

**Diseño simplificado  
entrepisos del sistema  
de construcción**

**Habicón, utilizando  
secciones a flexión y secciones  
compuestas.**



# Abstract

This project provides a tool for designing simplified mezzanines for Habicón building system, patented in the Research for Centro de Investigación en Vivienda y Construcción CIVCO, from Instituto Tecnológico de Costa Rica ITCR, based on the LRFD design methodology wooden elements and elements cold rolled steel. Profiles are based on structural square tubes and rectangular sections Radiata pine present in the Costa Rican market.

We worked with the AISI 2007 and seismic code CRCS2010 Costa Rica 2010, which is the latest at the time of the investigation.

The design aids and spreadsheets were performed in MS-Excel, as it is a useful tool for the development of complicated procedures and numerous equations that arise when using sections of cold rolled steel and wood. Tables and figures are obtained for optimal sections, which displays data of resistance and shear bending stresses and deflections compliance permissible. This project does not cover aspects such as failure analysis of structural members that support the floor structures such as pillars, columns and shear walls.

However, according to the literature, you must be careful with the use of sections of cold-rolled steel, as they are classified as fragile structures.

Keywords: Wood, Habicón, cold rolled profile, structural tube, profile C, effective properties, LRFD.

# Resumen

El presente proyecto proporciona una herramienta para el diseño simplificado de entresijos para el sistema constructivo Habicón, patentado en el Centro de Investigación en Vivienda y Construcción CIVCO, del Instituto Tecnológico de Costa Rica ITCR, basado en la metodología de diseño LRFD elementos de madera y elementos de acero laminado en frío. Se basa en perfiles tubos estructurales cuadrados, así como en secciones rectangulares de Pino Radiata presentes en el mercado costarricense.

Se trabajó con la norma AISI 2007 y el código sísmico de Costa Rica 2010 CRCS2010, el cual es el más reciente al momento de realizar la investigación.

Las ayudas de diseño y las hojas de cálculo se realizaron en MS-Excel, ya que es una herramienta útil para el desarrollo de complicados procedimientos y numerosas ecuaciones que surgen al utilizar secciones de acero laminado en frío y madera. Se obtienen tablas y figuras para las secciones óptimas, donde se exponen datos de resistencia a los esfuerzos de flexión y cortante, así como el cumplimiento de deflexiones permisibles.

En este proyecto no se cubren aspectos como el análisis de la falla de los miembros estructurales que sostienen los entresijos tales como pilares, columnas y muros de corte.

Ahora bien, según la literatura consultada, se debe tener precauciones con el uso de secciones de acero laminado en frío, ya que son estructuras clasificadas como frágiles.

Palabras clave: Madera, Habicón, perfil laminado en frío, tubo estructural, perfil C, propiedades efectivas, LRFD.

# **Diseño simplificado entrepisos del sistema de construcción Habicón, utilizando secciones a flexión y secciones compuestas.**

CARLOS MONGE GALDAMEZ

Proyecto final de graduación para optar por el grado de  
Licenciatura en Ingeniería en Construcción

Setiembre 2012

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA  
ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN

# Contenido

PREFACIO.....	2
RESUMEN EJECUTIVO.....	3
INTRODUCCIÓN.....	4
OBJETIVOS.....	5
ALCANCES.....	6
LIMITACIONES.....	7
METODOLOGÍA.....	8
MARCO TEÓRICO.....	9
RESULTADOS.....	23
ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	74
CONCLUSIONES.....	83
RECOMENDACIONES.....	84
APÉNDICES.....	85
ANEXOS.....	86
REFERENCIAS.....	87

# Prefacio

En Costa Rica, el uso de la madera en construcción se ha visto muy limitado, principalmente ha sido empleada para la confección de formaleta y puntales, además de las maderas finas en artesonados, cuando en realidad esta posee una serie de características estructurales que han sido comprobadas desde la antigüedad, estas permiten que pueda ser utilizada para la construcción de viviendas, oficinas, escuelas y demás estructuras habitables que cumplan con las necesidades de seguridad, comodidad, habitabilidad e higiene que permitan el desarrollo cotidiano de la vida de sus habitantes.

Así pues este es uno de los objetivos principales del sistema constructivo Habicon, que intenta integrar el uso de madera, acero, concreto, en una solución de vivienda de precio accesible y conforme a la normativa estructural vigentesino con uno de los sistemas constructivos de menos impacto ambiental y de menos demanda de energía.

Este trabajo pretende hacer que sea fácil y práctica, la selección de los elementos estructurales de entrepiso, en función de ciertos parámetros de diseño.

Se agradece a Dios, a mis padrespor su apoyo, a mis maestros de los cuales de todos obtuve alguna enseñanza, pero en especial a Elías Rosales y Adrián Chaverri, mis modelos a seguir como ingeniero, también a Rolando Fournier, Sonia Vargas, Gustavo Rojas y Marta Vílchez, mis amigos que no me abandonaron en los momentos más difíciles.

# Resumen ejecutivo

Con este trabajo, se desarrolló una herramienta para la selección de elementos de madera o tubos estructurales de acero, de uso más frecuente en el país, que cumplan con las disposiciones de la norma AISI y del código sísmico de Costa Rica 2010.

Este trabajo se centró en el uso de madera de Pino Radiata, en las alternativas que usan estructura de madera, que se ha utilizado típicamente con el sistema constructivo Habicon, pues es fácilmente adquirible, y ya viene tratada para humedad, hongos, plagas.

En cuanto a los perfiles de acero, estos son ampliamente usados, debido a su capacidad de soportar estructuras, a su fabricación masiva, facilidad de manejo, su poco peso, así como a la facilidad con que se consiguen en el mercado.

Se espera que la investigación dé a la Escuela de Ingeniería en Construcción una herramienta útil para el uso de estudiantes y profesores, en razón de que el tema estudiado no es parte del currículum de la carrera y sobretodo en la implementación en el diseño simplificado de viviendas construidas con el sistema constructivo Habicon, viene a satisfacer la necesidad de simplificar aún más su implementación como sistema constructivo.

Para este proyecto se inició con la compilación de tablas con las características mecánicas de los materiales que se planea implementar en la simplificación, tanto de la madera, como de los perfiles cuadrados y perfiles RT en acero, seguidamente se estableció una luz máxima permisible de viga de entrepiso.

Ahora bien, se estimó requerimientos de carga temporal que requiere ser soportada por el entrepiso, según lo establecido en el código sísmico de Costa Rica 2010 para casas de habitación, aulas y oficinas.

Se estableció una sobrecarga de carga permanente, pensando en distintos requerimientos de acabados a gusto del contratista.

Con esto se determinó una carga última de diseño que llegaría primeramente a las viguetas y luego a las vigas perimetrales que llevan la carga a los pilares, muros o columnas.

Se graficaron las capacidades máximas de las secciones transversales en función de su peralte "d" en caso de la madera, y de su espesor "t" en el caso del acero, del módulo de sección "s" para los perfiles RT, para así poder entrar al gráfico con una carga última de diseño, encontrar una luz del entrepiso y encontrar un peralte o un espesor necesario para soportar la carga requerida.

Después de esto se procedió a hacer algunos modelos estructurales para conocer el comportamiento teórico del entrepiso ante las cargas, así como comprobar sus deformaciones, sus esfuerzos de flexión y esfuerzos cortantes, para volverlos a comparar con las capacidades de los materiales.

El trabajo produjo una serie de tablas y gráficas de secciones transversales según la luz de las vigas y sus requerimientos de carga, que hacen que sea fácil su selección.

# Introducción

En los países desarrollados con tradición forestal, la madera, manejada técnicamente en todas sus etapas, es considerada un material básico en la industria de la construcción, especialmente en proyectos de vivienda.

En contraposición, en los países en vías de desarrollo, los avances tecnológicos logrados alrededor del acero, el concreto y los plásticos, y el poco conocimiento que tienen nuestros arquitectos e ingenieros sobre las propiedades, técnicas de cultivo y procesamiento de la madera, son factores que han contribuido a que la madera termine considerándose como un material apto solamente para construcciones rústicas o temporales de poco valor, o limitada a pequeños adornos en las casas y a fabricar muebles.

Habicon es un sistema de construcción prefabricado integral, diseñado por el Centro de Investigación en Vivienda y Construcción CIVCO bajo los conceptos de la coordinación modular abierta, concebido para el ensamble de viviendas y edificaciones livianas de una a cuatro plantas, que sean funcionales, estéticas y de bajo costo. Habicon consiste en una serie de elementos y componentes constructivos prefabricados, compatibles gracias a la congruencia modular entre ellos, que llegan a conformar, ya integrados, un cascarón tridimensional en el que el desempeño estructural combinado de sus componentes es más eficiente que si éstos lo hicieran en forma independiente o simplemente articulada. Se basa en un esqueleto estructural consistente en vigas y columnas de madera preservada para edificaciones de una y dos plantas y de perfiles delgados de hierro para edificios de hasta cuatro niveles, Conectores universales metálicos para el ensamble de las piezas de madera. En caso de utilizarse perfiles de acero, se utiliza soldadura de arco en las uniones. Su cerramiento de paredes, piso, entrepiso y tapicheles a base de paneles de microconcreto reforzado de 3,35 cm de espesor, juntas húmedas entre paneles de piso y

de pared de micro concreto reforzado, hacen una losa o un paño monolítico.

A pesar de algunas investigaciones y diseños específicos que se han realizado en lo referente a entrepisos tipo Habicon todavía hace falta el desarrollo de diferentes estándares y ayudas de diseño para la simplificación del manejo por parte de ingenieros y de arquitectos, de este sistema constructivo, y en el caso específico de este estudio, en lo referente a entrepisos. Actualmente se está utilizando un módulo básico que es un rectángulo sobre micro pilotes en cada vértice, con dimensiones de 1.80 m x 1.5 m dentro del cual, el panel Habicon para entrepiso funciona como una losa en una dirección.

Este proyecto pretende simplificar la selección de los elementos estructurales de entrepisos.

# Objetivos

## Objetivo General

- Establecer una simplificación en la selección de elementos estructurales de entrepiso en el sistema de construcción HABICON para edificaciones de uno y dos pisos.

## Objetivos Específicos

1. Definir una herramienta de ayuda para el sistema de construcción HABICON, que simplifique la selección de los miembros estructurales de entrepiso.
2. Comparar la capacidad de carga de un entrepiso diseñado por secciones compuestas contra uno diseñado con los materiales trabajando a flexión.
3. Hacer el análisis estructural pertinente para la simplificación de los elementos estructurales de entrepiso.
4. Proponer gráficos y tablas con los resultados obtenidos
5. Hacer recomendaciones de dimensionamiento de elementos estructurales de vigas de entrepiso utilizando la herramienta desarrollada.

# Alcances

- Este estudio es completamente teórico, no se hicieron pruebas de laboratorio para corroborar los datos obtenidos.
- El análisis se hizo para madera de Pino Radiata en estado seco, con base de 7.50 cm.
- El análisis se hizo para tubo cuadrado de 7.2 cm de lado.
- El presente trabajo incluye el diseño con materiales trabajando por separado y secciones compuestas.
- La metodología de diseño simplificado está orientada a entresijos de primer y segundo nivel, con cargas temporales entre 200 kg/m<sup>2</sup> y 400 kg/m<sup>2</sup>.

# Limitaciones

- Al ser un análisis es teórico, hay que hacer pruebas de laboratorio para comprobar los resultados obtenidos.
- Este estudio al centrarse en análisis estructural teórico deja de lado el proceso constructivo del sistema.
- Se utilizaron las características mecánicas de los materiales reportadas por los fabricantes o utilizados típicamente en la teoría.
- No se hace análisis del panel de micro concreto, se considera que este tiene la capacidad necesaria para resistir y transmitir las cargas propuestas.
- El presente estudio no contempla el diseño de conectores de cortante entre los paneles Habicón y la viga de soporte, se asume que estos tienen la suficiente capacidad para la interacción panel – viga.
- Se asume que los conectores viga – viga tiene la capacidad de transmitir los esfuerzos asociados a las cargas de diseño.

# Metodología

Para la elaboración del presente proyecto se utilizó la siguiente metodología:

1. Estudio del marco teórico del sistema constructivo Habicón.
2. Analizar la información recopilada.
3. Definir las condiciones de carga, temporal, permanente.
4. Definir el tipo de elemento estructural que es el módulo básico del sistema para su respectivo análisis.
5. Establecer las combinaciones de cargas del CSCR-2010 a necesarias para el caso de entrepisos.
6. Modelaje estructural de vigas típicas de las losas en una dirección.
7. Proponer secciones transversales de los elementos estructurales entrepiso.
8. Proponer al menos 5 entrepisos con diferentes dimensiones y materiales a la típica del elemento básico del sistema de construcción.
9. Modelación estructural, según la normativa existente en el software ETABS, o similares, en sus versiones educativas, de los modelos propuestos.
10. Se harán revisiones y rediseños de los componentes estructurales comparándolos con la normativa existente en cuanto a madera y acero de los datos obtenidos de los modelos estructurales.
11. Se tabularán los resultados para facilitar comprensión y uso.

# Marco Teórico

El sistema de construcción Habicón es modular y utiliza madera, acero y paneles de micro concreto reforzado prefabricado. El sistema de cimentación consta de pilares de concreto o mampostería de 20x20 cm, las cuales se empotran en el suelo 80 cm en promedio.

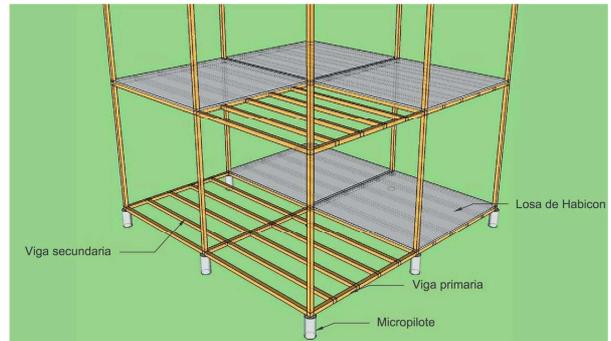
El piso de la vivienda se construye separado 45cm en promedio del nivel del suelo apoyado sobre los pilares de cimentación.

El entrepiso consta de viguetas de madera o acero a cada 60 cm, entre las cuales se coloca el panel prefabricado Habicón para luego colar una losa sobre el sistema de viguetas-panel y así conformar un sistema monolítico de entrepiso.

El sistema de paredes se une entre sí por vigas corona de madera que se sujetan a los paneles con conectores tipo grapa y a otras vigas y columnas con conectores de acero galvanizado sujetos con clavos de acero. En caso de tratarse de acero se usa soldadura normal.



**Figura 1.** Sistema de viguetas de Entrepiso o piso de la solución con estructura de madera.



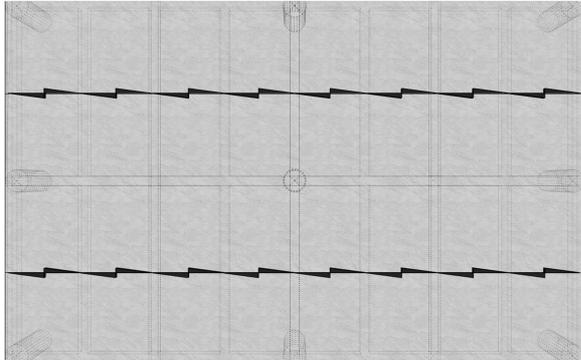
**Figura 2.** Modulación de un palo típico del sistema de construcción Habicón

Este estudio se realizará para cargas temporales de 200 Kg/m<sup>2</sup>, para casas de habitación, 250 Kg/m<sup>2</sup> para oficinas y aulas y 300 Kg/m<sup>2</sup> para voladizos y balcones en vía pública según la tabla 6.1 del Código Sísmico de Costa Rica 2010.

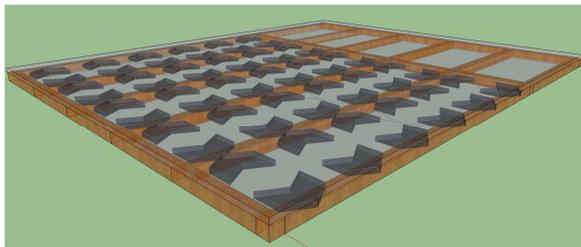
## Análisis de distribución de cargas en el entrepiso.

El análisis de cargas para entrepisos se ve centrado en el diseño por flexión y por cortante, así pues es importante obtener los diagramas de momento factor y esfuerzo cortante necesario. La distribución de las cargas de área en las viguetas se realiza en losas de una dirección, cargando sobre vigas secundarias, que se apoyan en vigas primarias, y estas a su vez se

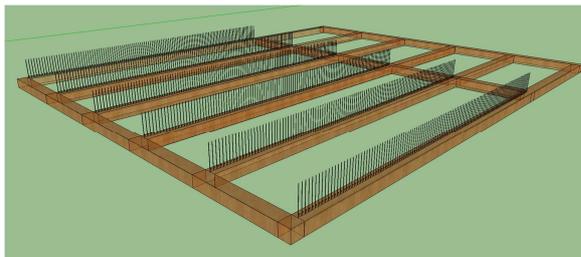
apoyan en los pilares en caso de ser un entrepiso de primer piso, o en columnas y muros de corte en caso de ser un entrepiso de segundo nivel en adelante, tal como se muestra en las figuras 3, 4, 5 y 6.



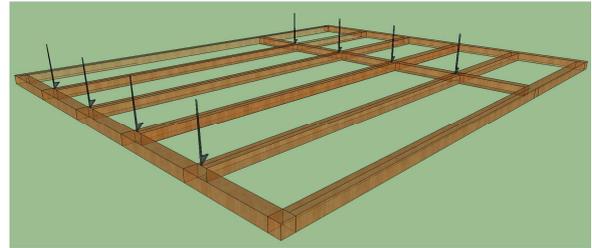
**Figura 3.** Sistema de viguetas de Entrepiso o piso cargando en una dirección.



**Figura 4.** Sistema de viguetas de Entrepiso o piso cargando en una dirección.



**Figura 5.** Sistema de viguetas de Entrepiso o piso cargando en una dirección.

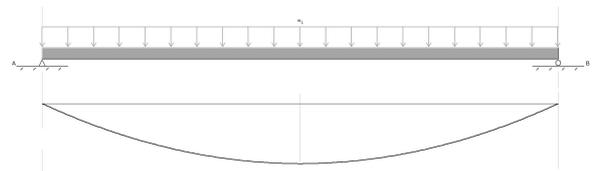


**Figura 6.** Sistema de viguetas de Entrepiso o piso cargando en una dirección.

Al cargar la losa traspasan la carga en las vigas secundarias estas a su vez a las vigas primarias que se apoyan sobre los muros, columnas o micro pilotes llevando la carga al suelo. Estas cargas generan una serie de diagramas de esfuerzos en las vigas según la posición y distribución de las cargas como se resumen en los siguientes diagramas.

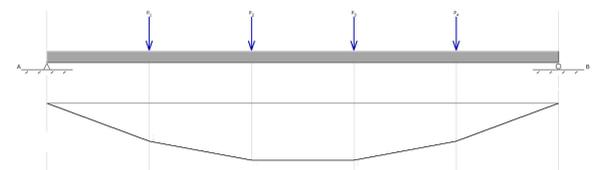
## Esfuerzos de flexión.

Los diagramas de momento flector para las vigas que cargan los paneles de micro concreto serán de esta forma:



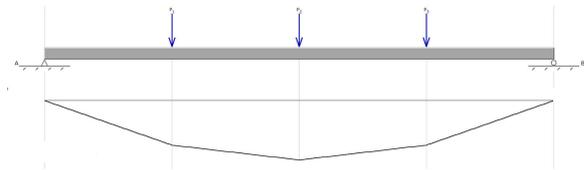
**Figura 7.** Diagrama de momento flector para viga con carga distribuida.

Los diagramas de momento flector para las vigas primarias que recibirán la carga de las viguetas de forma de cargas puntuales, analizándolo en su longitud para tres viguetas, es decir 3.00m, serán de la siguiente forma:



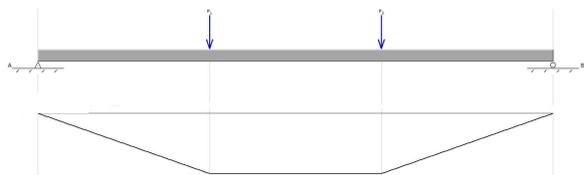
**Figura 8.** Diagrama de momento flector para viga con cuatro cargas puntuales.

Los diagramas de momento flector para las vigas perimetrales que recibirán la carga de las viguetas de forma de cargas puntuales, analizándolo en su longitud para tres viguetas, es decir 2.40 m, serán de la siguiente forma:



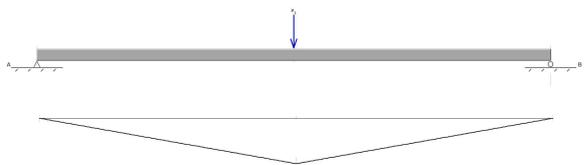
**Figura 9.** Diagrama de momento flector para viga con tres cargas puntuales.

Los diagramas de momento flector para las vigas primarias que recibirán la carga de las viguetas de forma de cargas puntuales, analizándolo en su longitud para dos viguetas, es decir 1.80 m, serán de la siguiente forma:



**Figura 10.** Diagrama de momento flector para viga con dos cargas puntuales.

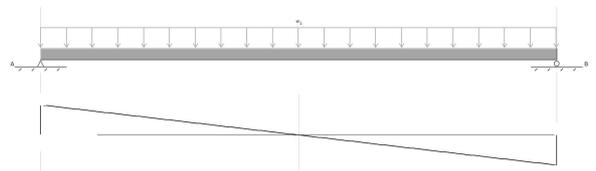
Los diagramas de momento flector para las vigas primarias que recibirán la carga de las viguetas de forma de cargas puntuales, analizándolo en su longitud para dos viguetas, es decir 1.20 m, serán de la siguiente forma:



**Figura 11.** Diagrama de momento flector para viga con dos cargas puntuales.

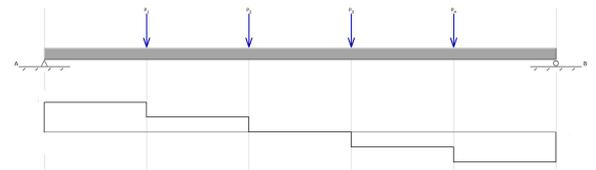
## Esfuerzos cortantes.

Los diagramas de cortante para las vigas que cargan los paneles de micro concreto serán de esta forma:



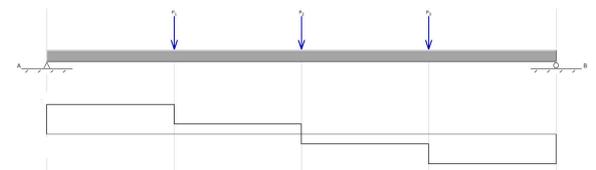
**Figura 12.** Diagrama de cortante para viga con carga distribuida.

Los diagramas de cortante para las vigas primarias que recibirán la carga de las viguetas de forma de cargas puntuales, analizándolo en su longitud para tres viguetas, es decir 3.00 m, serán de la siguiente forma:



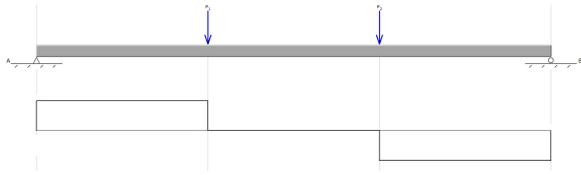
**Figura 13.** Diagrama de cortante para viga con cuatro cargas puntuales.

Los diagramas de cortante para las vigas primarias que recibirán la carga de las viguetas de forma de cargas puntuales, analizándolo en su longitud para tres viguetas, es decir 2.40 m, serán de la siguiente forma:



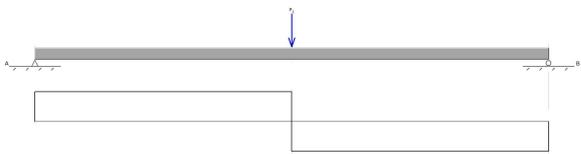
**Figura 14.** Diagrama de cortante para viga con tres cargas puntuales.

Los diagramas de cortante para las vigas primarias que recibirán la carga de las viguetas de forma de cargas puntuales, analizándolo en su longitud para dos viguetas, es decir 1.80 m, serán de la siguiente forma:



**Figura 15.** Diagrama de cortante para viga con dos cargas puntuales.

Los diagramas de cortante para las vigas primarias que recibirán la carga de las viguetas de forma de cargas puntuales, analizándolo en su longitud para dos viguetas, es decir 1.20 m, serán de la siguiente forma:



**Figura 16.** Diagrama de cortante para viga con una carga puntual.

# Diseño con madera

El diseño de elementos o sistemas estructurales construidos con madera debe hacerse por el método de factores de carga y resistencia. Se deben satisfacer los requisitos estipulados para diseño de estructuras de madera de la ANSI / AF & PA – National Design Specification for Wood Construction ASD / LRFD, para este trabajo se utilizará únicamente la metodología LRFD y el código sísmico de Costa Rica 2010 CSCR2010.

Se satisfecerá la siguiente desigualdad:

$$R_u \leq \lambda \phi_n R'_n$$

Dónde:

$R_u$ : Carga última según la ecuación [6.2] del artículo 6.2 del CSCR2010.

$\lambda$ : Factor de duración de la carga para diseño LRFD de maderas.

$\phi_n$ : Factor de resistencia de acuerdo con de la metodología de diseño.

$R'_n$ : Resistencia nominal ajustada.

Los factores de reducción para los materiales vienen dados por los siguientes cuadros.

<b>Cuadro 2. Factor de resistencia <math>\phi_n</math></b>	
Propiedad	factor de resistencia
Flexión	0.85
Compresión paralela y perpendicular	0.90
Cortante y tracción radial	0.75
Tracción	0.80
Estabilidad	0.85
Conexiones	0.65

<b>Cuadro 3. Factores de duración de la carga para diseño LRFD de maderas (<math>\lambda</math>).</b>		
Combinación	$\lambda$	
1	0.6	
2	0.8	
2	0.7	Si CT es de almacenamiento
3	1	
4	1	

En el caso de Habicon típicamente se ha utilizado pino Radiata, el cual ya se encuentra tratado contra plagas y pudrición. Sus propiedades mecánicas y estructurales, ya están tipificadas por el vendedor, así como sus tamaños nominales y reales de sección, los cuales se pueden conseguir en el mercado costarricense. Esta madera viene lista para su uso.

## Diseño por Flexión

Las vigas de madera son diseñadas con las fórmulas convencionales para elementos sujetos a flexión bajo el supuesto de que las secciones planas permanecen planas, por efecto del momento flector aplicado. La resistencia exigida a un elemento estructural está basada en la carga total que actúe sobre la estructura, en un momento crítico de su vida útil.

Esfuerzo de diseño para flexión es:

$$F_b' = F_b * \phi_b * \lambda * C_{CH} * C_t * C_L * C_F * C_{fu} * C_i * C_r$$

Dónde:

$F_b$ : Esfuerzo básico de flexión.

$F_b'$ : Esfuerzo básico de flexión corregido.

$C_r$ : Ajuste por sistemas repetitivos= 1,0

$C_{fu}$ : Ajuste por factor de uso del lado ancho= 1 para Habicon

$C_F$ : Ajuste por dimensión de la sección= 1 para Habicon

$C_L$ : Ajuste por esbeltez de la sección, El art. 3.3.3.1 del NDS indica que: si  $d \leq b$ , no se requiere soporte lateral y  $C_L = 1,0$

$C_t$ : Ajuste por temperatura= 1,0

$C_{CH}$ : Ajuste por Humedad=0.86

$C_i$ : Ajuste por Incisiones=1,0

Se debe satisfacer la inequación según LRFD

$$\begin{aligned} M_u &\leq M_n \\ M_u &\leq F_b' b n * S \end{aligned}$$

## Deflexiones

Se llama deflexión a la deformación que acompaña a la flexión de una viga, vigueta o entablado. Esta se presenta en algún grado en todas las vigas, Se debe cuidar que no exceda ciertos límites establecidos. Es importante entender que una viga puede ser adecuada para soportar la carga impuesta sin exceder el esfuerzo flexionante admisible, pero al mismo tiempo la curvatura puede ser tan grande que aparezcan grietas en los cielos rasos suspendidos revestidos, que acumule agua en las depresiones de las azoteas, dificulte la colocación de paneles prefabricados, puertas o ventanas, o

bien impida el buen funcionamiento de estos elementos. Los criterios de deformación están dados en el cuadro 4.

**Cuadro 4. Límites recomendados para deflexiones según Juan Tuck.**

Uso	Aplicación de CT	Aplicación de (CP+CT)
Vigas de piso	L/360	L/240

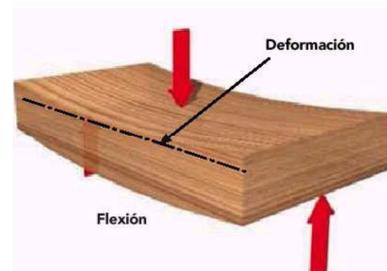


Figura 17. Esquema de flexión en una viga

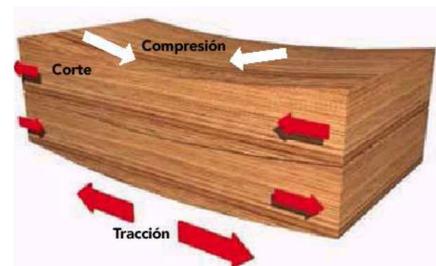


Figura 18. Esquema de esfuerzos en flexión de una viga.

## Diseño por cortante

En la madera, la resistencia al cortante paralelo a las fibras es mucho menor que la resistencia al cortante perpendicular a la fibra.

El esfuerzo cortante origina tensiones tangenciales que actúan sobre las fibras de la madera según diversos modos, puede producir:

- Tensiones tangenciales de cortadura: las fibras son cortadas transversalmente por el

esfuerzo. El fallo se produce por aplastamiento.

- b) Tensiones tangenciales de deslizamiento: el fallo se produce por el deslizamiento de unas fibras con respecto a otras en la dirección longitudinal.
- c) Tensiones tangenciales de rodadura: el fallo se produce por rodadura de unas fibras sobre las otras.

Esfuerzo de diseño para Cortante es:

$$F_{vn} \leq F_{vn} * \Phi_v * \lambda * C_{CH} * C_t * C_i$$

Donde:

- $F_{vn}$ : Esfuerzo básico de cortante.
- $F_{vn}'$ : Esfuerzo básico de cortante corregido.
- $C_t$ : Ajuste por temperatura =1,0
- $C_{CH}$ : Ajuste por Humedad =1,0
- $C_i$ : Ajuste por Incisiones=1,0

Que debe satisfacer la inecuación según LRFD

$$Vu \leq \frac{2}{3} F_{vn}' * A$$

Donde:

- A: Área transversal de la viga
- Vu: Cortante ultimo.

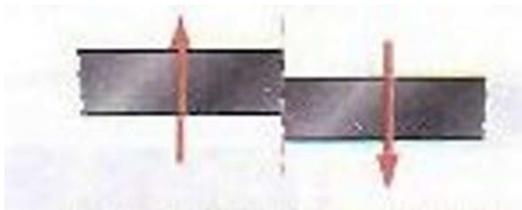


Figura 19. Esquema de esfuerzos en cortante de una viga.

## Secciones unidas.

Dado que para la madera solo se consiguen piezas de las siguientes dimensiones:

Cuadro 5. Dimensiones disponibles con Pino Radiata	
Base (cm)	Altura (cm)
7.50	1.25
7.50	2.50
7.50	3.75
7.50	5.00
7.50	6.25
7.50	7.50

Se deberán hacer piezas empalmadas en dado caso que los requerimientos de carga no sean lo suficientes para una pieza de 7.50cm x 7.50cm, para lo cual se utilizarán pernos.

Para obtener secciones compuestas de las siguientes dimensiones:

Cuadro 6. Dimensiones compuestas con Pino Radiata	
Base (cm)	Altura (cm)
7.50	8.75
7.50	10.00
7.50	11.75
7.50	12.50
7.50	13.75
7.50	15.00

Se puede apreciar que los cortantes máximos se encuentran en los extremos de las vigas, por lo tanto se pueden unir las piezas con clavos



Figura 19. Ensamble de madera para vigas de mayor sección transversal.

Para la estimación de la capacidad de las uniones se puede:

- a) Usar tablas de capacidades
- b) Utilizar factores de ajuste de esfuerzo
- c) Utilizar fórmulas propuestas en códigos y reglamentos ( NDS )

El valor de diseño de referencia para un perno en una sola conexión de cizallamiento entre dos miembros es el menor valor obtenido a partir de las ecuaciones, según el capítulo 11 del NDS.

$$\text{Modo } I_m \text{ (NDS 11.3-1)} \quad Z = \frac{D L_m F_{em}}{4 K_\theta}$$

$$\text{Modo } I_s \text{ (NDS 11.3-2)} \quad Z = \frac{D L_s F_{es}}{4 K_\theta}$$

$$\text{Modo II (NDS 11.3-3)} \quad Z = \frac{k_1 D L_s F_{es}}{3.6 K_\theta}$$

$$\text{Modo III}_m \text{ (NDS 11.3-4)} \quad Z = \frac{k_2 D L_m F_{em}}{3.2(1+2R_e)K_\theta}$$

$$\text{Modo III}_s \text{ (NDS 11.3-5)} \quad Z = \frac{k_3 D L_s F_{em}}{3.2(2+R_e)K_\theta}$$

$$\text{Modo IV (NDS 11.3-6)} \quad Z = \frac{D^2}{3.2 K_\theta} \sqrt{\frac{2 F_{em} F_{yb}}{3(1+R_e)}}$$

Dónde:

D: Diámetro del perno (in)

$F_{yb}$ : Resistencia a la fluencia de flexión del perno, (psi)

$R_d$ : Factor de reducción.

$R_e$ :  $F_{cm}/F_{es}$

$R_t$ :  $I_m/I_s$

$L_m$ : Espesor grueso (in)

$L_s$ : Espesor delgado (in)

$F_{em}$ : Resistencia principal del perno (Tabla 11.3.2 NDS)

$F_{es}$ : Resistencia lateral de perno (Tabla 11.3.2 NDS)

Los principales factores que afectan la resistencia de las uniones con clavos son:

- Cantidad, dimensiones y tipo del clavo.
- Especie de la Madera.
- Penetración del clavo.
- Tipo de conexión (lateral o de extracción)
- Dirección de clavado (perpendicular o paralela a las fibras, clavado oblicuo)

- Contenido de humedad (en fabricación y en servicio)
- Duración de la carga
- Espaciamiento de los clavos

## Diseño con Acero

Se tendrán dos casos

### Sección tipo "C"

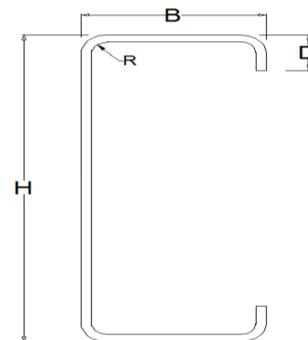


Figura 20. Sección tipo "C"

En este caso el perfil "C" se colocará rotado 90°, recostado sobre su lado cerrado en forma de "U" como se muestra en la figura 21.

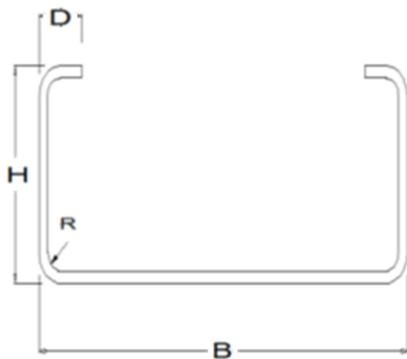


Figura 21. Sección C rotada 90°

## Diseño por Flexión

Para el diseño por flexión se debe cumplir con la inequación:

$$M_u \leq \phi M_n$$

El factor de reducción de resistencia  $\phi$ (LRFD) es 0.90

El Momento nominal en una viga con la sección continuamente arriostrada.

El momento nominal viene dado por la ecuación C3.1.1-1 del AISI, es:

$$M_n = S_e F_y$$

Dónde:

$S_e$ =módulo elástico efectivo de la sección calculada a  $F_y$  en la fibra extrema de compresión

$F_y$ =esfuerzo de fluencia del acero virgen

## Para vigas con posibilidad de pandeo lateral:

Viene dado por la ecuación C3.1.2.1-2 del AISI:

$$M_n = S_c F_c$$

Dónde:

$S_c$ =módulo elástico efectivo de la sección calculada a  $F_c$  con respecto a la fibra extrema de compresión

$F_c$ =determinado por el siguiente procedimiento:

Para  $F_e \geq 2.78 F_y$ :

El miembro no está sujeto al pandeo lateral-torsional, la capacidad de momento nominal será calculada por el procedimiento anterior  $M_n = S_e F_y$

Para  $2.78 F_y > F_e > 0.56 F_y$ :

$$F_c = \frac{10}{9} F_y \left( 1 - \frac{10 F_y}{36 F_e} \right)$$

Para  $F_e \leq 0.56 F_y$ :

$$F_c = F_y$$

Donde

$F_e$ = esfuerzo crítico al pandeo lateral torsional calculado según la siguiente fórmula:

$$F_e = \frac{C_b r_o A}{S_f} \sqrt{\sigma_{ey} \sigma_t}$$

Dónde:

$$C_b = \frac{12.5 M_{\max}}{2.5 M_{\max} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C}$$

$M_{\max}$ = valor absoluto del momento máximo en el tramo no arriostrado

$M_A$ =valor absoluto del momento a un  $\frac{1}{4}$  del tramo no arriostrado

$M_B$ = valor absoluto del momento a un  $\frac{1}{2}$  del tramo no arriostrado

$M_C$ = valor absoluto del momento a un  $\frac{3}{4}$  del tramo no arriostrado

$C_b$ = se puede tomar igual a 1, siendo conservadores

$r_o$ = Radio polar del giro de la sección total alrededor del centro de cortante

$$r_o = \sqrt{r_x^2 + r_y^2 + x_o^2}$$

$r_x, r_y$ =radio del giro alrededor de los ejes principales

$x_o$ =distancia del centro de cortante al centroide de la sección

$A$ =área de la sección no reducida

$S_f$ =módulo elástico de la sección no reducida

$$\sigma_{ey} = \frac{\pi^2 E}{(K_y L_y / r_y)^2}$$

Donde

E=módulo de elasticidad.

Ky=coeficiente de la longitud de pandeo para la flexión alrededor del eje y

Ly= longitud no arriostrada del miembro alrededor del eje y

$$\sigma_t = \frac{1}{Ar_o^2} \left[ GJ + \frac{\pi^2 EC_w}{(K_t L_t)^2} \right]$$

Donde

G=módulo de cortante.

J=constante de la torsión de Saint-Venant

Kt=coeficiente de la longitud de pandeo a la torsión

Lt= longitud no arriostrada del miembro para la torsión

Cw=constante de alabeo de la sección

Adicionalmente si la longitud no arriostrada del elemento es menor al Lu, entonces la viga no estará sometida al pandeo lateral- torsional, con lo cual se calcula el momento, como si fuera una viga continuamente arriostrada. Donde Lu es igual a:

$$L_u = \left\{ \frac{GJ}{2C_1} + \left[ \frac{C_2}{C_1} + \left( \frac{GJ}{2C_1} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \right\}^{\frac{1}{2}}$$

Donde

$$C_1 = \frac{7.72}{AE} \left[ \frac{K_y F_y S_f}{C_b \pi r_y} \right]^2$$

$$C_2 = \frac{\pi EC_w}{(K_t)^2}$$

## Diseño por cortante

La capacidad al cortante nominal al cortante de los miembros viene dado en la sección 3.2.1 del AISI, donde:

$$V_n = A_w F_v$$

$$\Phi_v = 0.90$$

## Tubería estructural cuadrado de 72mm

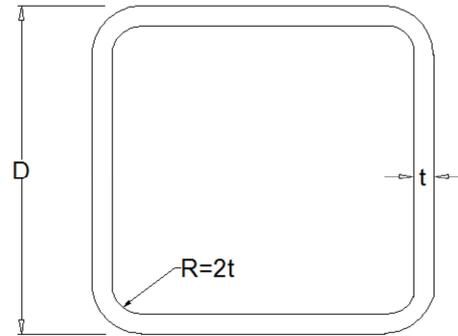


Figura 22. Sección de tubo estructural de 72mm

## Diseño por Flexión

El factor de reducción de resistencia  $\phi$ (LRFD) es 0.95. El momento último viene dado por:

$$M_u \leq \Phi M_n$$

Si la longitud no arriostrada del miembro es menor o igual que Lu, entonces la capacidad nominal de momento viene dada por la ecuación C3.1.1-1 del AISI, así:

$$M_n = S_e F_y$$

Donde:

Se=módulo elástico efectivo de la sección calculada a  $F_y$  en la fibra extrema de compresión  
 $F_y$ =esfuerzo de fluencia del acero virgen  
 Lu, se calcula con la siguiente ecuación:

$$L_u = \frac{0.36 C_b \pi}{F_y S_f} \sqrt{EGJ}$$

Si por el contrario, la longitud no arriostrada es mayor a Lu, entonces viene dada por la ecuación C3.1.2.1-2 del AISI:

$$M_n = S_c F_c$$

Donde:

$S_c$ =módulo elástico efectivo de la sección calculada a  $F_c$  con respecto a la fibra extrema de compresión

$F_c$ =determinado por el siguiente procedimiento:

Para  $2.78 F_e \geq F_y$ :

El miembro no está sujeto al pandeo lateral-torsional, la capacidad de momento nominal será calculada por el procedimiento anterior:  $M_n = S_c F_c$

Para  $2.78 F_y > F_e > 0.56 F_y$ :

$$F_c = \frac{10}{9} F_y \left( 1 - \frac{10 F_y}{36 F_e} \right)$$

Para  $F_e \leq 0.56 F_y$ :

$$F_c = F_e$$

Donde  $F_e$ , es el esfuerzo crítico de pandeo lateral-torsional:

$$F_e = \frac{C_b \pi}{K_y L_y S_f} \sqrt{E G J_y}$$

Donde:

$J$ =Constante Torsional de sección tipo caja.

$I_y$ =momento de inercia con respecto al eje "y" de la sección sin reducir.

## Diseño por cortante

La capacidad al cortante nominal al cortante de los miembros viene dado en la sección 3.2.1 del AISI, donde:

$$V_n = A_w F_v$$
$$\Phi_v = 0.90$$

Para  $F_v$ , tenemos los siguientes casos:

**Caso 1.** Para  $h/t \leq \sqrt{E K_v / F_y}$   
 $F_v = 0.6 F_y$

**Caso 2.** Para  $\sqrt{E K_v F_y} < h/t \leq 1.51 \sqrt{E K_v / F_y}$

$$F_v = \frac{0.60 \sqrt{E K_v F_y}}{(h/t)}$$

**Caso 3.** Para  $h/t \geq 1.51 \sqrt{E K_v / F_y}$

$$F_v = \frac{0.904 E K_v}{(h/t)^2}$$

Donde:

$V_n$ =resistencia nominal al cortante

$k_v=5.34$ , para almas sin refuerzo

$E$ = módulo de elasticidad del acero

$A_w$ =área del alma del elemento = $ht$

$F_v$ =esfuerzo nominal resistente al cortante.

# Método de la sección transformada

Es un método para analizar esfuerzos de flexión en una viga compuesta de varios materiales, el más común es el concreto reforzado, también se acostumbra reforzar vigas de madera con platinas. La teoría de la flexión se puede aplicar en forma directa a las vigas compuestas, debido a que se asume que el material es homogéneo y las deformaciones y esfuerzos varían proporcionalmente con la profundidad del eje neutro, solo es válido para materiales dentro del rango elástico-lineal. El método consiste en transformar toda la viga en un solo material homogéneo, si es concreto reforzado, se transforma el acero en concreto y si es madera reforzada, las platinas de acero se transforman en madera.

Procedimiento:

1. El primer paso es transformar la sección transversal de una viga compuesta en una equivalente de una viga de un solo material.
2. Después se analiza la viga normalmente por flexión.

3. Por último, los esfuerzos en la sección transformada se convierten a los de la viga original.

Se supone una viga hecha de dos materiales diferentes, el material (A) y el material (B).

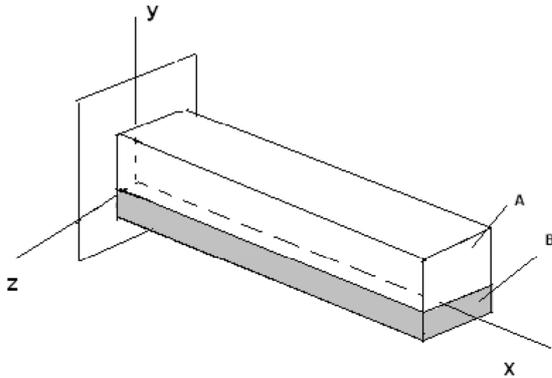


Figura 23. Esquema de sección transformada

El eje neutro EN de la sección transformada debe de localizarse en el mismo lugar de la viga original, y se encuentra a partir de la condición de equilibrio horizontal, la sumatoria de fuerzas horizontales resultantes en la sección que actúa en la sección transversal es cero.

$$\sum F_H = 0$$

$$\int_A \sigma_A dA + \int_B \sigma_B dA = 0$$

Reemplazando:

$$\int_A \sigma_x dA = \int_A Eky dA = 0$$

$$E_A k \int_A y dA + E_B k \int_B y dA = 0$$

Como la curvatura es igual en la sección transversal, la integral queda:

$$E_A \int_A y dA + E_B \int_B y dA = 0$$

Las integrales representan el primer momento de área de la sección transversal con respecto al eje neutro, por lo tanto deben ser iguales. Si se define n como la razón modular:

$$n = \frac{E_B}{E_A}$$

Reemplazando, se observa que el eje neutro no cambia si cada elemento de área dA del elemento B, se multiplica por la razón modular.

$$\int_A y dA + \int_B n y dA = 0$$

La nueva sección transversal queda formada por dos áreas:

1. El Área (A) permanece igual
2. El Área (B) con el ancho b multiplicado por n.

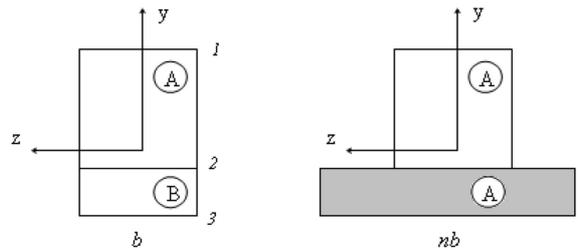


Figura 24. Esquema de sección transformada

En la Superficie de contacto.

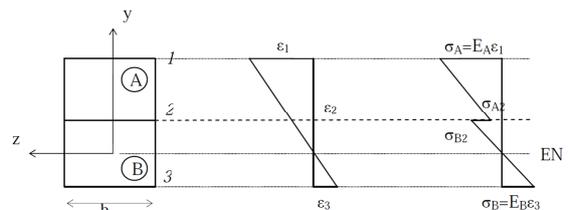


Figura 25. Esquema de esfuerzos en sección transformada

Si  $E_B > E_A$ , utilizando la ley de Hooke, en la superficie de contacto los esfuerzos son:

$$\sigma_{A2} = E_A \epsilon_2$$

$$\sigma_{B2} = E_B \epsilon_2$$

La deformación en el nivel 2 es igual en los dos materiales, igualando la deformación:

$$\frac{\sigma_{A2}}{E_A} = \frac{\sigma_{B2}}{E_B}$$

Los esfuerzos en el material B en el nivel 2, son iguales a los esfuerzos en el material A multiplicado por n, en el nivel 2.

$$\sigma_{B2} = \frac{E_B}{E_A} \sigma_{A2} = n\sigma_{A2}$$

Los esfuerzos de flexión en la viga transformada, se calculan asumiendo que la relación momento curvatura, en la viga transformada, es igual que en la viga original. El par interno resistente en la sección es:

$$M = \int \sigma_x y dA$$

$$M = \int_A \sigma_x y dA + \int_B \sigma_x y dA$$

$$M = E_A k \int_A y^2 dA + E_B k \int_B y^2 dA$$

$\int y^2 dA$ : La integral es el momento de inercia de área.

$$M = E_A k I_A + E_B k I_B = k(E_A I_A + E_B I_B)$$

$$k = \frac{M}{(E_A I_A + E_B I_B)}$$

Factorizando EA:

$$k = \frac{M}{E_A \left( I_A + \frac{E_B}{E_A} I_B \right)} = \frac{M}{E(I_A + nI_B)}$$

Se sabe que  $\sigma_x = Eky$ , se igualan las curvaturas:

$$\frac{M}{E(I_A + nI_B)} = \frac{\sigma_A}{E_A y}$$

$$\sigma_A = \frac{M}{I_A + nI_B} y$$

$$\sigma_A = \frac{My}{I_T}$$

: Esfuerzos de flexión en el material (A).

$$I_T = I_A + nI_B = I_A + \frac{E_A}{E_B} I_B$$

: Momento de inercia de la sección transformada.

Los Esfuerzos en el material (A) de la viga original son los mismos que en la parte correspondiente de la viga transformada. Mientras que en la viga original con material (B), los esfuerzos son diferentes de los de la viga transformada.

$$\sigma_B = \frac{MyE_B}{E_A I_A + E_B I_B}$$

Esfuerzos en el material (B) de la sección transformada.

$$\sigma_B = \frac{My}{I_T} n$$

Una vez obtenidas las capacidades máximas de los materiales, estas se igualan a los requerimientos máximos de carga y deformación presentados en el cuadro 7.

Cuadro 7. Resumen de ecuaciones de esfuerzos últimos				
	Cortante último	Momento último	Deformación	Distancia entre apoyos (l)
Carga distribuida (Viga secundaria)	$V_{\max} = \frac{wl}{2}$	$M_{\max} = \frac{wl^2}{8}$	$\Delta_{\max} = \frac{5wl^4}{584EI}$	1,20 m a 3,00 m
Una carga puntual (Viga primaria)	$V_{\max} = \frac{P}{2}$	$M_{\max} = \frac{Pl}{4}$	$\Delta_{\max} = \frac{Pl^3}{48EI}$	1,20 m
Dos cargas puntuales (Viga primaria)	$V_{\max} = P$	$M_{\max} = 0.6P$	$\Delta_{\max} = \frac{0.6P}{24EI}(3l^2 - 1.44)$	1,80 m
Tres cargas puntuales (Viga primaria)	$V_{\max} = \frac{3P}{2}$	$M_{\max} = \frac{13Pl}{8}$	$\Delta_{\max} = \frac{1882Pl}{EI}$	2,40 m
Cuatro cargas puntuales (Viga primaria)	$V_{\max} = 2P$	$M_{\max} = \frac{3Pl}{5}$	$\Delta_{\max} = \frac{993Pl}{EI}$	3,00 m

## Deducción de ecuaciones de carga ultima.

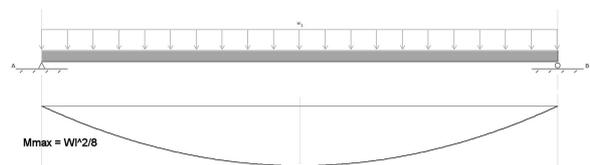
Para una viga secundaria de madera.  
Para la determinación de la carga ultima de diseño por la metodología LRFD

$$M_u \leq \phi \lambda M_n$$

El momento nominal está dado por la ecuación:

$$M_n = F'b * S$$

Donde F'b es la capacidad en flexión de la pieza de madera, S es el módulo de sección.  
Partiendo del diagrama de flexión



Cuyo momento máximo está dado por la ecuación:

$$M_u = \frac{wl^2}{8}$$

Sustituyendo en la ecuación de carga última:

$$\frac{wl^2}{8} = \phi \lambda F'bS$$

Despejando w:

$$w = \frac{8\phi \lambda F'bS}{l^2}$$

Como  $w$  es carga por unidad lineal  $[F/l]$ , pero para hacer más práctica su utilización en gráficos y tablas, lo más apropiado es convertirlo a unidad de fuerza por unidad de área  $[F/l^2]$ , eso se logra dividiendo la ecuación de carga lineal entre una longitud tributaria.

$$C = \frac{8\phi\lambda F' b S}{l_1^2 l_t}$$

Dónde:

$l_1$  = Es la longitud entre apoyos en la viga.

$l_t$  = Es la longitud tributaria que carga en la viga.

De igual forma se deducen las ecuaciones de esfuerzo flector, esfuerzo cortante y deformación permisible, dadas anteriormente.

# Resultados

Después de plantear las condiciones de carga y maximizarlas por la combinación 6.2 del Código Sísmico de Costa Rica 2010,

se obtuvo el cuadro numero 8, de cargas últimas distribuidas que tendrán que soportar y transferidas por las viguetas del entrepiso.

$$CU = 1.2CP + 1.6CT$$

<b>Cuadro 8. Cargas ultimas de diseño</b>									
<b>Sobre carga CP</b>	<b>25</b>	<b>50</b>	<b>75</b>	<b>100</b>	<b>125</b>	<b>150</b>	<b>175</b>	<b>200</b>	<b>Kg/m2</b>
<b>CT= 200 Kg/m2</b>	470	500	530	560	590	620	650	680	<b>Kg/m2</b>
<b>CT= 250 Kg/m2</b>	550	580	610	640	670	700	730	760	<b>Kg/m2</b>
<b>CT= 300 Kg/m2</b>	630	660	690	720	750	780	810	840	<b>Kg/m2</b>
<b>CT= 350 Kg/m2</b>	710	740	770	800	830	860	890	920	<b>Kg/m2</b>
<b>CT= 400 Kg/m2</b>	790	820	850	880	910	940	970	1000	<b>Kg/m2</b>

Con las propiedades tanto geometricas como mecanicas de las diferentes secciones tanto de madera, tubo estructural cuadrado y perfilo RT (Perlin), se porcedió a calcular sus capacidades últimas por la metodologia LRFD, descrita en el marco teorico. Una vez obtenidos estos datos se calculó la carga por unidad de area maxima, que produciria los esfuerzos de flexión, cortante y deformación máxima admisible que podria soportar el entramado de entrepiso.

Una vez obtenidos estos datos se porcedió a tabularlos y graficarlos para hacer mas sencillo su comprensión y utilización.

La metodologia desarrollada permite hacer el diseño simplificado tanto en vigas que trabajan independientemente de los paneles de Habicon (Figuras 25 a 56 y cuadros 9 a 41) o con secciones compuestas (Figura 57 a 68 y cuadros 42 a 53), que integran el panel de habicon con la viga de carga mediante conectores de cortante, estos ultimos no incluidos en este estudio.

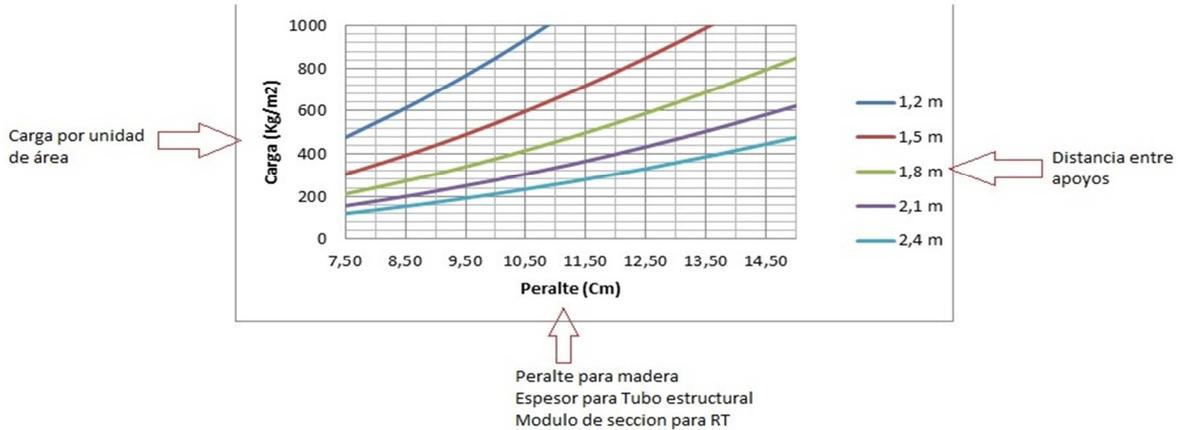


Figura 23. Gráfico de selección

Para el ensamble de las piezas de madera se requiera unirlos con clavos y tornillos para lo cual se estimo el tipo de union y su respectivo distanciamiento, el cual se muestra en el cuadro 10.

Cuadro 9. clavos y tornillos para la unión de piezas de madera			
Pieza (cm)		conector	Distanciamiento (cm)
base	Altura		
7.5	8.75	Clavo de 3.4 x 65 mm	25
7.5	10.00	Clavo de 3.4 x 65 mm	20
7.5	11.25	Clavo de 4.3 x 90mm	15
7.5	12.50	Tornillo 6,3 x 100 mm	25
7.5	13.75	Tornillo 6,3 x 100 mm	20
7.5	15.00	Tornillo 6,3 x 125 mm	15

Al aumentarse la capacidad de las secciones al convertirlas en secciones compuestas, la capacidad de estas aumenta considerablemente, el cuadro 10 muestra una comparación del

aumento de capacidad de una viga de 1.50 m de madera con sección de 7.50cm x 7.50cm, tanto para flexión pura como para sección compuesta.

Cuadro 10. Comparación entre sección a flexión pura con sección compuesta para una longitud de 1,50 m en viga secundaria						
Sección	Sección a flexión pura			Sección compuesta		
	Momento	Cortante	Deformación	Momento	Cortante	Deformación
Madera	Kg/m2	Kg/m2	Kg/m2	Kg/m2	Kg/m2	Kg/m2
75 x 75 mm	305	441	143	8439	4767	826

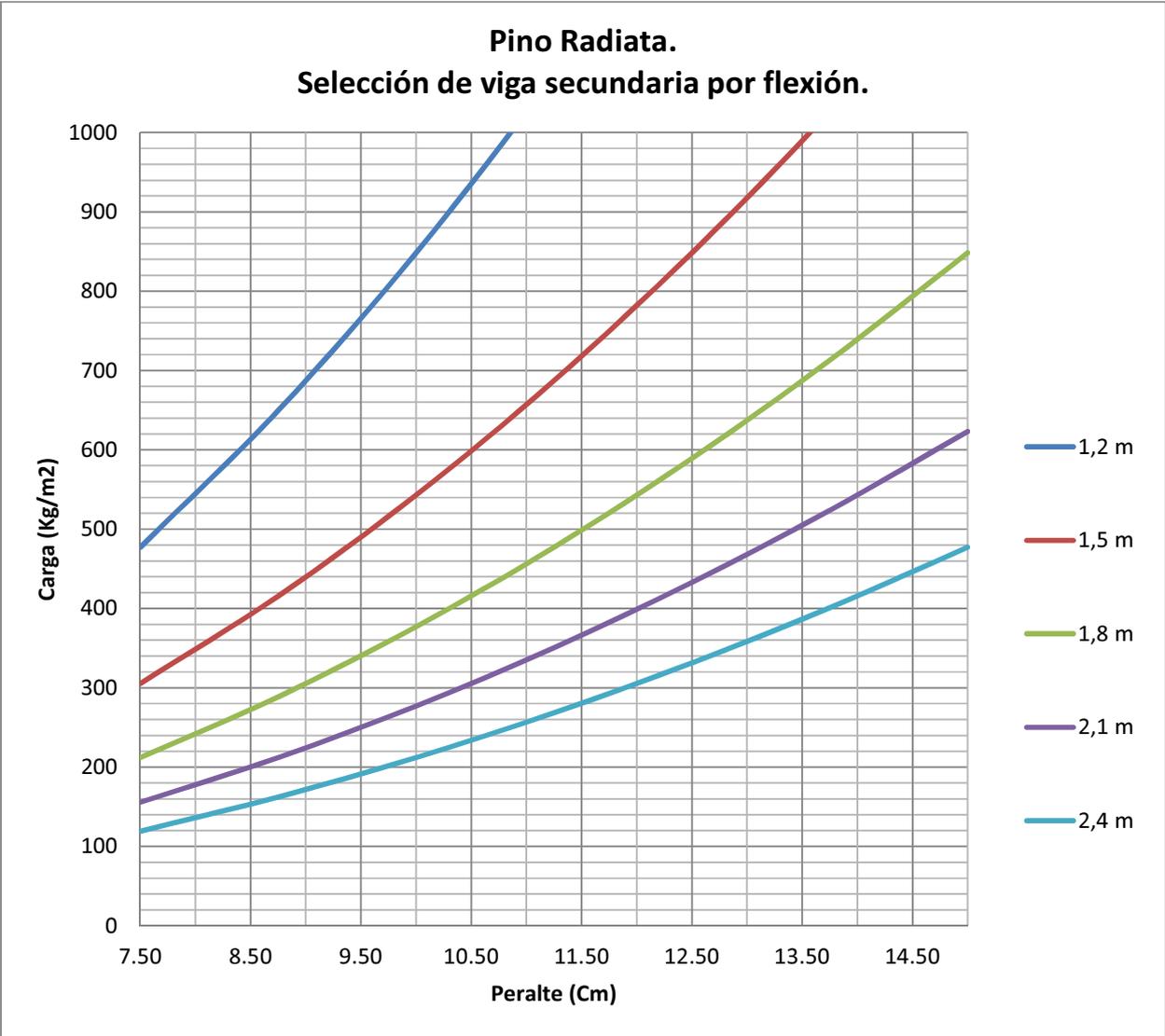


Figura 24. Gráfico de selección de viga secundaria de pino Radiata por esfuerzo en flexión.

**Cuadro 11. Cargas últimas para selección por flexión.**

Peralte (cm)	Distancia entre apoyos					
	1,2 m	1,5 m	1,8 m	2,1 m	2,4 m	
7.50	477	305	212	156	119	Kg/m <sup>2</sup>
8.75	650	416	289	212	162	Kg/m <sup>2</sup>
10.00	848	543	377	277	212	Kg/m <sup>2</sup>
11.25	1074	687	477	351	268	Kg/m <sup>2</sup>
12.50	1326	848	589	433	331	Kg/m <sup>2</sup>
13.75	1604	1027	713	524	401	Kg/m <sup>2</sup>
15.00	1909	1222	848	623	477	Kg/m <sup>2</sup>

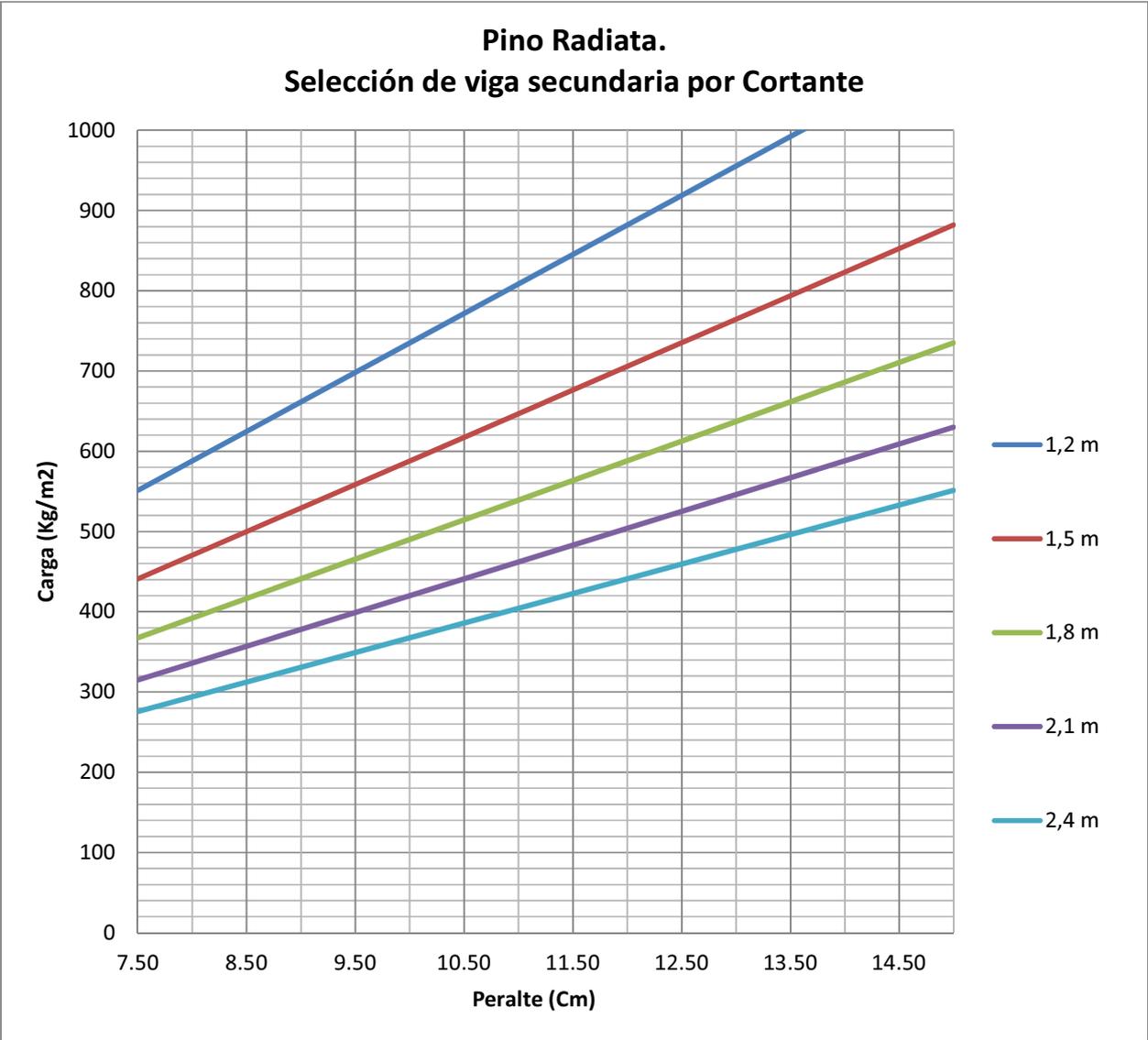
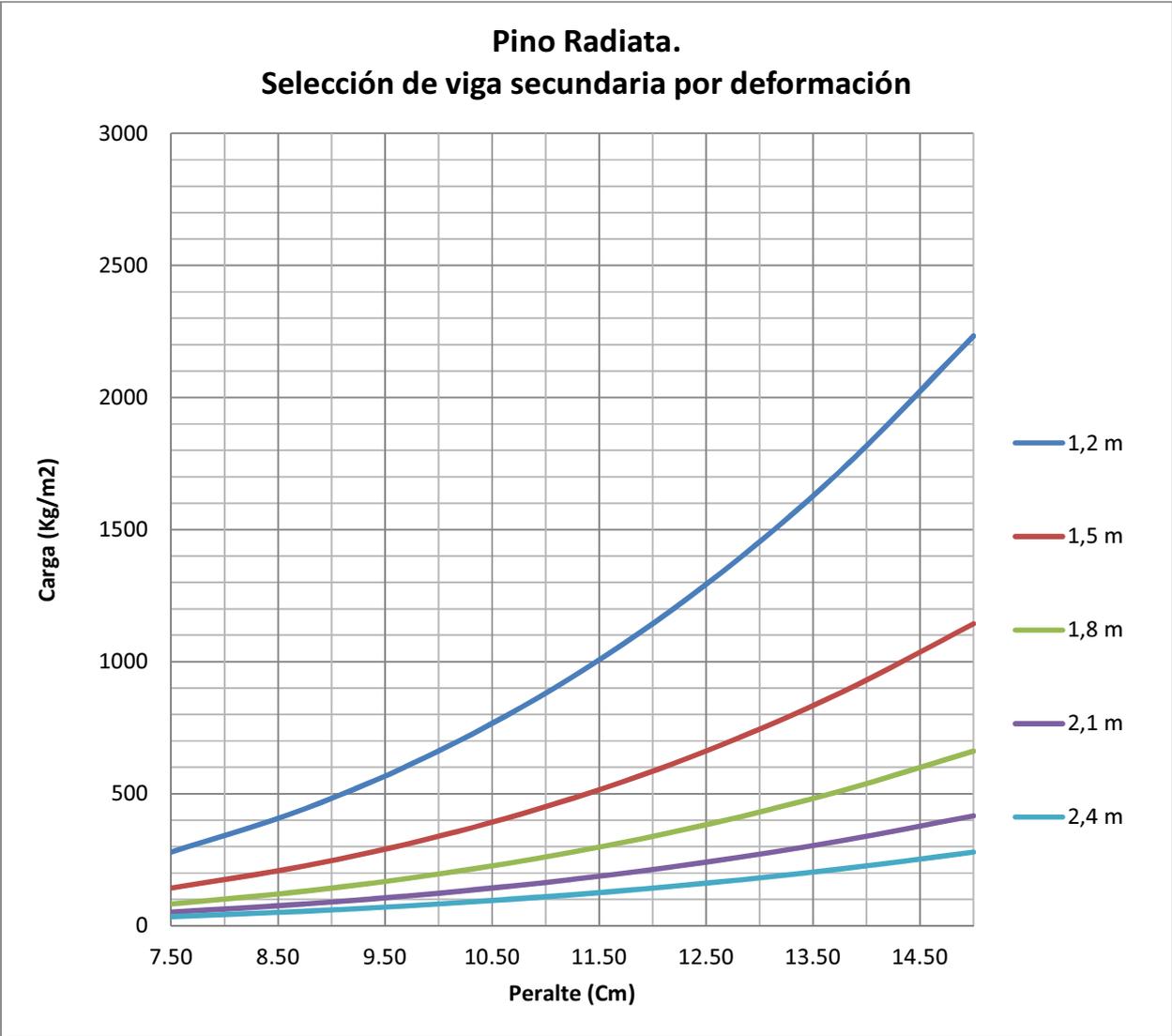


Figura 25. Gráfico de selección de viga secundaria de pino Radiata por esfuerzo cortante.

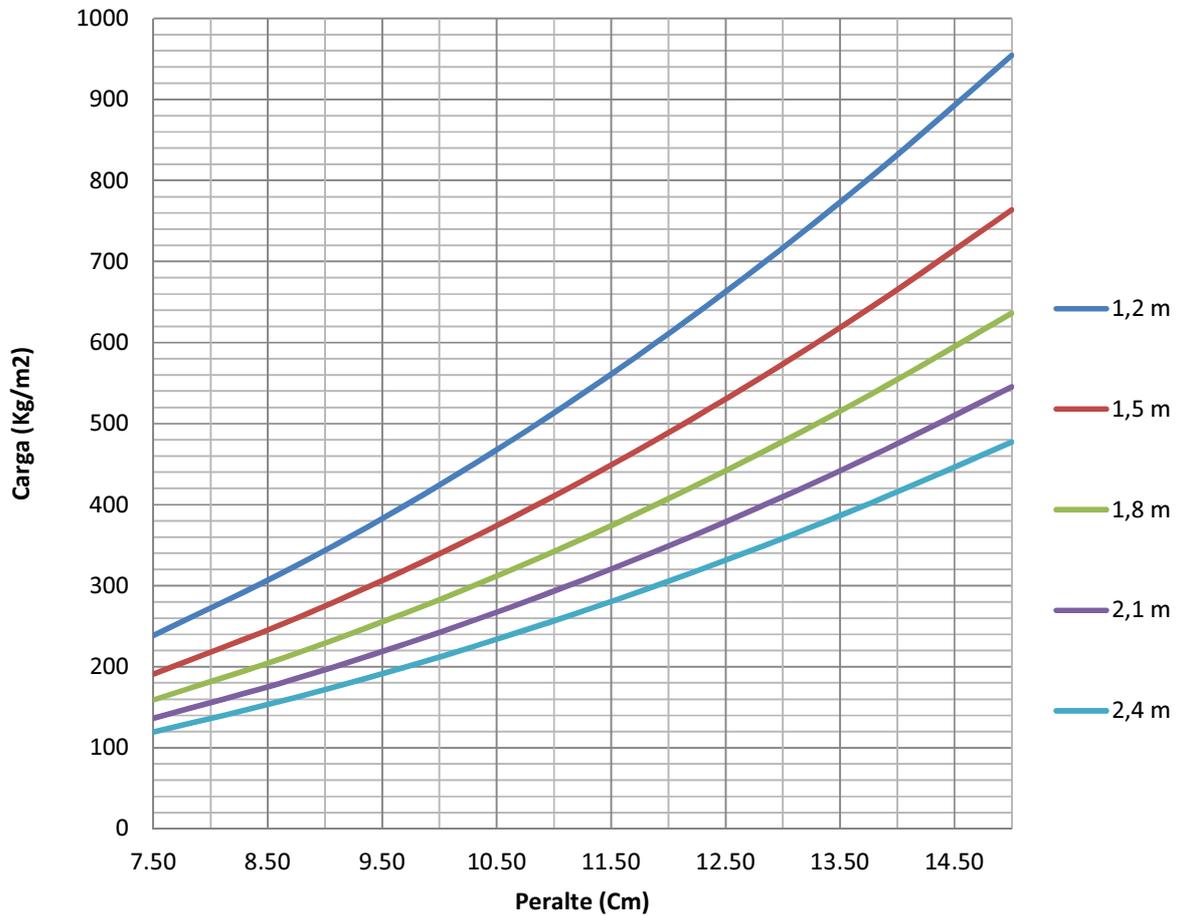
<b>Cuadro 12. Cargas últimas para selección por cortante.</b>						
Peralte (cm)	Distancia entre apoyos					
	1,2 m	1,5 m	1,8 m	2,1 m	2,4 m	
7.50	551	441	368	315	276	Kg/m <sup>2</sup>
8.75	643	515	429	368	322	Kg/m <sup>2</sup>
10.00	735	588	490	420	368	Kg/m <sup>2</sup>
11.25	827	662	551	473	413	Kg/m <sup>2</sup>
12.50	919	735	613	525	459	Kg/m <sup>2</sup>
13.75	1011	809	674	578	505	Kg/m <sup>2</sup>
15.00	1103	882	735	630	551	Kg/m <sup>2</sup>



**Figura 26.**Gráfico de selección de viga secundaria de pino Radiata por deformación permisible.

<b>Cuadro 13. Cargas últimas para selección por deformación.</b>						
Peralte (cm)	Distancia entre apoyos					
	1,2 m	1,5 m	1,8 m	2,1 m	2,4 m	
7.50	279	143	83	52	35	Kg/m2
8.75	443	227	131	83	55	Kg/m2
10.00	662	339	196	123	83	Kg/m2
11.25	942	482	279	176	118	Kg/m2
12.50	1292	662	383	241	162	Kg/m2
13.75	1720	881	510	321	215	Kg/m2
15.00	2233	1143	662	417	279	Kg/m2

**Pino Radiata.**  
**Selección de viga primaria por flexión.**  
**Distancia entre apoyos de 1,20 m.**



**Figura 27.** Gráfico de selección de viga primaria de pino Radiata por esfuerzo flector con una luz máxima de 1,20 m.

<b>Cuadro 14. Cargas últimas para selección por flexión.</b>						
D (cm)	Distancia entre apoyos					
	1,2 m	1,5 m	1,8 m	2,1 m	2,4 m	
7.50	239	191	159	136	119	Kg/m²
8.75	325	260	217	186	162	Kg/m²
10.00	424	339	283	242	212	Kg/m²
11.25	537	430	358	307	268	Kg/m²
12.50	663	530	442	379	331	Kg/m²
13.75	802	642	535	458	401	Kg/m²
15.00	954	764	636	545	477	Kg/m²

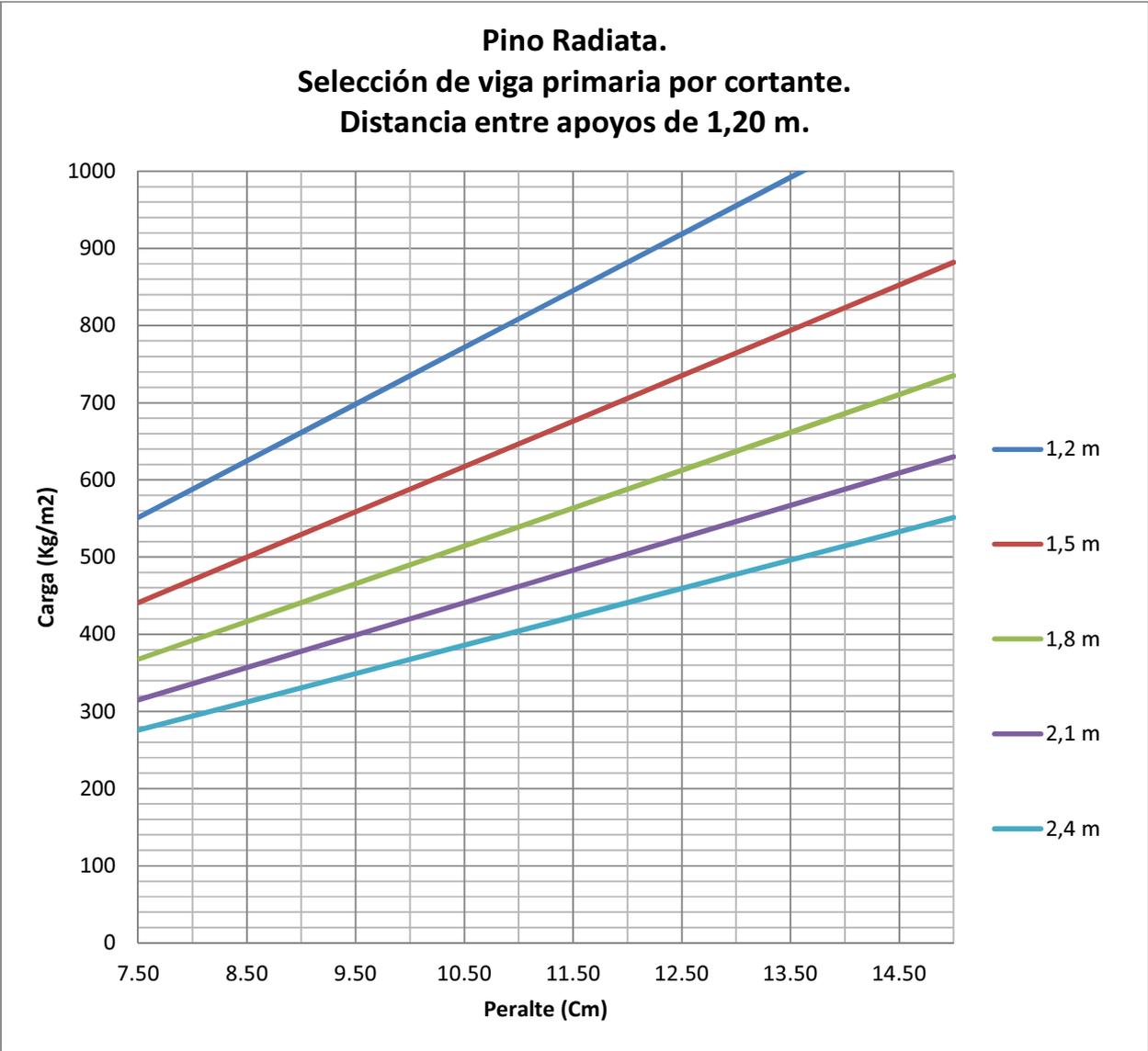
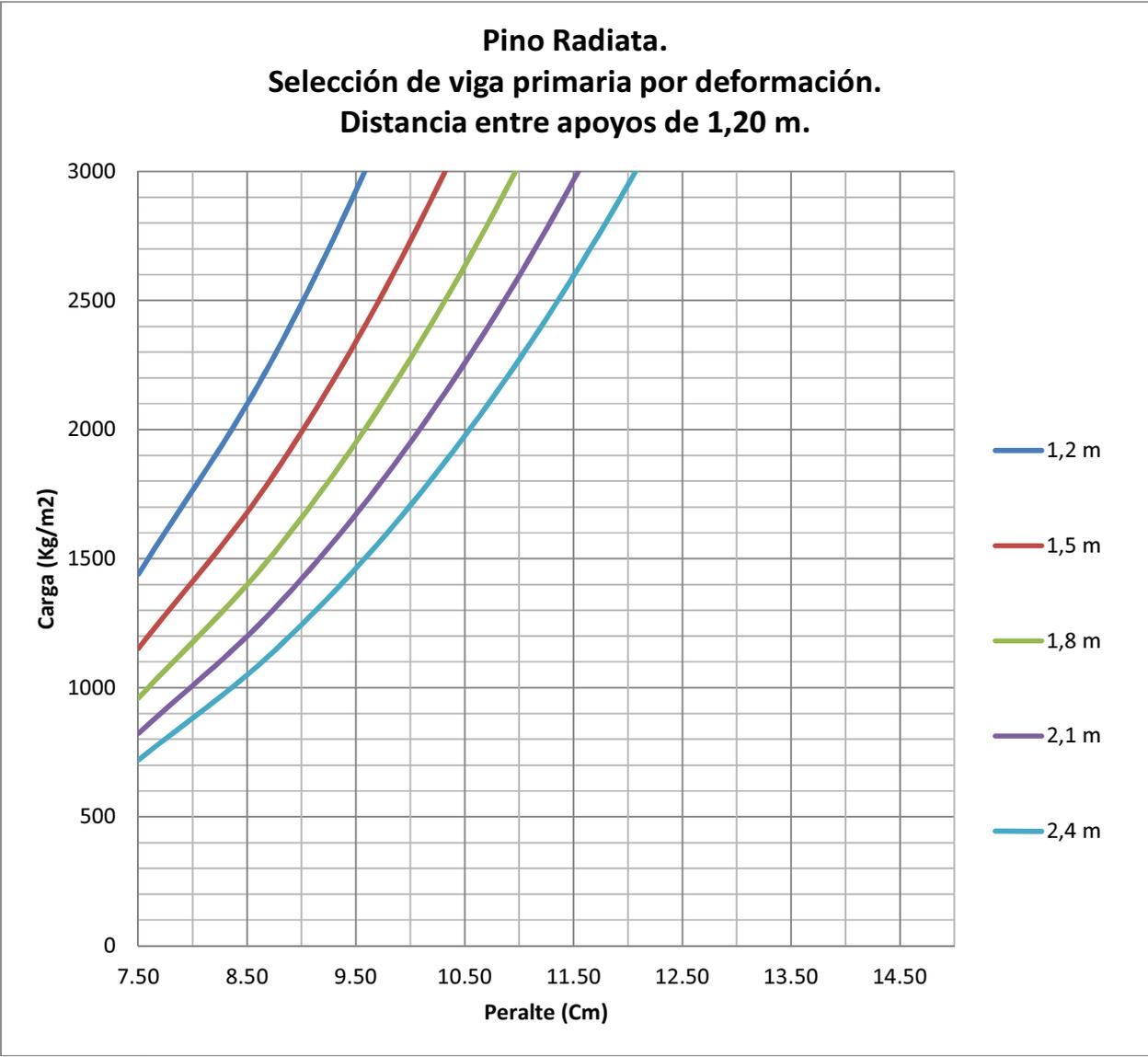


Figura 28. Gráfico de selección de viga primaria de pino Radiata por esfuerzo cortante con una luz máxima de 1,20 m.

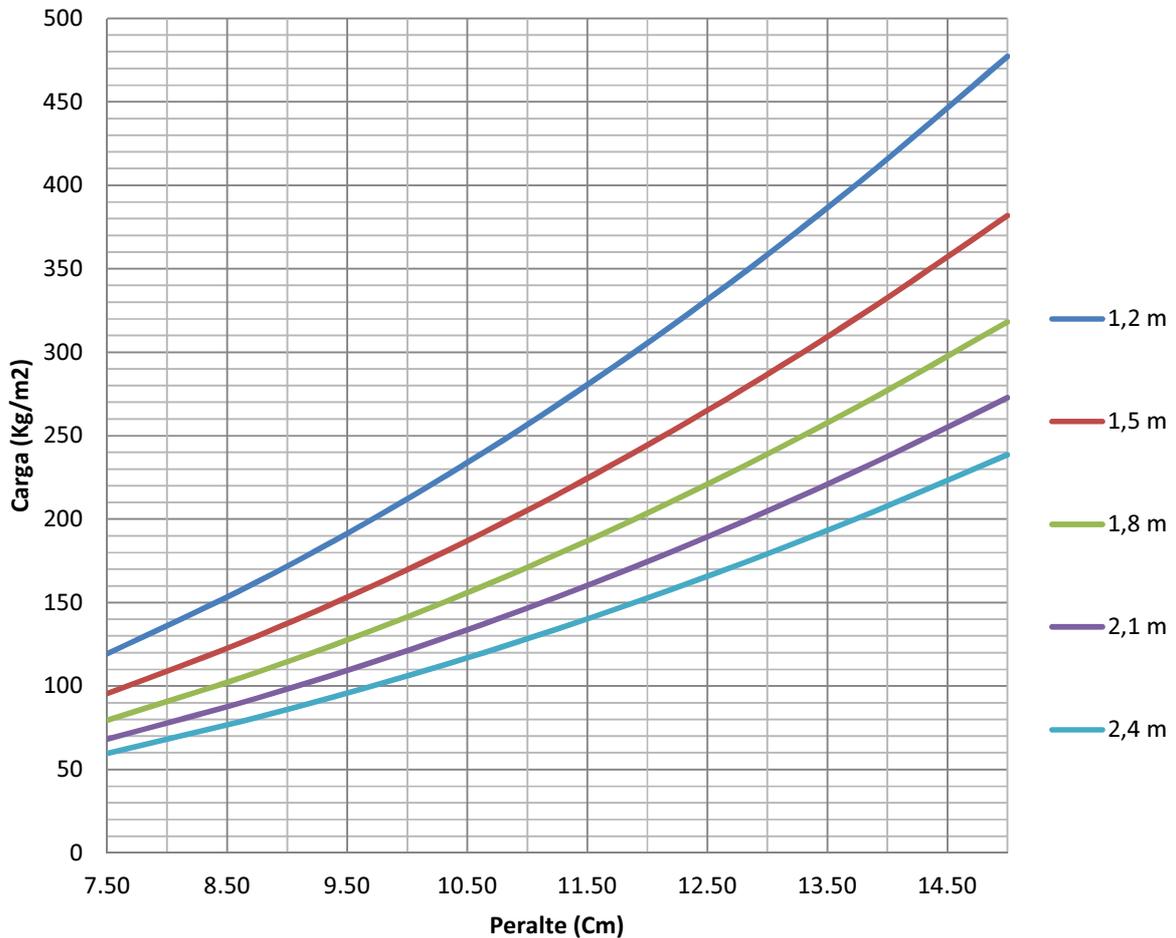
<b>Cuadro 15. Cargas últimas para selección por cortante.</b>						
Peralte (cm)	Distancia entre apoyos					
	1,2 m	1,5 m	1,8 m	2,1 m	2,4 m	
7.50	551	441	368	315	276	Kg/m <sup>2</sup>
8.75	643	515	429	368	322	Kg/m <sup>2</sup>
10.00	735	588	490	420	368	Kg/m <sup>2</sup>
11.25	827	662	551	473	413	Kg/m <sup>2</sup>
12.50	919	735	613	525	459	Kg/m <sup>2</sup>
13.75	1011	809	674	578	505	Kg/m <sup>2</sup>
15.00	1103	882	735	630	551	Kg/m <sup>2</sup>



**Cuadro 16. Cargas últimas para selección por deformación.**

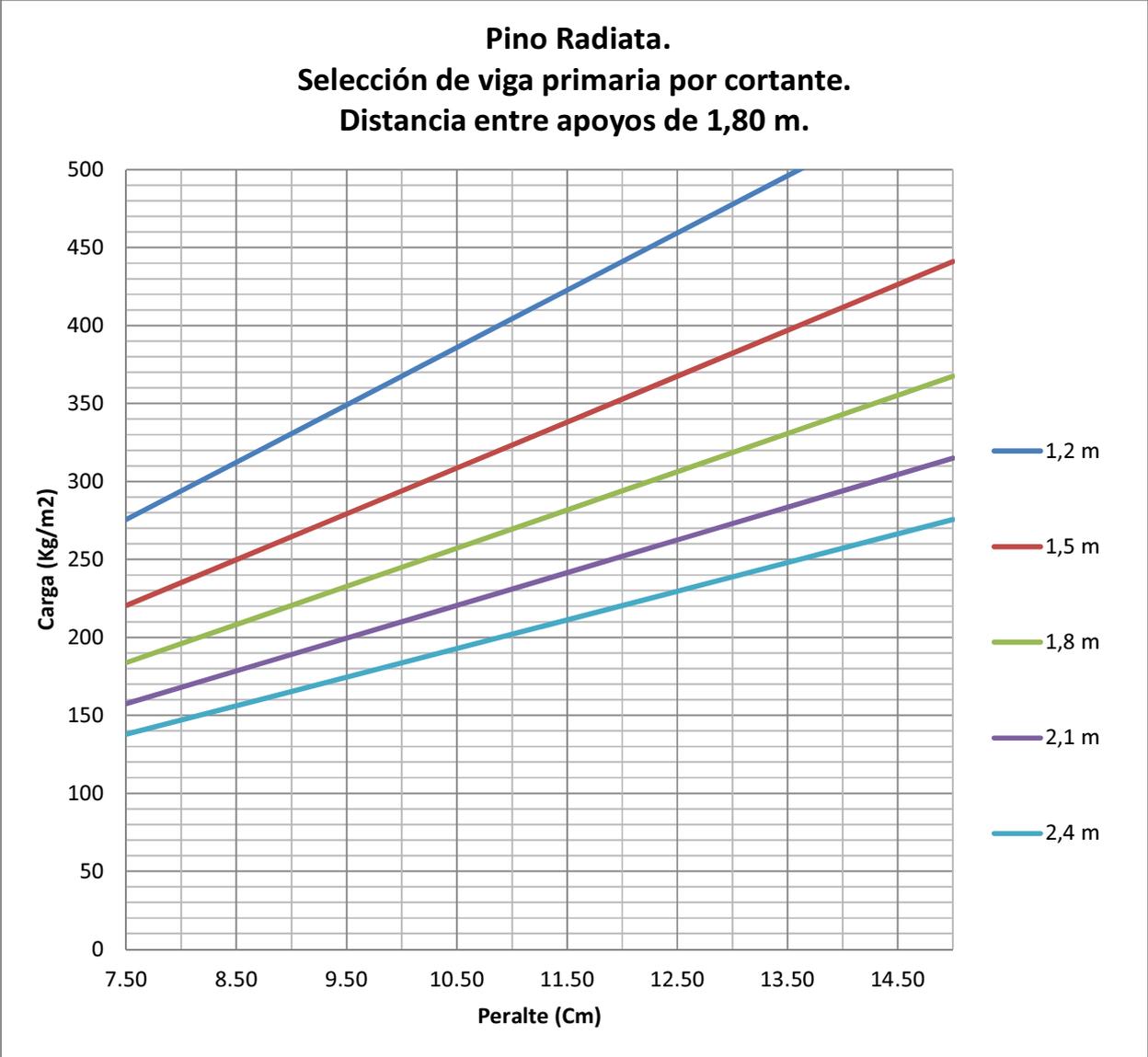
Peralte (cm)	Distancia entre apoyos					
	1,2 m	1,5 m	1,8 m	2,1 m	2,4 m	
7.50	1440	1152	960	823	720	Kg/m2
8.75	2286	1829	1524	1306	1143	Kg/m2
10.00	3413	2730	2275	1950	1706	Kg/m2
11.25	4859	3887	3239	2777	2430	Kg/m2
12.50	6665	5332	4444	3809	3333	Kg/m2
13.75	8872	7097	5914	5070	4436	Kg/m2
15.00	11518	9214	7679	6582	5759	Kg/m2

**Pino Radiata.**  
**Selección de viga primaria por flexión.**  
**Distancia entre apoyos de 1,80 m.**



**Figura 30.** Gráfico de selección de viga primaria de pino Radiata por esfuerzo flector con una luz máxima de 1,80 m.

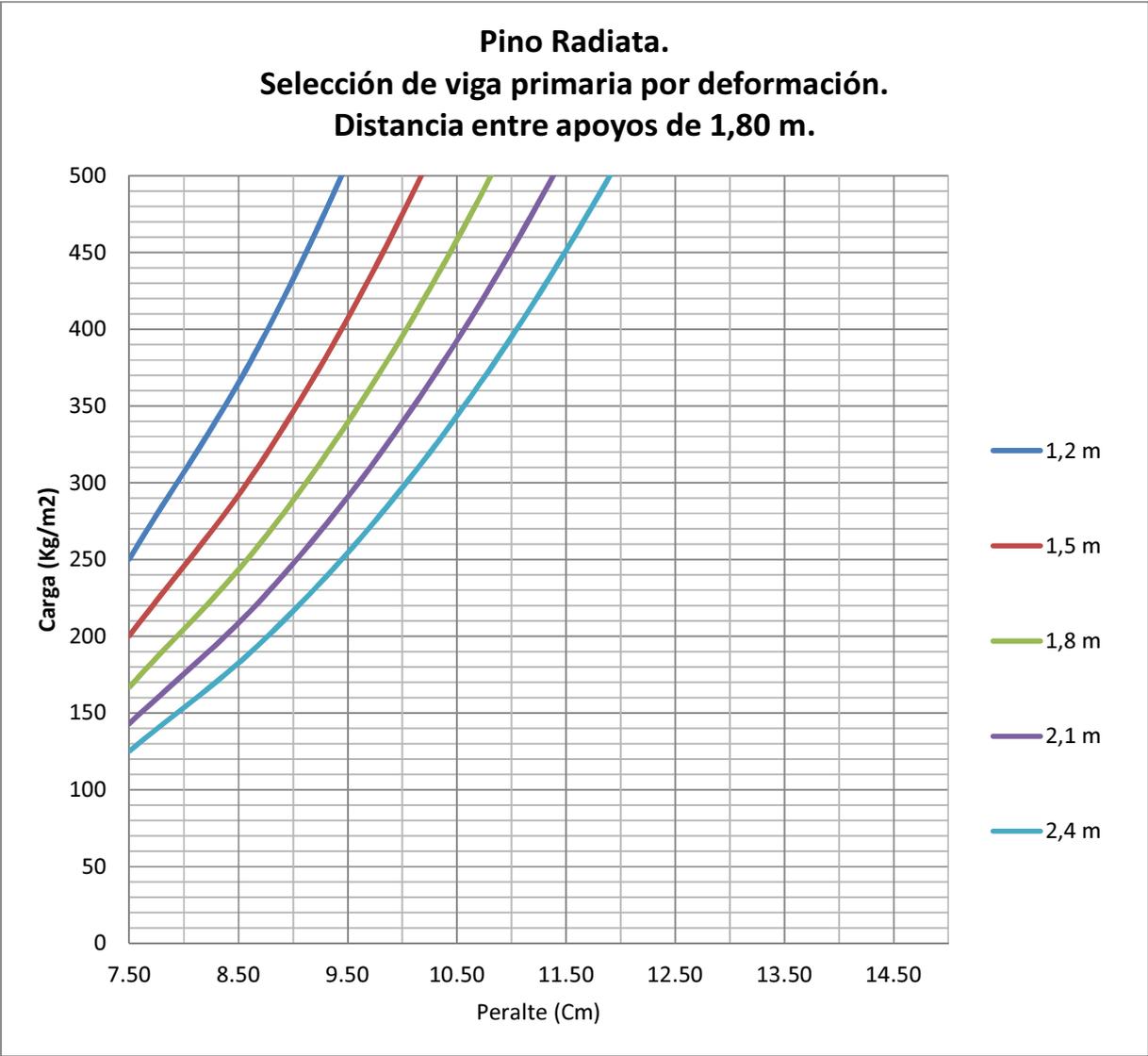
<b>Cuadro 17. Cargas últimas para selección por flexión.</b>						
D (cm)	Distancia entre apoyos					
	1,2 m	1,5 m	1,8 m	2,1 m	2,4 m	
7.50	119	95	80	68	60	Kg/m <sup>2</sup>
8.75	162	130	108	93	81	Kg/m <sup>2</sup>
10.00	212	170	141	121	106	Kg/m <sup>2</sup>
11.25	268	215	179	153	134	Kg/m <sup>2</sup>
12.50	331	265	221	189	166	Kg/m <sup>2</sup>
13.75	401	321	267	229	201	Kg/m <sup>2</sup>
15.00	477	382	318	273	239	Kg/m <sup>2</sup>



**Figura 31.**Gráfico de selección de viga primaria de pino Radiata por esfuerzo cortante con una luz máxima de 1,80 m.

**Cuadro 18. Cargas últimas para selección por cortante.**

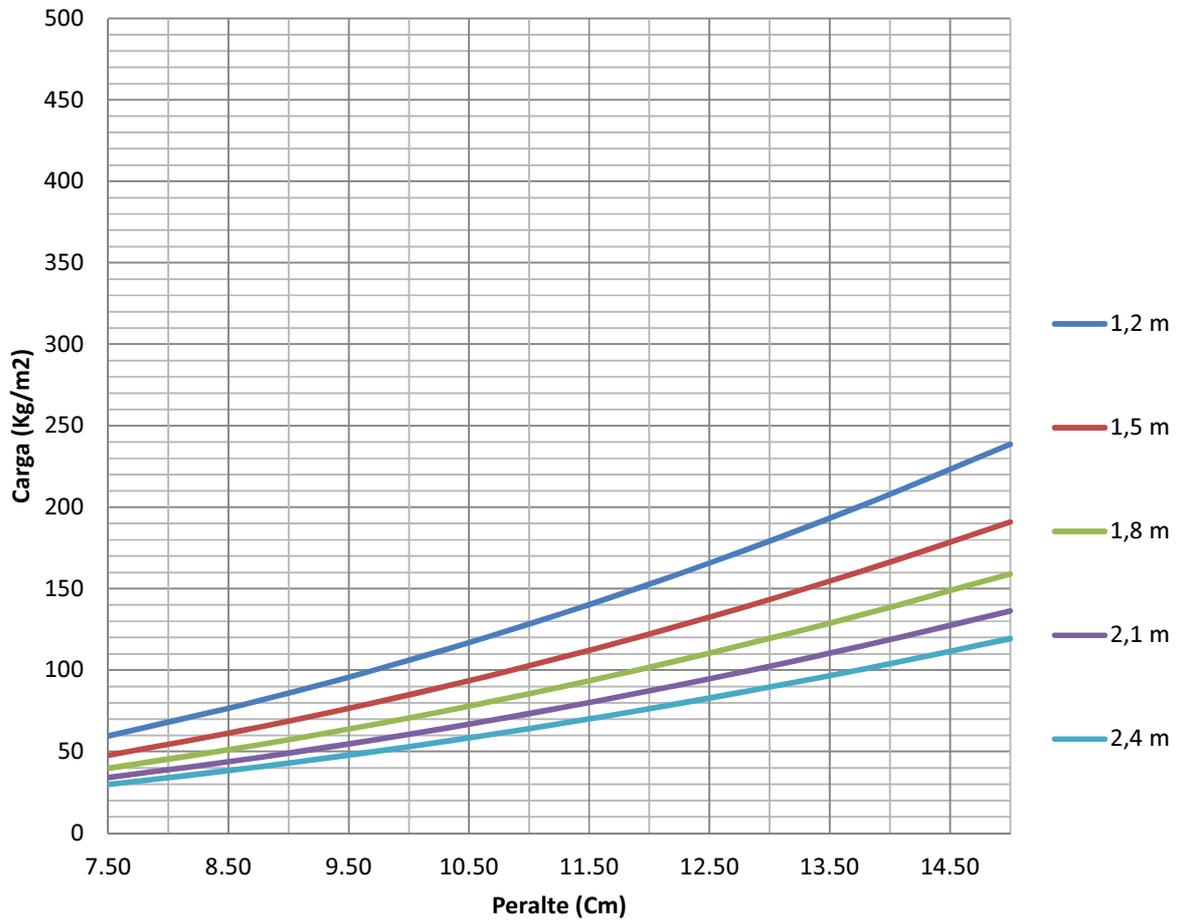
Peralte (cm)	Distancia entre apoyos					Kg/m <sup>2</sup>
	1,2 m	1,5 m	1,8 m	2,1 m	2,4 m	
7.50	276	221	184	158	138	Kg/m <sup>2</sup>
8.75	322	257	214	184	161	Kg/m <sup>2</sup>
10.00	368	294	245	210	184	Kg/m <sup>2</sup>
11.25	413	331	276	236	207	Kg/m <sup>2</sup>
12.50	459	368	306	263	230	Kg/m <sup>2</sup>
13.75	505	404	337	289	253	Kg/m <sup>2</sup>
15.00	551	441	368	315	276	Kg/m <sup>2</sup>



**Figura 32.** Gráfico de selección de viga primaria de pino Radiata por deformación permisible, con una luz máxima de 1,80 m.

<b>Cuadro 19. Cargas últimas para selección por deformación.</b>						
Peralte (cm)	Distancia entre apoyos					
	1,2 m	1,5 m	1,8 m	2,1 m	2,4 m	
7.50	250	200	167	143	125	Kg/m <sup>2</sup>
8.75	398	318	265	227	199	Kg/m <sup>2</sup>
10.00	594	475	396	339	297	Kg/m <sup>2</sup>
11.25	845	676	563	483	423	Kg/m <sup>2</sup>
12.50	1159	927	773	662	580	Kg/m <sup>2</sup>
13.75	1543	1234	1029	882	771	Kg/m <sup>2</sup>
15.00	2003	1602	1335	1145	1002	Kg/m <sup>2</sup>

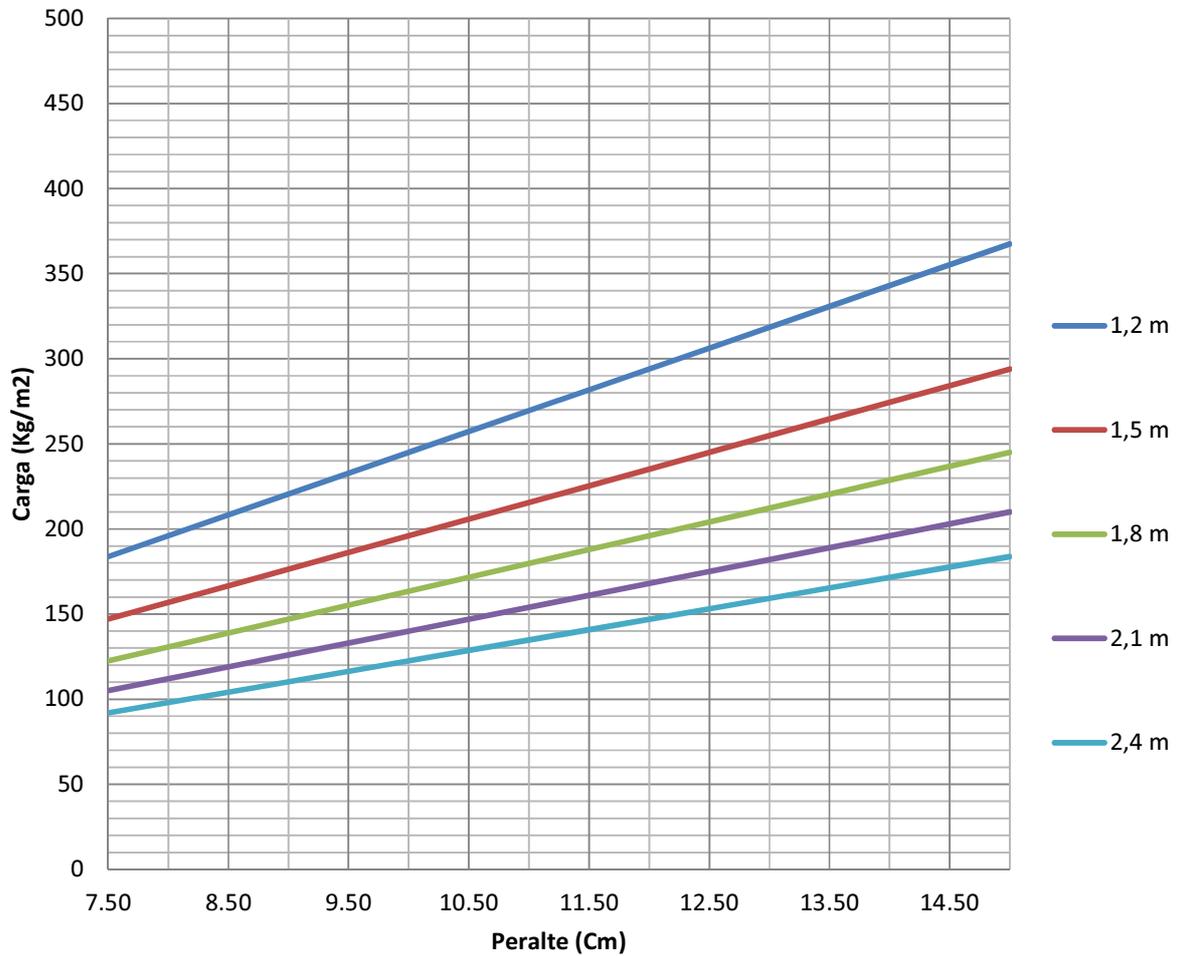
**Pino Radiata.**  
**Selección de viga primaria por flexión.**  
**Distancia entre apoyos de 2,40 m.**



**Figura 33.** Gráfico de selección de viga primaria de pino Radiata por esfuerzo flector con una luz máxima de 2,40 m.

<b>Cuadro 20. Cargas últimas para selección por flexión.</b>						
Peralte (cm)	Distancia entre apoyos					
	1,2 m	1,5 m	1,8 m	2,1 m	2,4 m	
7.50	60	48	40	34	30	Kg/m2
8.75	81	65	54	46	41	Kg/m2
10.00	106	85	71	61	53	Kg/m2
11.25	134	107	89	77	67	Kg/m2
12.50	166	133	110	95	83	Kg/m2
13.75	201	160	134	115	100	Kg/m2
15.00	239	191	159	136	119	Kg/m2

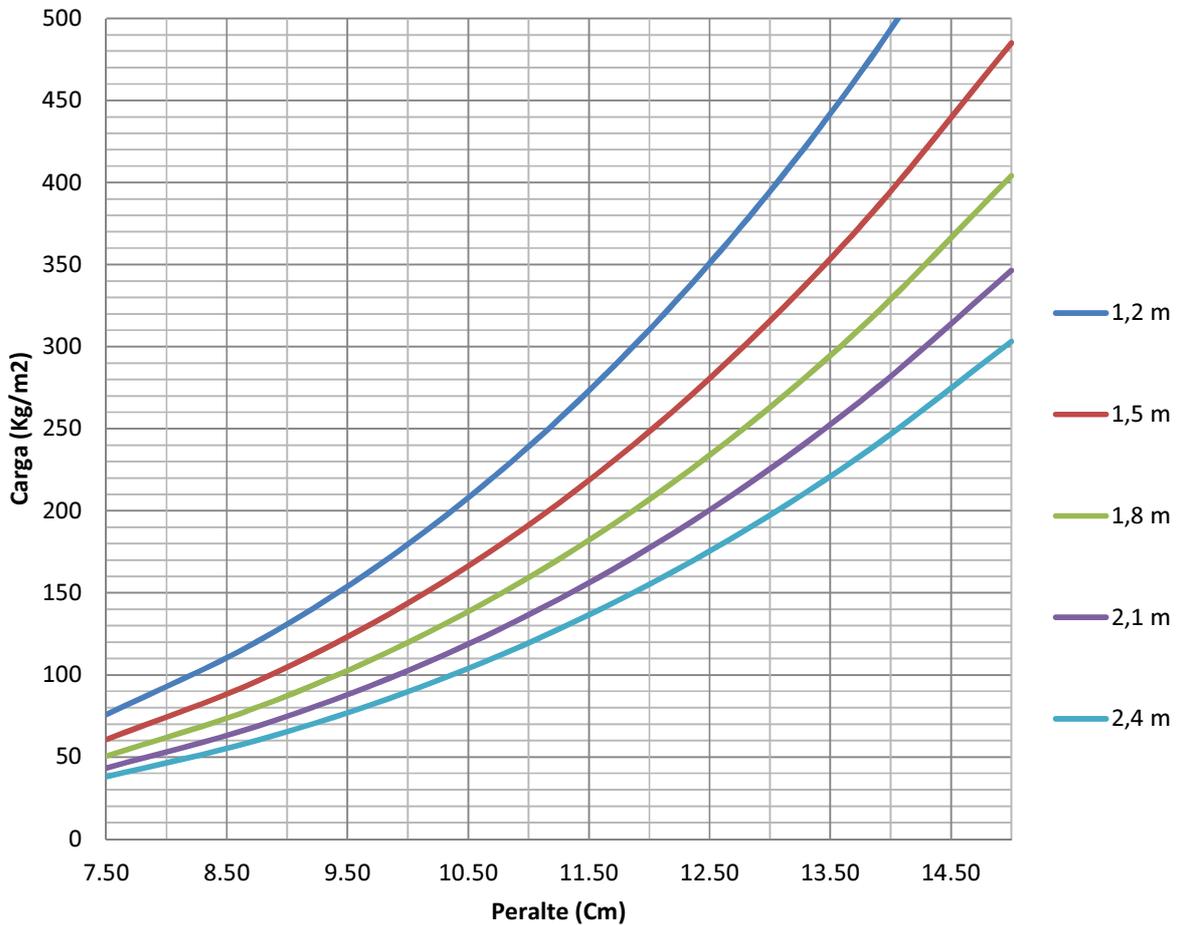
**Pino Radiata.**  
**Selección de viga primaria por cortante.**  
**Distancia entre apoyos de 2,40 m.**



**Figura 34.** Gráfico de selección de viga primaria de pino Radiata por esfuerzo cortante con una luz máxima de 2,40 m.

<b>Cuadro 21. Cargas últimas para selección por cortante.</b>						
Peralte (cm)	Distancia entre apoyos					
	1,2 m	1,5 m	1,8 m	2,1 m	2,4 m	
7.50	184	147	123	105	92	Kg/m <sup>2</sup>
8.75	214	172	143	123	107	Kg/m <sup>2</sup>
10.00	245	196	163	140	123	Kg/m <sup>2</sup>
11.25	276	221	184	158	138	Kg/m <sup>2</sup>
12.50	306	245	204	175	153	Kg/m <sup>2</sup>
13.75	337	270	225	193	168	Kg/m <sup>2</sup>
15.00	368	294	245	210	184	Kg/m <sup>2</sup>

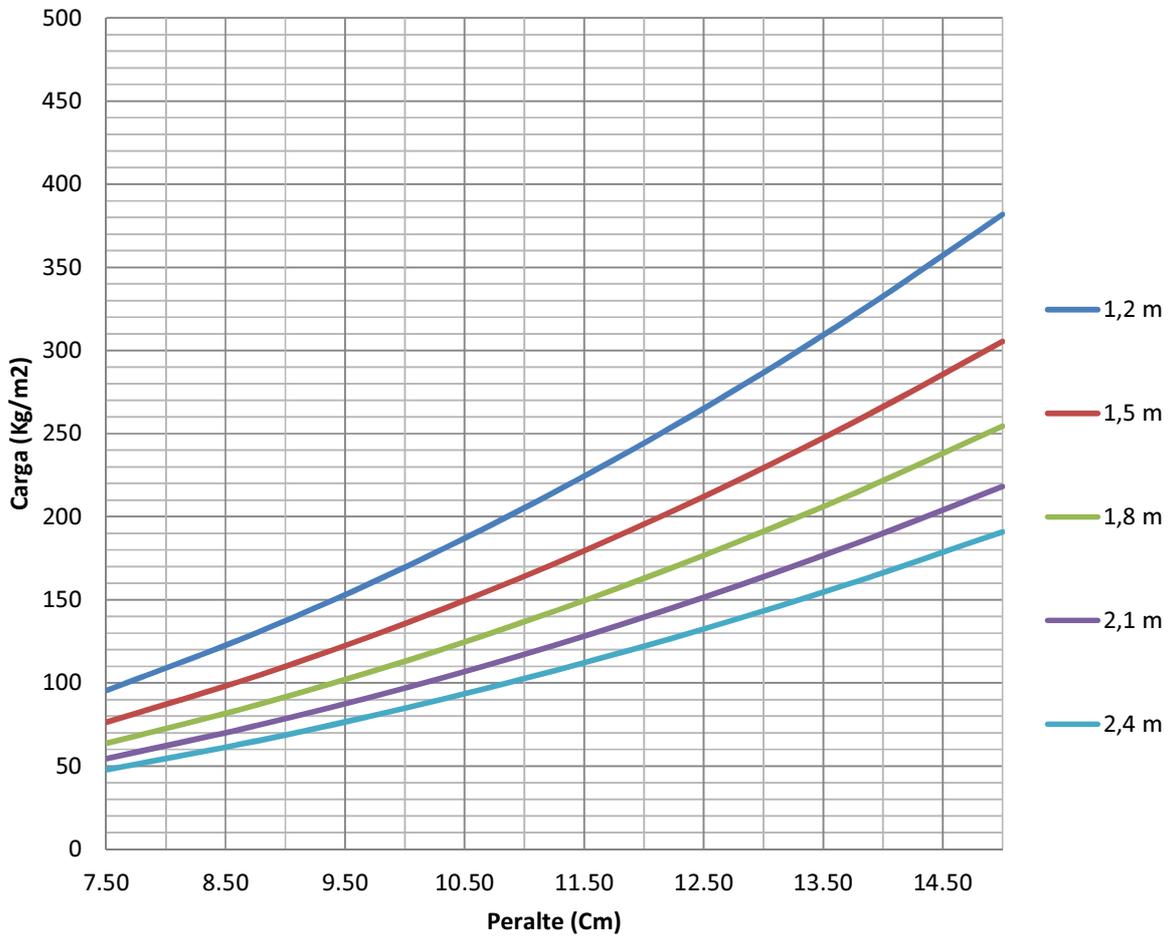
**Pino Radiata.**  
**Selección de viga primaria por deformación.**  
**Distancia entre apoyos de 2,40 m.**



**Figura 35.** Gráfico de selección de viga primaria de pino Radiata por deformación permisible, con una luz máxima de 2,40 m.

<b>Cuadro 22. Cargas últimas para selección por deformación.</b>						
Peralte (cm)	Distancia entre apoyos					
	1,2 m	1,5 m	1,8 m	2,1 m	2,4 m	
7.50	76	61	51	43	38	Kg/m <sup>2</sup>
8.75	120	96	80	69	60	Kg/m <sup>2</sup>
10.00	180	144	120	103	90	Kg/m <sup>2</sup>
11.25	256	205	170	146	128	Kg/m <sup>2</sup>
12.50	351	281	234	200	175	Kg/m <sup>2</sup>
13.75	467	374	311	267	233	Kg/m <sup>2</sup>
15.00	606	485	404	346	303	Kg/m <sup>2</sup>

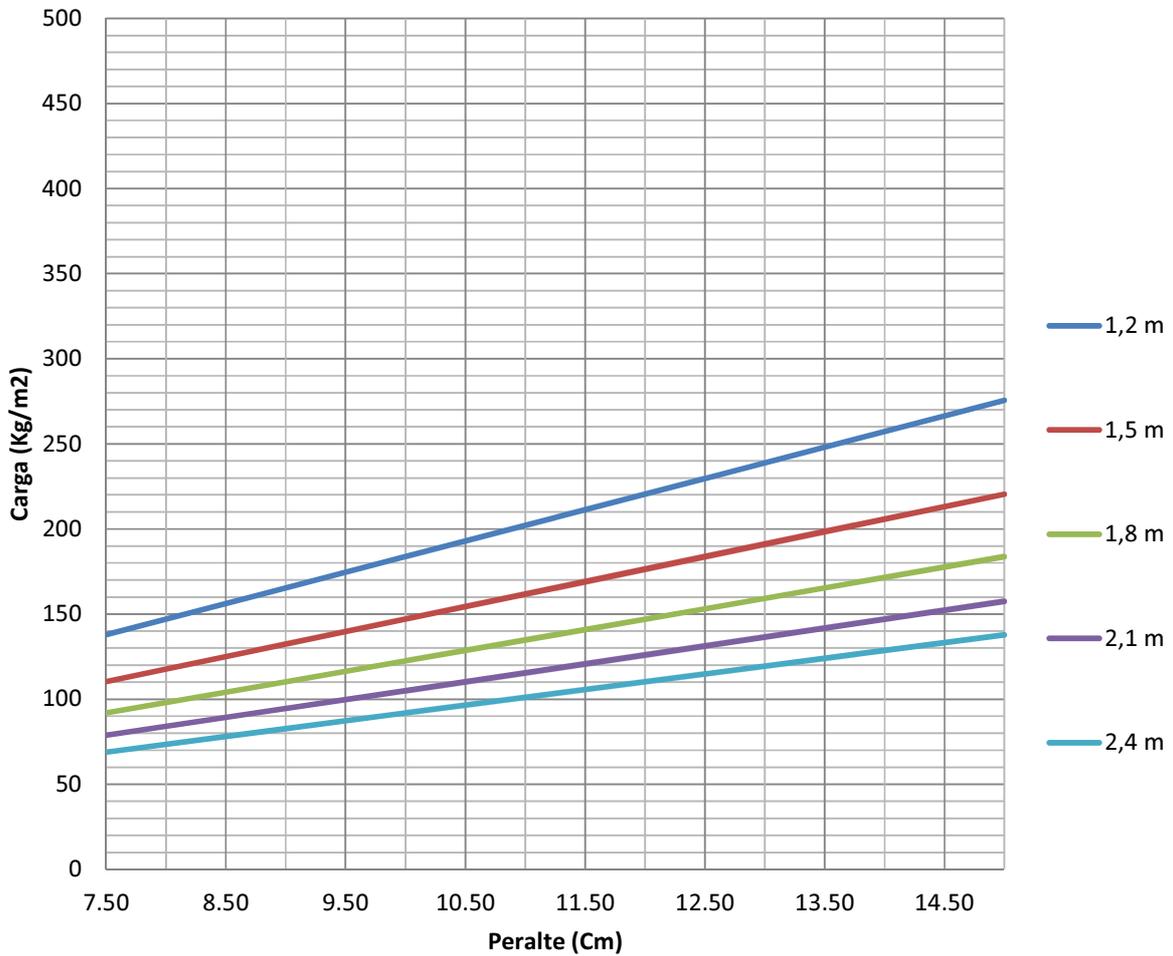
**Pino Radiata.**  
**Selección de viga primaria por flexión.**  
**Distancia entre apoyos de 3,00 m.**



**Figura 36.**Gráfico de selección de viga primaria de pino Radiata por esfuerzo flector con una luz máxima de 3,00 m.

<b>Cuadro 23. Cargas últimas para selección por flexión.</b>						
D (cm)	Distancia entre apoyos					
	1,2 m	1,5 m	1,8 m	2,1 m	2,4 m	
7.50	95	76	64	55	48	Kg/m2
8.75	130	104	87	74	65	Kg/m2
10.00	170	136	113	97	85	Kg/m2
11.25	215	172	143	123	107	Kg/m2
12.50	265	212	177	152	133	Kg/m2
13.75	321	257	214	183	160	Kg/m2
15.00	382	305	255	218	191	Kg/m2

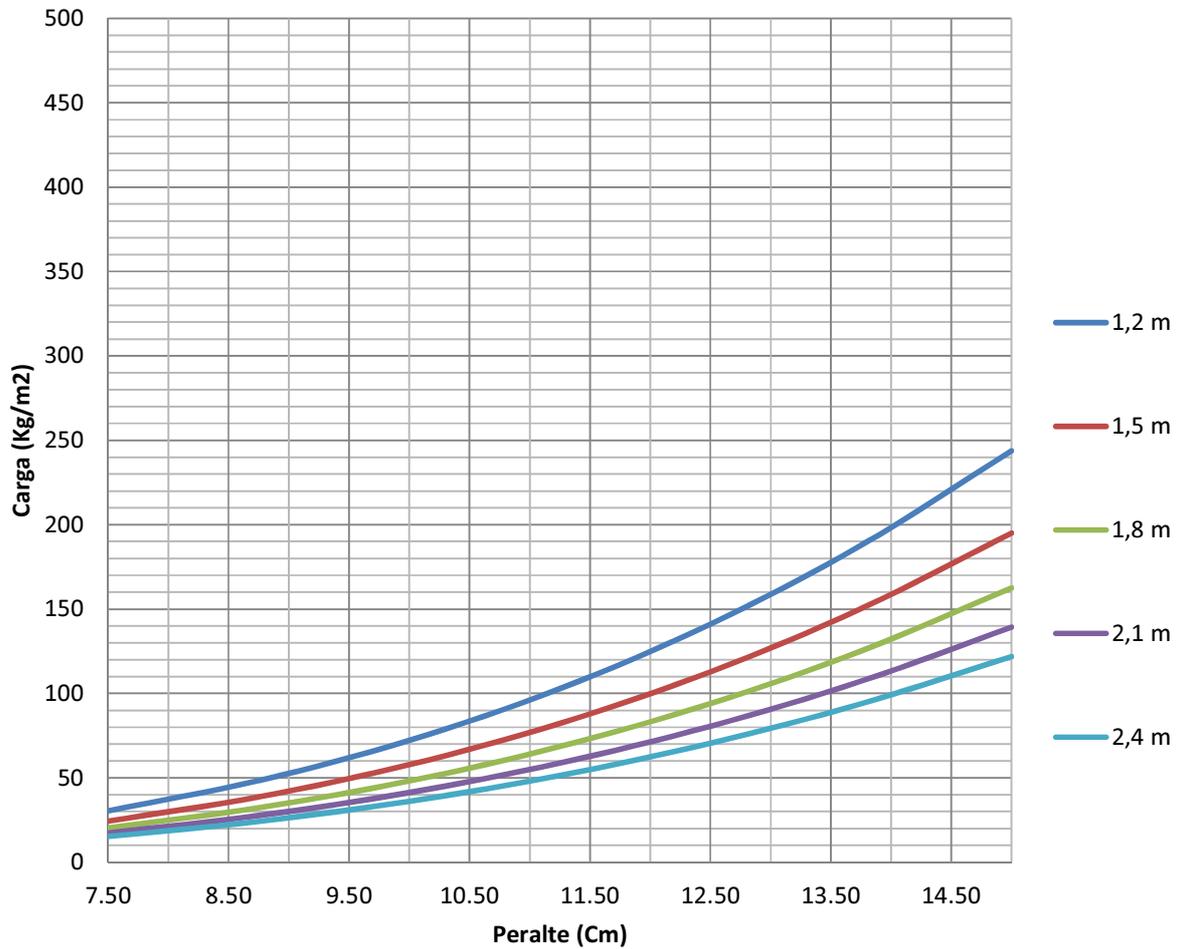
**Pino Radiata.**  
**Selección de viga primaria por cortante.**  
**Distancia entre apoyos de 3,00 m.**



**Figura 37.** Gráfico de selección de viga primaria de pino Radiata por esfuerzo cortante con una luz máxima de 3,00 m.

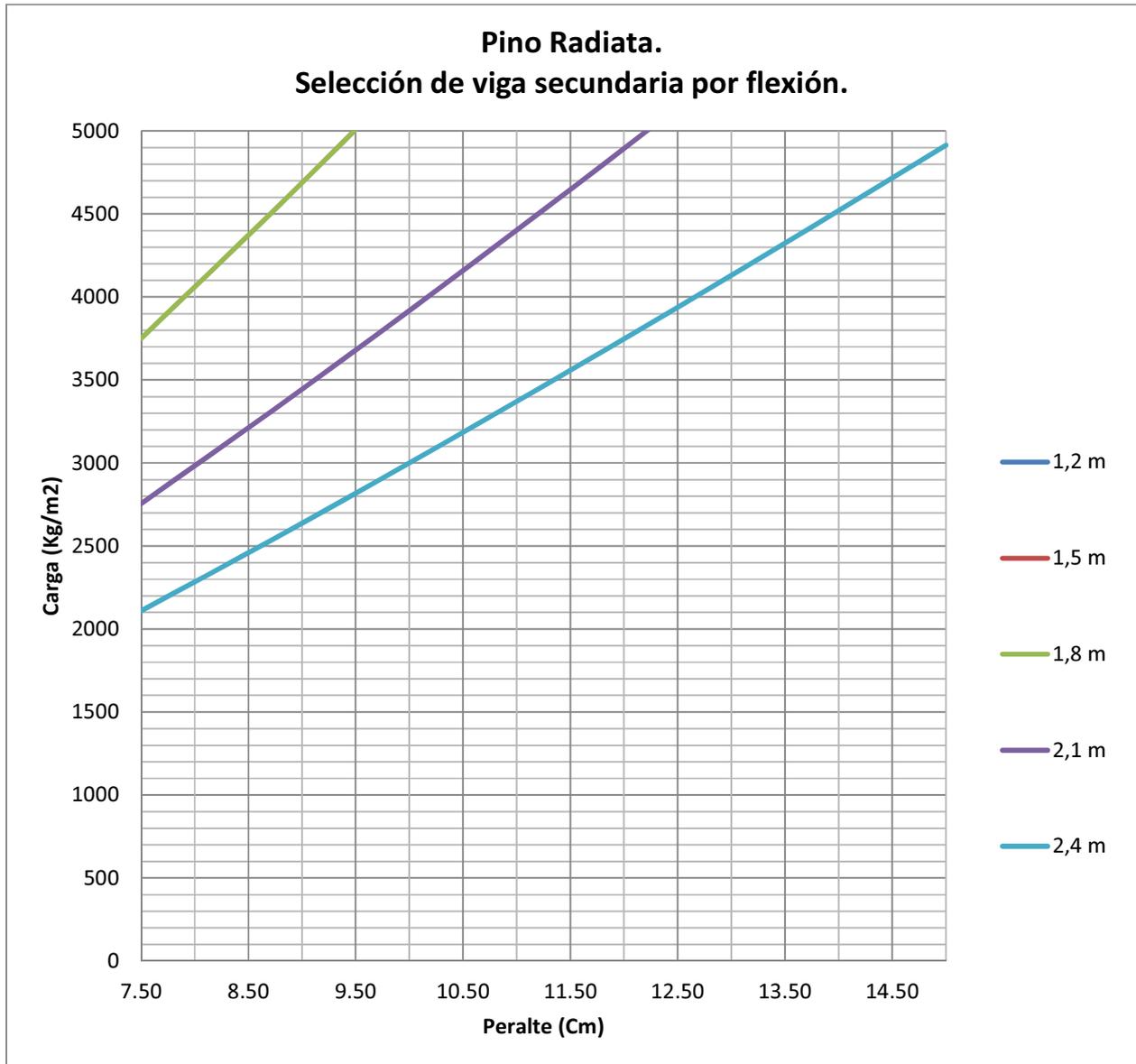
<b>Cuadro 24. Cargas últimas para selección por cortante.</b>						
Peralte (cm)	Distancia entre apoyos					
	1,2 m	1,5 m	1,8 m	2,1 m	2,4 m	
7.50	138	110	92	79	69	Kg/m <sup>2</sup>
8.75	161	129	107	92	80	Kg/m <sup>2</sup>
10.00	184	147	123	105	92	Kg/m <sup>2</sup>
11.25	207	165	138	118	103	Kg/m <sup>2</sup>
12.50	230	184	153	131	115	Kg/m <sup>2</sup>
13.75	253	202	168	144	126	Kg/m <sup>2</sup>
15.00	276	221	184	158	138	Kg/m <sup>2</sup>

**Pino Radiata.**  
**Selección de viga primaria por deformación.**  
**Distancia entre apoyos de 3,00 m.**



**Figura 38.** Gráfico de selección de viga primaria de pino Radiata por deformación permisible, con una luz máxima de 3,00 m.

<b>Cuadro 25. Cargas últimas para selección por deformación.</b>						
Peralte (cm)	Distancia entre apoyos					Kg/m2
	1,2 m	1,5 m	1,8 m	2,1 m	2,4 m	
7.50	30	24	20	17	15	Kg/m2
8.75	48	39	32	28	24	Kg/m2
10.00	72	58	48	41	36	Kg/m2
11.25	103	82	69	59	51	Kg/m2
12.50	141	113	94	81	71	Kg/m2
13.75	188	150	125	107	94	Kg/m2
15.00	244	195	163	139	122	Kg/m2



**Figura 39.** Gráfico de selección de viga secundaria de pino Radiata por esfuerzo en flexión por sección transformada.

**Cuadro 26. Cargas últimas para selección por flexión.**

Peralte (cm)	Distancia entre apoyos					Kg/m <sup>2</sup>
	1,2 m	1,5 m	1,8 m	2,1 m	2,4 m	
7.50	8439	5401	3751	2756	2110	Kg/m <sup>2</sup>
8.75	10191	6522	4529	3328	2548	Kg/m <sup>2</sup>
10.00	12000	7680	5333	3918	3000	Kg/m <sup>2</sup>
11.25	13857	8868	6158	4525	3464	Kg/m <sup>2</sup>
12.50	15754	10083	7002	5144	3939	Kg/m <sup>2</sup>
13.75	17688	11321	7862	5776	4422	Kg/m <sup>2</sup>
15.00	19657	12580	8736	6418	4914	Kg/m <sup>2</sup>

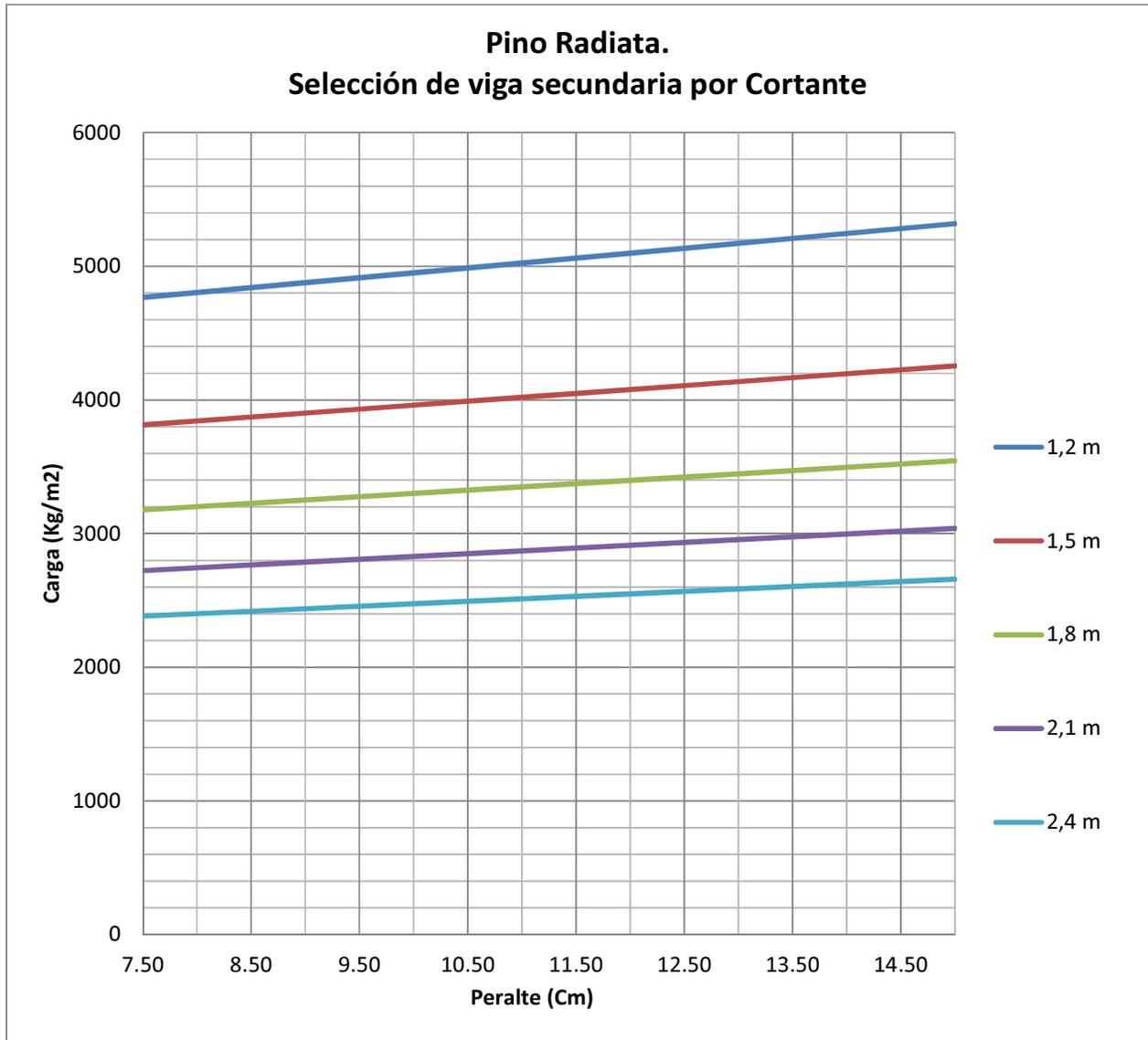


Figura 40. Gráfico de selección de viga secundaria de pino Radiata por esfuerzo cortante por sección transformada.

<b>Cuadro 27. Cargas últimas para selección por cortante.</b>						
Peralte (cm)	Distancia entre apoyos					
	1,2 m	1,5 m	1,8 m	2,1 m	2,4 m	
7.50	4767	3814	3178	2724	2384	Kg/m <sup>2</sup>
8.75	4859	3887	3239	2777	2430	Kg/m <sup>2</sup>
10.00	4951	3961	3301	2829	2476	Kg/m <sup>2</sup>
11.25	5043	4034	3362	2882	2521	Kg/m <sup>2</sup>
12.50	5135	4108	3423	2934	2567	Kg/m <sup>2</sup>
13.75	5227	4181	3484	2987	2613	Kg/m <sup>2</sup>
15.00	5319	4255	3546	3039	2659	Kg/m <sup>2</sup>

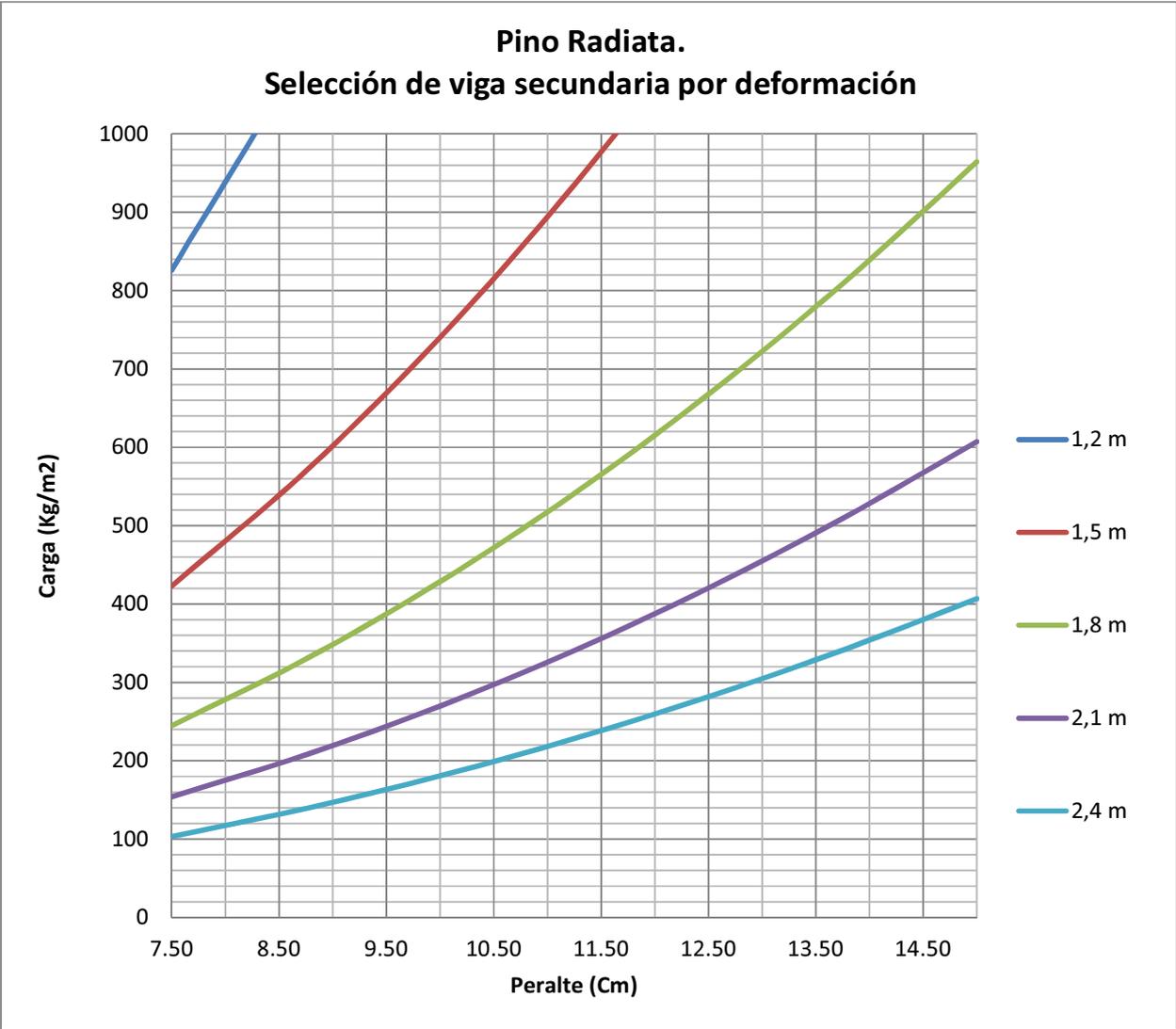
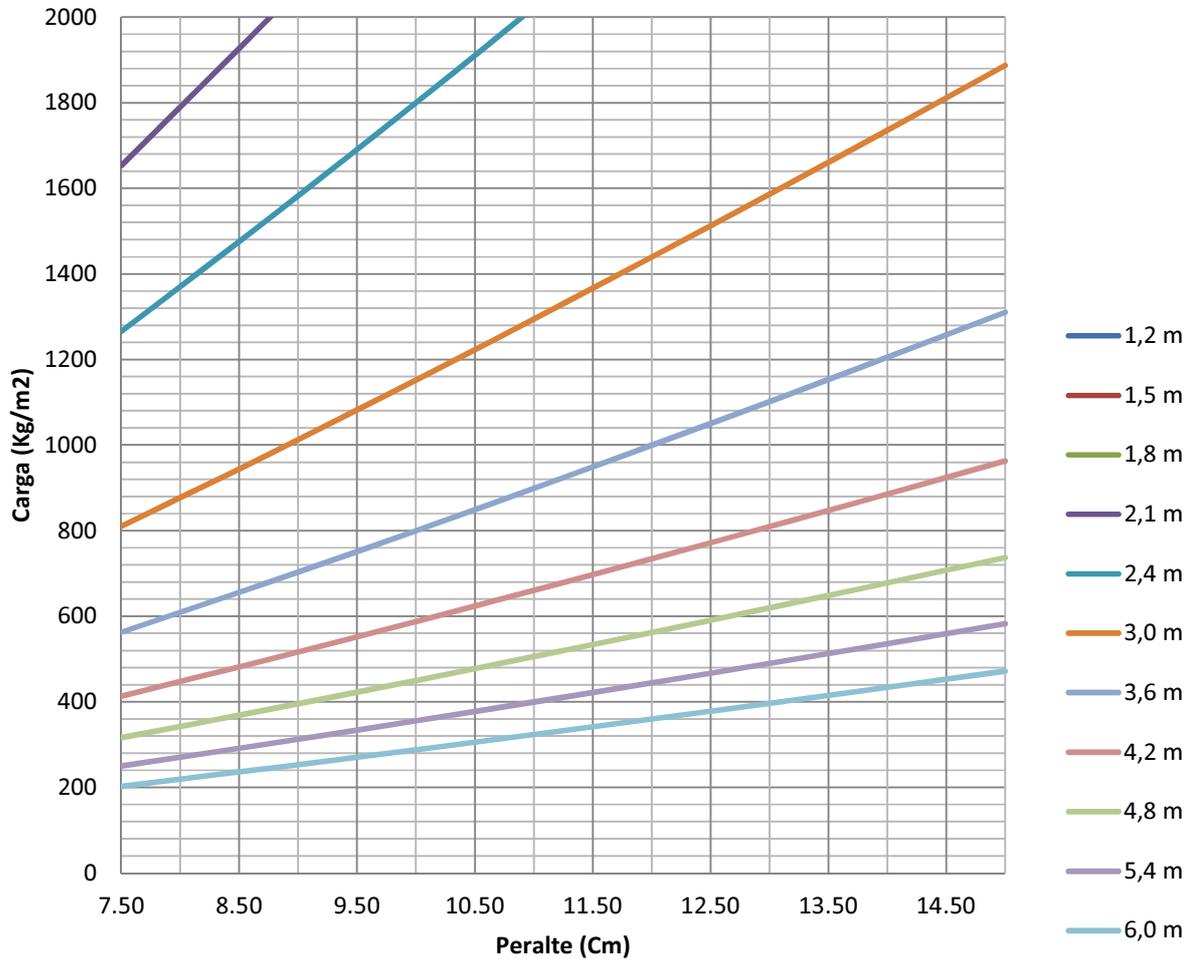


Figura 41. Gráfico de selección de viga secundaria de pino Radiata por deformación permisible por sección transformada.

<b>Cuadro 28. Cargas últimas para selección por deformación.</b>						
Peralte (cm)	Distancia entre apoyos					
	1,2 m	1,5 m	1,8 m	2,1 m	2,4 m	
7.50	826	423	245	154	103	Kg/m <sup>2</sup>
8.75	1113	570	330	208	139	Kg/m <sup>2</sup>
10.00	1446	740	428	270	181	Kg/m <sup>2</sup>
11.25	1826	935	541	341	228	Kg/m <sup>2</sup>
12.50	2254	1154	668	420	282	Kg/m <sup>2</sup>
13.75	2729	1397	809	509	341	Kg/m <sup>2</sup>
15.00	3254	1666	964	607	407	Kg/m <sup>2</sup>

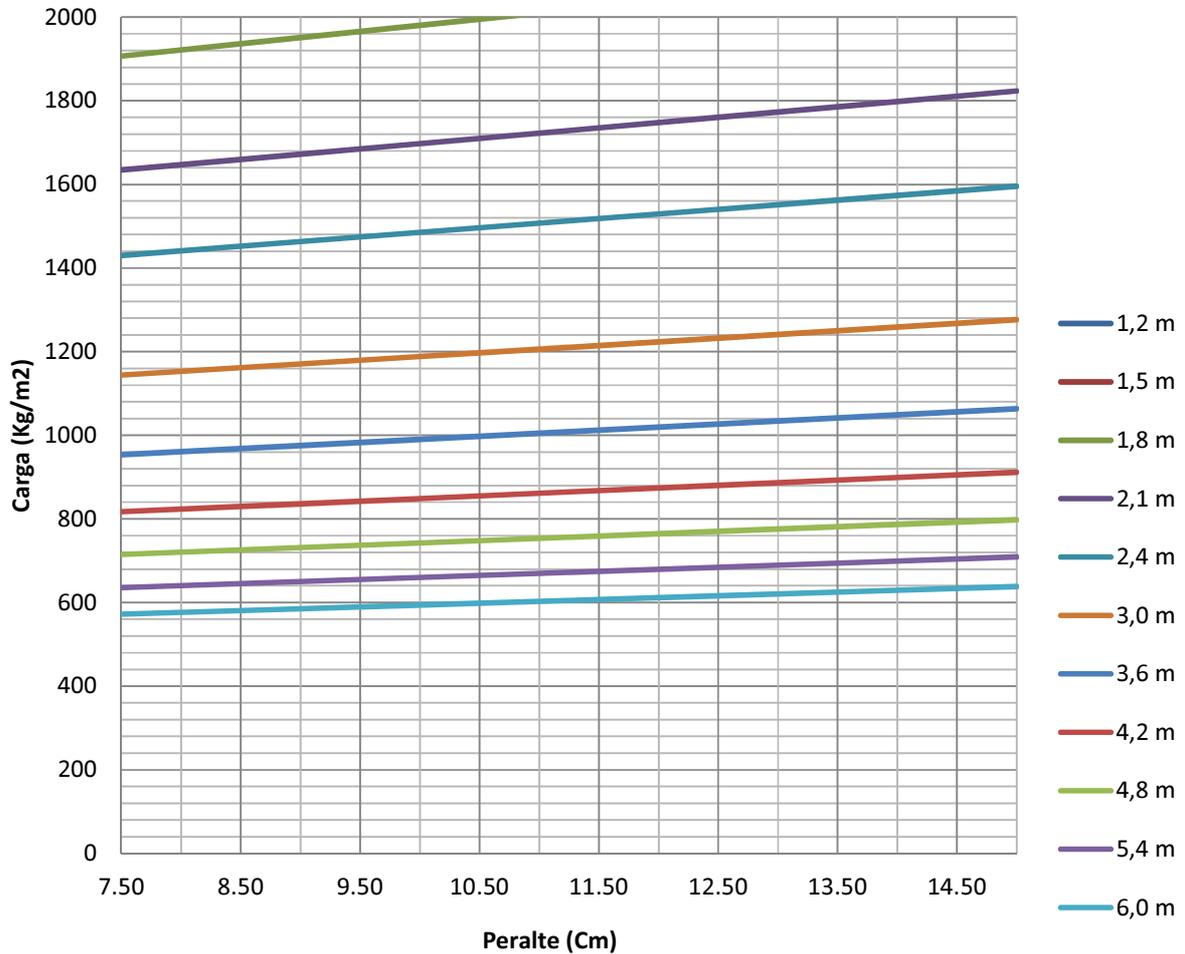
**Pino Radiata.  
Selección de viga primaria por flexión.**



**Figura 42.** Gráfico de selección de viga primaria de pino Radiata por esfuerzo en flexión por sección transformada.

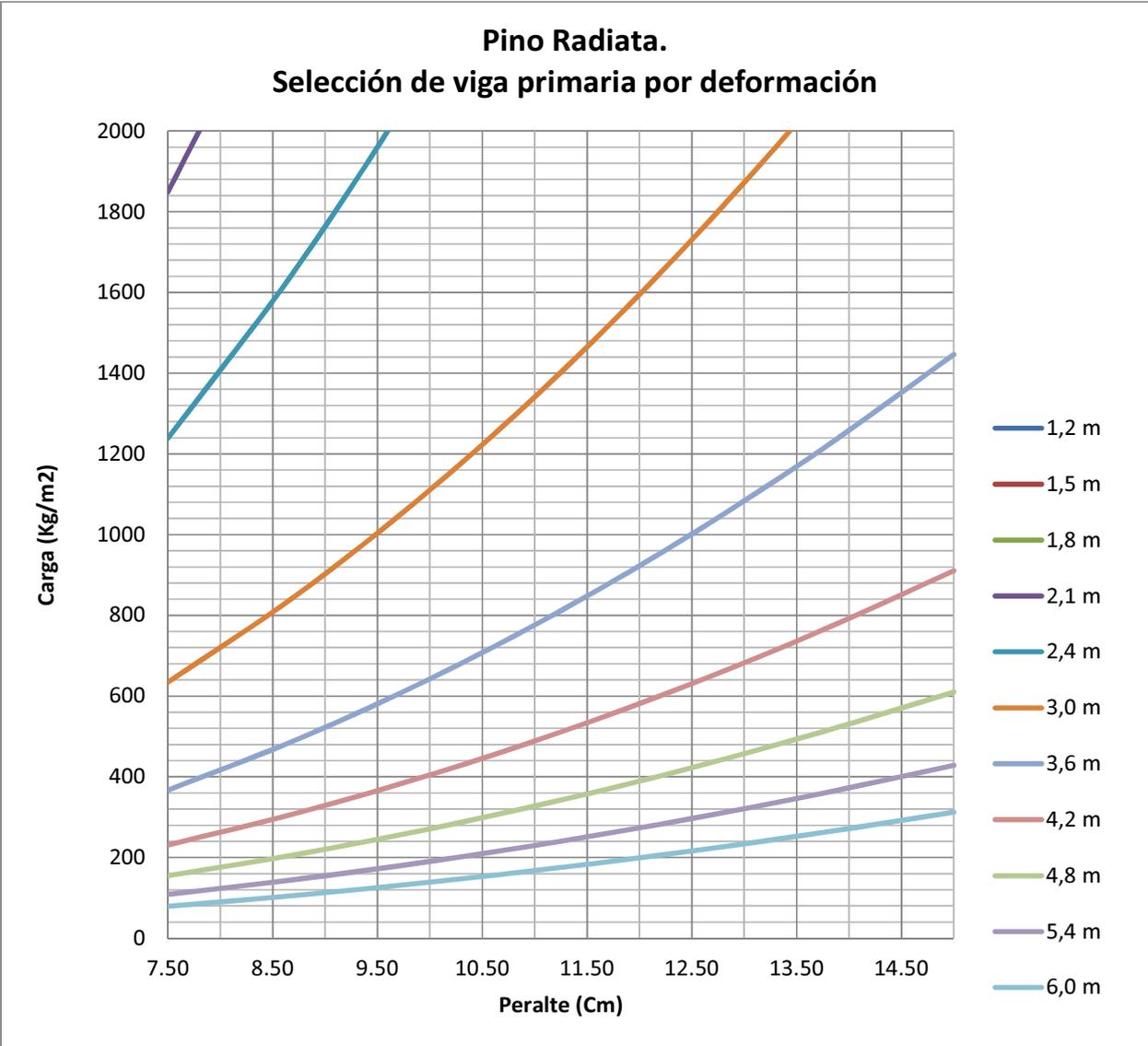
<b>Cuadro 29. Cargas últimas para selección por flexión.</b>												
D (Cm)	Distancia entre apoyos											
	1,2 m	1,5 m	1,8 m	2,1 m	2,4 m	3,0 m	3,6 m	4,2 m	4,8 m	5,4 m	6,0 m	
7.50	5063	3241	2250	1653	1266	810	563	413	316	250	203	Kg/m2
8.75	6115	3913	2718	1997	1529	978	679	499	382	302	245	Kg/m2
10.00	7200	4608	3200	2351	1800	1152	800	588	450	356	288	Kg/m2
11.25	8314	5321	3695	2715	2078	1330	924	679	520	411	333	Kg/m2
12.50	9452	6050	4201	3087	2363	1512	1050	772	591	467	378	Kg/m2
13.75	10613	6792	4717	3466	2653	1698	1179	866	663	524	425	Kg/m2
15.00	11794	7548	5242	3851	2948	1887	1310	963	737	582	472	Kg/m2

**Pino Radiata.**  
**Selección de viga primaria por Cortante**



**Figura 43.** Gráfico de selección de viga primaria de pino Radiata por esfuerzo cortante por sección transformada.

<b>Cuadro 30. Cargas últimas para selección por cortante.</b>												
Peralte (Cm)	Distancia entre apoyos											
	1,2 m	1,5 m	1,8 m	2,1 m	2,4 m	3,0 m	3,6 m	4,2 m	4,8 m	5,4 m	6,0 m	
7.50	2860	2288	1907	1634	1430	1144	953	817	715	636	572	Kg/m <sup>2</sup>
8.75	2915	2332	1944	1666	1458	1166	972	833	729	648	583	Kg/m <sup>2</sup>
10.00	2971	2376	1980	1697	1485	1188	990	849	743	660	594	Kg/m <sup>2</sup>
11.25	3026	2421	2017	1729	1513	1210	1009	864	756	672	605	Kg/m <sup>2</sup>
12.50	3081	2465	2054	1760	1540	1232	1027	880	770	685	616	Kg/m <sup>2</sup>
13.75	3136	2509	2091	1792	1568	1254	1045	896	784	697	627	Kg/m <sup>2</sup>
15.00	3191	2553	2127	1823	1596	1276	1064	912	798	709	638	Kg/m <sup>2</sup>



**Figura 44.** Gráfico de selección de viga primaria de pino Radiata por deformación permisible por sección transformada.

**Cuadro 31. Cargas últimas para selección por deformación.**

Peralte (Cm)	Distancia entre apoyos											Kg/m2
	1,2 m	1,5 m	1,8 m	2,1 m	2,4 m	3,0 m	3,6 m	4,2 m	4,8 m	5,4 m	6,0 m	
7.50	9910	5074	2936	1849	1239	634	367	231	155	109	79	Kg/m2
8.75	13352	6836	3956	2491	1669	855	495	311	209	147	107	Kg/m2
10.00	17350	8883	5141	3237	2169	1110	643	405	271	190	139	Kg/m2
11.25	21911	11219	6492	4088	2739	1402	812	511	342	240	175	Kg/m2
12.50	27043	13846	8013	5046	3380	1731	1002	631	423	297	216	Kg/m2
13.75	32753	16769	9704	6111	4094	2096	1213	764	512	359	262	Kg/m2
15.00	39048	19993	11570	7286	4881	2499	1446	911	610	429	312	Kg/m2

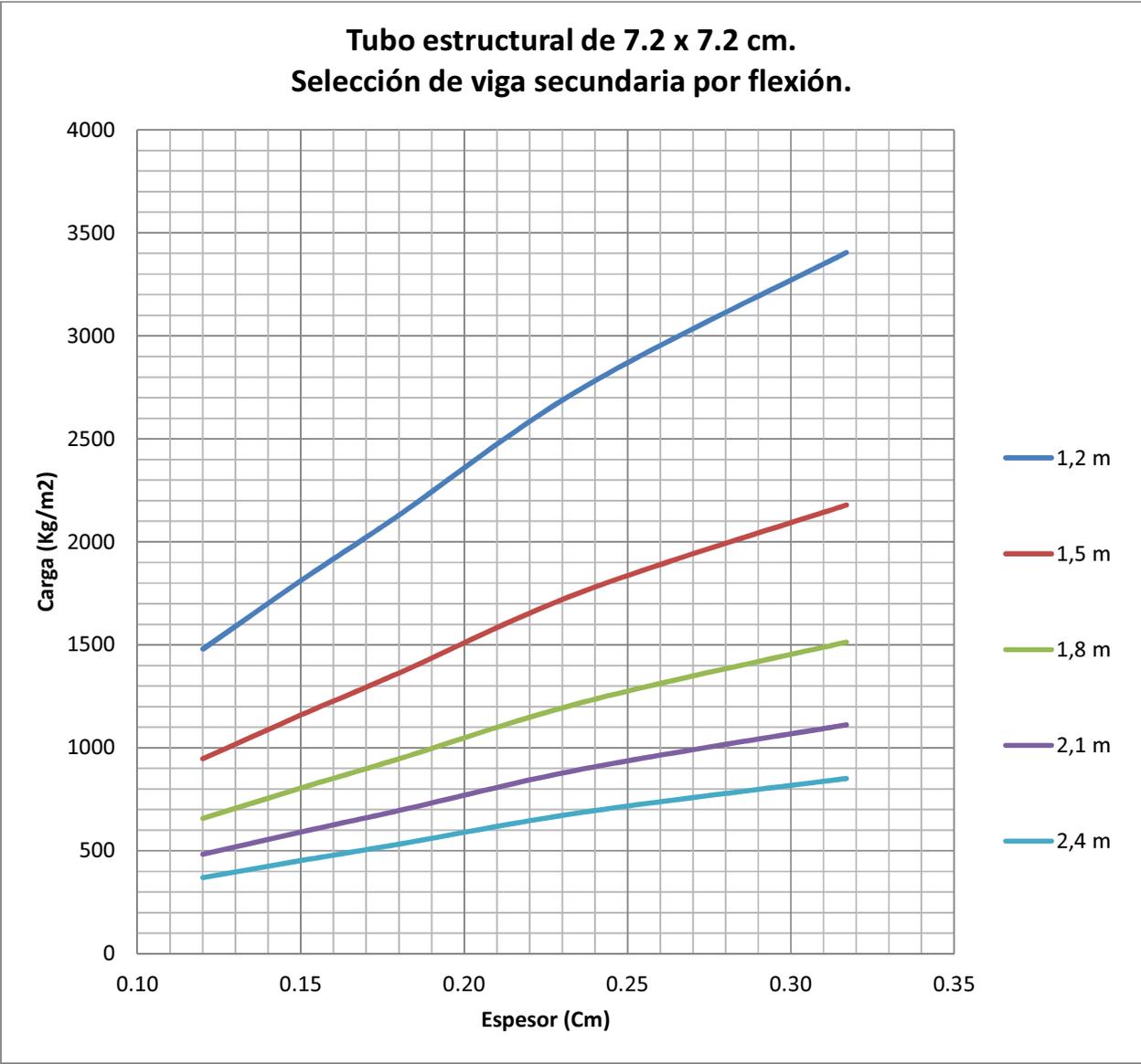


Figura 45. Gráfico de selección de viga secundaria de acero estructural por esfuerzo en flexión.

Cuadro 32. Cargas últimas para selección por flexión.						
t (cm)	Distancia entre apoyos					
	1,2 m	1,5 m	1,8 m	2,1 m	2,4 m	
0.12	1480	947	658	483	370	Kg/m2
0.15	1811	1159	805	591	453	Kg/m2
0.18	2130	1363	946	695	532	Kg/m2
0.24	2755	1763	1224	899	689	Kg/m2
0.317	3405	2179	1513	1112	851	Kg/m2

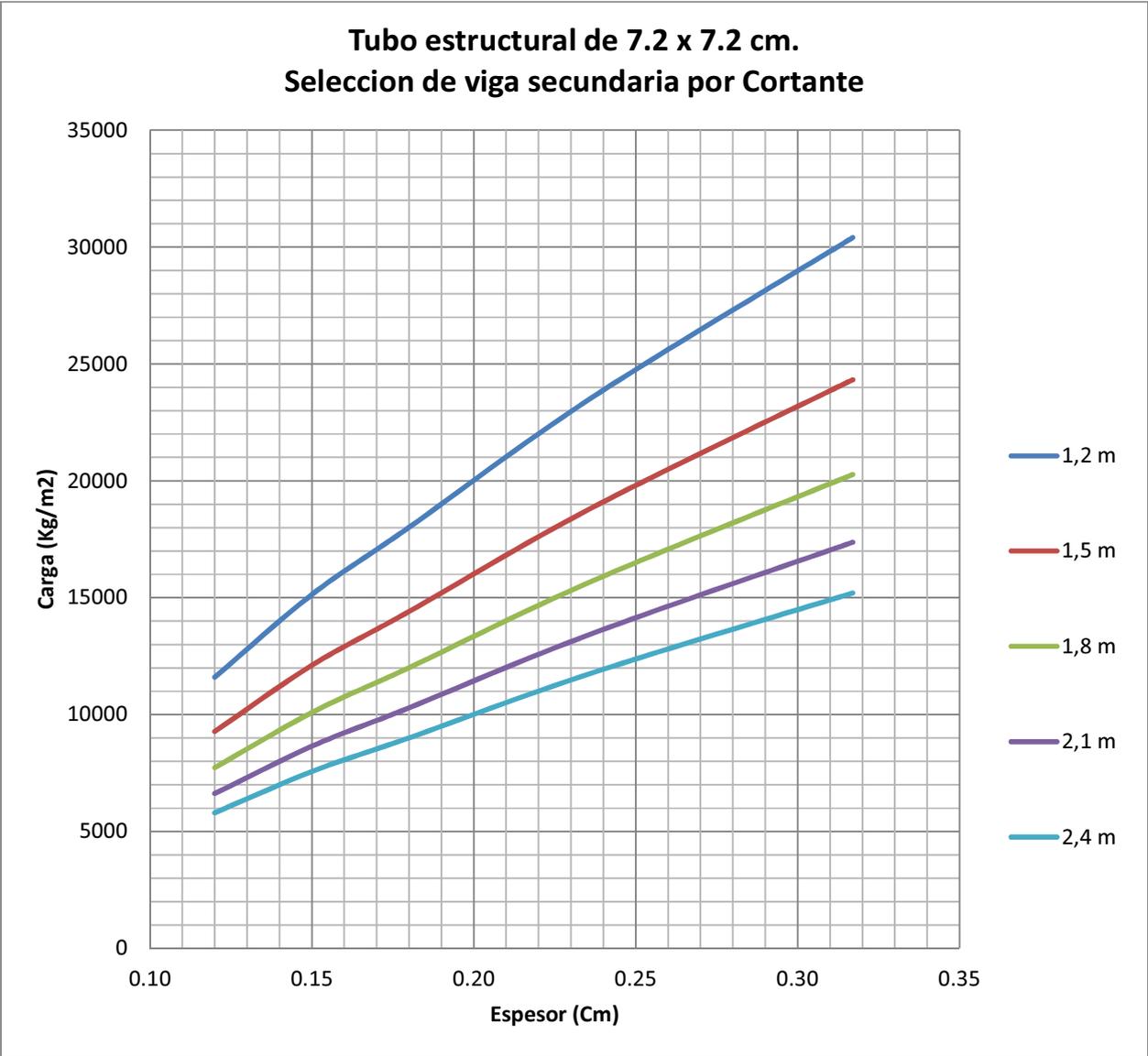


Figura 46. Gráfico de selección de viga secundaria de acero estructural por esfuerzo cortante.

t (cm)	Distancia entre apoyos					
	1,2 m	1,5 m	1,8 m	2,1 m	2,4 m	
0.12	11597	9278	7731	6627	5798	Kg/m2
0.15	15137	12109	10091	8649	7568	Kg/m2
0.18	18014	14411	12009	10294	9007	Kg/m2
0.237	23610	18888	15740	13492	11805	Kg/m2
0.317	30405	24324	20270	17374	15203	Kg/m2

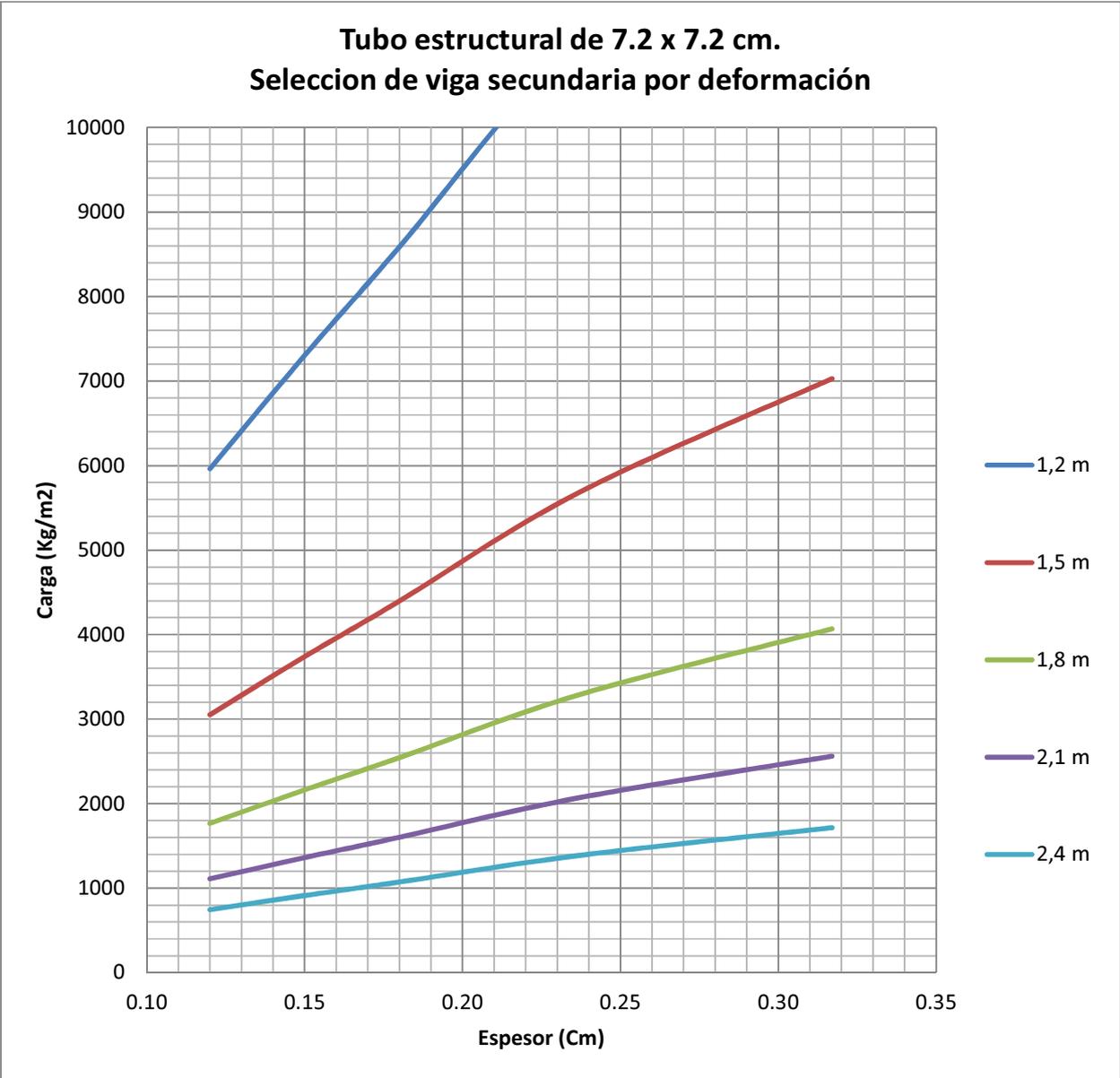
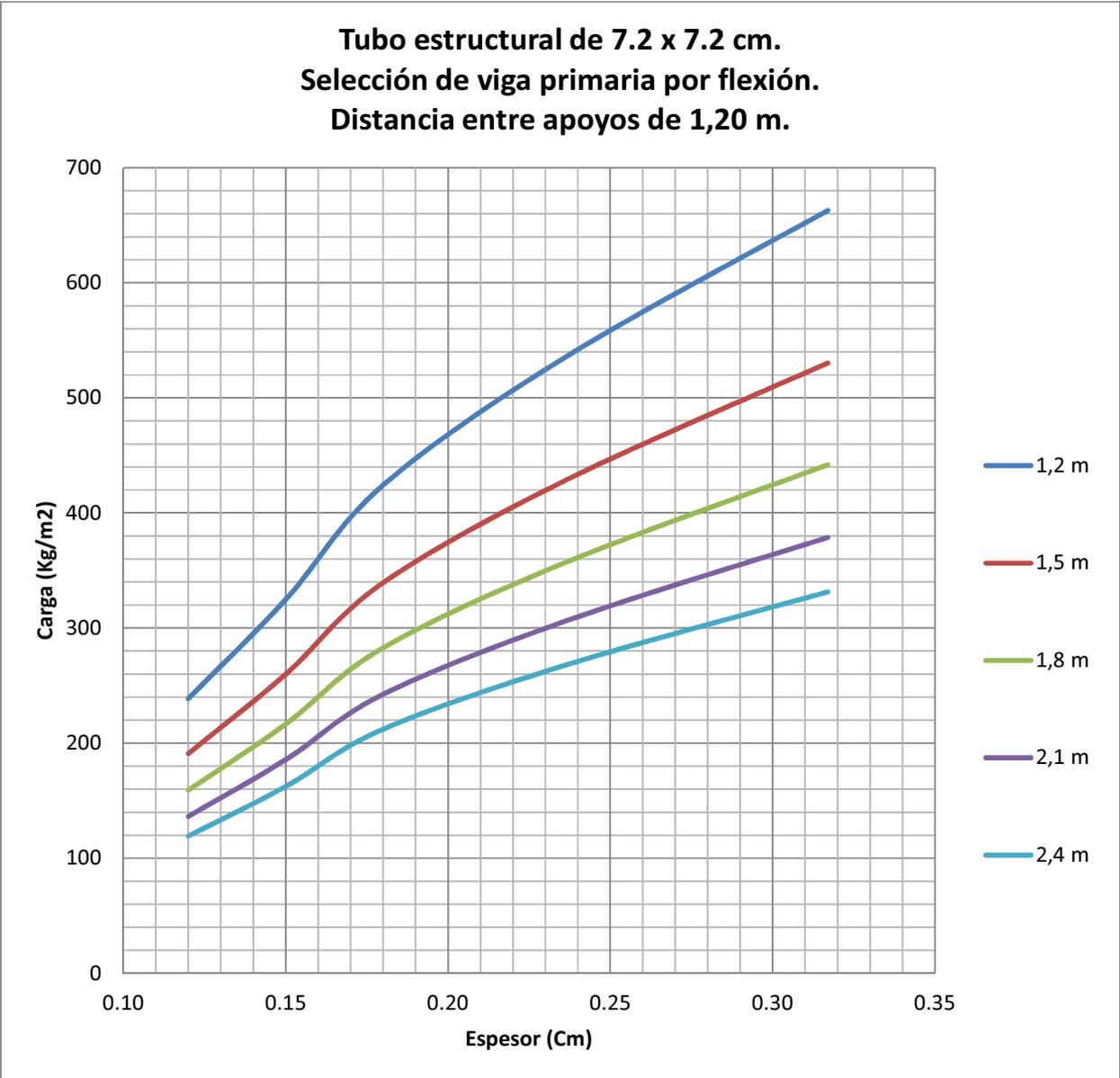


Figura 47. Gráfico de selección de viga secundaria de acero estructural por deformación permisible.

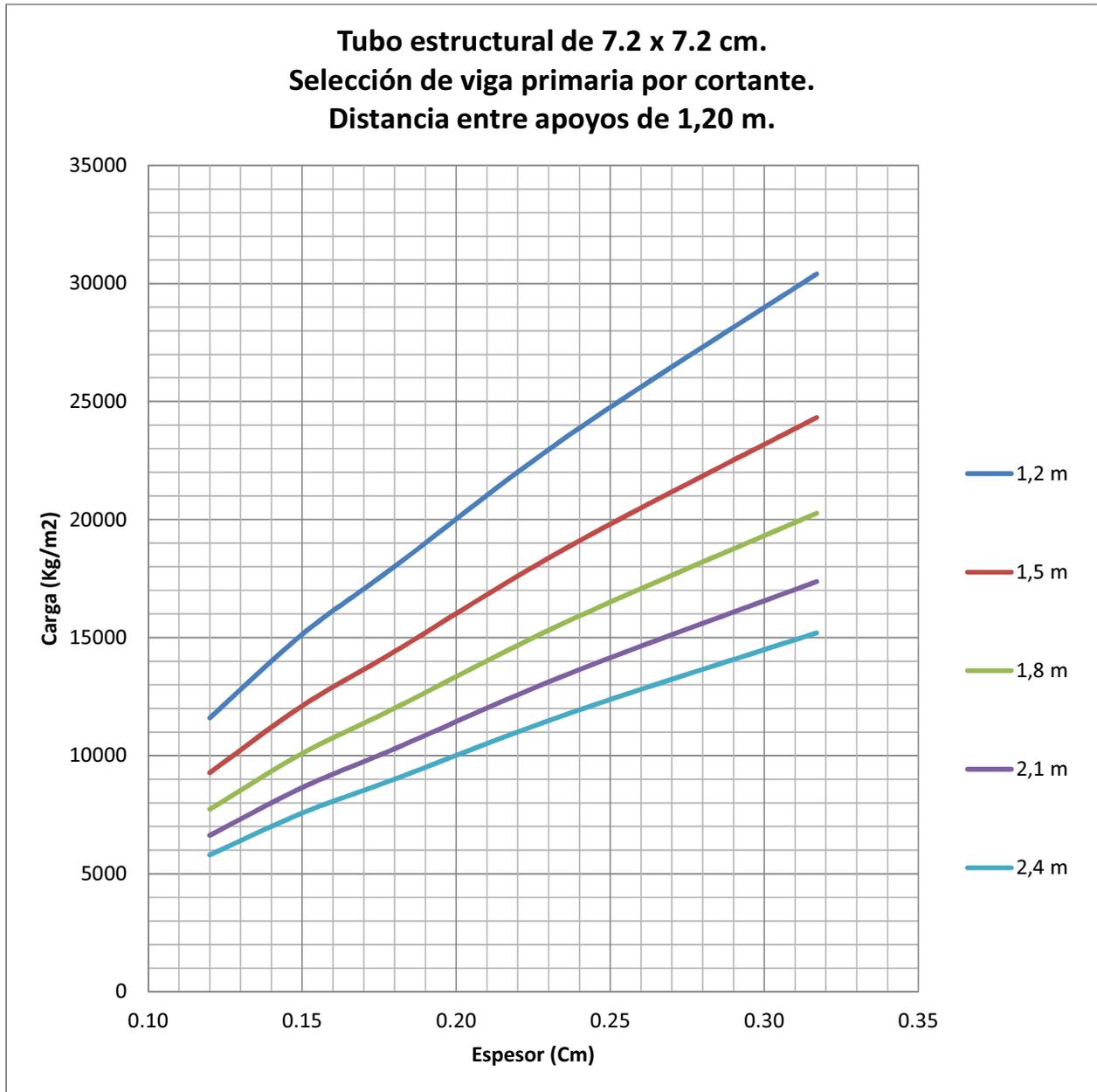
**Cuadro 34. Cargas últimas para selección por deformación.**

t (cm)	Distancia entre apoyos					Kg/m <sup>2</sup>
	1,2 m	1,5 m	1,8 m	2,1 m	2,4 m	
0.12	5963	3053	1767	1113	745	Kg/m <sup>2</sup>
0.15	7302	3739	2164	1363	913	Kg/m <sup>2</sup>
0.18	8588	4397	2545	1602	1073	Kg/m <sup>2</sup>
0.237	11103	5685	3290	2072	1388	Kg/m <sup>2</sup>
0.317	13728	7029	4067	2561	1716	Kg/m <sup>2</sup>



**Figura 48.** Gráfico de selección de viga primaria de acero estructural por esfuerzo flector con una luz máxima de 1,20 m.

<b>Cuadro 35. Cargas últimas para selección por flexión.</b>						
	Distancia entre apoyos					
t (cm)	1,2 m	1,5 m	1,8 m	2,1 m	2,4 m	
0.12	238.62	190.90	159.08	136.35	119.31	Kg/m2
0.15	324.79	259.83	216.53	185.59	162.39	Kg/m2
0.18	424.21	339.37	282.81	242.41	212.11	Kg/m2
0.24	536.89	429.52	357.93	306.80	268.45	Kg/m2
0.317	662.83	530.27	441.89	378.76	331.42	Kg/m2

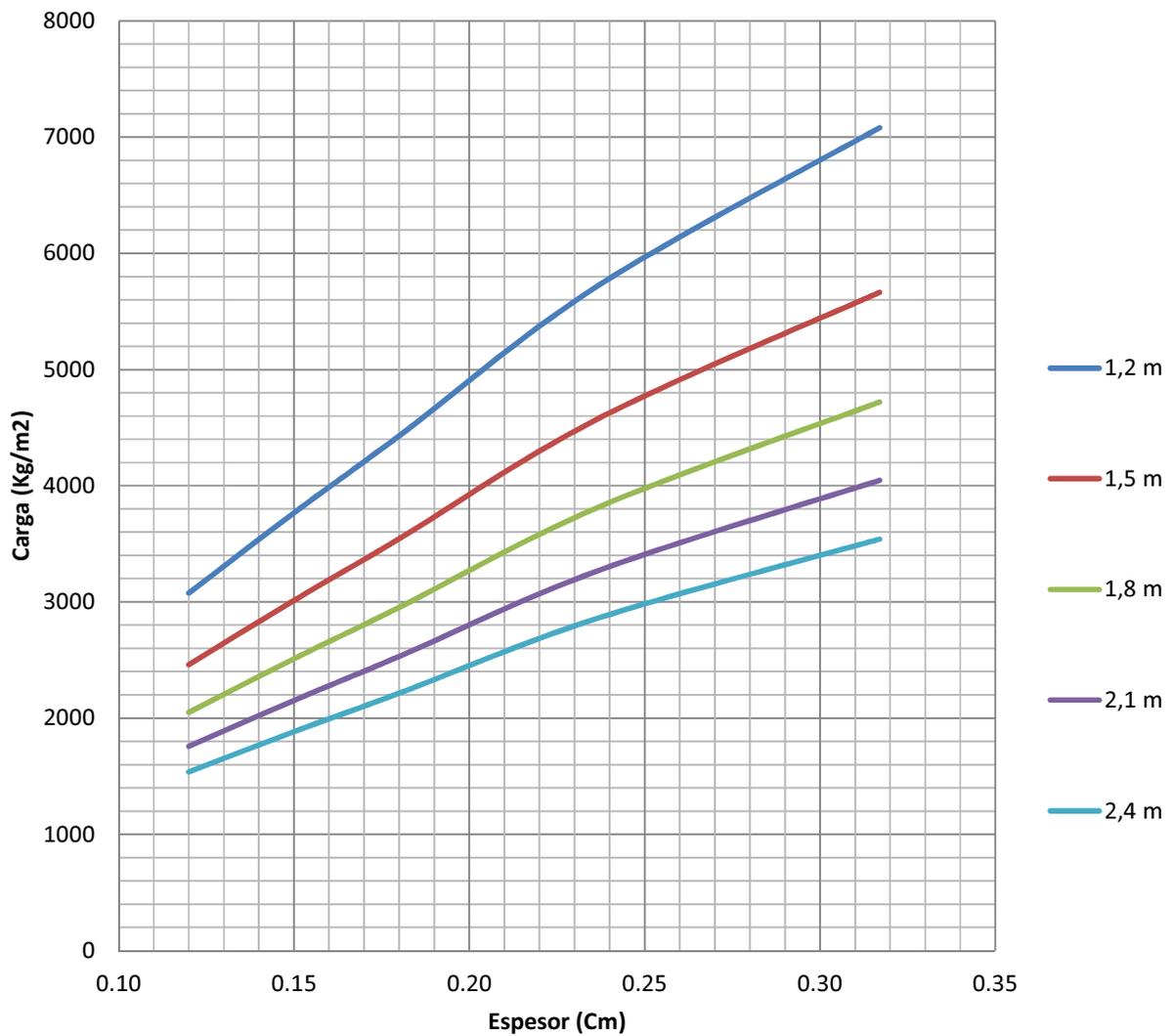


**Figura 49.** Gráfico de selección de viga primaria de acero estructural por esfuerzo cortante con una luz máxima de 1,20 m.

**Cuadro 36. Cargas últimas para selección por cortante.**

t (cm)	Distancia entre apoyos					
	1,2 m	1,5 m	1,8 m	2,1 m	2,4 m	
0.12	11597	9278	7731	6627	5798	Kg/m <sup>2</sup>
0.15	15137	12109	10091	8649	7568	Kg/m <sup>2</sup>
0.18	18014	14411	12009	10294	9007	Kg/m <sup>2</sup>
0.237	23610	18888	15740	13492	11805	Kg/m <sup>2</sup>
0.317	30405	24324	20270	17374	15203	Kg/m <sup>2</sup>

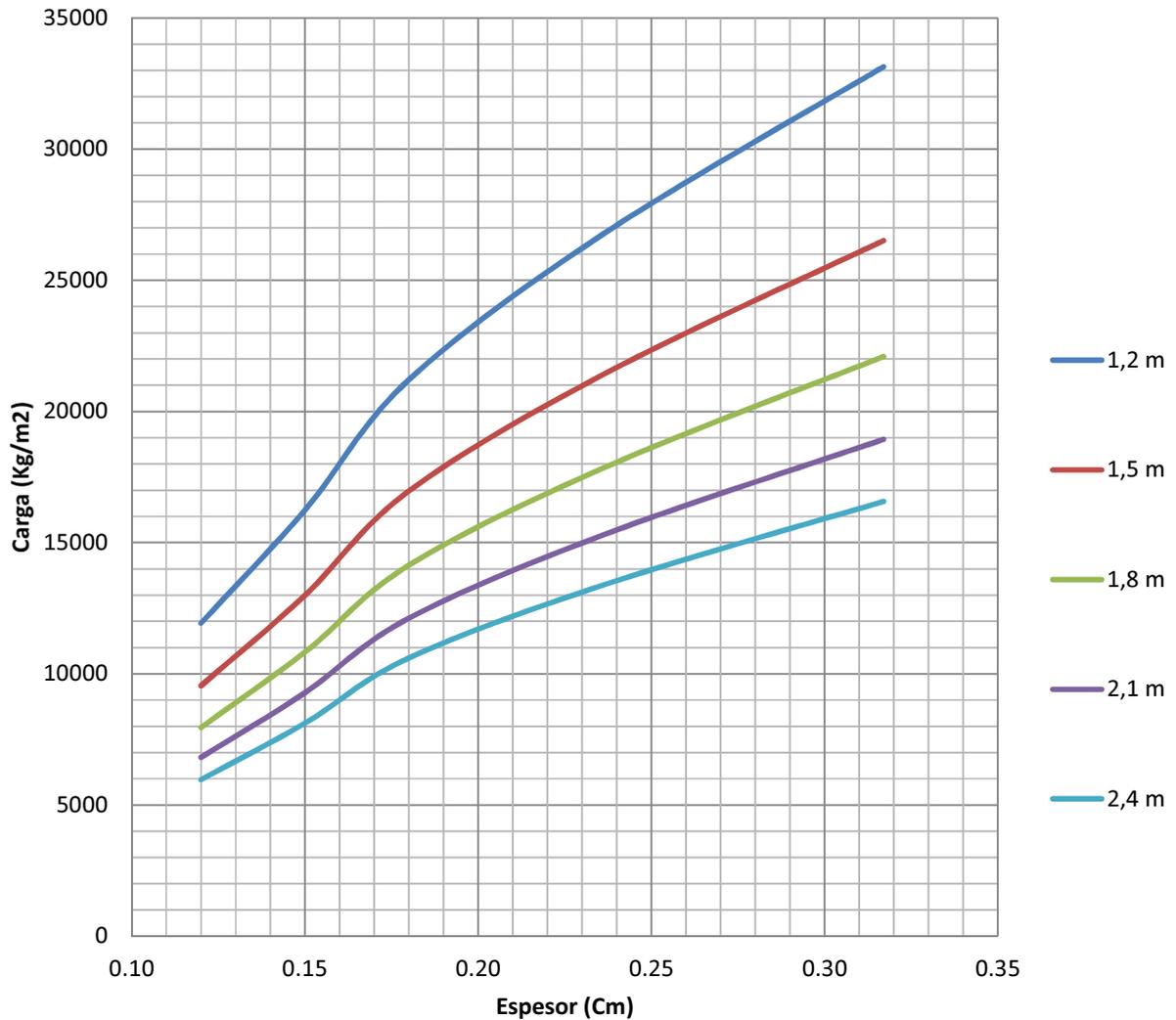
**Tubo estructural de 7.2 x 7.2 cm.  
Selección de viga primaria por deformación.  
Distancia entre apoyos de 1,20 m.**



**Figura 50.** Gráfico de selección de viga primaria de acero estructural por deformación permisible, con una luz máxima de 1,20 m.

<b>Cuadro 37. Cargas últimas para selección por deformación.</b>						
t (cm)	Distancia entre apoyos					
	1,2 m	1,5 m	1,8 m	2,1 m	2,4 m	
0.12	3076	2460	2050	1757	1538	Kg/m2
0.15	3767	3013	2511	2152	1883	Kg/m2
0.18	4430	3544	2953	2531	2215	Kg/m2
0.237	5727	4581	3818	3272	2863	Kg/m2
0.317	7081	5664	4720	4046	3540	Kg/m2

**Tubo estructural de 7.2 x 7.2 cm.  
Selección de viga primaria por flexión.  
Distancia entre apoyos de 1,80 m.**



**Figura 51.** Gráfico de selección de viga primaria de acero estructural por esfuerzo flector con una luz máxima de 1,80

<b>Cuadro 38. Cargas últimas para selección por flexión.</b>						
	Distancia entre apoyos					
t (cm)	1,2 m	1,5 m	1,8 m	2,1 m	2,4 m	
0.120	11931	9545	7954	6818	5965	Kg/m <sup>2</sup>
0.150	16239	12992	10826	9280	8120	Kg/m <sup>2</sup>
0.180	21211	16969	14140	12120	10605	Kg/m <sup>2</sup>
0.237	26845	21476	17896	15340	13422	Kg/m <sup>2</sup>
0.317	33142	26513	22094	18938	16571	Kg/m <sup>2</sup>

**Tubo estructural de 7.2 x 7.2 cm.  
Selección de viga primaria por cortante.  
Distancia entre apoyos de 1,80 m.**

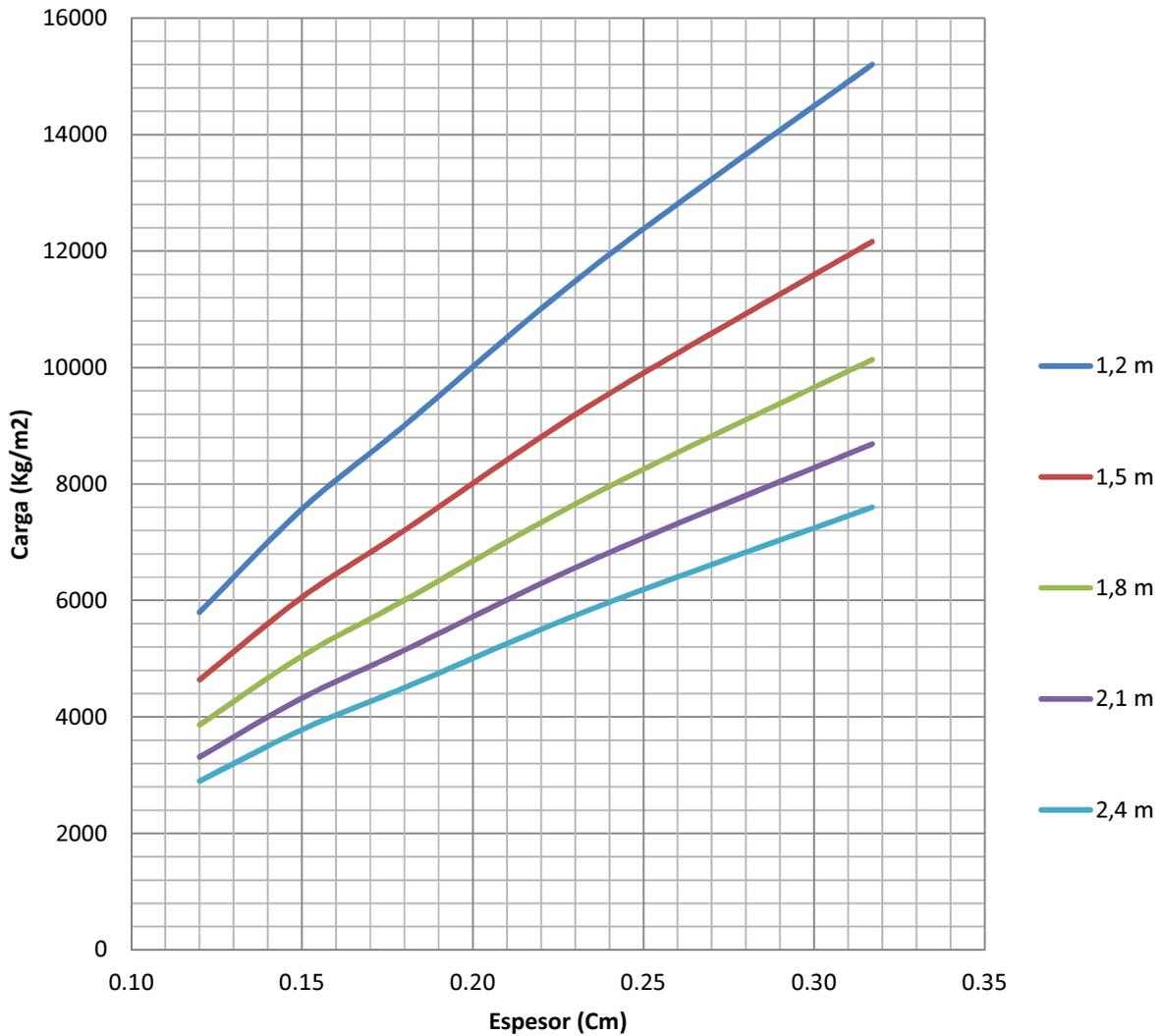
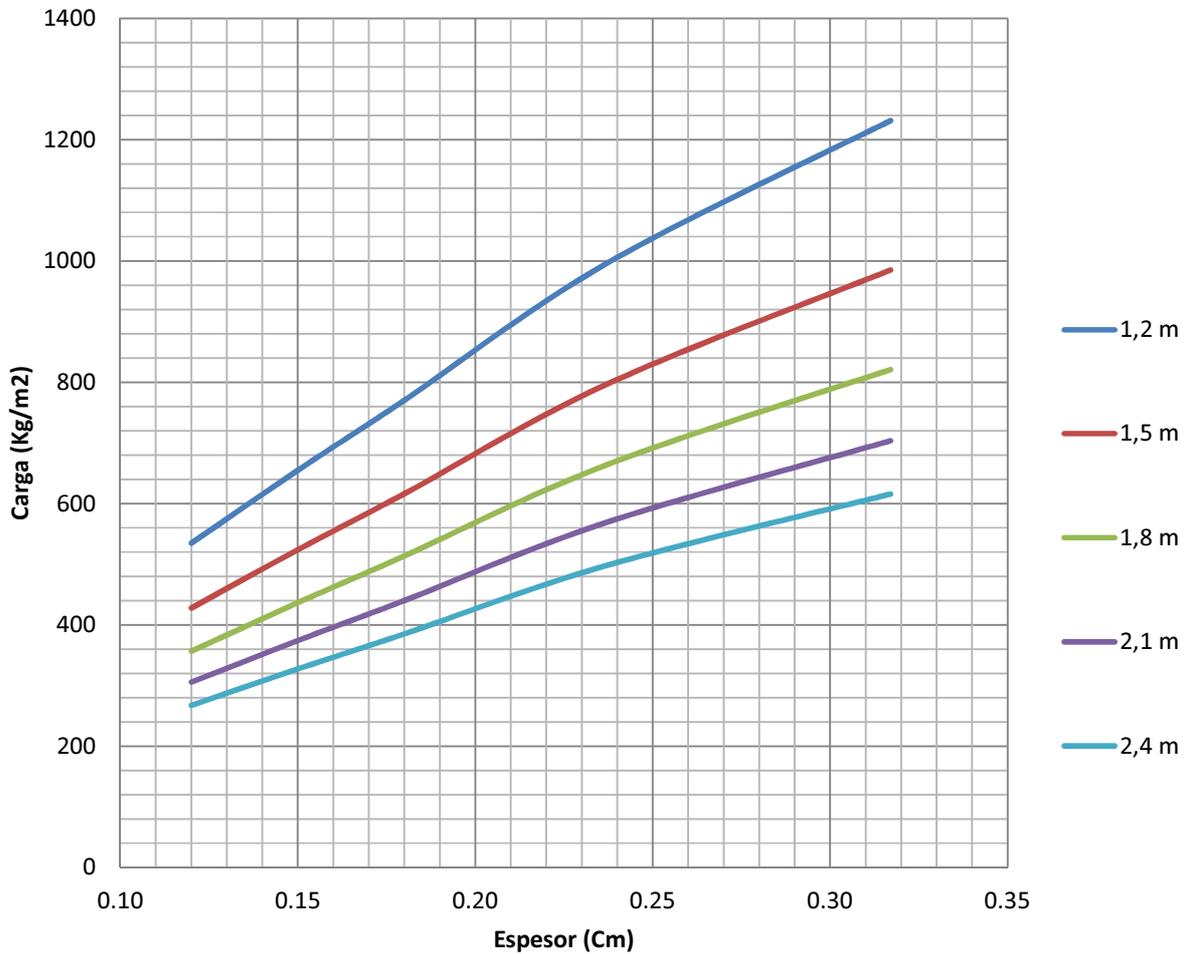


Figura 52. Gráfico de selección de viga primaria de acero estructural por esfuerzo cortante con una luz máxima de 1,80

<b>Cuadro 39. Cargas últimas para selección por cortante.</b>						
t (cm)	Distancia entre apoyos					
	1,2 m	1,5 m	1,8 m	2,1 m	2,4 m	
0.12	5798	4639	3866	3313	2899	Kg/m2
0.15	7568	6055	5046	4325	3784	Kg/m2
0.18	9007	7205	6005	5147	4503	Kg/m2
0.237	11805	9444	7870	6746	5903	Kg/m2
0.317	15203	12162	10135	8687	7601	Kg/m2

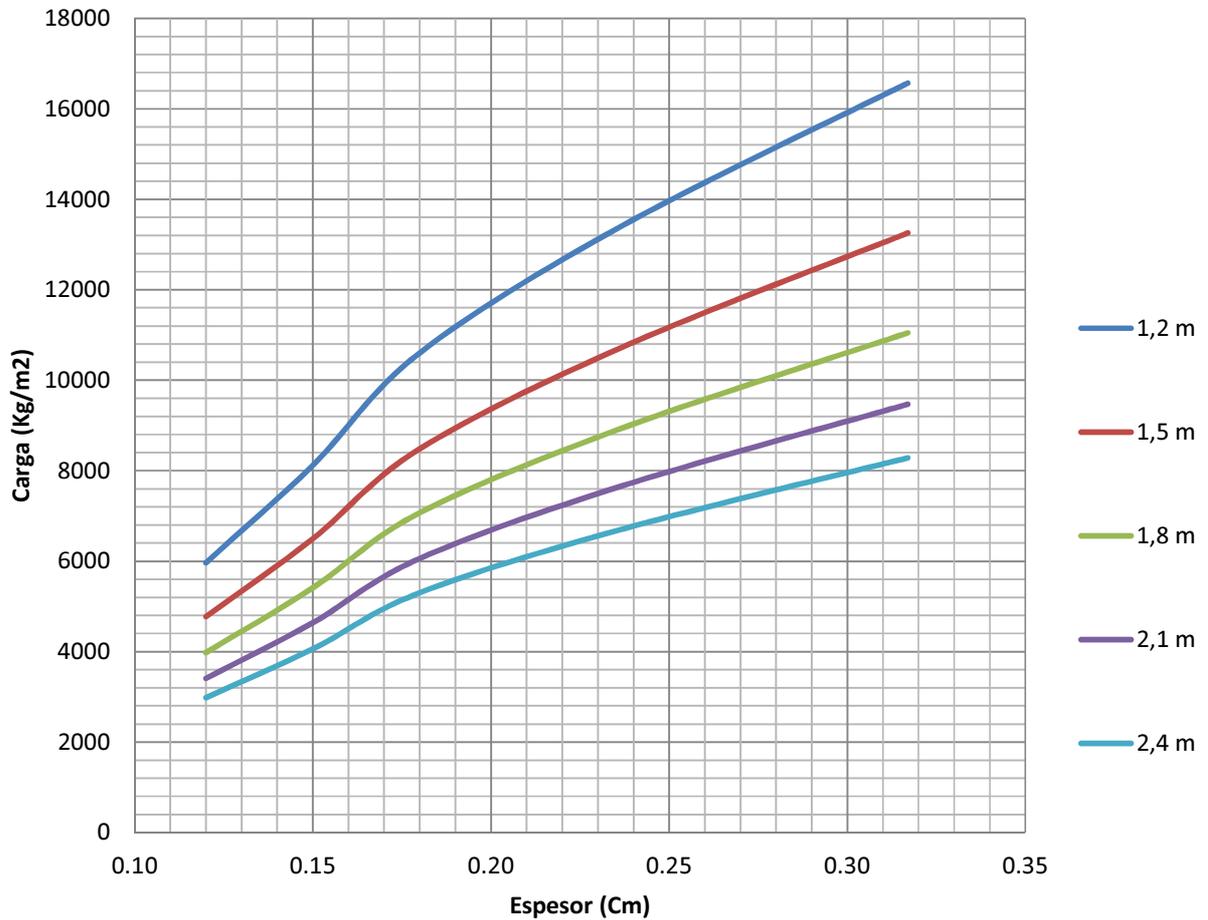
**Tubo estructural de 7.2 x 7.2 cm.  
Selección de viga primaria por deformación.  
Distancia entre apoyos de 1,80 m.**



**Figura 53.** Gráfico de selección de viga primaria de acero estructural por deformación permisible, con una luz máxima de 1,80 m.

<b>Cuadro 40. Cargas últimas para selección por deformación.</b>						
t (cm)	Distancia entre apoyos					Kg/m <sup>2</sup>
	1,2 m	1,5 m	1,8 m	2,1 m	2,4 m	
0.12	535	428	357	306	267	Kg/m <sup>2</sup>
0.15	655	524	437	374	328	Kg/m <sup>2</sup>
0.18	770	616	514	440	385	Kg/m <sup>2</sup>
0.237	996	797	664	569	498	Kg/m <sup>2</sup>
0.317	1231	985	821	704	616	Kg/m <sup>2</sup>

**Tubo estructural de 7.2 x 7.2 cm.  
Selección de viga primaria por flexión.  
Distancia entre apoyos de 2,40 m.**



**Figura 54.** Gráfico de selección de viga primaria de acero estructural por esfuerzo flector con una luz máxima de 2,40 m.

<b>Cuadro 41. Cargas últimas para selección por flexión.</b>						
	Distancia entre apoyos					
t (cm)	1,2 m	1,5 m	1,8 m	2,1 m	2,4 m	
0.12	5965	4772	3977	3409	2983	Kg/m2
0.15	8120	6496	5413	4640	4060	Kg/m2
0.18	10605	8484	7070	6060	5303	Kg/m2
0.24	13422	10738	8948	7670	6711	Kg/m2
0.317	16571	13257	11047	9469	8285	Kg/m2

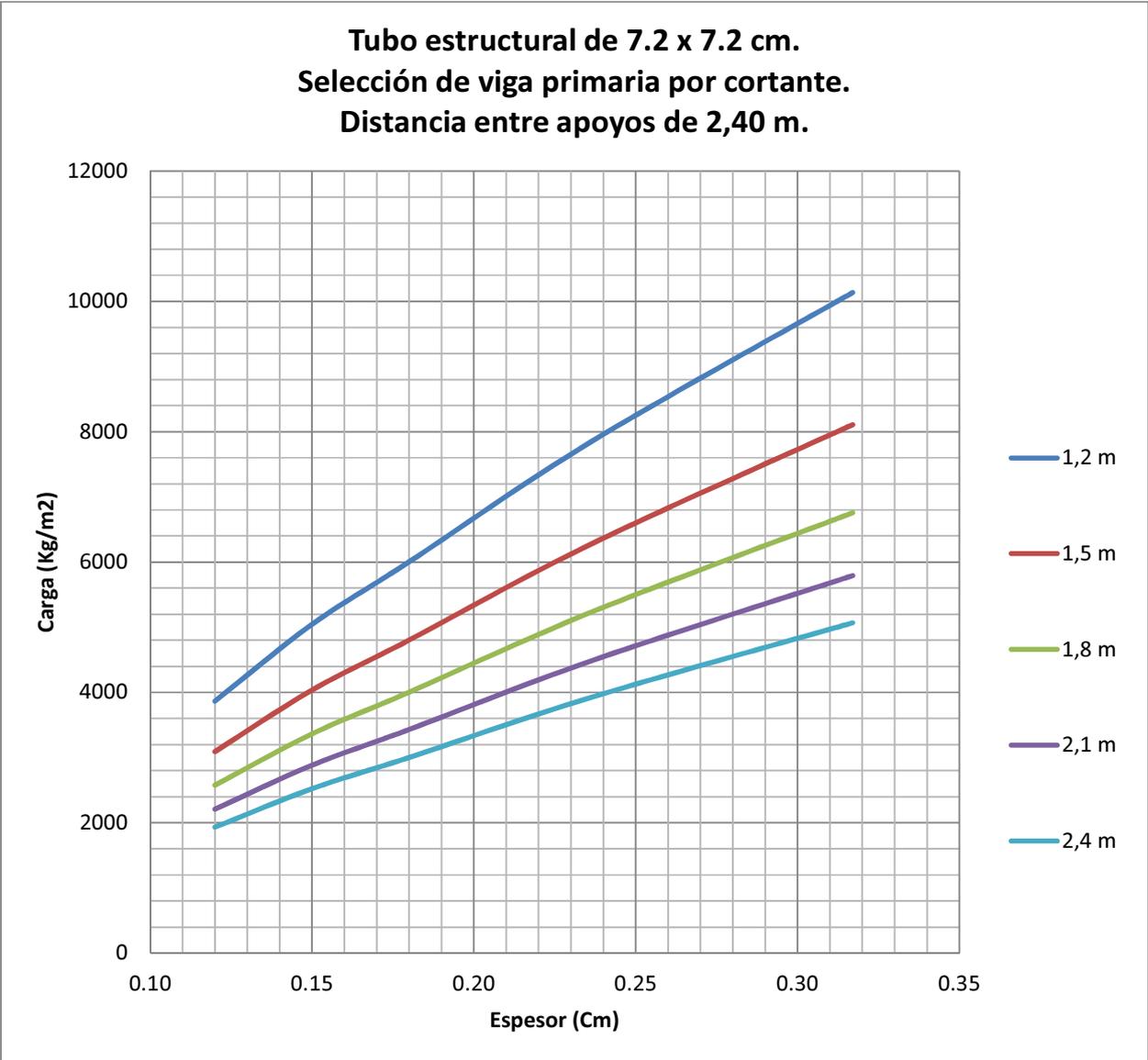
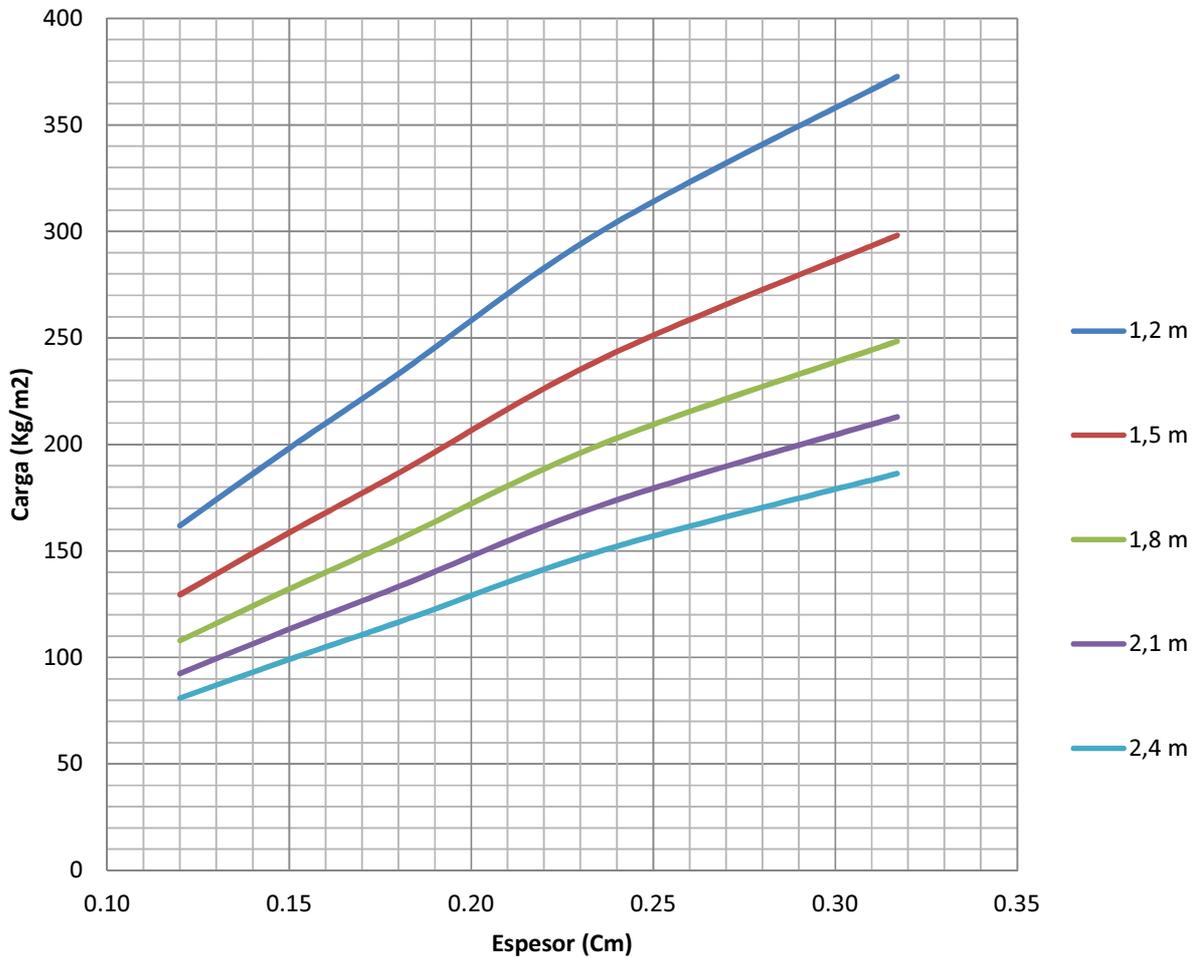


Figura 55. Gráfico de selección de viga primaria de acero estructural por esfuerzo cortante con una luz máxima de 2,40 m.

**Cuadro 42. Cargas últimas para selección por cortante.**

t (cm)	Distancia entre apoyos					
	1,2 m	1,5 m	1,8 m	2,1 m	2,4 m	
0.12	3866	3093	2577	2209	1933	Kg/m2
0.15	5046	4036	3364	2883	2523	Kg/m2
0.18	6005	4804	4003	3431	3002	Kg/m2
0.237	7870	6296	5247	4497	3935	Kg/m2
0.317	10135	8108	6757	5791	5068	Kg/m2

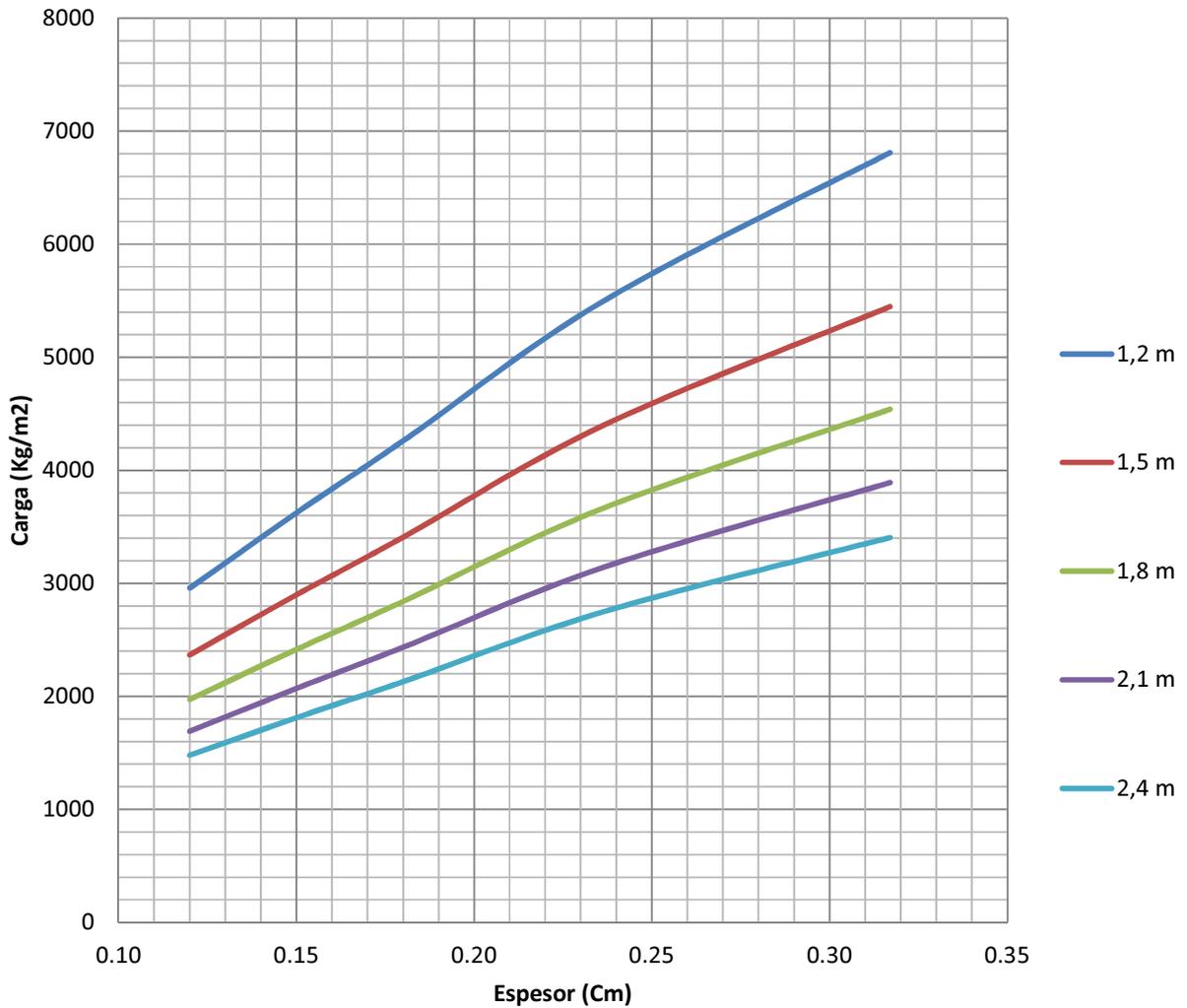
**Tubo estructural de 7.2 x 7.2 cm.  
Selección de viga primaria por deformación.  
Distancia entre apoyos de 2,40 m.**



**Figura 56.** Gráfico de selección de viga primaria de acero estructural por deformación permisible, con una luz máxima de 2,40 m.

<b>Cuadro 43. Cargas últimas para selección por deformación.</b>						
t (cm)	Distancia entre apoyos					
	1,2 m	1,5 m	1,8 m	2,1 m	2,4 m	
0.12	162	129	108	92	81	Kg/m <sup>2</sup>
0.15	198	159	132	113	99	Kg/m <sup>2</sup>
0.18	233	187	155	133	117	Kg/m <sup>2</sup>
0.237	301	241	201	172	151	Kg/m <sup>2</sup>
0.317	373	298	248	213	186	Kg/m <sup>2</sup>

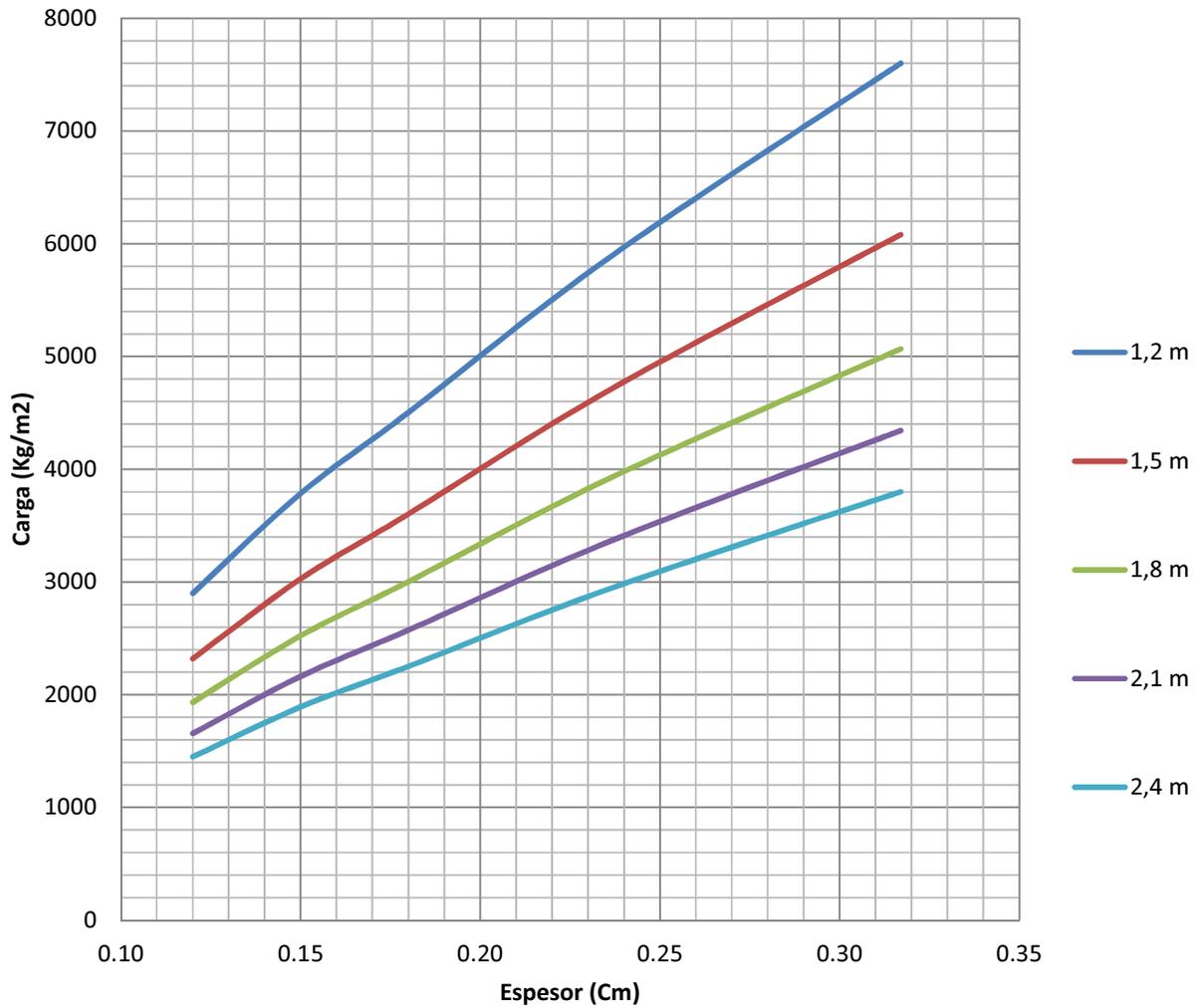
**Tubo estructural de 7.2 x 7.2 cm.  
Selección de viga primaria por flexión.  
Distancia entre apoyos de 3,00 m.**



**Figura 57.** Gráfico de selección de viga primaria de acero estructural por esfuerzo flector con una luz máxima de 3,00 m.

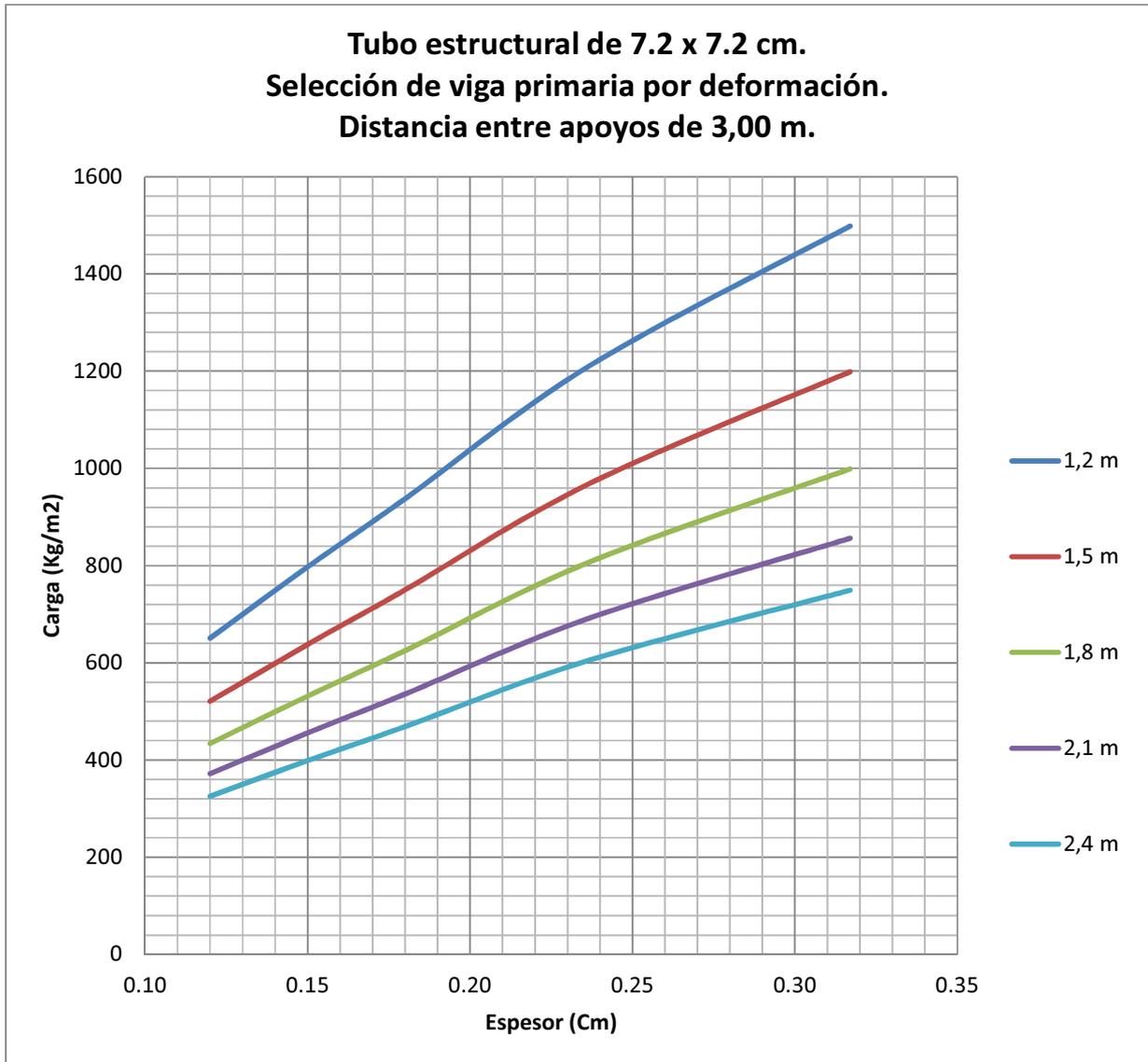
<b>Cuadro 44. Cargas últimas para selección por flexión.</b>						
t (cm)	Distancia entre apoyos					
	1,2 m	1,5 m	1,8 m	2,1 m	2,4 m	
0.120	2959	2367	1973	1691	1480	Kg/m2
0.150	3623	2898	2415	2070	1811	Kg/m2
0.180	4259	3407	2839	2434	2130	Kg/m2
0.237	5509	4407	3673	3148	2755	Kg/m2
0.317	6809	5447	4540	3891	3405	Kg/m2

**Tubo estructural de 7.2 x 7.2 cm.  
Selección de viga primaria por cortante.  
Distancia entre apoyos de 3,00 m.**



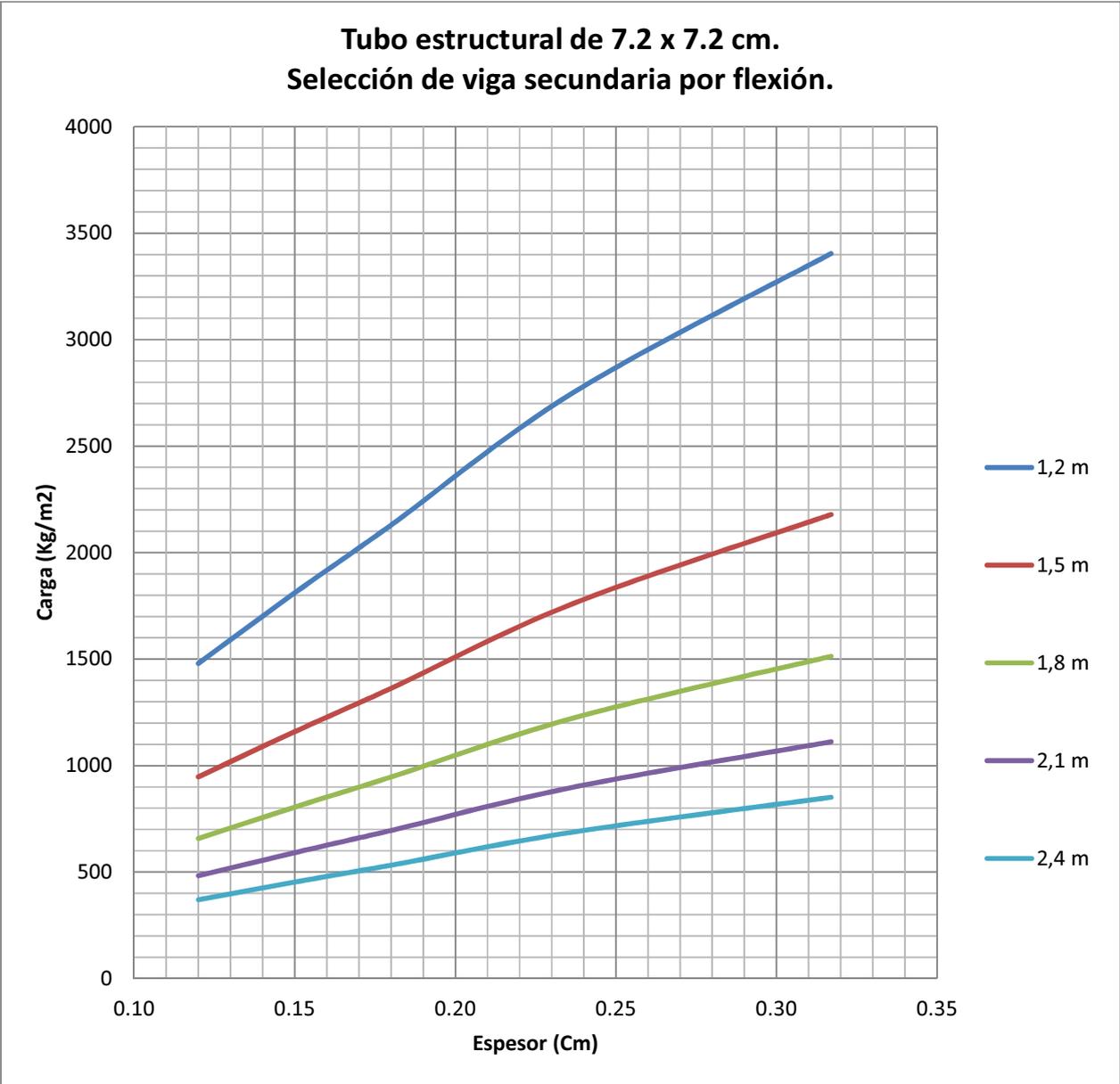
**Figura 58.** Gráfico de selección de viga primaria de acero estructural por esfuerzo cortante con una luz máxima de 3,00 m.

<b>Cuadro 45. Cargas últimas para selección por cortante.</b>						
	Distancia entre apoyos					
t (cm)	1,2 m	1,5 m	1,8 m	2,1 m	2,4 m	
0.12	2899	2319	1933	1657	1450	Kg/m2
0.15	3784	3027	2523	2162	1892	Kg/m2
0.18	4503	3603	3002	2573	2252	Kg/m2
0.237	5903	4722	3935	3373	2951	Kg/m2
0.317	7601	6081	5068	4344	3801	Kg/m2



**Figura 59.**Gráfico de selección de viga secundaria de acero estructural por deformación permisible por sección transformada.

t (cm)	Distancia entre apoyos					
	1,2 m	1,5 m	1,8 m	2,1 m	2,4 m	
0.12	651	521	434	372	325	Kg/m2
0.15	797	638	531	456	399	Kg/m2
0.18	937	750	625	536	469	Kg/m2
0.237	1212	970	808	693	606	Kg/m2
0.317	1499	1199	999	856	749	Kg/m2



**Figura 60.** Gráfico de selección de viga secundaria de acero estructural por esfuerzo en flexión por sección transformada.

<b>Cuadro 47. Cargas últimas para selección por flexión.</b>						
	Distancia entre apoyos					
t (cm)	1,2 m	1,5 m	1,8 m	2,1 m	2,4 m	
0.12	1480	947	658	483	370	Kg/m2
0.15	1811	1159	805	591	453	Kg/m2
0.18	2130	1363	946	695	532	Kg/m2
0.24	2755	1763	1224	899	689	Kg/m2
0.317	3405	2179	1513	1112	851	Kg/m2

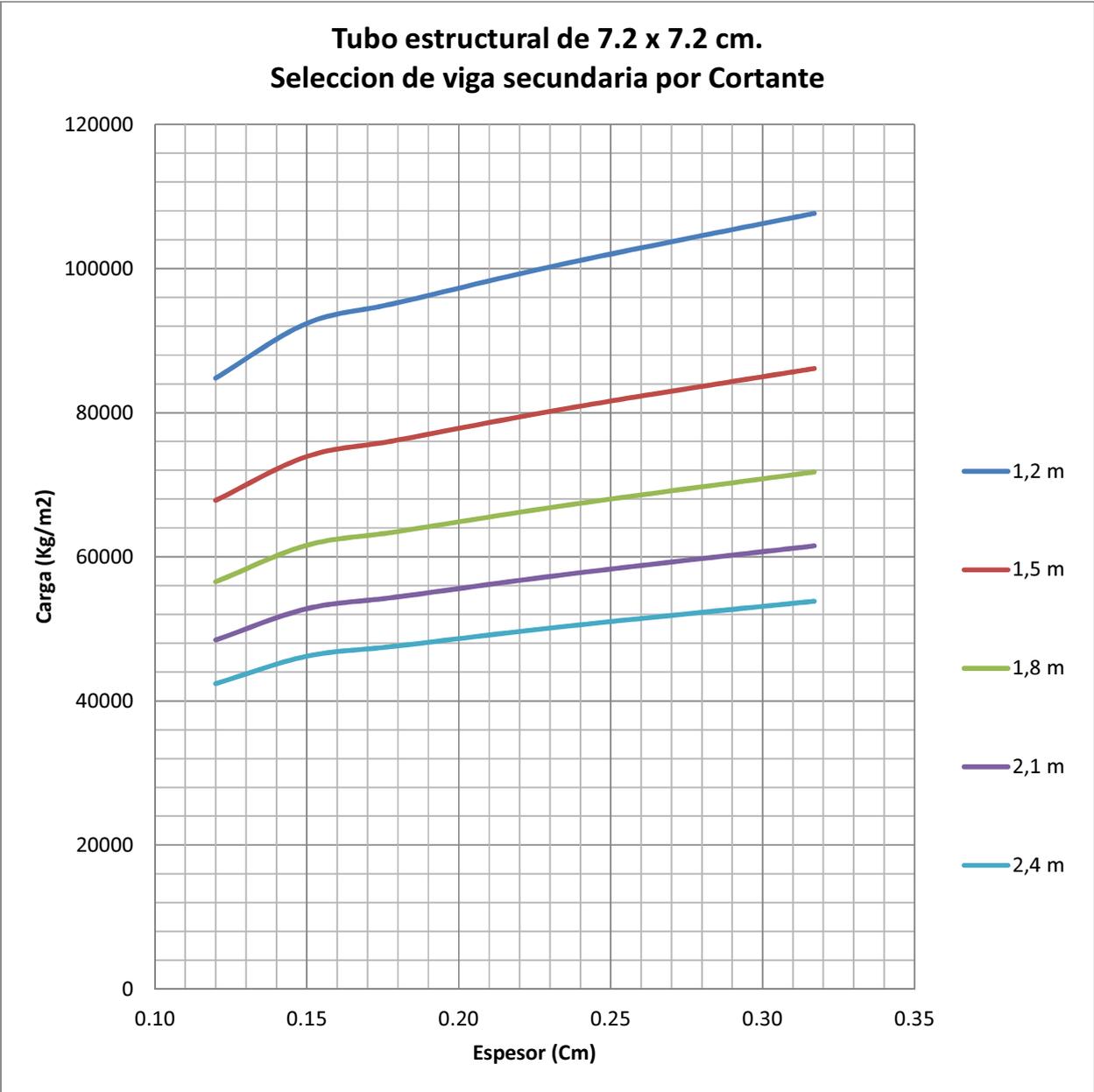


Figura 61. Gráfico de selección de viga secundaria de acero estructural por esfuerzo cortante por sección transformada.

**Cuadro 48. Cargas últimas para selección por cortante.**

t (cm)	Distancia entre apoyos					
	1,2 m	1,5 m	1,8 m	2,1 m	2,4 m	
0.12	84790	67832	56526	48451	42395	Kg/m2
0.15	92396	73916	61597	52797	46198	Kg/m2
0.18	95273	76218	63515	54442	47636	Kg/m2
0.237	100869	80695	67246	57640	50435	Kg/m2
0.317	107664	86131	71776	61522	53832	Kg/m2

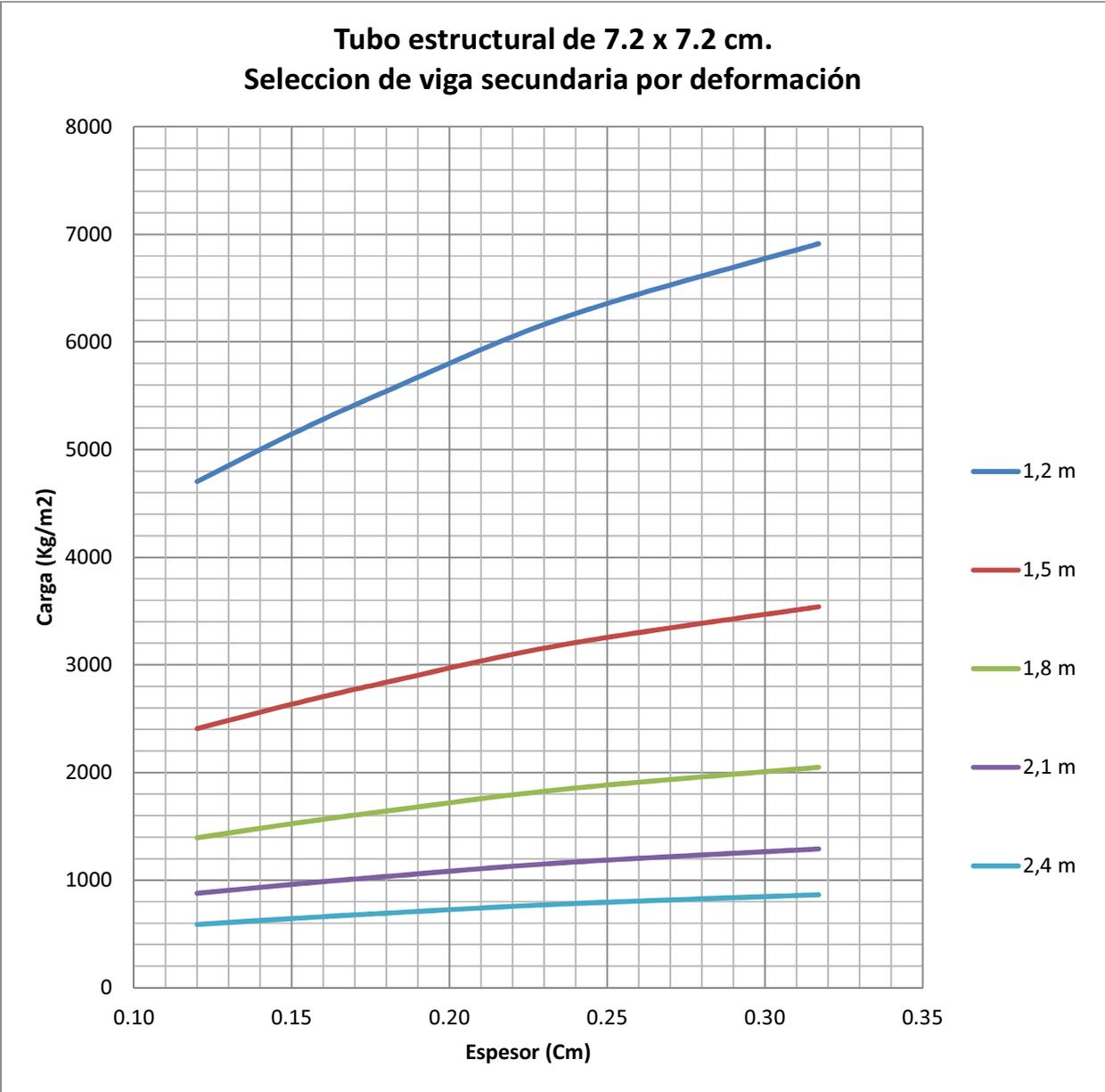
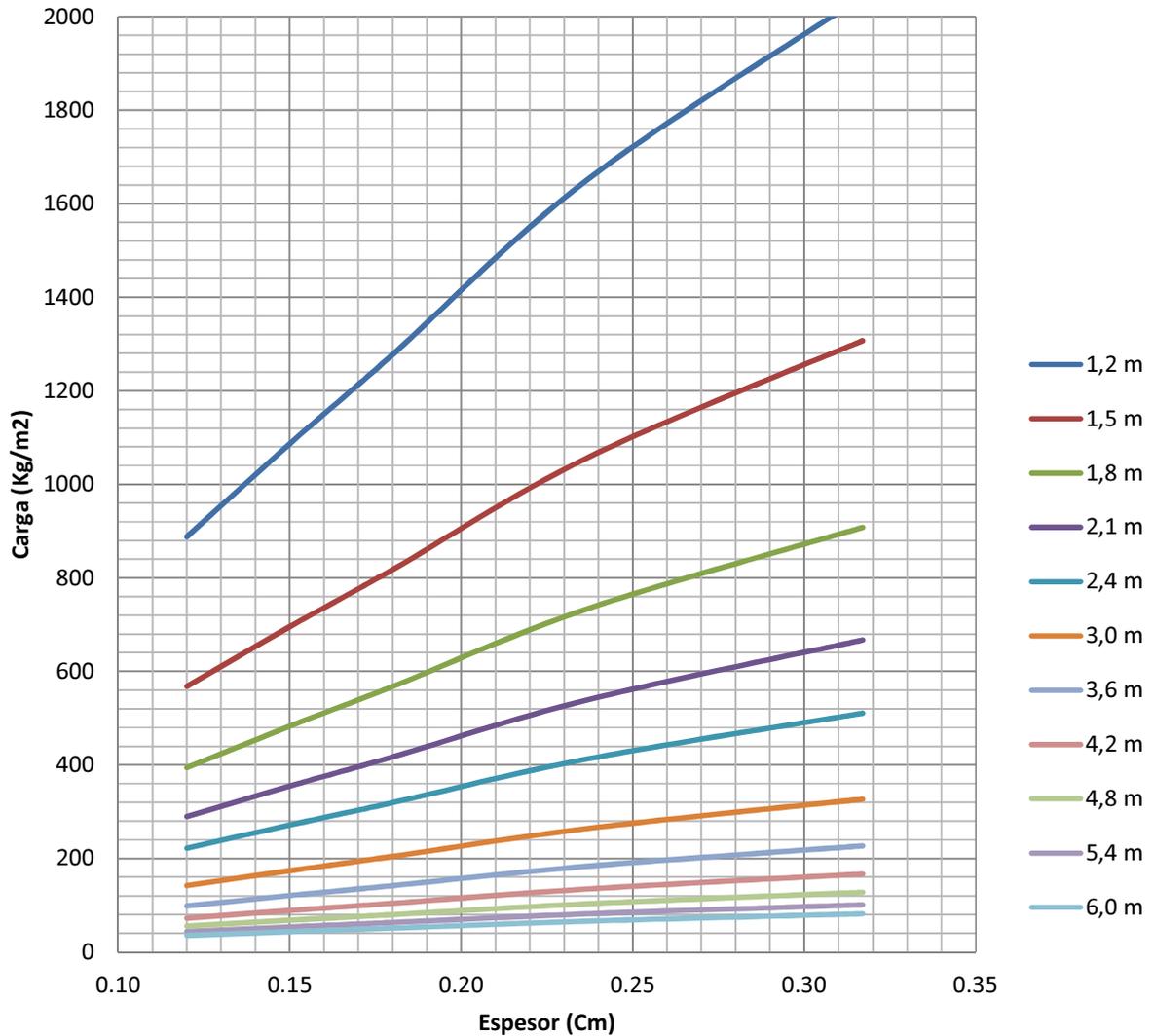


Figura 62. Gráfico de selección de viga secundaria de acero estructural por deformación permisible por sección transformada.

**Cuadro 49. Cargas últimas para selección por deformación.**

t (cm)	Distancia entre apoyos					Kg/m <sup>2</sup>
	1,2 m	1,5 m	1,8 m	2,1 m	2,4 m	
0.12	4703	2408	1393	877	588	Kg/m <sup>2</sup>
0.15	5144	2634	1524	960	643	Kg/m <sup>2</sup>
0.18	5543	2838	1642	1034	693	Kg/m <sup>2</sup>
0.237	6235	3192	1847	1163	779	Kg/m <sup>2</sup>
0.317	6913	3539	2048	1290	864	Kg/m <sup>2</sup>

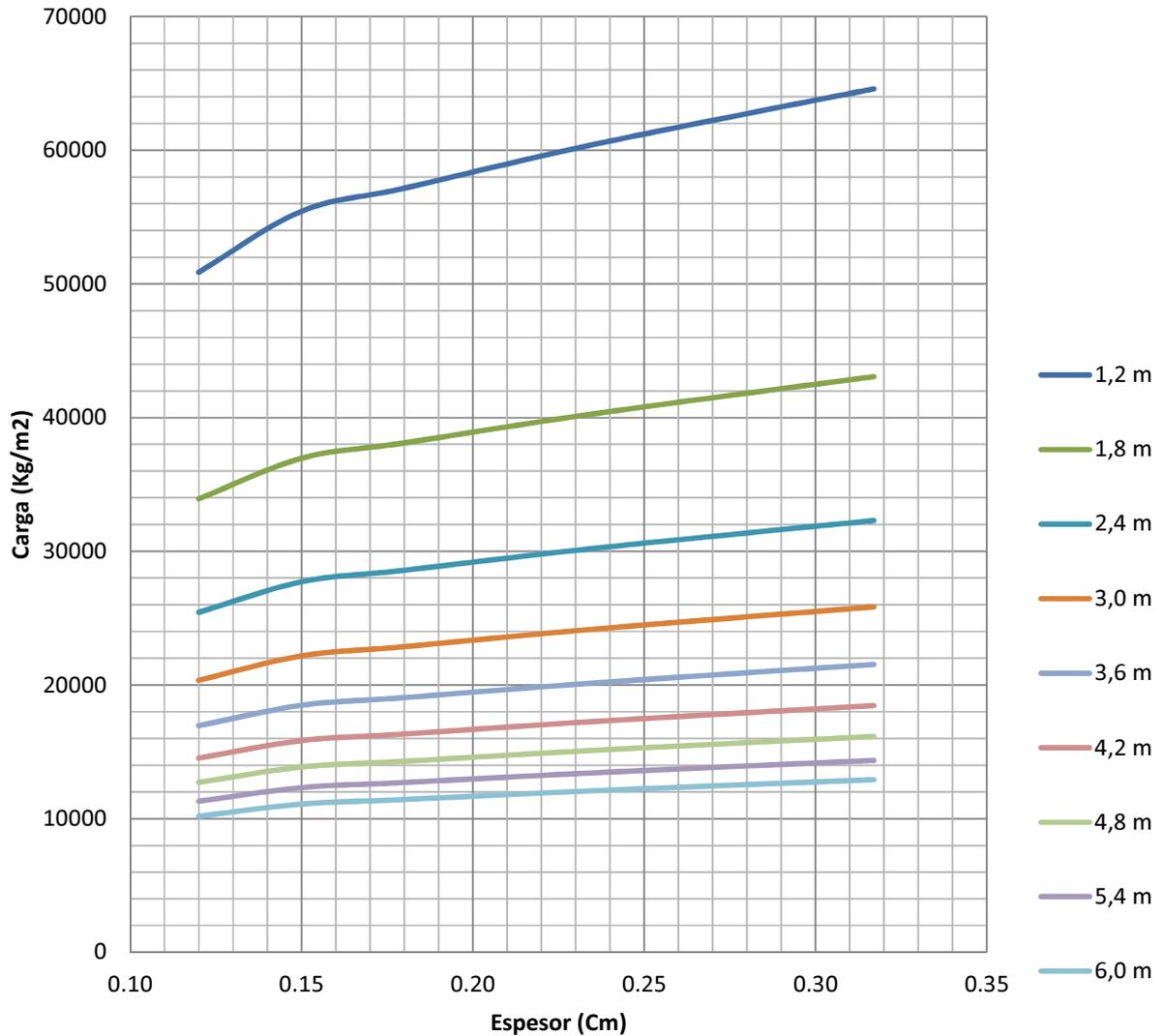
**Tubo estructural de 7.2 x 7.2 cm.  
Selección de viga primaria por flexión.**



**Figura 62.** Gráfico de selección de viga primaria de acero estructural por deformación permisible por sección transformada.

<b>Cuadro 50. Cargas últimas para selección por flexión.</b>												
	Distancia entre apoyos											
t (cm)	1,2 m	1,5 m	1,8 m	2,1 m	2,4 m	3,0 m	3,6 m	4,2 m	4,8 m	5,4 m	6,0 m	
0.12	888	568	395	290	222	142	99	72	55	44	36	Kg/m2
0.15	1087	696	483	355	272	174	121	89	68	54	43	Kg/m2
0.18	1278	818	568	417	319	204	142	104	80	63	51	Kg/m2
0.24	1653	1058	735	540	413	264	184	135	103	82	66	Kg/m2
0.32	2043	1307	908	667	511	327	227	167	128	101	82	Kg/m2

**Tubo estructural de 7.2 x 7.2 cm.  
Selección de viga primaria por Cortante**



**Figura 63.** Gráfico de selección de viga primaria de acero estructural por esfuerzo cortante por sección transformada.

<b>Cuadro 51. Cargas últimas para selección por cortante.</b>												
	Distancia entre apoyos											
t (cm)	1,2 m	1,5 m	1,8 m	2,1 m	2,4 m	3,0 m	3,6 m	4,2 m	4,8 m	5,4 m	6,0 m	
0.12	50874	40699	33916	29071	25437	20350	16958	14535	12718	11305	10175	Kg/m2
0.15	55437	44350	36958	31678	27719	22175	18479	15839	13859	12319	11087	Kg/m2
0.18	57164	45731	38109	32665	28582	22865	19055	16332	14291	12703	11433	Kg/m2
0.237	60521	48417	40348	34584	30261	24209	20174	17292	15130	13449	12104	Kg/m2
0.317	64598	51679	43066	36913	32299	25839	21533	18457	16150	14355	12920	Kg/m2

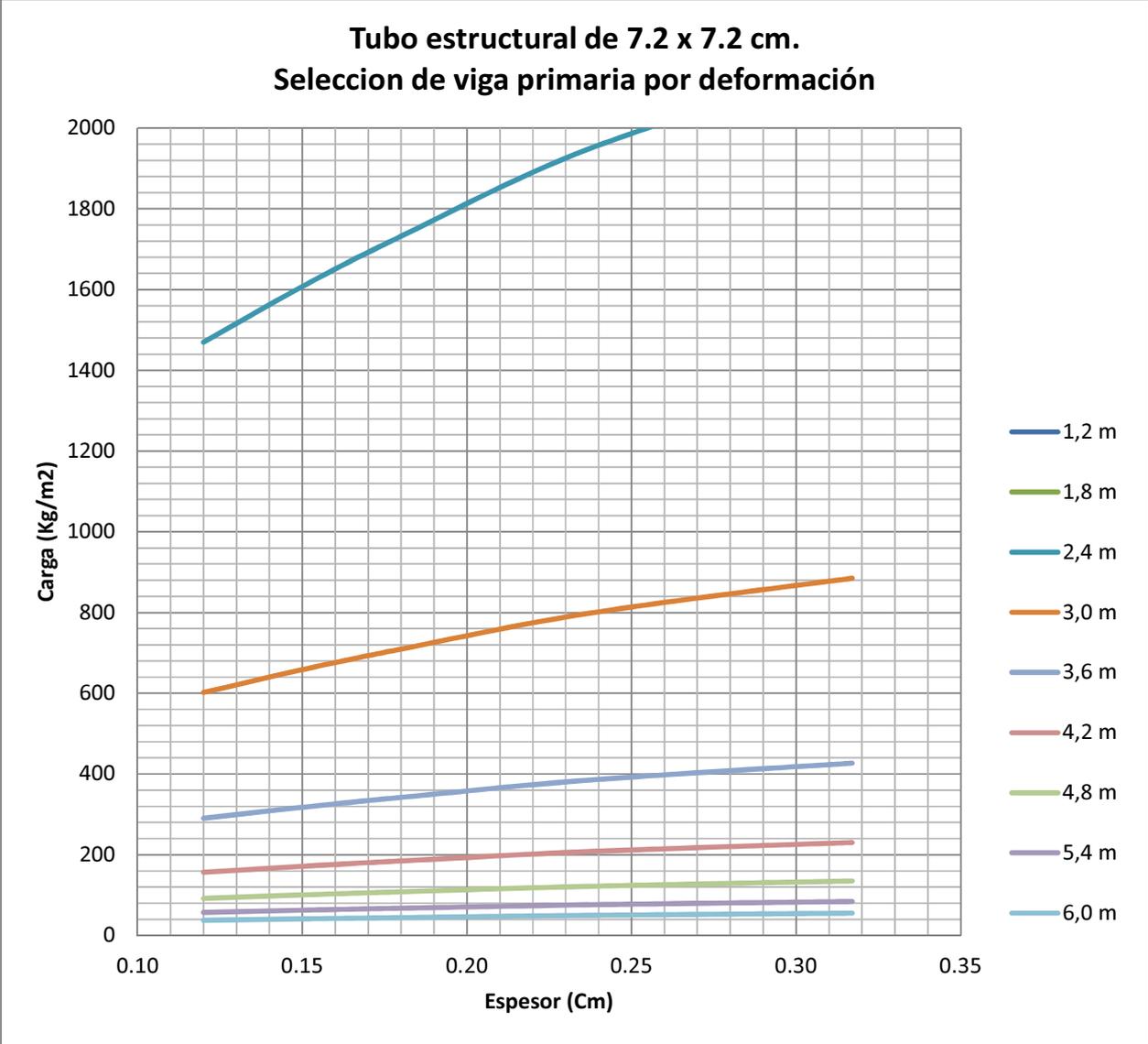
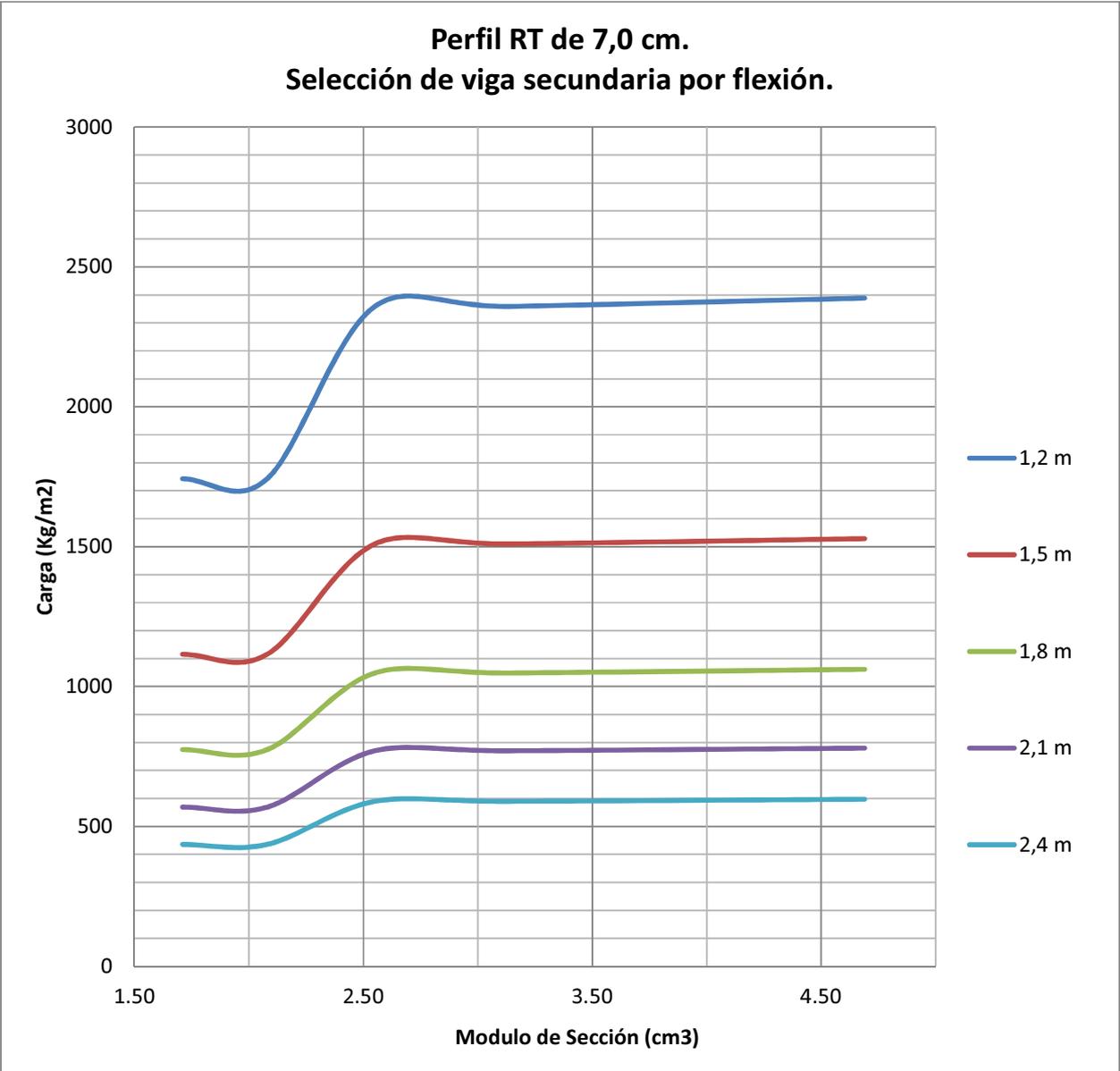


Figura 64. Gráfico de selección de viga primaria de acero estructural por deformación permisible por sección transformada.

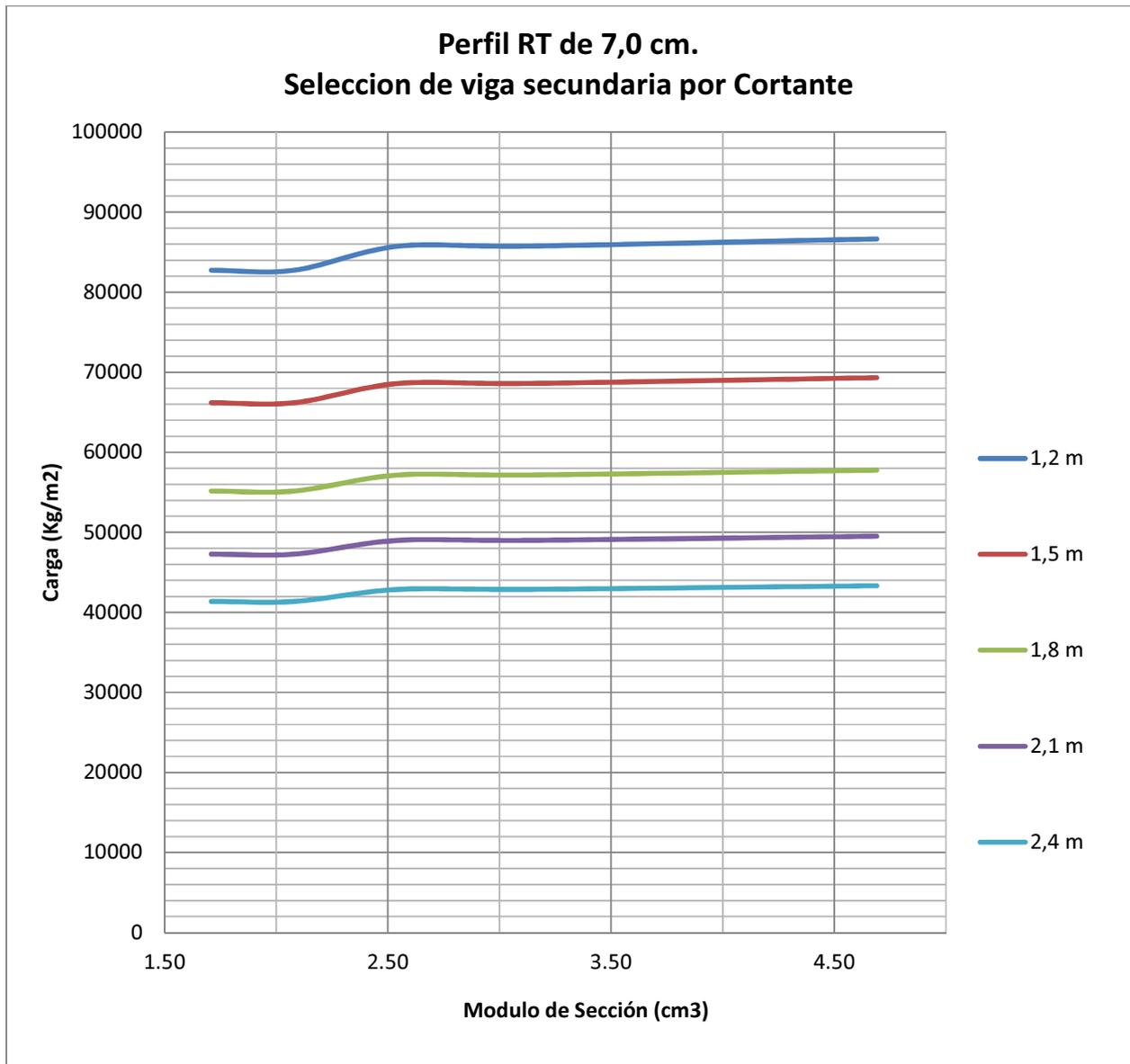
**Cuadro 52. Cargas últimas para selección por deformación.**

t (cm)	Distancia entre apoyos											
	1,2 m	1,5 m	1,8 m	2,1 m	2,4 m	3,0 m	3,6 m	4,2 m	4,8 m	5,4 m	6,0 m	
0.12	23514	9631	4645	2507	1470	602	290	157	92	57	38	Kg/m2
0.15	25720	10535	5081	2742	1608	658	318	171	100	63	41	Kg/m2
0.18	27713	11351	5474	2955	1732	709	342	185	108	68	44	Kg/m2
0.237	31174	12769	6158	3324	1948	798	385	208	122	76	50	Kg/m2
0.317	34565	14158	6828	3685	2160	885	427	230	135	84	55	Kg/m2



**Figura 65.**Gráfico de selección de viga secundaria de perfil RT por esfuerzo en flexión por sección transformada.

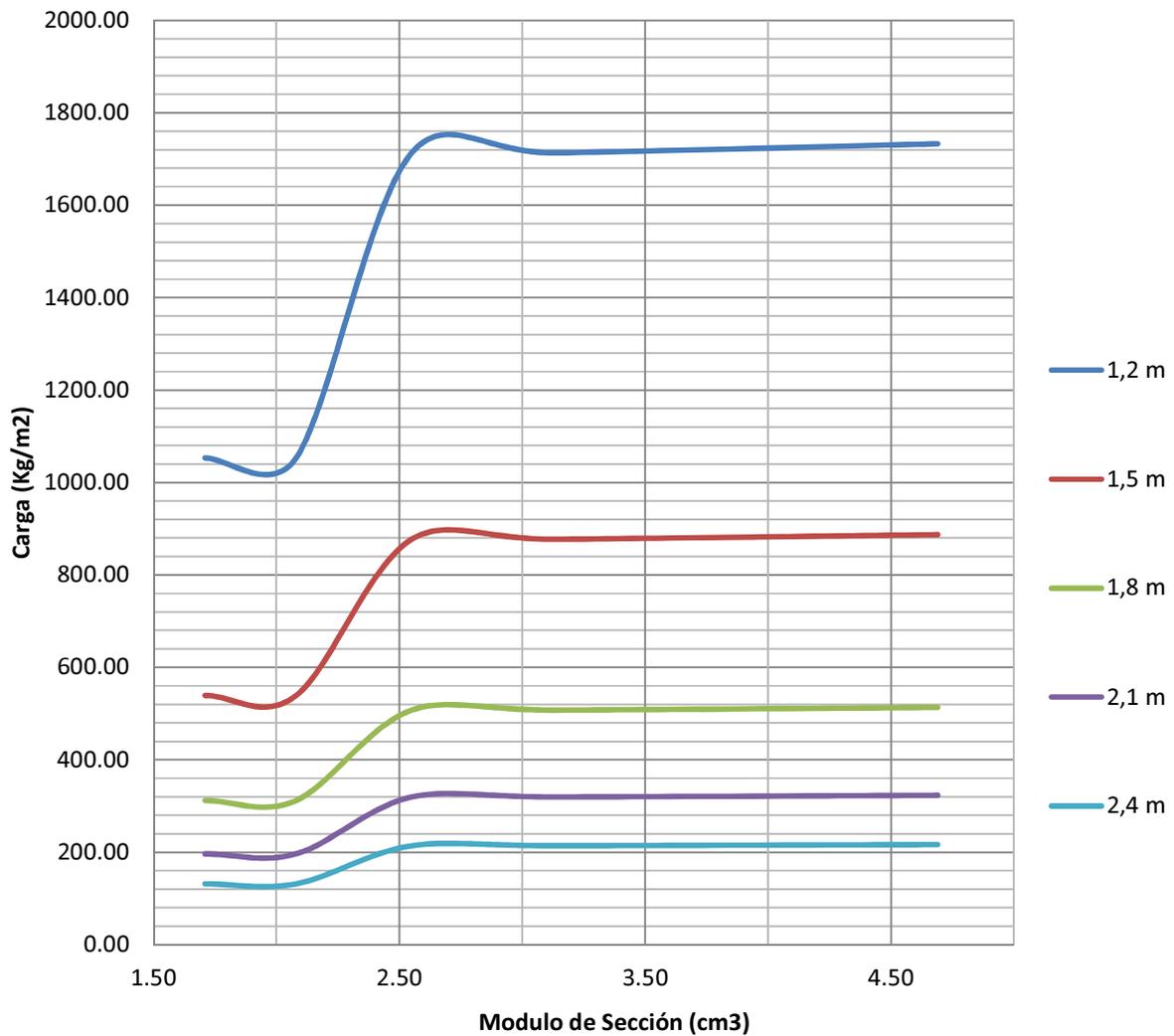
<b>Cuadro 53. Cargas últimas para selección por flexión.</b>							
	S (cm <sup>3</sup> )	Distancia entre apoyos					
		1,2 m	1,5 m	1,8 m	2,1 m	2,4 m	
C 70x38x1.2mm	1.71	1743	1115	775	569	436	Kg/m <sup>2</sup>
C 70x38x1.5mm	2.08	1743	1115	775	569	436	Kg/m <sup>2</sup>
C 70x50x1.2mm	2.55	2359	1510	1048	770	590	Kg/m <sup>2</sup>
C 70x50x1.5mm	3.14	2359	1510	1048	770	590	Kg/m <sup>2</sup>
C 75x50x1.5mm	4.69	2389	1529	1062	780	597	Kg/m <sup>2</sup>



**Figura 66.** Gráfico de selección de viga secundaria de perfil RT por esfuerzo cortante por sección transformada.

<b>Cuadro 54. Cargas últimas para selección por cortante.</b>							
	S (cm <sup>3</sup> )	Distancia entre apoyos					
		1,2 m	1,5 m	1,8 m	2,1 m	2,4 m	
C 70x38x1.2mm	1.71	82745	66196	55163	47283	41373	Kg/m <sup>2</sup>
C 70x38x1.5mm	2.08	82745	66196	55163	47283	41373	Kg/m <sup>2</sup>
C 70x50x1.2mm	2.55	85759	68607	57173	49005	42880	Kg/m <sup>2</sup>
C 70x50x1.5mm	3.14	85759	68607	57173	49005	42880	Kg/m <sup>2</sup>
C 75x50x1.5mm	4.69	86656	69325	57771	49518	43328	Kg/m <sup>2</sup>

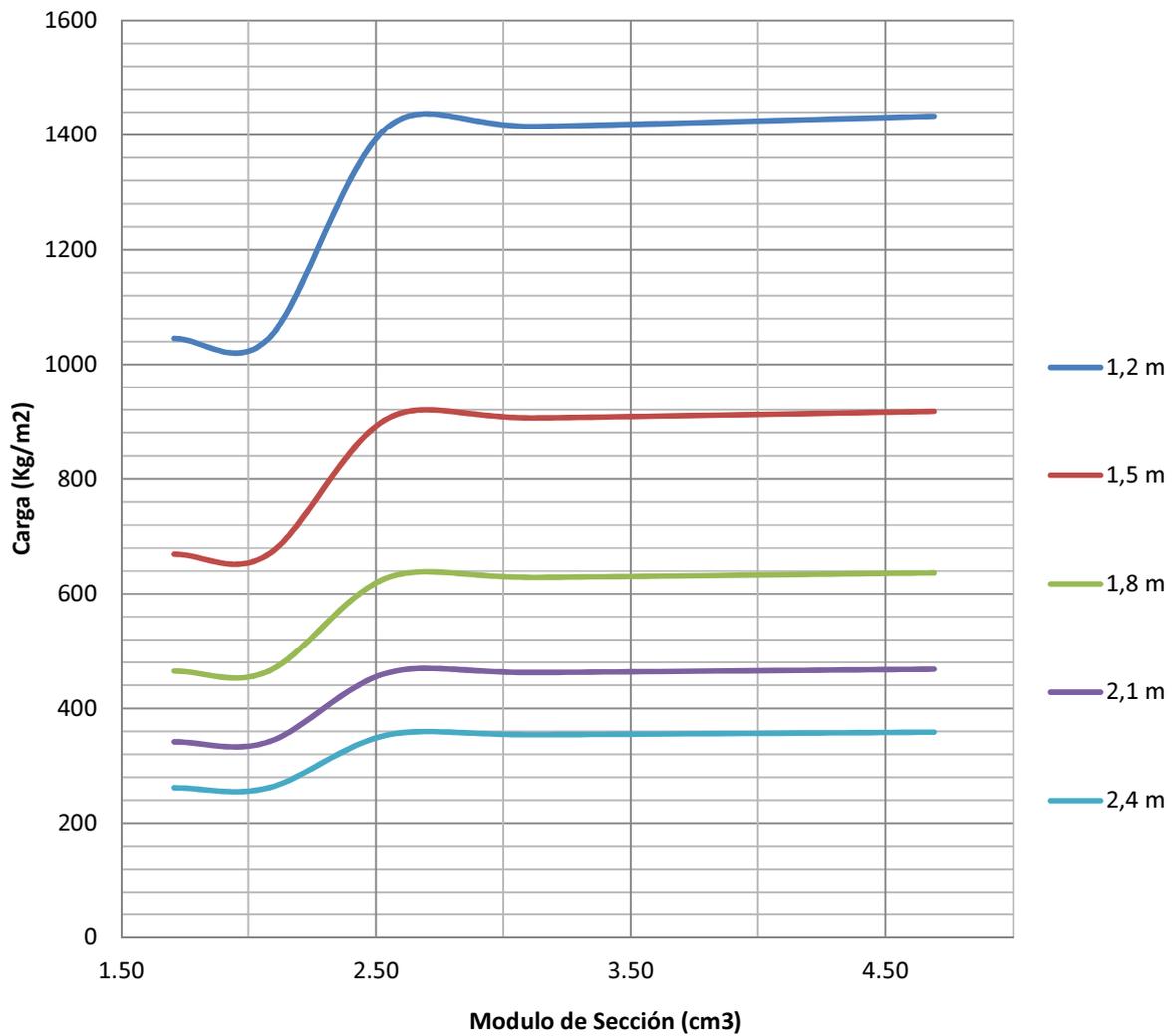
**Gráfico 33. Perfil RT de 7,0 cm.  
Selección de viga secundaria por deformación**



**Figura 67.** Gráfico de selección de viga secundaria de Perfil RT por deformación permisible por sección transformada.

<b>Cuadro 55. Cargas últimas para selección por deformación.</b>							
	S (cm³)	Distancia entre apoyos					
		1,2 m	1,5 m	1,8 m	2,1 m	2,4 m	
C 70x38x1.2mm	1.71	1053	539	312	196	132	Kg/m²
C 70x38x1.5mm	2.08	1053	539	312	196	132	Kg/m²
C 70x50x1.2mm	2.55	1713	877	508	320	214	Kg/m²
C 70x50x1.5mm	3.14	1713	877	508	320	214	Kg/m²
C 75x50x1.5mm	4.69	1733	887	513	323	217	Kg/m²

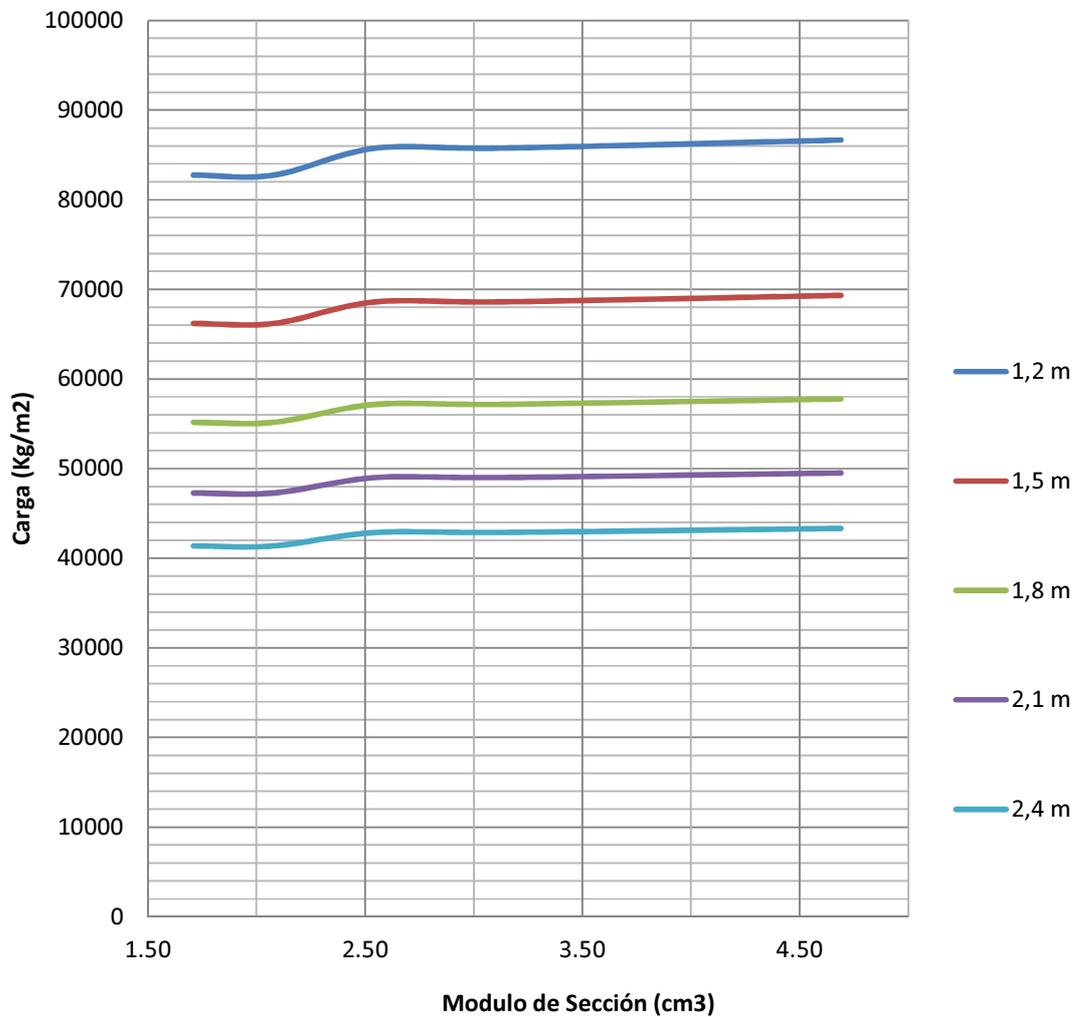
**Gráfico 31. Perfil RT de 7,0 cm.  
Selección de viga secundaria por flexión.**



**Figura 68.** Gráfico de selección de viga primaria de perfil RT por esfuerzo en flexión por sección transformada.

<b>Cuadro 56. Cargas últimas para selección por flexión.</b>							
	S (cm <sup>3</sup> )	Distancia entre apoyos					
		1,2 m	1,5 m	1,8 m	2,1 m	2,4 m	
C 70x38x1.2mm	1.71	1046	669	465	341	261	Kg/m <sup>2</sup>
C 70x38x1.5mm	2.08	1046	669	465	341	261	Kg/m <sup>2</sup>
C 70x50x1.2mm	2.55	1415	906	629	462	354	Kg/m <sup>2</sup>
C 70x50x1.5mm	3.14	1415	906	629	462	354	Kg/m <sup>2</sup>
C 75x50x1.5mm	4.69	1433	917	637	468	358	Kg/m <sup>2</sup>

**Gráfico 32. Perfil RT de 7,0 cm.  
Selección de viga secundaria por Cortante**



**Figura 69.**Gráfico de selección de viga primaria de perfil RT por esfuerzo cortante por sección transformada.

	S (cm³)	Distancia entre apoyos					
		1,2 m	1,5 m	1,8 m	2,1 m	2,4 m	
C 70x38x1.2mm	1.71	49647	39718	33098	28370	24824	Kg/m²
C 70x38x1.5mm	2.08	49647	39718	33098	28370	24824	Kg/m²
C 70x50x1.2mm	2.55	51456	41164	34304	29403	25728	Kg/m²
C 70x50x1.5mm	3.14	51456	41164	34304	29403	25728	Kg/m²
C 75x50x1.5mm	4.69	51994	41595	34662	29711	25997	Kg/m²

### Gráfico 33. Perfil RT de 7,0 cm. Selección de viga secundaria por deformación

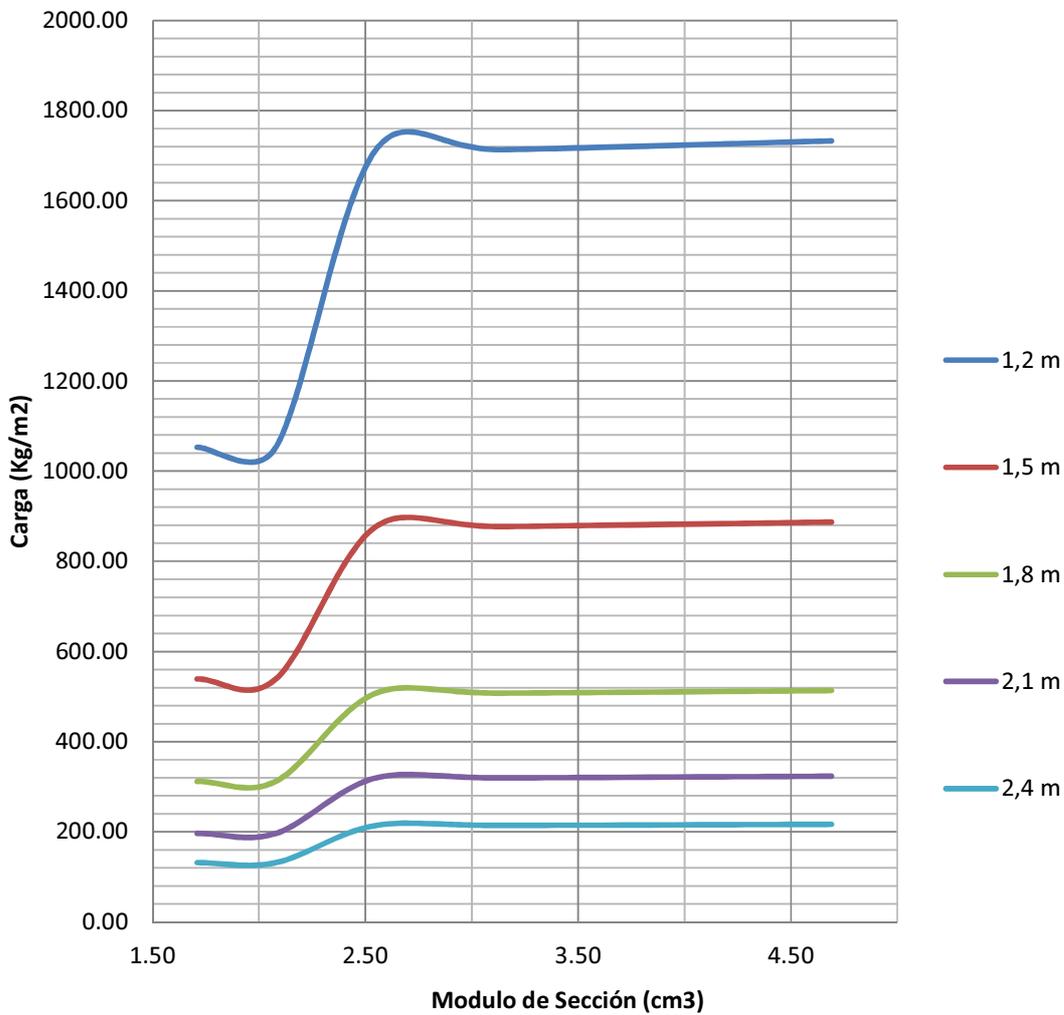


Figura 70. Gráfico de selección de viga primaria de Perfil RT por deformación permisible por sección transformada.

Cuadro 58. Cargas últimas para selección por deformación.							
	S (cm3)	Distancia entre apoyos					
		1,2 m	1,5 m	1,8 m	2,1 m	2,4 m	
C 70x38x1.2mm	1.71	1053	539	312	196	132	Kg/m2
C 70x38x1.5mm	2.08	1053	539	312	196	132	Kg/m2
C 70x50x1.2mm	2.55	1713	877	508	320	214	Kg/m2
C 70x50x1.5mm	3.14	1713	877	508	320	214	Kg/m2
C 75x50x1.5mm	4.69	1733	887	513	323	217	Kg/m2

# Análisis de los resultados

Para el análisis de resultado lo mejor es mostrar un ejemplo práctico del diseño de un entrepiso que se pueda construir con el sistema de construcción Habicon.

La habitación tiene dimensiones de 3.0 m x 3,3 m. Dicha habitación es en un segundo piso, por tanto no se puede colocar una columna intermedia.

Se diseñará una habitación para una vivienda familiar, con acabados equivalentes a 50 kg/m<sup>2</sup>.

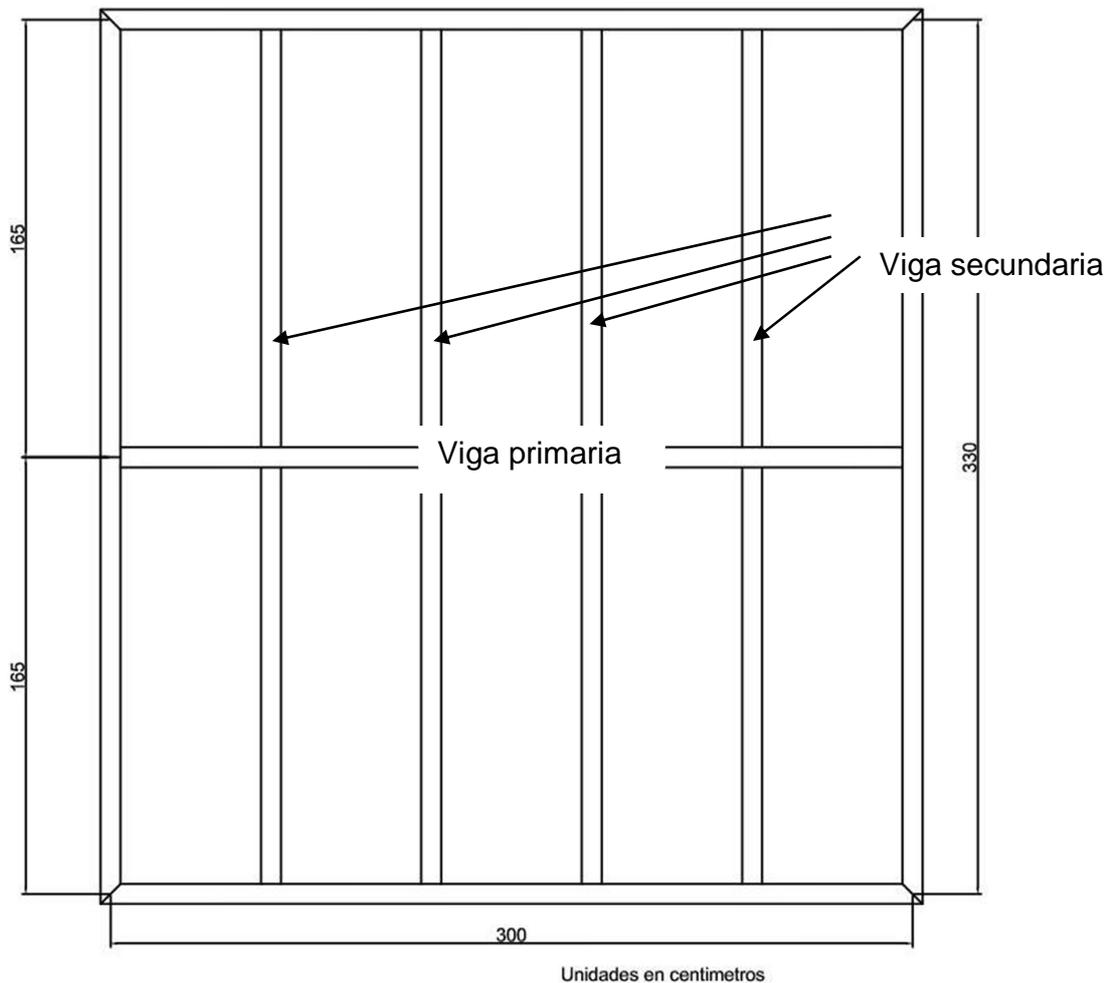


Figura 71. Vista en planta de entrepiso a diseñar

Procedimiento:

1. Determinación de carga temporal.

Según la tabla 6.1 del CSCR2010.

**TABLA 6.1. Cargas temporales unitarias mínimas.**

Destino del piso	Carga temporal Kg/m <sup>2</sup>
Habitación (casas de habitación, apartamentos, viviendas, dormitorios, cuartos de hotel, edificios para internados en escuelas, cuarteles, cárceles, correccionales, hospitales y similares).	200
Oficinas, despachos, laboratorios, salones de lectura, aulas, salas de juego y similares.	250
Escaleras, rampas, vestíbulos y pasajes de libre acceso al público.	400
Lugares de reunión desprovistos de asientos fijos, estadios, salones de baile, etc.	500
Bibliotecas y salones de archivo.	500
Lugares de reunión con asientos fijos, templos, cines, teatros, gimnasios, etc.	400
Comercios, bodegas y fábricas de mercancía ligera.	500
Comercios, bodegas y fábricas de mercancías con peso intermedio.	650
Comercios, bodegas y fábricas de mercancía pesada.	800
Techos de fibrocemento, láminas de acero galvanizado y otros.	40
Azoteas con pendiente superior al 5 por ciento.	100
Azoteas con pendiente inferior o igual al 5 por ciento.	200
Voladizos en vía pública (marquesinas, balcones y similares).	300
Garajes y aparcamientos (para automóviles exclusivamente).	300

NOTA: Las cargas dadas en esta tabla son mínimas. El profesional responsable del diseño debe considerar las condiciones reales a las que será sometido el piso para efectos de incrementar las cargas.

**Figura 18.** Cargas temporales mínimas para diseño, tomado del Código Sísmico de Costa Rica 2010

La carga temporal será de 200 Kg/m<sup>2</sup>.

2. Sabiendo que la carga temporal será de 200 Kg/m<sup>2</sup> y la sobre carga de carga permanente es de 50 Kg/m<sup>2</sup>, ingresamos a la tabla numero 7.

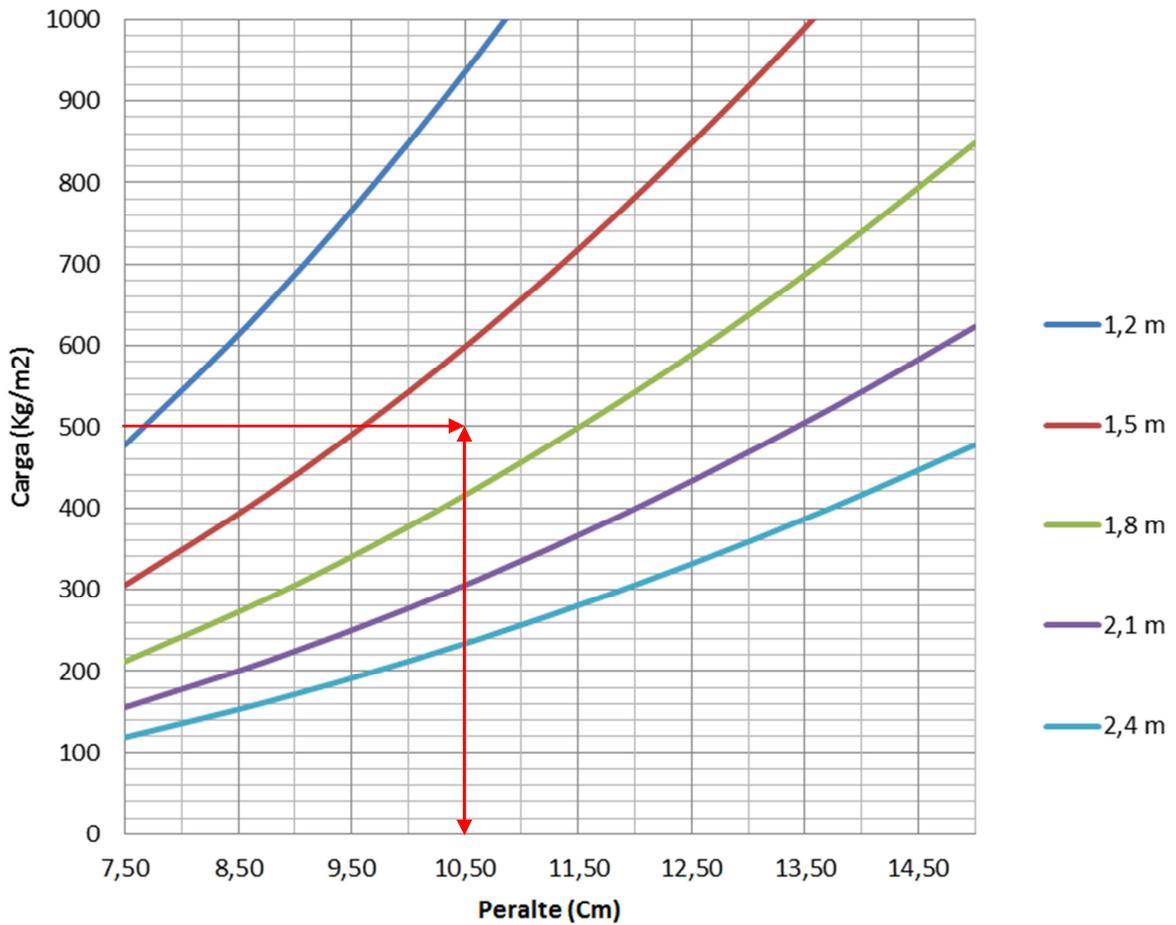
Cuadro 7. Cargas últimas de diseño									
Sobre carga CP	25	50	75	100	125	150	175	200	Kg/m <sup>2</sup>
CT= 200 Kg/m <sup>2</sup>	470	500	530	560	590	620	650	680	Kg/m <sup>2</sup>
CT= 250 Kg/m <sup>2</sup>	550	580	610	640	670	700	730	760	Kg/m <sup>2</sup>
CT= 300 Kg/m <sup>2</sup>	630	660	690	720	750	780	810	840	Kg/m <sup>2</sup>
CT= 350 Kg/m <sup>2</sup>	710	740	770	800	830	860	890	920	Kg/m <sup>2</sup>
CT= 400 Kg/m <sup>2</sup>	790	820	850	880	910	940	970	1000	Kg/m <sup>2</sup>

Es 500 Kg/m<sup>2</sup> la carga efectiva que deberán soportar las viguetas del entrepiso.

Ahora se debe entrar al grafico de diseño por flexión para vigas secundarias.

3. Seguidamente se diseñaran las vigas secundarias.

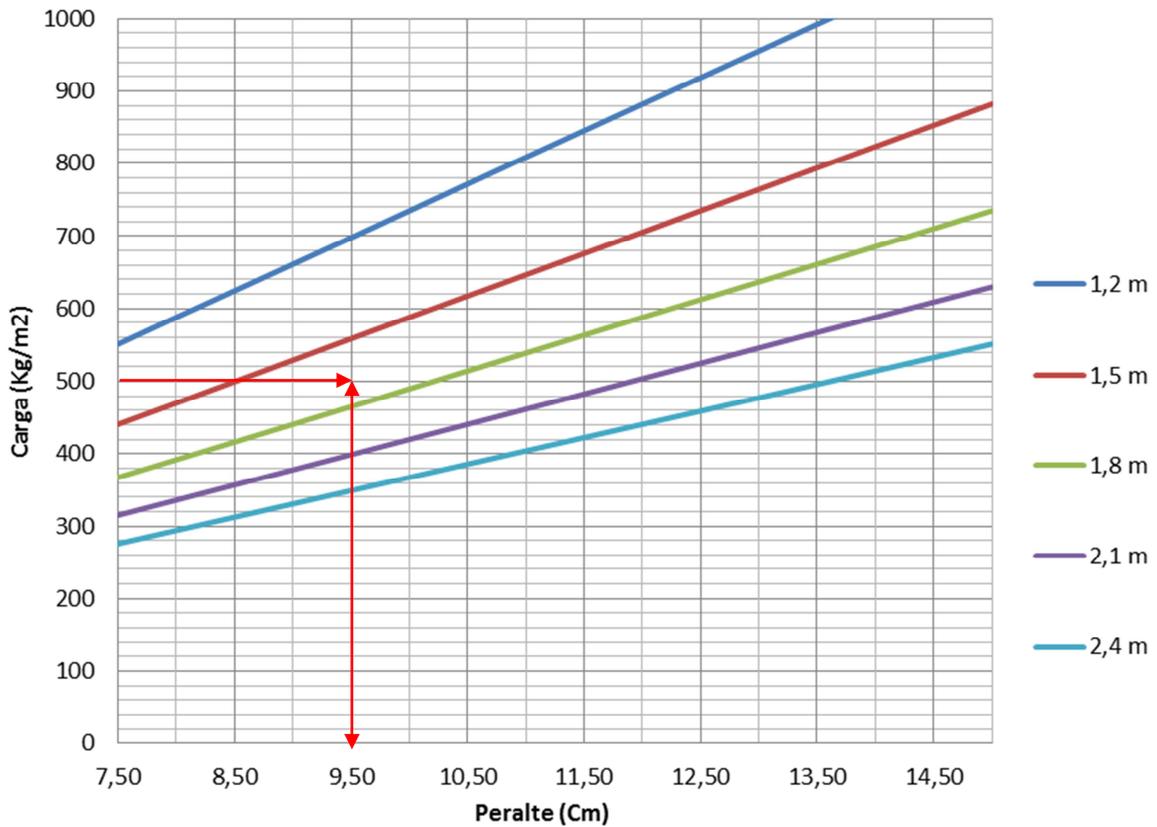
## Pino Radiata. Selección de viga secundaria por flexión.



Para una longitud de 1.65 m s requiere una pieza de Pino radiata de 10.5 cm de peralte.

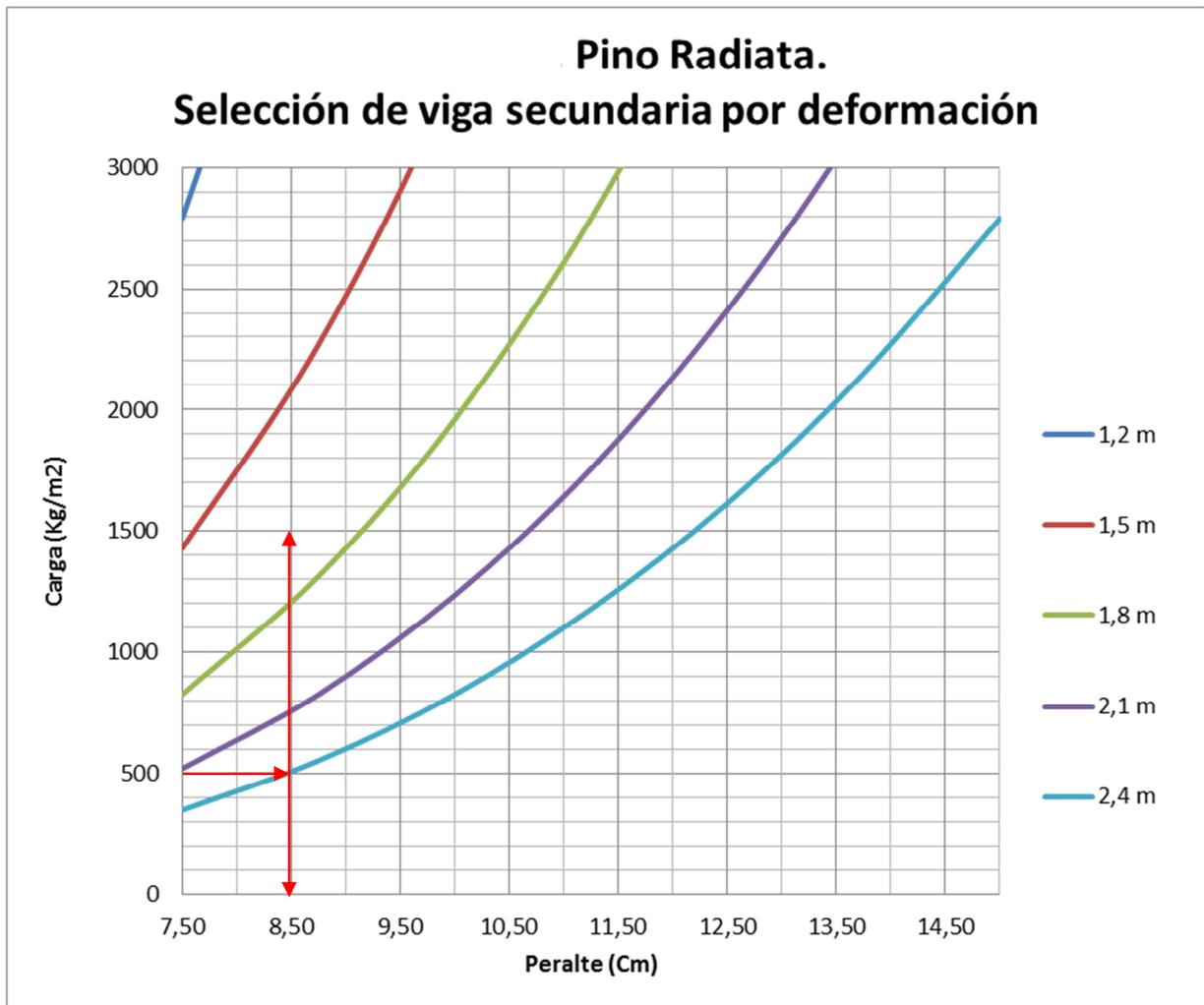
4. Ahora se revisará el esfuerzo cortante de la vigueta ingresando al respectivo gráfico.

## Pino Radiata. Selección de viga secundaria por Cortante



Según el cortante la pieza indicada es la de sección de 7.5cm x9.5cm, pero comercialmente solo se encuentran de 10cm.

5. Ahora se revisara la deformación

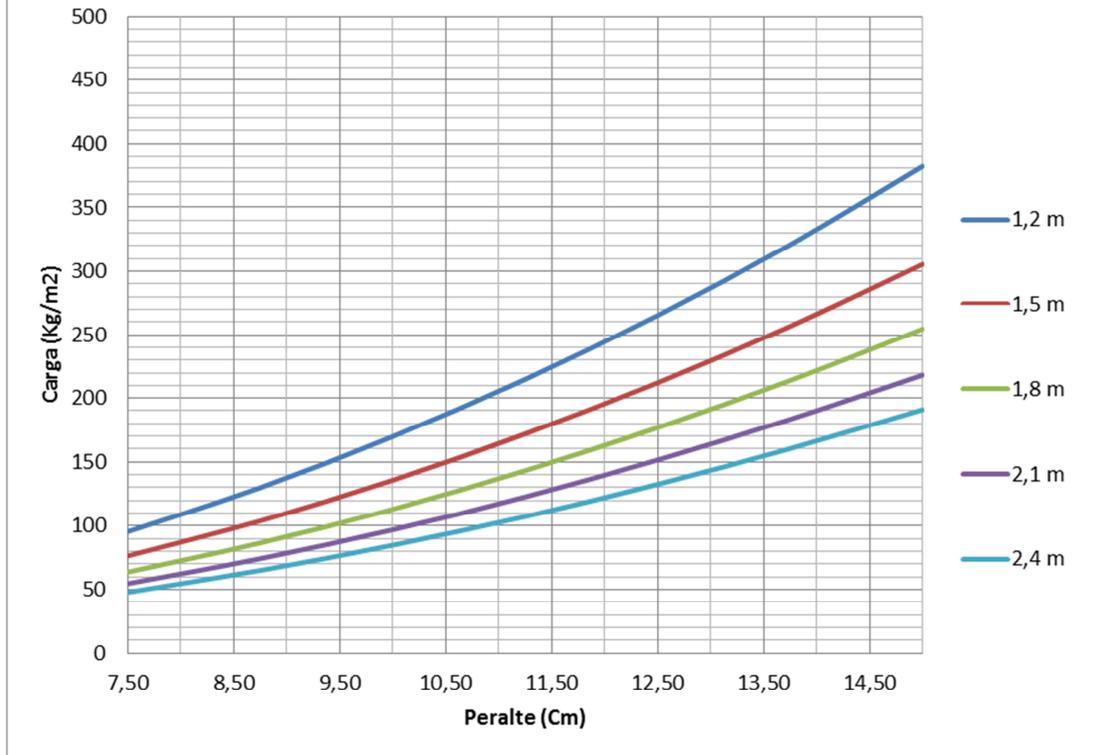


En este caso una pieza de 7.5 cm x 7.5 cm soportaría la carga de diseño con una distancia entre apoyos de 2.1 m, por lo que con una luz de 1.65 m podría soportar estos requerimientos de carga.

Al revisar los tres efectos de las cargas escogemos la sección de mayor tamaño, en este caso sería la pieza de 7.5 cm x 10.00 cm.

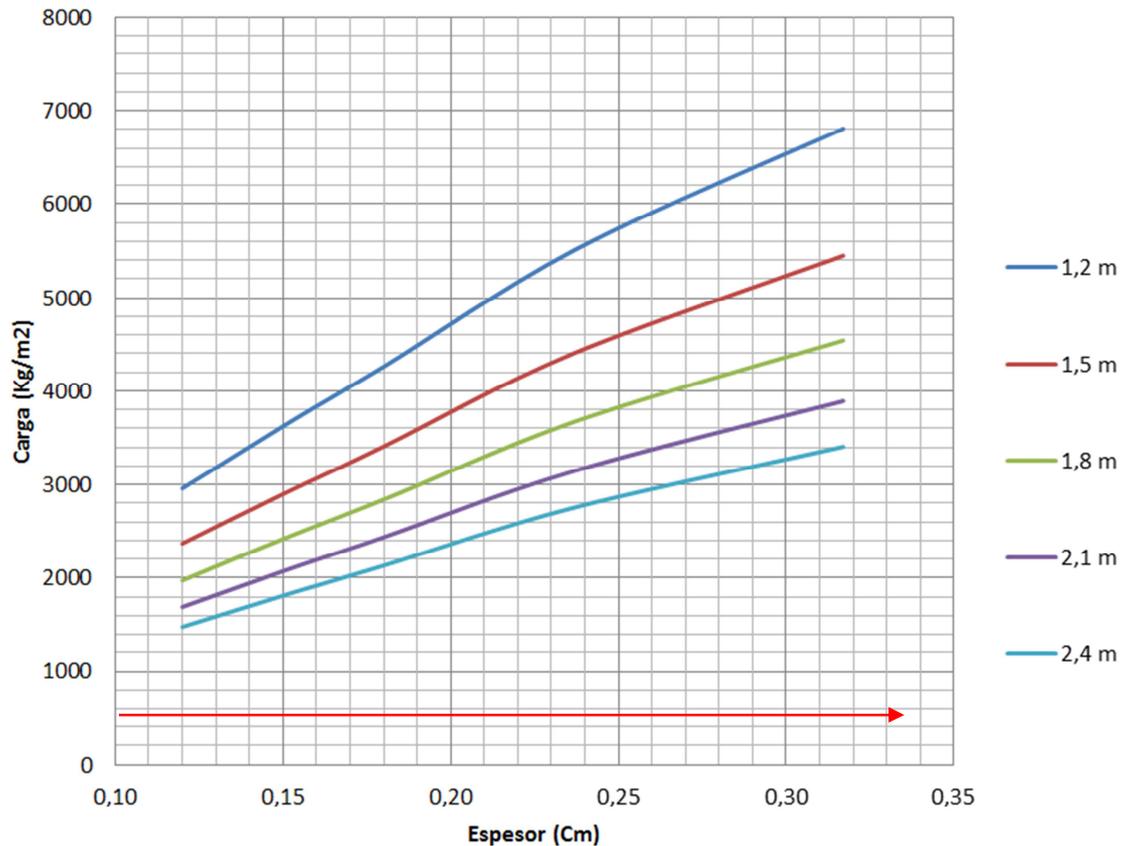
6. Procedemos a revisar las vigas primarias, en este caso tendrá una luz entre apoyos de 3.00 m, así se ingresa la carga ala figura número 30 de diseño por cortante.

**Pino Radiata.**  
**Selección de viga primaria por flexión.**  
**Distancia entre apoyos de 3,00 m.**



Como es evidente, el Pino Radita no tiene capacidad para estas condiciones de carga. Se procede a usar el gráfico para acero estructural.

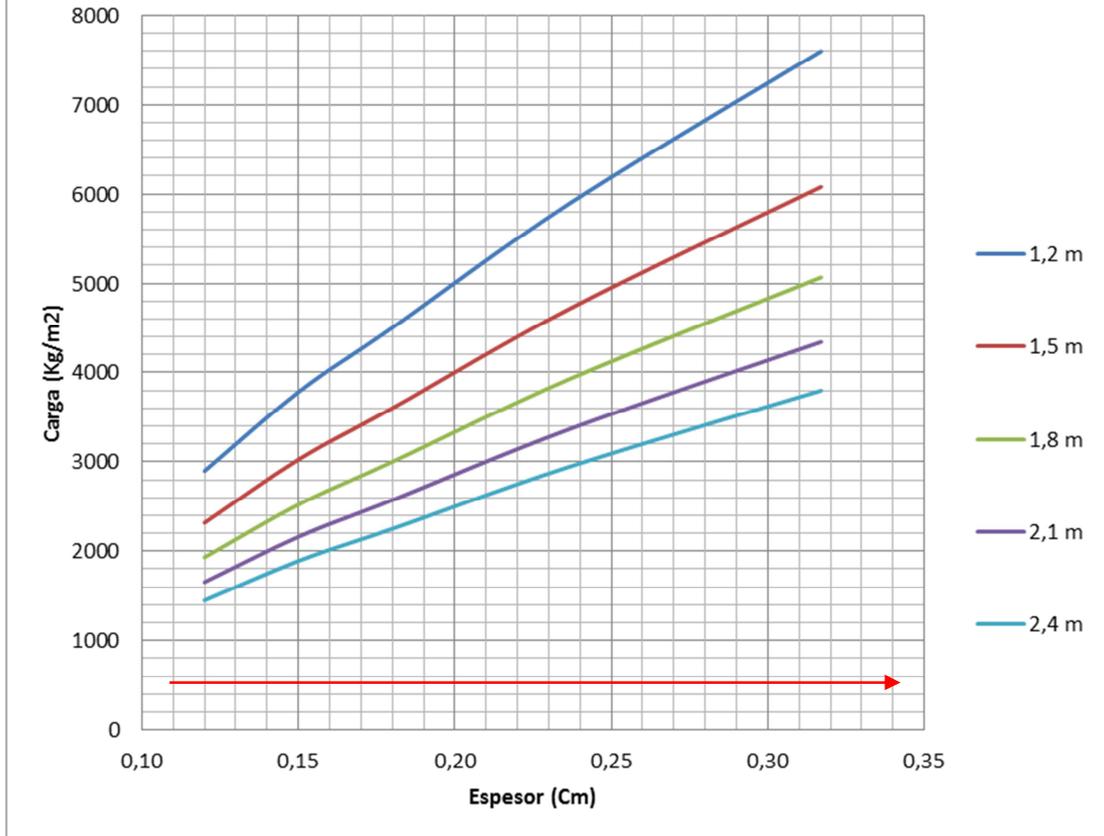
**Tubo estructural de 7.2 x 7.2 cm.  
Selección de viga primaria por flexión.  
Distancia entre apoyos de 3,00 m.**



Se puede utilizar el tubo estructural 72x72x1.2mm al no tocar ninguna curva se puede usar la sección mas económica.

7. Seguidamente se procede a la revisión por cortante

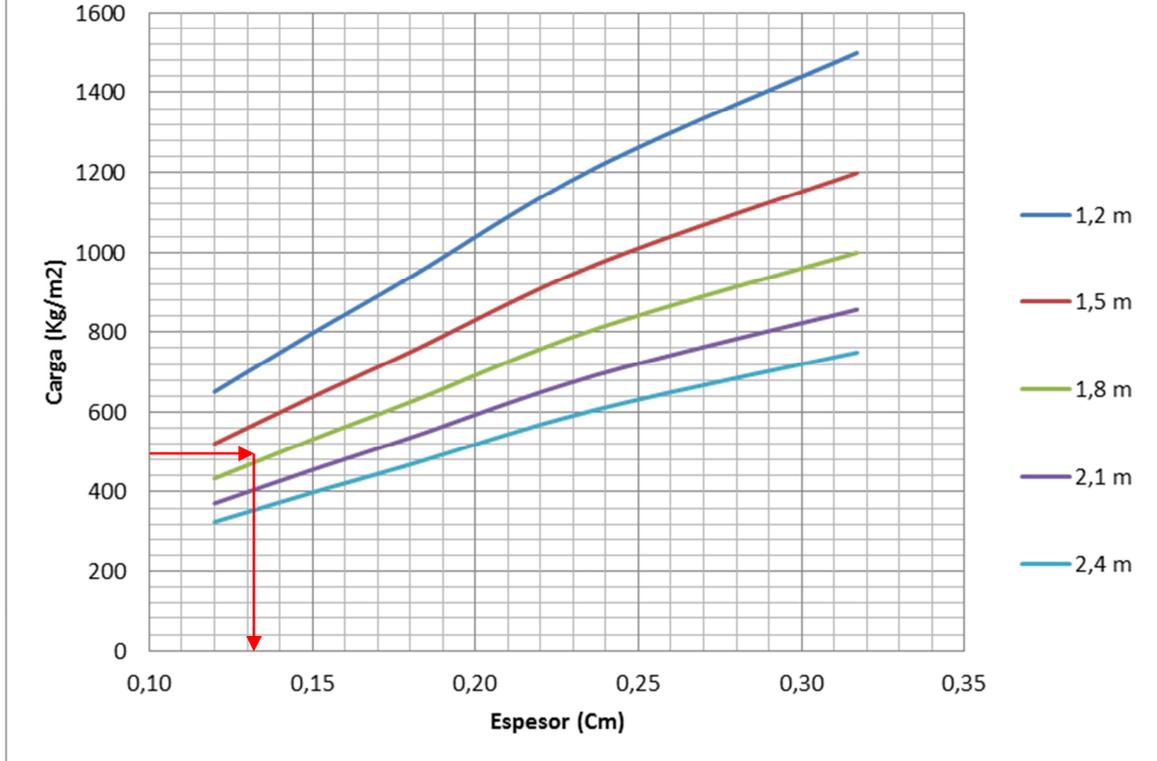
**Tubo estructural de 7.2 x 7.2 cm.  
Selección de viga primaria por cortante.  
Distancia entre apoyos de 3,00 m.**



También se puede utilizar el tubo estructural 72x72x1.2mm al no tocar ninguna curva se puede usar la sección mas económica.

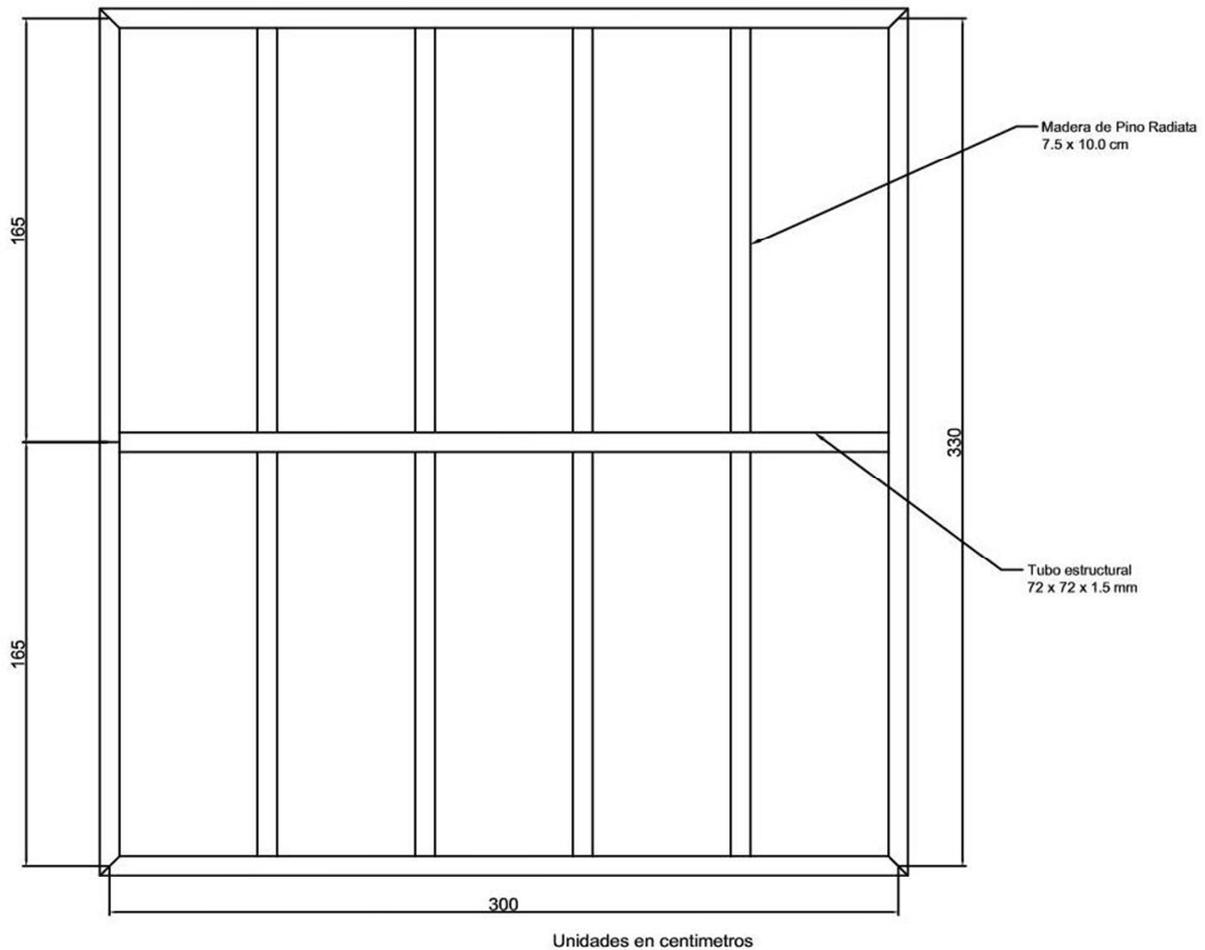
8. Finalmente se procede a la revisión por deformación.

**Tubo estructural de 7.2 x 7.2 cm.  
Selección de viga primaria por deformación.  
Distancia entre apoyos de 3,00 m.**



El grafico, sugiere que para una viga secundaria de 1.65 m que carga una viga primaria de 3.00 m de luz se utilice un espesor de 1.3 mm, pero este espesor no existe en el mercado, por tanto se debe utilizar la mayor mas próxima, en este caso 1.5 mm

Así la configuración del entrepiso sería:



**Figura 72.** Vista en planta de modulación del entrepiso.

Cabe recalcar que el diseño es un proceso iterativo y por tanto estas dimensiones no son definitivas, se puede cambiar la luz entre apoyos, o cambiar, eso queda a criterio del diseñador.

Otro punto importante es que las secciones de perfil RT o Perling, para esta metodología solo se deben utilizar para vigas secundarias, pues su resistencia como vigas primarias es muy limitada.

# Conclusiones

Del estudio se desprenden las siguientes conclusiones:

1. Este trabajo pretende agilizar los diseños de pisos y entresijos en viviendas y edificaciones livianas utilizando el sistema de construcción Habicón, desarrollado por el Centro de Investigaciones en Vivienda y Construcción, CIVCO, del Instituto Tecnológico de Costa Rica.
2. La madera posee propiedades estructurales que permiten desarrollar una capacidad adecuada, para hacer estructuras y que aseguran una deformación aceptable que permita el confort de los habitantes de la estructura.
3. Armandando piezas individuales de madera con espesores comerciales, se logran obtener vigas más a peraltadas, con mayor capacidad de carga y, por lo tanto, poder aumentar los claros de viga.
4. Se desarrolló una herramienta capaz de asegurar la resistencia a los esfuerzos flectores y cortantes, así como de respetar los límites de deformación de pisos y entresijos del Sistema Habicón, asegurando la resistencia y el confort de la estructura.
5. La máxima longitud de vigas secundarias de en madera en secciones simples para pisos y entresijos del Sistema Habicón es de 2.4 m para habitaciones de uso doméstico y comercial.
6. La máxima longitud de vigas secundarias de en madera por en secciones compuestas para pisos y entresijos del Sistema Habicón es de 2.4 m para habitaciones de uso doméstico y comercial.
7. La máxima longitud de vigas primarias de madera por en secciones simples para pisos y entresijos del Sistema Habicón es de 1.8 m para habitaciones de uso doméstico y comercial.
8. La máxima longitud de vigas primarias de madera en secciones compuestas para pisos y entresijos del Sistema Habicón es de 6.0 m para habitaciones de uso doméstico y comercial.
9. La máxima longitud de vigas secundarias de acero estructural en secciones simples para pisos y entresijos del Sistema Habicón es de 2.4 m para habitaciones de uso doméstico y comercial.
10. La máxima longitud de vigas secundarias de acero estructural por en secciones compuestas para pisos y entresijos del Sistema Habicón es de 2.4 m para habitaciones de uso doméstico y comercial.
11. La máxima longitud de vigas primarias en acero estructural por secciones simples es de 3.0 m para habitaciones de uso doméstico y comercial.
12. La máxima longitud de vigas primarias de acero estructural en secciones compuestas para pisos y entresijos del Sistema Habicón es de 6.0 m para habitaciones de uso doméstico y comercial.
13. La máxima longitud de vigas secundarias de RT en secciones simples para pisos y entresijos del Sistema Habicón es de 2.4 m para habitaciones de uso doméstico y comercial.
14. Las vigas con secciones transformadas, tiene mayor capacidad debido al aumento del momento de inercia y del módulo de sección, siempre y cuando se cuente con los adecuados conectores de cortante.

# Recomendaciones

Del estudio se desprenden las siguientes recomendaciones:

1. Se recomienda estudiar las columnas que sobrepasen a los micro pilotes, para lugares de topografía muy quebrada y diferentes tipos de suelos, para estandarizar aún más el Sistema, agilizar el diseño y hacerlo más competitivo.
2. Este es un trabajo teórico, se deben hacer pruebas de laboratorio para comprobar los resultados obtenidos con los resultados que se obtendrían de los ensayos reales de los elementos estructurales.
3. Para lograr obtener secciones de menores dimensiones en las vigas se recomienda utilizar otra especie de madera de mayor resistencia, pero con un peso por unidad de volumen que no sea muy alto, o secciones tipo I con mayor inercia. El análisis con otras especies de madera o con secciones tipo I no está dentro de los alcances de este trabajo.
4. En lo que se refiere a la estructura, se debe dar el respectivo mantenimiento, para así lograr que se encuentre en estado óptimo de conservación, evitar la corrosión y el desgaste de los elementos.
5. Se debe hacer un análisis de pasadores de cortante, en la unión entre de la vigueta y el panel de micro concreto, para poder asegurar que estos sean capaces de transferir apropiadamente el esfuerzo cortante, y poder trabajar con secciones transformadas.
6. En cuanto a los perfiles RT, para la metodología de secciones simples se recomienda utilizarlos únicamente para vigas secundarias, pues su capacidad de carga para luces mayores a los 1.2 m con cargas puntuales es muy limitado.
7. Se recomienda un estudio posterior de las uniones de hierro galvanizado que unen las vigas de madera, para garantizar que estas transmitan adecuadamente los esfuerzos según los requerimientos de carga de trabajo.
8. En este trabajo no se incluyeron secciones de tubo estructural rectangular, a pesar de que estos existen con dimensiones de base de 7.2 cm Se recomienda hacer el análisis respectivo de capacidad y deformación para valorar la posibilidad de aumentar los claros de viga.
9. Además de resistir las cargas, los pisos y entresijos no deben tener deflexiones y vibraciones excesivas que produzcan alarma o efectos no deseables en los ocupantes de la edificación.
10. El diseño no solo se basa en la resistencia, rigidez de los materiales y secciones, sino también en la facilidad constructiva, de ahí la necesidad de usar materiales con características conocidas y dimensiones estándar.
11. Se recomienda hacer un análisis constructivo de las soluciones planteadas.

# Apéndices

- Modelo estructural de sistema de dimensiones 1.65m x 1.5m en madera de 7.5cm x 7.5cm con carga temporal de 200 Kg/m<sup>2</sup>.
- Modelo estructural de sistema de dimensiones 1.65m x 1.5m en madera de 7.5cm x 7.5cm con carga temporal de 300 Kg/m<sup>2</sup>.
- Modelo estructural de sistema de dimensiones 2.40m x 2.40m en madera de 7.2cm x 7.2cm x1.2mm con carga temporal de 200 Kg/m<sup>2</sup>.
- Modelo estructural de sistema de dimensiones 2.40m x 2.40m en madera de 7.2cm x 7.2cm x1.2mm con carga temporal de 300 Kg/m<sup>2</sup>.
- Modelo estructural de sistema de dimensiones 1.80m x 1.80m en madera de 7.2cm x 3.8cm x1.2mm con carga temporal de 200 Kg/m<sup>2</sup>.
- Guía para el uso de la metodología.

# Anexos

- Se anexa la tabla de características mecánicas del Pino Radiata.
- Se anexan las especificaciones de perfiles encontrados en el mercado nacional.
- Se anexan las características de los clavos y tornillos que se pueden conseguir en el mercado nacional.
- Tabla de sobrecargas permanentes en entresijos.

# Referencias

American Iron and Steel Institute. 2009. **MANUAL COLD-FORMED STEEL DESIGN**. Washington D.C.

Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos. 2010. **CÓDIGO SÍSMICO DE COSTA RICA**. Costa Rica: Editorial Tecnológica.

Tuk D. Juan. 2010 **MADERA DISEÑO Y CONSTRUCCION**. Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos, Costa Rica 2da edición.

Chaverri C. Adrián. Estructuras Temporales. Apuntes del curso.

**ASD/LRFD Manual for Engineered Wood Construction 2005 Edition**. Washington, DC

*Breyer, Donald E. Design of Wood Structures—ASD/LRFD, California State Polytechnic University Pomona, California. 6th edition, 2006*

Morrison Ingenieros. **Videos de modelación en CSI ETABS**, 2006

Breyer Donald E. Design of wood structures ASD/LRFD. Mc Graw Hill. Sixth edition. 2007