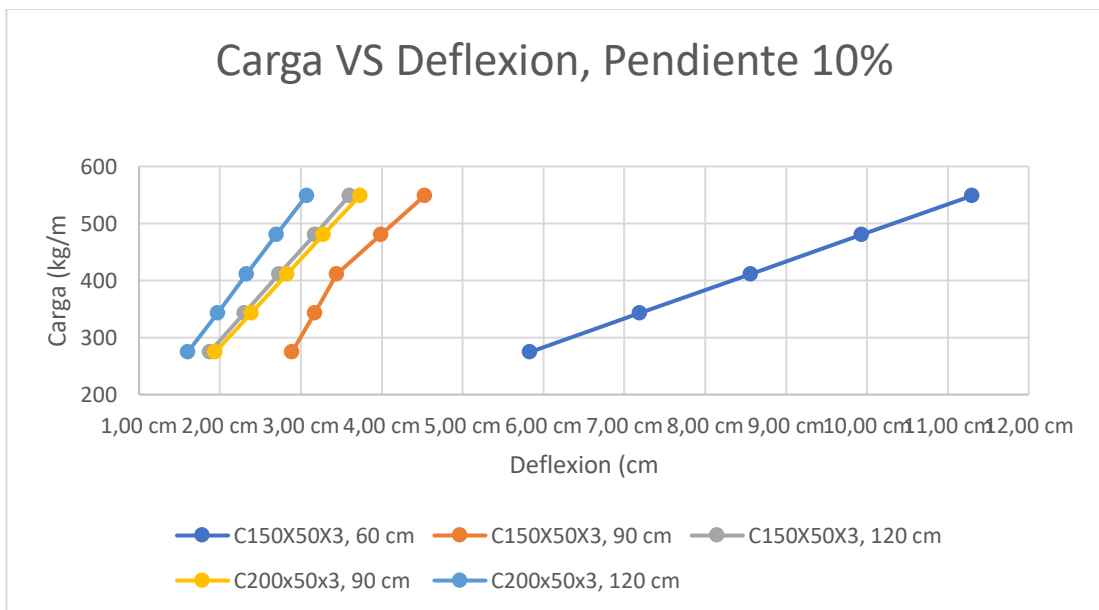


Ilustración 28 cercha de 10%.

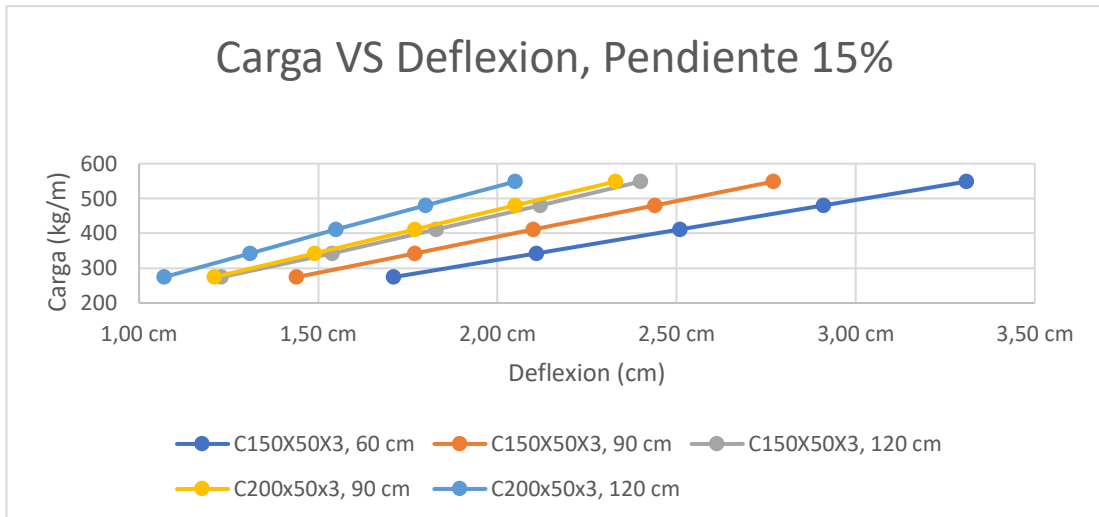


Ilustración 29 cercha de 15%,

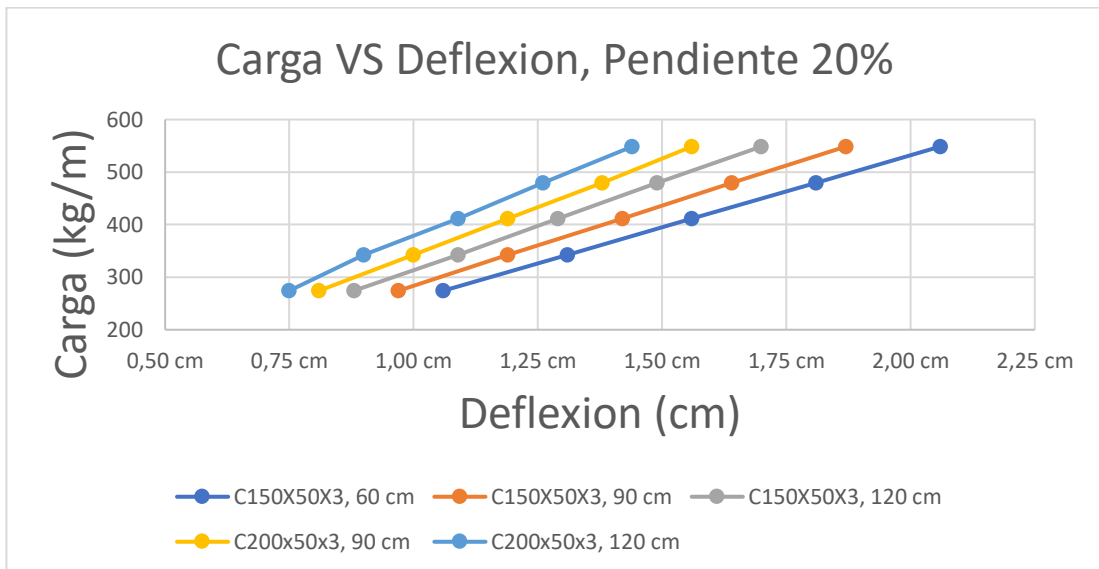


Ilustración 30 cercha de 20%,

Con el fin de presentar de manera sistemática y comprensible los resultados obtenidos en los cálculos realizados, se procederá a crear una tabla detallada que incluirá todos

los datos relevantes. Esta tabla consolidará la información clave, como las deflexiones, tensiones, y otros parámetros estructurales, proporcionando una referencia visual y estructurada que facilitará la interpretación y análisis de los resultados obtenidos en la investigación de la cercha.

Tabla 26 Tabla de deformación calculada por centímetros

<b>DEFORMACIÓN CALCULADA (cm)</b>					
<b>CARGA</b>	<b>274,32 kg/m</b>	<b>342,9 kg/m</b>	<b>411,48 kg/m</b>	<b>480,06 kg/m</b>	<b>548,64 kg/m</b>
<b>DIMENSIONES</b>					
<b>150x50x3 mm</b>	<b>A=4 M</b>	<b>A=5M</b>	<b>A=6M</b>	<b>A=7M</b>	<b>A=8M</b>
<b>PERALTE DE 60 CM</b>					
pendiente de 7%	5,76	5,83	6,85	7,94	11,52
pendiente de 10%	5,83	7,19	8,56	9,93	11,3
pendiente de 15%	1,71	2,11	2,51	2,91	3,31
pendiente de 20%	1,06	1,31	1,56	1,81	2,06
<b>PERALTE DE 90 CM</b>	<b>A=4 M</b>	<b>A=5M</b>	<b>A=6M</b>	<b>A=7M</b>	<b>A=8M</b>
<b>150x50x3 mm</b>					
pendiente de 7%	3,17	3,91	4,65	5,39	6,13
pendiente de 10%	2,89	3,17	3,44	3,99	4,53
pendiente de 15%	1,44	1,77	2,1	2,44	2,77
pendiente de 20%	0,97	1,19	1,42	1,64	1,87
<b>PERALTE DE 120 CM</b>	<b>A=4 M</b>	<b>A=5M</b>	<b>A=6M</b>	<b>A=7M</b>	<b>A=8M</b>
<b>150x50x3 mm</b>					
pendiente de 7%	2,44	3,01	3,57	4,14	4,7
pendiente de 10%	1,87	2,3	2,73	3,17	3,6
pendiente de 15%	1,23	1,54	1,83	2,12	2,4
pendiente de 20%	0,88	1,09	1,29	1,49	1,7
<b>PERALTE DE 90 CM</b>	<b>A=4 M</b>	<b>A=5M</b>	<b>A=6M</b>	<b>A=7M</b>	<b>A=8M</b>
<b>200x50x3 mm</b>					
pendiente de 7%	2,68	3,3	3,92	4,54	5,16
pendiente de 10%	1,94	2,39	2,83	3,28	3,73

pendiente de 15%	1,21	1,49	1,77	2,05	2,33
pendiente de 20%	0,81	1	1,19	1,38	1,56
<b>PERALTE DE 120 CM</b>	<b>A=4 M</b>	<b>A=5M</b>	<b>A=6M</b>	<b>A=7M</b>	<b>A=8M</b>
<b>200x50x3 mm</b>					
pendiente de 7%	2,1	2,58	3,06	3,54	4,02
pendiente de 10%	1,6	1,97	2,33	2,7	3,07
pendiente de 15%	1,07	1,31	1,55	1,8	2,05
pendiente de 20%	0,75	0,9	1,09	1,26	1,44

## CONCLUSIONES

- La investigación sobre el impacto de la pendiente de la cubierta en las capacidades de carga de las cerchas muestra patrones significativos en términos de deformación. A medida que aumenta la pendiente, la deformación disminuye, lo que indica una mayor rigidez estructural. Sin embargo, se encontraron situaciones preocupantes en casos de pendientes del 7% y 10%, donde las deflexiones superaron los límites de seguridad establecidos.
- Este descubrimiento resalta la importancia de considerar la pendiente de la cubierta al diseñar cerchas, especialmente en pendientes más suaves. En tales situaciones, es fundamental determinar si es necesario modificar el diseño, ya sea aumentando el peralte de la cercha o seleccionando perfiles de mayor dimensión para satisfacer los requisitos de deformación.
- La investigación sobre el impacto del ancho de carga en las cerchas muestra que las deformaciones estructurales se elevan con el aumento de este factor, siendo más evidentes en anchos extremos como 8 metros. Se recomienda el uso de un valor intermedio como estrategia efectiva porque se destaca la importancia de seleccionar cuidadosamente el ancho de carga para evitar deformaciones excesivas. Asimismo, se sugiere que una pendiente del 10% al 15% equilibra las capacidades de carga y las deformaciones. Estos resultados brindan pautas útiles para el pre diseño de cerchas, lo que facilita la toma de decisiones informadas sobre la optimización estructural y la integridad del diseño.
- La optimización de las capacidades de carga de cerchas se logra mediante relaciones estratégicas entre el ancho de carga y la pendiente de la cubierta. Al variar el peralte, ya sea aumentándolo en un 50% (90 cm) o un 100% (120 cm), se demuestra que un cambio de perfil a uno más grande, como el c200x50x3, puede ser igualmente efectivo que el perfil original c150x50x3. Esta flexibilidad ofrece opciones adaptativas al diseño final, permitiendo la elección del perfil más conveniente para cada caso.
- Se concluye que las pendientes de las cerchas en el rango del 10% al 15% son las más óptimas, cumpliendo con las deflexiones requeridas y permaneciendo dentro de los parámetros ideales. Aunque una pendiente del 20% reduce las

deformaciones, la diferencia no es significativa en comparación con la pendiente del 15%. Esta relación sugiere que, para optimizar las capacidades de carga, se puede preferir una pendiente del 15% como un compromiso adecuado entre eficiencia y rigidez estructural.

## RECOMENDACIONES

Se recomienda que, basándose en las conclusiones obtenidas, al diseñar cerchas, se preste especial atención a la pendiente de la cubierta. Se recomiendan pendientes más pronunciadas, especialmente en situaciones en las que la seguridad estructural es fundamental, ya que se ha demostrado que un aumento en la pendiente conduce a una menor deformación y una mayor rigidez estructural.

Se recomienda una evaluación exhaustiva para evitar deflexiones que superen los límites de seguridad en situaciones con pendientes más suaves, como el 7% y el 10%. En estas situaciones, es recomendable considerar cambios en el diseño, como aumentar el peralte de la cercha o elegir perfiles de mayor dimensión. Esta precaución mantendrá la integridad estructural, cumplirá con los requisitos de deformación y brindará.

Basándonos en las conclusiones de la investigación, se recomienda que, al diseñar cerchas, se tenga especial atención en la selección del ancho de carga. Dado que el aumento en este factor conlleva mayores deformaciones, se aconseja evitar extremos, como anchos de 8 metros, para mitigar el riesgo de deformaciones excesivas.

La estrategia recomendada es optar por un valor intermedio de ancho de carga, ya que esta elección ha demostrado ser eficaz para reducir las deformaciones estructurales. Además, se sugiere considerar cuidadosamente la pendiente de la cubierta, eligiendo valores entre el 10% y el 15%, ya que estos proporcionan un equilibrio adecuado entre las capacidades de carga y las deformaciones.

Basándonos en la conclusión obtenida, se sugiere en el diseño de cerchas considerar cuidadosamente la variación del peralte, optando por aumentos del 50% o 100% según las necesidades específicas de carga. Se recomienda evaluar la posibilidad de cambiar al perfil más grande (c200x50x3) cuando se incrementa el peralte, ya que esto puede ofrecer beneficios similares o incluso mejores que el perfil original (c150x50x3).

Además, se aconseja seleccionar pendientes en el rango del 10% al 15%, ya que estas han demostrado cumplir con las deflexiones requeridas y se mantienen dentro de los parámetros ideales. Aunque una pendiente del 20% reduce las deformaciones, la diferencia no justifica su elección en comparación con la pendiente del 15%. La

recomendación es considerar una pendiente del 15% como un equilibrio adecuado entre eficiencia y rigidez estructural.

Recomendaciones:

Pendiente de la Cubierta:

Prestar especial atención a la pendiente de la cubierta al diseñar cerchas.

Priorizar pendientes más pronunciadas para mayor rigidez estructural y menor deformación.

Evaluar exhaustivamente situaciones con pendientes suaves (7% y 10%) para evitar deflexiones excesivas.

Considerar cambios en el diseño, como aumentar el peralte o seleccionar perfiles más grandes, para mantener la integridad estructural.

Ancho de Carga:

Seleccionar cuidadosamente el ancho de carga para mitigar deformaciones excesivas.

Evitar extremos, como anchos de 8 metros, y optar por valores intermedios para reducir deformaciones estructurales.

Elegir valores de ancho de carga que proporcionen un equilibrio adecuado entre capacidades de carga y deformaciones (preferiblemente intermedios).

Variación del Peralte:

Considerar aumentos del 50% o 100% en el peralte según las necesidades de carga.

Evaluar la posibilidad de cambiar al perfil más grande (c200x50x3) para obtener beneficios similares o mejores que el perfil original (c150x50x3).

Selección de la Pendiente:

Seleccionar pendientes en el rango del 10% al 15% para cumplir con las deflexiones requeridas y mantenerse dentro de los parámetros ideales.

Preferir una pendiente del 15% como un equilibrio adecuado entre eficiencia y rigidez estructural, evitando la pendiente del 20% debido a diferencias no significativas en deformaciones.



## Bibliografía

- American Institute of Steel Construction. (2016). *Seismic Provisions for Structural Steel Buildings*. Illinois, Chicago: ANSI/AISC 341-16 . Retrieved from <https://www.aisc.org/globalassets/aisc/publications/standards/seismic-provisions-for-structural-steel-buildings-ansi-aisc-341-16.pdf>
- ANSI/AISC-360. (2010). *Construcciones de acero*. Chile: Alacero.
- Arboleda, D. (2019). Retrieved from [https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/15240/1/ArboledaDanie1\\_2019\\_CerchasMetalicasAxial.pdf](https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/15240/1/ArboledaDanie1_2019_CerchasMetalicasAxial.pdf)
- Computer & Structures, INC. (n.d.). Retrieved from <https://www.csiamerica.com/products/sap2000/features/user-interface>
- CSI Spain. (n.d.). *CSI Spain*. Retrieved from <https://www.csiespana.com/software/2/sap2000>
- Engineering, Training & Development Solutions. (2016). *Engineering, Training & Development Solutions*. Retrieved from Engineering, Training & Development Solutions: <https://eadic.com/blog/entrada/las-estructuras-metalicas-articuladas-tipo-cercha/>
- McCormac, J. (2012). *Diseño de Estructuras de Acero*. México: Alfaomega Grupo Editor.
- McCormac, J. C. (2012). *Diseño de Estructuras de Acero*. México: Alfaomega Grupo Editor, S.A.
- NEC. (2015). *Cargas no Sísmicas*.
- Norma Ecuatoriana de la Construcción. (n.d.). Retrieved from <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2023/03/9.-NEC-SE-AC-Estructuras-de-Acero.pdf>
- Norma Ecuatoriana de la Construcción. (2014, diciembre). *NEC*. Retrieved from NEC: <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2023/03/1.-NEC-SE-CG-Cargas-No-Sismicas.pdf>
- SAP 2000. (n.d.). Retrieved from <https://www.software-shop.com/producto/sap2000>

## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Montero Beltrán, Ian Harold**, con C.C: # 0924232358 autor del trabajo de titulación: **Análisis y Optimización de las Capacidades de Carga se Cerchas en el Software SAP 2000 en el Diseño de Estructuras**, previo a la obtención del título de **Ingeniero Civil** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, **07 de febrero del 2024**



f. \_\_\_\_\_  
Nombre: **Montero Beltrán, Ian Harold**  
C.C: 0924232358



## REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

### FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TEMA Y SUBTEMA:	Análisis y Optimización de las Capacidades de Carga de Cerchas en el Software SAP 2000 en el Diseño de Estructuras.		
AUTOR(ES)	Montero Beltrán, Ian Harold		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	Ing. Martínez Rehpani, Colón Gilberto M.Sc.		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Facultad de Ingeniería		
CARRERA:	Ingeniería Civil		
TÍTULO OBTENIDO:	Ingeniero Civil		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	07 de febrero del 2024	No. DE PÁGINAS:	45
ÁREAS TEMÁTICAS:	Estructuras		
PALABRAS CLAVES/:	Carga, Pendiente, Prediseño, Peralte, Deflexión y Cercha.		
RESUMEN:	<p><i>Mi trabajo de título se enfoca en comprender el comportamiento de cerchas con pendientes variables, con valores del 7%, 10%, 15% y 20%, así como con anchos de carga variados entre 4 metros y 8 metros. El objetivo principal de este trabajo es proporcionar información esencial para el pre diseño de estructuras, permitiendo a los ingenieros tomar decisiones fundamentadas. La investigación busca determinar la influencia de la pendiente y el ancho de carga en el rendimiento estructural de las cerchas. Se evaluará la posibilidad de elegir entre aumentar el peralte de la cercha o cambiar a un perfil de mayores dimensiones, con el fin de optimizar la eficiencia estructural y garantizar la seguridad en el diseño. Los resultados de este estudio contribuirán al desarrollo de criterios y herramientas que faciliten la toma de decisiones en el diseño de estructuras de cerchas, considerando la variabilidad de la pendiente y el ancho de carga</i></p>		
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593-99 169 0125	E-mail: alanespinel@hotmail.com	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN(COORDINADOR DEL PROCESO UTE):	Nombre: Glas Cevallos, Clara Catalina		
	Teléfono: +593-4-2206956		
	E-mail: clara.glas@cu.ucsg.edu.ec		
<b>Sección Para Uso De Biblioteca</b>			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			