

# TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

## ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DE VIGAS ACARTELADAS EN PORTICOS PLANOS DE CONCRETO ARMADO

Presentado ante la Ilustre  
Universidad Central de Venezuela

Por los Brs.:

Estévez Losada, José Luis

Reiley Zegarra, Jhonatan

Para optar al Título de

Ingeniero Civil

Caracas, 2006

# TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

## ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DE VIGAS ACARTELADAS EN PORTICOS PLANOS DE CONCRETO ARMADO

TUTOR ACADÉMICO: Prof. Ing. José Manuel Velásquez

COLABORADOR: Prof. Ing. Germán Lozano

Presentado ante la Ilustre  
Universidad Central de Venezuela

Por los Brs.:

Estévez Losada, José Luis

Reiley Zegarra, Jhonatan

Para optar al Título de

Ingeniero Civil

Caracas, 2006

## ACTA

El día 17 de Noviembre de 2006 se reunió el jurado formado por los profesores:

Ing. Angelo Marinilli

Ing. Germán Lozano

Ing. José Manuel Velásquez

Con el fin de examinar el Trabajo Especial de Grado titulado: **"ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DE VIGAS ACARTELADAS EN PORTICOS PLANOS DE CONCRETO ARMADO"**.

Presentado ante la Ilustre Universidad Central de Venezuela para optar al Título de **INGENIERO CIVIL**.

Una vez oída la defensa oral que los bachilleres hicieron de su Trabajo Especial de Grado, este jurado decidió las siguientes calificaciones:

NOMBRE	CALIFICACIÓN	
	Números	Letras
Br. José Luis Estévez Losada	9	DIECINUEVE
Br. Jhonatan Reiley Zegarra	9	DIECINUEVE

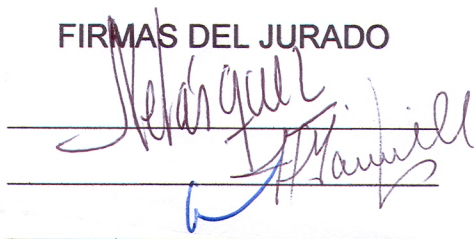
Recomendaciones:

---

---

---

FIRMAS DEL JURADO



Caracas, 17 de Noviembre de 2006

Estévez L. José L.  
Reiley Z. Jhonatan

## ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DE VIGAS ACARTELADAS EN PORTICOS PLANOS DE CONCRETO ARMADO

Tutor Académico: Prof. José Manuel Velásquez

Tutor Industrial: Ing. German Lozano

Trabajo Especial de Grado. Ciudad, U.C.V. Facultad de Ingeniería.

Escuela de Ingeniería Civil. Año, n° pág. (246).

**Palabras Clave:** Pórtico, Concreto Armado, Cartelas

### **Resumen.**

En la búsqueda de integración de elementos a sistemas estructurales nace la idea de encontrar un Método bajo el cual se puedan estudiar la influencia de Cartelas en pórticos planos. El procedimiento utilizado fue el Método de las Rotaciones, que en conjunto con las ecuaciones de Bresse y considerando las deformaciones asociadas a los grados de libertad de una estructura discretizada se logra evaluar los rangos de combinaciones de rigideces entre vigas, columnas y las mismas cartelas, bajo los cuales, el aporte de estas últimas es más significativo bajo eventos gravitacionales y de deformación lateral que pueda sufrir un pórtico plano de concreto armado restringido bajo la normativa COVENIN número 1753.

La validez del procedimiento se obtuvo al reproducir los valores de momentos de empotramiento, factores de rigidez y de transporte del manual de la Portland Cement Association “Handbook of Frames”, a demás de comparar valores de respuesta de una serie de pórticos evaluados por el programa comercial SAP 2000 V8 y los obtenidos por el procedimiento elaborado a base del Método de las Rotaciones.

## INDICE GENERAL

<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>2</b>
<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>4</b>
Objetivo general: .....	4
Objetivos específicos:.....	4
<b>APORTES.....</b>	<b>5</b>
<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>6</b>
2.1.- Definiciones Básicas.....	6
2.1.2 Cartelas.....	6
Tipos de cartelas .....	7
Formas geométricas de las Cartelas.....	8
2.2 Rigideces de elementos de directriz recta.....	9
2.3. Desarrollo del método de resolución de estructuras de pórtico plano Discretizadas. .....	11
2.4 Método de las rotaciones.....	14
2.5     2.5 Matrices de Rigidez.....	21
2.5.1 Matriz de rigidez de un Elemento (Matriz local) .....	22
2.5.2 Matriz de Rigidez de la Estructura (Matriz Global) .....	34
2.5.3 Matriz de Rigidez Lateral.....	45
2.6     Vector Fuerza o Vector Carga .....	47
<b>MÉTODO.....</b>	<b>53</b>
3.1 Conformación de la Matriz de Rigidez del Elemento (local) .....	53
3.2 Solución del sistema para Estructuras Aporticadas planas Discretizadas. ....	57
3.2.1 Composición de la Matriz de Rigidez de la Estructura (Global) .....	57
3.2.1 Composición del Vector Carga y vector Desplazamiento .....	59
3.2.1 Composición de la Rigidez Lateral de la estructura. ....	61
<b>RESULTADOS Y ANÁLISIS .....</b>	<b>64</b>

**CONCLUSIONES..... 225**

**7. BIBLIOGRAFÍA ..... 227**

## Lista de Figuras y Gráficos

	Pág.
-Figura 1.1 Tipos de Cartelas.....	8
- Figura 1.2 Convención positiva para los G.D.L. del elemento aislado y empotrado en ambos extremos.....	15
- Figura 1.3 Elemento de eje recto de sección variable.....	17
- Figura 2.1 Forma general de la Matriz de Rigidez local de un elemento.....	23
- Figura 2.2 Elemento de eje recto acartelado con las deformaciones asociadas a los sentidos de los grados de libertad.....	24
- Figura 2.3 Sistema estático Equivalente producido por la deformación $\mu_1$ igual a 1.....	26
- Figura 2.4 Sistema estático Equivalente producido por la deformación $v_2$ igual a 1.....	27
- Figura 2.5 Sistema estático Equivalente producido por la deformación $\theta_3$ igual a 1.....	29
- Figura 2.6 Sistema Fuerza- Rigidez-Desplazamiento para un miembro horizontal con cartelas (vigas).....	30
- Figura 2.6.1 Coordenadas Locales del elemento (l) y coordenadas Globales (g). Cambio de sentido de las direcciones de rigidez del elemento.....	31



- Figura 2.6.2 Forma general de la Matriz de Transformación de coordenadas de un elemento.....32
- Figura 2.7 Matriz de rigidez de un elemento Vertical (columna)..... 32
- Figura 3.1 Grados de libertad (1, 2, 3, al 11) en los nodos (A, B, C y D) de un pórtico plano y reordenación de los grados de libertad 7, 8, 9, 10 y 11 en función de la restricción de la deformación axial en la viga.....35
- Figura 3.2 Sistema Vector Fuerza es igual a Matriz de Rigidez por Vector Desplazamiento, para el pórtico mostrado en la Fig. 4.1 y para los G.D.L. reordenados.....36
- Figura 3.3 G.D.L. de la estructura asociados a los locales para cada elemento que concurre a la junta B de la Fig. 3.1.....37
- Figura 3.4 Matriz de Rigidez de la estructura, proceso de llenado al ingresar los valores de los coeficientes correspondientes al estudio de fuerzas equivalentes en el nodo B del pórtico de la Fig. 3.1.....41
- Figura 3.5 Tabla de Direcciones entre los grados de libertad Locales del elemento (Fig.2.2) y los asociados a los G.D.L. Globales para cada elemento en el pórtico de la Fig. 3.1 .....42
- Figura 4.1 G.D.L. que intervienen en la rigidez lateral del pórtico (1, 3, 4, 6, 8 y 10) y los no considerados (2, 5, 7, y 9) de laFig.3.1.....36

	Pág.
- Figura 5.1 Momentos en una junta o nodo .....	48
- Figura 5.2 Fuerzas verticales en una junta o nodo.....	51
- Figura 5.3 Fuerzas cortantes en cada piso.....	52
- Figura 6.1 Representación de factores que componen al elemento de directriz recta con cartelas rectas en el plano.....	54
- Figura 6.2 Modelos a estudiar para carga unitaria gravitacional distribuida .....	56
- Figura 6.3 Numeración de Grados de libertad Globales, nodos y elementos en el pórtico plano. Configuración del sistema .....	58
- Figura 6.4 Modelos a estudiar para carga unitaria lateral .....	62
- Gráfico 1.1 Momentos en los nodos Vs altura de cartela recta. Vano de 5 m. Variación de la dimensión de la columna .....	103
- Gráfico 1.2 Momentos en los nodos Vs altura de cartela recta. Vano de 6 m. Variación de la dimensión de la columna .....	104
- Gráfico 1.3 Momentos en los nodos Vs altura de cartela recta. Vano de 7 m. Variación de la dimensión de la columna .....	105
- Gráfico 1.4 Momentos en los nodos Vs altura de cartela recta. Vano de 8 m. Variación de la dimensión de la columna .....	106

	Pág.
- Gráfico 1.5 Momentos en los nodos Vs altura de cartela recta. Vano de 5 m. Variación de la dimensión de la viga.....	107
- Gráfico 1.6 Momentos en los nodos Vs altura de cartela recta. Vano de 6 m. Variación de la dimensión de la viga .....	108
- Gráfico 1.7 Momentos en los nodos Vs altura de cartela recta. Vano de 7 m. Variación de la dimensión de la viga .....	109
- Gráfico 1.8 Momentos en los nodos Vs altura de cartela recta. Vano de 8 m. Variación de la dimensión de la viga .....	110
- Gráfico 1.9 Momentos en los nodos Vs altura de cartela prismática. Vano de 5 m. Variación de la dimensión de la columna .....	120
- Gráfico 1.10 Momentos en los nodos Vs altura de cartela prismática. Vano de 6 m. Variación de la dimensión de la columna .....	121
- Gráfico 1.11 Momentos en los nodos Vs altura de cartela prismática. Vano de 7 m. Variación de la dimensión de la columna .....	122
- Gráfico 1.12 Momentos en los nodos Vs altura de cartela prismática. Vano de 8 m. Variación de la dimensión de la columna .....	123
- Gráfico 1.13 Momentos en los nodos Vs altura de cartela prismática. Vano de 5 m. Variación de la dimensión de la viga .....	124

- Gráfico 1.14 Momentos en los nodos Vs altura de cartela prismática. Vano de 6 m. Variación de la dimensión de la viga .....	125
- Gráfico 1.15 Momentos en los nodos Vs altura de cartela prismática. Vano de 7 m. Variación de la dimensión de la viga .....	126
- Gráfico 1.16 Momentos en los nodos Vs altura de cartela prismática. Vano de 8 m. Variación de la dimensión de la viga .....	127
- Gráfico 2.1 Momentos en los nodos Vs Luz (SAP Vs Modelo).....	130
- Gráfico 2.2 Distancia entre vanos Vs Rigidez Lateral.....	131
- Gráfico 2.3 Rigidez lateral Vs. Luz del vano cartelas rectas ( $\alpha=0.1$ )mod1.....	137
- Gráfico 2.4 Rigidez lateral Vs. Luz del vano cartelas rectas ( $\alpha=0.2$ )mod1.....	138
- Gráfico 2.5 Rigidez lateral Vs. Luz del vano cartelas rectas ( $\alpha=0.3$ )mod1.....	139
- Gráfico 2.6 Rigidez lateral Vs. Luz del vano cartelas prismáticas ( $\alpha=0.1$ )mod1.....	140
- Gráfico 2.7 Rigidez lateral Vs. Luz del vano cartelas prismáticas ( $\alpha=0.2$ )mod1.....	141

- Gráfico 2.8 Rigidez lateral Vs. Luz del vano cartelas prismáticas ( $\alpha=0.3$ )mod1.....	142
- Gráfico 2.9 Rigidez lateral Vs. Luz del vano cartelas rectas ( $\alpha=0.1$ )mod2.....	148
- Gráfico 2.10 Rigidez lateral Vs. Luz del vano cartelas rectas ( $\alpha=0.2$ )mod2.....	149
- Gráfico 2.11 Rigidez lateral Vs. Luz del vano cartelas rectas ( $\alpha=0.3$ )mod2.....	150
- Gráfico 2.12 Rigidez lateral Vs. Luz del vano cartelas prismáticas ( $\alpha=0.1$ )mod2.....	151
- Gráfico 2.13 Rigidez lateral Vs. Luz del vano cartelas prismáticas ( $\alpha=0.2$ )mod2.....	152
- Gráfico 2.14 Rigidez lateral Vs. Luz del vano cartelas prismáticas ( $\alpha=0.3$ )mod2.....	153
- Gráfico 2.15 Rigidez lateral Vs. Luz del vano cartelas rectas ( $\alpha=0.1$ )mod3.....	159
- Gráfico 2.16 Rigidez lateral Vs. Luz del vano cartelas rectas ( $\alpha=0.2$ )mod3.....	160

- Gráfico 2.17 Rigidez lateral Vs. Luz del vano cartelas rectas ( $\alpha=0.3$ )mod3.....	161
- Gráfico 2.18 Rigidez lateral Vs. Luz del vano cartelas prismáticas ( $\alpha=0.1$ )mod3.....	162
- Gráfico 2.19 Rigidez lateral Vs. Luz del vano cartelas prismáticas ( $\alpha=0.2$ )mod3.....	163
- Gráfico 2.20 Rigidez lateral Vs. Luz del vano cartelas prismáticas ( $\alpha=0.3$ )mod3.....	164
- Gráfico 2.21 Rigidez lateral Vs. Luz del vano cartelas rectas ( $\alpha=0.1$ )mod4.....	170
- Gráfico 2.22 Rigidez lateral Vs. Luz del vano cartelas rectas ( $\alpha=0.2$ )mod4.....	171
- Gráfico 2.23 Rigidez lateral Vs. Luz del vano cartelas rectas ( $\alpha=0.3$ )mod4.....	172
- Gráfico 2.24 Rigidez lateral Vs. Luz del vano cartelas prismáticas ( $\alpha=0.1$ )mod4.....	173
- Gráfico 2.25 Rigidez lateral Vs. Luz del vano cartelas prismáticas ( $\alpha=0.2$ )mod4.....	174

- Gráfico 2.26 Rigidez lateral Vs. Luz del vano cartelas prismáticas ( $\alpha=0.3$ )mod4.....	175
- Gráfico 2.27 Rigidez lateral Vs. Luz del vano cartelas rectas ( $\alpha=0.1$ )mod5.....	181
- Gráfico 2.28 Rigidez lateral Vs. Luz del vano cartelas rectas ( $\alpha=0.2$ )mod5.....	182
- Gráfico 2.29 Rigidez lateral Vs. Luz del vano cartelas rectas ( $\alpha=0.3$ )mod5.....	183
- Gráfico 2.30 Rigidez lateral Vs. Luz del vano cartelas prismáticas ( $\alpha=0.1$ )mod5.....	184
- Gráfico 2.31 Rigidez lateral Vs. Luz del vano cartelas prismáticas ( $\alpha=0.2$ )mod5.....	185
- Gráfico 2.32 Rigidez lateral Vs. Luz del vano cartelas prismáticas ( $\alpha=0.3$ )mod5.....	186
- Gráfico 2.33 Rigidez lateral Vs. Luz del vano cartelas rectas ( $\alpha=0.1$ )mod6.....	192
- Gráfico 2.34 Rigidez lateral Vs. Luz del vano cartelas rectas ( $\alpha=0.2$ )mod6.....	193

- Gráfico 2.35 Rigidez lateral Vs. Luz del vano cartelas rectas ( $\alpha=0.3$ )mod6.....	194
- Gráfico 2.36 Rigidez lateral Vs. Luz del vano cartelas prismáticas ( $\alpha=0.1$ )mod6.....	195
- Gráfico 2.37 Rigidez lateral Vs. Luz del vano cartelas prismáticas ( $\alpha=0.2$ )mod6.....	196
- Gráfico 2.38 Rigidez lateral Vs. Luz del vano cartelas prismáticas ( $\alpha=0.3$ )mod6.....	197
- Gráfico 2.39 Rigidez lateral Vs. Tamaño de cartela recta para un vano de 4 m y variando la dimensión de las columnas.....	202
- Gráfico 2.40 Rigidez lateral Vs. Tamaño de cartela prismática para un vano de 4 m y variando la dimensión de las columnas.....	203
- Gráfico 2.41 Rigidez lateral Vs. Tamaño de cartela recta para un vano de 5 m y variando la dimensión de las columnas.....	204
- Gráfico 2.42 Rigidez lateral Vs. Tamaño de cartela prismática para un vano de 5 m y variando la dimensión de las columnas.....	205
- Gráfico 2.43 Rigidez lateral Vs. Tamaño de cartela recta para un vano de 6 m y variando la dimensión de las columnas.....	206



- Gráfico 2.44 Rigidez lateral Vs. Tamaño de cartela prismática para un vano de 6 m y variando la dimensión de las columnas.....	207
- Gráfico 2.45 Rigidez lateral Vs. Tamaño de cartela recta para un vano de 7 m y variando la dimensión de las columnas.....	208
- Gráfico 2.46 Rigidez lateral Vs. Tamaño de cartela prismática para un vano de 7 m y variando la dimensión de las columnas.....	209
- Gráfico 2.47 Rigidez lateral Vs. Tamaño de cartela recta para un vano de 8 m y variando la dimensión de las columnas.....	210
- Gráfico 2.48 Rigidez lateral Vs. Tamaño de cartela prismática para un vano de 8 m y variando la dimensión de las columnas.....	211
- Gráfico 2.49 Rigidez lateral Vs. Tamaño de cartela recta para un vano de 9 m y variando la dimensión de las columnas.....	212
- Gráfico 2.50 Rigidez lateral Vs. Tamaño de cartela prismática para un vano de 9 m y variando la dimensión de las columnas.....	213
- Gráfico 2.51 Rigidez lateral Vs. Tamaño de cartela recta para un vano de 10 m y variando la dimensión de las columnas.....	214
- Gráfico 2.52 Rigidez lateral Vs. Tamaño de cartela prismática para un vano de 10 m y variando la dimensión de las columnas.....	215

- Gráfico 2.53 Rigidez lateral Vs. Tamaño de cartela recta para un vano de 4 m y variando la dimensión de las vigas.....	216
- Gráfico 2.54 Rigidez lateral Vs. Tamaño de cartela prismática para un vano de 4 m y variando la dimensión de las vigas.....	217
- Gráfico 2.55 Rigidez lateral Vs. Tamaño de cartela recta para un vano de 6 m y variando la dimensión de las vigas.....	218
- Gráfico 2.56 Rigidez lateral Vs. Tamaño de cartela prismática para un vano de 6 m y variando la dimensión de las vigas.....	219
- Gráfico 2.57 Rigidez lateral Vs. Tamaño de cartela recta para un vano de 9 m y variando la dimensión de las vigas.....	220
- Gráfico 2.58 Rigidez lateral Vs. Tamaño de cartela prismática para un vano de 9 m y variando la dimensión de las vigas.....	221

## INTRODUCCION

La necesidad de hacer estructuras de concreto armado más confiables es un factor de vital importancia para el ingeniero civil de hoy, es por ello que a menudo se hacen estudios para determinar el comportamiento de sistemas estructurales sometidos a diferentes tipos de sollicitación. El sector de la construcción cada día se hace más exigente, se necesitan pórticos que soporten grandes cargas y tengan luces considerables manteniendo una armonía en las dimensiones de sus vigas y columnas, para esto una alternativa es la implementación de vigas acarteladas en el sistema para aumentar la rigidez de estas.

En el presente Trabajo Especial de Grado se incluye un método para la determinación de la matriz de rigidez lateral de un pórtico con vigas acarteladas, que se fundamenta en las ecuaciones de Bresse aplicadas a elementos de sección variable en sistemas estructurales discretos de concreto armado Tipo I de sección no agrietada según definición de la Norma COVENIN 1753.

### Planteamiento del Problema

Uno de los sistemas estructurales para edificaciones más utilizados en el país es el del pórtico de concreto armado, donde los elementos que lo componen, vigas y columnas, son de sección prismática constante. El comportamiento de este sistema estructural es bien conocido y más aun si la estructura es Tipo I (según Norma COVENIN 1756) y suponiendo que la sección de cada uno de estos elementos al trabajar en conjunto no se agrietan (sección gruesa). Al implantar una variación en las secciones de las vigas que conforman el pórtico, el estudio del comportamiento del sistema no está normado.

En el presente existen métodos codificados para el cálculo de estructuras aporticadas con elementos de sección constante, pero cuando se integran al sistema elementos de sección variable, como las cartelas, no hay una codificación o método de cálculo simplificado que ayude a su estudio; de esto surgen las siguientes interrogantes: ¿Cómo instrumentar el método de las rotaciones y parámetros iniciales para la evaluación del comportamiento de las cartelas en estructuras aporticadas planas de concreto armado? ¿De qué manera influirá la implementación de cartelas en la rigidez lateral de los pórticos planos de concreto armado? ¿En qué tipo de estructuras es conveniente el uso de cartelas? ¿Cómo varía el comportamiento de los miembros estructurales bajo la incorporación de

cartelas? ¿Qué diferencias habrá entre un pórtico con vigas acarteladas y uno con vigas de sección constante? De estas interrogantes nace la propuesta de codificar un método que facilite el estudio de la influencia de cartelas en estructuras aporticadas planas de concreto armado Tipo I (según Norma COVENIN 1756) en la rigidez lateral.

## Objetivos

### Objetivo general:

Evaluar el comportamiento de las cartelas prismáticas y rectas en una estructura aporticada por medio del método de las rotaciones y el análisis matricial.

### Objetivos específicos:

1. Estructurar un método del cálculo numérico para la obtención de la matriz de rigidez de cada uno de los elementos acartelados y no acartelados que conforman la estructura aporticada plana.
2. Sintetizar la matriz de rigidez de la estructura para la obtención de la matriz reducida o matriz de rigidez lateral.
3. Configurar el sistema de resolución que conforma la matriz de rigidez del pórtico, del vector carga y el vector desplazamiento.
4. Comparar la rigidez lateral entre una estructura aporticada con cartelas con una estructura aporticada de sección constante, y su comportamiento elástico.

## Aportes

La finalidad de este trabajo especial de grado es desarrollar un método de cálculo numérico para estructuras aporticadas planas, que permita estudiar la influencia de las vigas acarteladas y determinar la utilidad de estos elementos en la estructura. Con este método se conocerá el comportamiento del sistema bajo el estudio de la matriz de rigidez lateral; en función de estos parámetros básicos evaluar el diseño estructural de la edificación de concreto armado y así automatizar la influencia del uso de cartelas en estas estructuras.

## Marco teórico

### 2.1.- Definiciones Básicas

2.1.1 Estructuras de pórtico plano de concreto armado Tipo I (según Norma COVENIN 1756), de sección no agrietada (sección gruesa).

Las Estructuras Aporticadas de Concreto Armado Tipo I como sistema sismorresistente en la Norma COVENIN 1756 se clasifican como aquellas capaces de soportar la totalidad de las acciones sísmicas mediante el sistema conformado por vigas y columnas, y donde los ejes de las columnas se mantienen continuos hasta su fundación.

### 2.1.2 Cartelas

Al introducir una variación dentro de las secciones de los elementos que conforman la estructura, el comportamiento de éstos cambia en función a la geometría que se disponga. Las cartelas son variaciones presentes en los extremos de los elementos, donde, comúnmente en las vigas, son mas anchas. El efecto más evidente de las cartelas es el aumento



de los momentos negativos en los nodos y disminución de los momentos positivos en el centro del elemento debido a la variación en la rigidez. Un segundo efecto es el cambio de los factores de distribución en el elemento que también influyen en la variación de los momentos en el elemento; un último efecto es el del aumento de la resistencia al corte en los extremos. Al disminuir el momento en el centro del elemento la deformación disminuye, es decir, su flecha se reduce haciendo posible la disminución de material en este sector.

### **Tipos de cartelas**

Entre las cartelas, las más comunes son: Cartelas Rectas, Cartelas Prismáticas y Cartelas Parabólicas.

**Cartelas Rectas:** son aquellas donde la variación entre las caras de la sección varía linealmente, es decir, la relación alto-ancho de la sección es proporcional a una constante.

**Cartelas Prismáticas:** son aquellas donde la variación entre las caras de la sección mantiene una relación uno a uno.

Cartelas Parabólicas: la variación entre sus caras responde a la ecuación de una parábola.

### Formas geométricas de las Cartelas

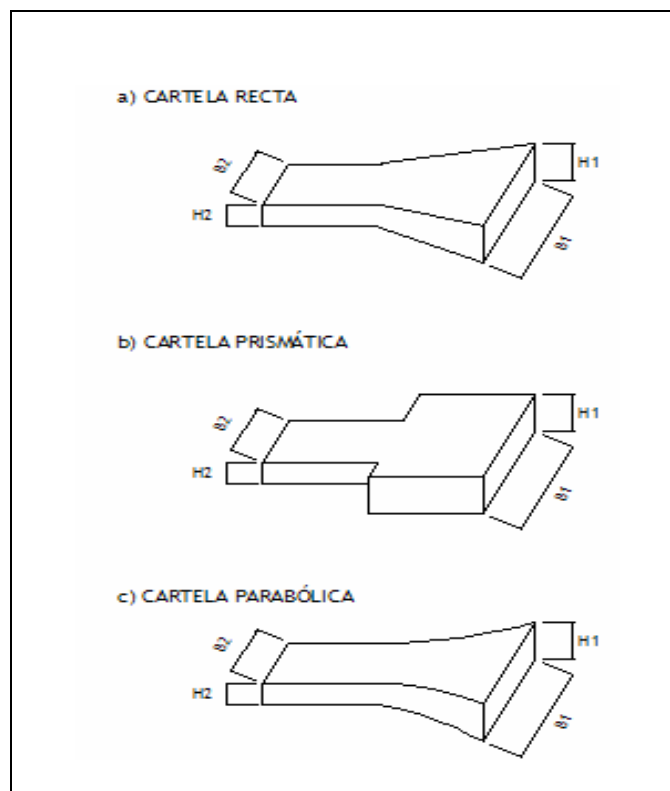


Fig. 1.1 Tipos de Cartelas. (Reiley y Estévez, 2006)

## 2.2 Rigideces de elementos de directriz recta

El estudio de elementos prismáticos con cartelas, en las estructuras aporticadas planas, se consideran de directriz recta cuando la longitud de los miembros es mucho mayor al resto de las dimensiones de la sección (considerada viga bajo los términos de la norma COVENIN 1753), donde las juntas o nodos son los puntos de intersección que conforman la unión viga-columna; puntos de partida y llegada para el estudio de la influencia de las vigas acarteladas dentro del pórtico plano.

En los pórticos de concreto armado las deformaciones debido a fuerzas cortantes y axiales en elementos esbeltos, no triangulados, son menos importantes que las ocasionadas por la flexión debido a las propiedades que posee el conjunto acero-concreto. La rigidez es la deformación unitaria asociada a una fuerza, con lo que habrá tantas rigideces como deformaciones puedan establecerse en el elemento o en el sistema.

Para cada uno de los elementos que integran una estructura, en el caso plano, se definen tres coordenadas generalizadas linealmente independientes por cada extremo o nodo. Estas direcciones conforman las modalidades de movimiento que admite el elemento en ese punto y a la vez son condiciones de borde que permitirán determinar, por el método de las rotaciones, las ecuaciones, que dependiendo de la forma del elemento, definen el comportamiento del sistema.

### 2.3. Desarrollo del método de resolución de estructuras de pórtico plano Discretizadas.

El planteamiento considera las siguientes hipótesis para su modelaje:

.- Los elementos de la estructura del pórtico plano solo se conectan a juntas y no a otros elementos.

.- La estructura se conecta a tierra por medio de juntas de apoyo. Consideradas juntas pero en realidad no son puntos de transición entre elementos.

.- El comportamiento de la estructura discretizadas se basa en el comportamiento de las juntas. Las estructuras reales poseen “ $\infty$ ” G.D.L.

Para desarrollar el método de resolución de estructuras discretizadas se deben considerar los siguientes pasos:

a) Definir la configuración del sistema según las coordenadas generales, es decir, dónde comienza y termina cada elemento para generar parámetros geométricos que describen la configuración del sistema.

b) Definir los parámetros generales e independientes del sistema, es decir, las restricciones y vinculaciones de cada uno de los elementos; estos son las coordenadas generales independientes representadas por los grados de libertad (G.D.L.) de la estructura. Los grados de libertad son el número mínimo de coordenadas generales que definen la configuración de un sistema mecánico de manera independiente y completa.

Teniendo dispuesta la configuración del sistema y parámetros generales:

i.- Se establece la influencia de cada uno de los elementos en el pórtico plano a través de la aplicación del método de las rotaciones, para determinar de qué manera intervienen las rigideces del elemento en la estructura. Esto lleva al armado de la matriz de rigidez de la estructura.

ii.- En función de las rigideces consideradas para el armado de la matriz de la estructura se genera el vector Desplazamiento, que no es más que los grados de libertad que intervienen en el sistema pero con las estimaciones de sus restricciones y posibilidades de movimiento en el plano.

iii.- De acuerdo a las magnitudes y las combinaciones de carga que se le dispongan a cada elemento de la estructura se les halla sus respectivas cargas extremas o de apoyo (entre esas los momentos de empotramiento), para luego hacer un balance de fuerzas en cada nodo y en el respectivo sentido del grado de libertad. Con esto resuelto se logra el vector Fuerza, donde sus componentes son las magnitudes resultantes del balance de fuerzas nodales y reacciones en los grados de libertad donde, por lo general, los desplazamientos son nulos.

iv.- Una vez generados tanto los vectores Fuerza y Desplazamiento, como la matriz de rigidez de la estructura (Global o lateral) se resuelve el sistema: Fuerza es igual a Rigidez por Desplazamiento, para la obtención de las deformaciones y reacciones del sistema en los nodos, producto de las fuerzas aplicadas.

## 2.4 Método de las rotaciones

El método de las rotaciones, aplicado a un elemento aislado y empotrado, asocia deformaciones unitarias a cada uno de los grados de libertad considerados en el elemento, uno a uno como sistemas independientes, para la obtención de unos factores de rigidez que relacionan la influencia de cada de los desplazamientos unitarios otorgados a los grados de libertad considerados.

Al generar movimientos unitarios, las fuerzas y deformaciones quedan relacionados a través de las tensiones que sufre el elemento, donde, interviene la forma y el tipo de material. Las tensiones se traducen en fuerzas equivalentes en los grados de libertad y la variación en la forma (cartelas) produce en la sección una discontinuidad en la inercia para la dirección de estudio del elemento que afecta a la relación entre las rigideces.

Al otorgarse un desplazamiento intervienen factores de rigidez, que para el caso del elemento se denotan como  $k_i$  a la rigidez del nodo para el extremo izquierdo,  $k_j$  para el extremo derecho y  $k_{ij}$  o  $k_{ji}$  para la relación entre ambos (transporte).



Las demostraciones de las formulaciones mostradas para cada uno de estos términos se pueden conseguir en cualquier tratado de análisis Estructural<sup>1</sup>. Ahora, sea el elemento acartelado de la Fig. 1.2, los G.D.L. locales para dicho elemento se muestran a continuación:



Fig.1.2 Convención positiva para los G.D.L. del elemento aislado y empotrado en ambos extremos  
(Reiley y Estévez, 2006)

Los coeficientes de rigidez  $k_i$ ,  $k_j$  y  $k_{(ij \text{ o } ji)}$  son expuestos al estudiar las ecuaciones de Bresse, los cuales generan los desplazamientos ocurridos en una sección  $i$  de un elemento, conocido los de otra sección  $j$  y un momento flector en cualquier otro punto del mismo miembro.

---

<sup>1</sup> C.K. Wang

Despreciando los efectos por cambio de temperatura y los esfuerzos normales y cortantes las tres ecuaciones de Bresse quedan de la siguiente forma:

$$\mu_i = \mu_j + \theta_j(y_i - y_j) - y_i \int_s \frac{M}{EI} ds + \int_s \frac{My}{EI} ds \quad (\text{Ec. 1.1.1})$$

$$v_i = v_j + \theta_j(x_i - x_j) - x_i \int_s \frac{M}{EI} ds + \int_s \frac{Mx}{EI} ds \quad (\text{Ec. 1.1.2})$$

$$\theta_i = \theta_j = \int_s \frac{M}{EI} ds \quad (\text{Ec. 1.1.3})$$

Donde  $\mu$ ,  $\theta$ , y  $v$  son las deformaciones asociadas a los grados de libertad de la Fig. 1.2 y medidos a partir del centro de gravedad de cada sección (Véase la Fig. 1.3).  $x_i$ ,  $x_j$ ,  $y_i$  y  $y_j$  son las coordenadas de los centros de gravedad de cada sección después de ocurrida la deformación,  $M$  el diagrama de momento del elemento (función de la carga) y  $EI$  es el producto entre el módulo de Elasticidad ( $E$ ) del material por la Inercia ( $I$ ) de la sección medida a partir del centro de gravedad.

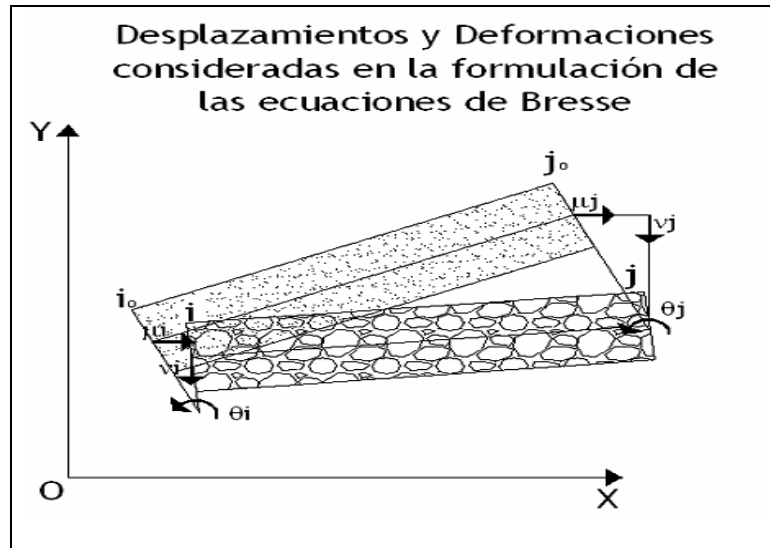


Fig.1.3 Elemento de eje recto de sección variable donde  $i_0$  y  $j_0$  son las posiciones iniciales antes de ocurridas las deformaciones y desplazamientos asociados a los centro de gravedad de cada sección en los extremos del miembro. (Reiley y Estévez, 2006)

El eje de acción de la integral ( $ds$ ), para las Ec. 1.1.1, 1.1.2 y 1.1.3, se mueve a través del centro de gravedad para cada sección, generando un estudio no lineal en el comportamiento del elemento de sección variable. La aplicación y comprobación de este hecho se refleja en el estudio realizado en el trabajo especial de grado “Archivo de Matrices de Flexibilidad y Rigidez para Miembros de Cualquier Directriz Contenidos en Estructuras Planas Sometidas a Cargas Normales” presentado por los Ingenieros Oswaldo Abreu y Gerardo González (1985).

Dicho estudio no es de aplicación directa al asumirse el elemento de directriz recta y se desprecia en conjunto con la influencia de las tensiones normales y cortantes en las vigas al considerar los factores expuestos en el punto 2.2 (Pág. 11) del presente trabajo. Al considerar las restricciones propuestas, los factores de rigidez se obtienen a partir del estudio del comportamiento de una viga de sección variable perfectamente empotrada en ambos extremos y cargada de cualquier forma que tiene por condiciones de borde: <sup>2</sup>

$$v_i = v_j = 0, \quad x_i = 0, \quad x_j = L \quad \text{y} \quad \theta_i = \theta_j = 0$$

Las Ec. 1.1.1, 1.1.2 y 1.1.3 dan:

$$\int_0^l \frac{M(l-x)}{I_x} dx = 0 \qquad \int_0^l \frac{M}{I_x} dx = 0$$

M viene dada por la forma:

$$\mu - M_{ij} + \frac{M_{ji} + M_{ij}}{l} x = \mu - M_{ij} \frac{(l-x)}{l} + M_{ji} \frac{x}{l}$$

---

<sup>2</sup> CHARON, P. (1962)

Para dicha disposición las ecuaciones de Bresse se forman de los coeficientes:

$$K_1 = \int_0^l \frac{x^2}{I_x} dx \quad (\text{Ec. 1.2.1})$$

$$K_2 = \int_0^l \frac{x(l-x)^2}{I_x} dx \quad (\text{Ec. 1.2.2})$$

$$K_3 = \int_0^l \frac{x(l-x)}{I_x} dx \quad (\text{Ec. 1.2.3})$$

$$K_4 = \int_0^l \frac{\mu x}{I_x} dx \quad (\text{Ec. 1.2.4})$$

$$K_5 = \int_0^l \frac{\mu(l-x)}{I_x} dx \quad (\text{Ec. 1.2.5})$$

Donde  $\mu$  es el momento conocido en cualquier punto (diagrama de momento) para un sistema equivalente a una viga de la misma luz y simplemente apoyada. La longitud del elemento esta representada por  $l$  y la inercia a lo largo del elemento por  $I_x$ .

A medida que se impongan condiciones de borde particularizadas, desplazamientos en el caso del método de las rotaciones, se obtendrán las fuerzas producidas por dichos eventos, donde, la rigidez es la fuerza necesaria a aplicar para que el desplazamiento o movimiento de un punto del elemento sea unitario.

Establecidas las ecuaciones de Bresse y considerando las deformaciones asociadas a los grados de libertad expuestos en la Fig. 1.2, la forma de generar las rigideces es a través de la aplicación del Método de los Estados Elementales de Desplazamiento, el cual se basa en otorgar un movimiento unitario en el sentido del grado de libertad, uno a uno como sistemas independientes, para evaluar las reacciones o efectos en los otros grados de libertad (caso general del Método de las Rotaciones). La obtención de los coeficientes de rigidez se expone en el proceso de la obtención de los términos que componen la matriz local del elemento.

### 2.52.5 Matrices de Rigidez

En forma general la Matriz de Rigidez se compone por los G.D.L. que se consideren para el sistema, ya sea para la matriz del elemento, la matriz global o la matriz de rigidez lateral. La matriz de rigidez se caracteriza siempre por ser:

- Matriz cuadrada [nxn], mismo número de filas y columnas.
- Matriz simétrica, elementos de matriz cuadrada que cumplen con la forma  $a_{ij} = a_{ji}$  donde  $i$  es el número de filas y  $j$  el número de columnas.
- Matriz diagonal, los elementos que integran su diagonal principal son distintos de 0 (cero),  $a_{ij} < 0$ ,  $a_{ij} > 0$  donde  $i=j$ .

La matriz de rigidez forma parte del sistema que se genera de la relación: fuerza es igual a rigidez por deformación, donde, los componentes que integran dicho sistema, están formados por ecuaciones que relacionan desplazamientos unitarios direccionados a las coordenadas locales, y se estudia el efecto de estos en el resto de los grados de libertad que contenga el elemento o el sistema. El tamaño y forma de la matriz es función de las consideraciones dispuestas a los grados de libertad, las restricciones, condiciones de contorno y las hipótesis propuestas para cada caso de estudio.

### 2.5.1 Matriz de rigidez de un Elemento (Matriz local)

La matriz de rigidez del elemento asocia las deformaciones con las cargas aplicadas a los grados de libertad; la rigidez es igual a la fuerza cuando la deformación asociada es igual a la unidad. Esta matriz se forma por los coeficientes de las ecuaciones de equilibrio estático, planteadas en función de los desplazamientos unitarios dados al elemento, generado por el método de rotaciones y la aplicación de las ecuaciones de Bresse bajo las condiciones de contorno generadas por las deformaciones unitarias otorgadas al sistema. La ecuación general que describe el sistema tiene la forma:

$$F_{Li} = \sum_{j=1}^n (k_{ij} \times \mu_{Lj}) \quad (\text{Ec. 2})$$

Cuyo desarrollo es:

$$F_{Li} = (k_{i1} \times \mu_{L1}) + (k_{i2} \times \mu_{L2}) + (k_{i3} \times \mu_{L3}) + \dots + (k_{in} \times \mu_{Ln}) \quad (\text{Ec. 2.1})$$

Donde:

$F_{Li}$  : fuerza local aplicada en el grado de libertad i.

$k_{ij}$  : Rigidez equivalente al aplicar una fuerza en el grado de libertad i cuando se aplica un desplazamiento unitario en el grado de libertad j.



$\mu_{Lj}$ : Deformaciones locales asociados a el grado libertad j.

Como se muestra en la figura 1.2, para cada elemento existen dos nodos, y por cada uno de estos hay tres grados de libertad (G.D.L.) asociados al plano limitando a seis los grados de libertad por elemento. De aquí se genera la matriz de rigidez local del elemento, que tiene la siguiente forma:

$$K_{ij} = \begin{bmatrix} K_{11} & K_{12} & K_{13} & K_{14} & K_{15} & K_{16} \\ K_{21} & K_{22} & K_{23} & K_{24} & K_{25} & K_{26} \\ K_{31} & K_{32} & K_{33} & K_{34} & K_{35} & K_{36} \\ K_{41} & K_{42} & K_{43} & K_{44} & K_{45} & K_{46} \\ K_{51} & K_{52} & K_{53} & K_{54} & K_{55} & K_{56} \\ K_{61} & K_{62} & K_{63} & K_{64} & K_{65} & K_{66} \end{bmatrix}$$

Fig.2.1 Forma general de la Matriz de Rigidez local de un elemento. (Reiley y Estévez, 2006)

Sea el elemento acartelado de cualquier forma (Fig. 2.2), empotrado y sin cargas que considera las deformaciones en los nodos asociados a los grados de libertad de la Fig. 1.2. Al aplicarle el método de las Rotaciones a cada uno de los grados de libertad asociados a los nodos, se obtienen las

expresiones de distribución de tensiones del elemento en función de los modos de desplazamiento en las juntas.



Fig. 2.2 Elemento de eje recto acartelado con las deformaciones asociadas a los sentidos de los grados de libertad. (Reiley y Estévez, 2006)

Estudiando modo por modo se tiene cada una de las rigideces asociadas a cada uno de los desplazamientos dispuestos a cada uno de los grados de libertad en los nodos del miembro de la Fig. 2.2 los cuales se toman como modos de desplazamiento.

1<sup>er</sup> desplazamiento.

Condiciones: sea un miembro empotrado, aislado y sin cargas tal que para toda deformación distinta de  $\mu_1$  su desplazamiento asociado es nulo. Si  $\mu_1$  es igual a 1 se produce un cambio de longitud del miembro que implica una tensión asociada de la forma:

$$\sigma = \frac{P}{A_0 \alpha} = E \varepsilon \quad (\text{Ec.3.1})$$

donde:

$\sigma$ : es la tensión asociada al desplazamiento unitario

P: fuerza equivalente al desplazamiento unitario en el sentido del G.D.L.

$A_0$ : área del elemento en la sección media del miembro

$\alpha$ : ley de variación del área a lo largo de la sección

E: modulo de elasticidad del material

$\varepsilon$ : Deformación unitaria del elemento en la dirección  $\mu_1$  e igual a  $\frac{\Delta L}{L}$ ; como

$\Delta L$  es igual a 1, la fuerza P queda de la siguiente forma:

$$p = \frac{EA \alpha}{L} \quad (\text{Ec.3.2})$$

En la Fig. 2.3 se observa el sistema estático equivalente producido por la deformación  $\mu_1$  otorgada.

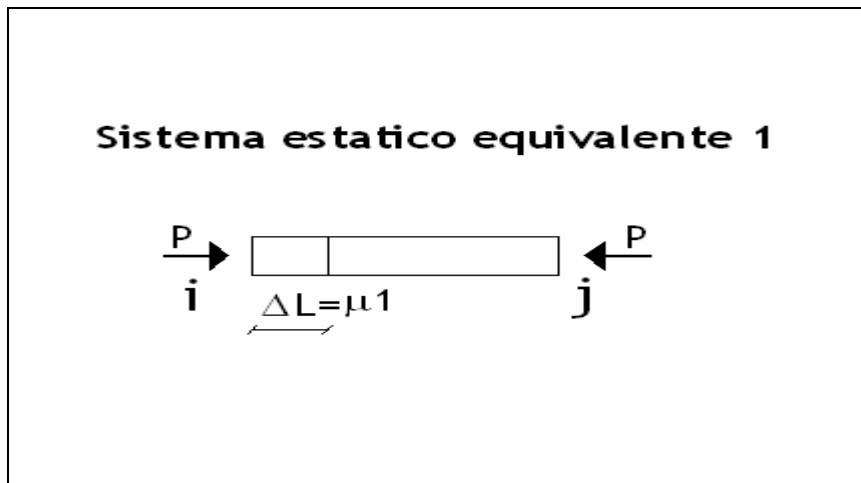


Fig. 2.3 Sistema estático Equivalente producido por la deformación  $\mu_1$  igual a 1. (Reiley y Estévez, 2006)

Aplicando la Ec. 2.1 se genera:

$$P_i = p(\mu_1) + 0(v_2) + 0(\theta_3) - p(\mu_4) + 0(v_5) + 0(\theta_6) \quad (\text{Ec.3.3})$$

2<sup>do</sup> desplazamiento.

Condiciones: sea un miembro empotrado, aislado y sin cargas tal que para toda deformación distinta de  $v_2$  su desplazamiento asociado es nulo. Si  $v_2$  es igual a 1 se produce una rotación del miembro en sentido horario ( $\Psi_{ij}$ ) igual a  $-1/L$ . Al introducirla al método de las rotaciones el sistema queda de la Forma:

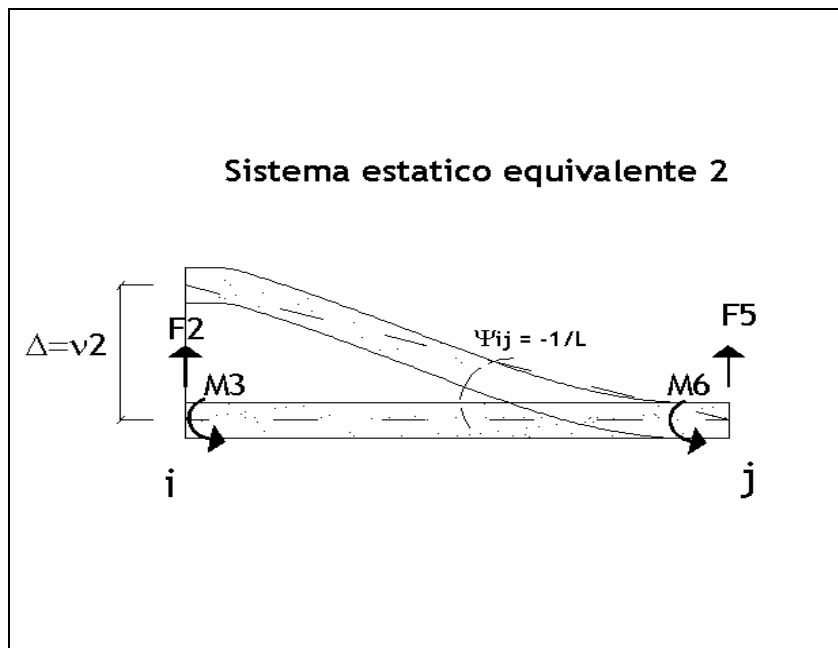


Fig. 2.4 Sistema estático Equivalente producido por la deformación  $v_2$  igual a 1. (Reiley y Estévez,

2006)

Aplicando la Ec. 1.1.2 y la Ec. 1.1.3:

$$M_3 = \frac{(K_1 + K_3)}{(K_1 K_2 - K_3^2)} EI_o L \quad (\text{Ec. 3.4.1})$$

$$M_6 = \frac{(K_2 + K_3)}{(K_1 K_2 - K_3^2)} EI_o L \quad (\text{Ec. 3.4.2})$$

Y por equilibrio de fuerzas:

$$F_2 = -F_5 \text{ e igual a: } F_2 = \frac{M_6 + M_3}{L} = \frac{(K_1 + K_2 + 2K_3)EI_o}{K_1 K_2 - K_3^2} \quad (\text{Ec. 3.4.3})$$

Aplicando la Ec. 2.1 se genera:

$$F_i = 0(\mu_1) + F_2(v_2) + M_3(\theta_3) + 0(\mu_4) - F_2(v_5) + M_6(\theta_6) \quad (\text{Ec. 3.4})$$

3<sup>er</sup> desplazamiento.

Condiciones: sea un miembro empotrado, aislado y sin cargas tal que para toda deformación distinta de  $\theta_3$  su desplazamiento asociado es nulo. Si  $\theta_3$  es igual a 1 se produce una rotación en el nodo en sentido antihorario. Al aplicar el método de las rotaciones el sistema queda de la forma:

Aplicando la Ec. 1.1.2 y la Ec. 1.1.3:

$$M_{3'} = \frac{K_1 EI_o L^2}{K_1 K_2 - K_3^2} \quad (\text{Ec.3.5.1})$$

$$M_{36'} = \frac{K_3 EI_o L^2}{K_1 K_2 - K_3^2} \quad (\text{Ec.3.5.2})$$

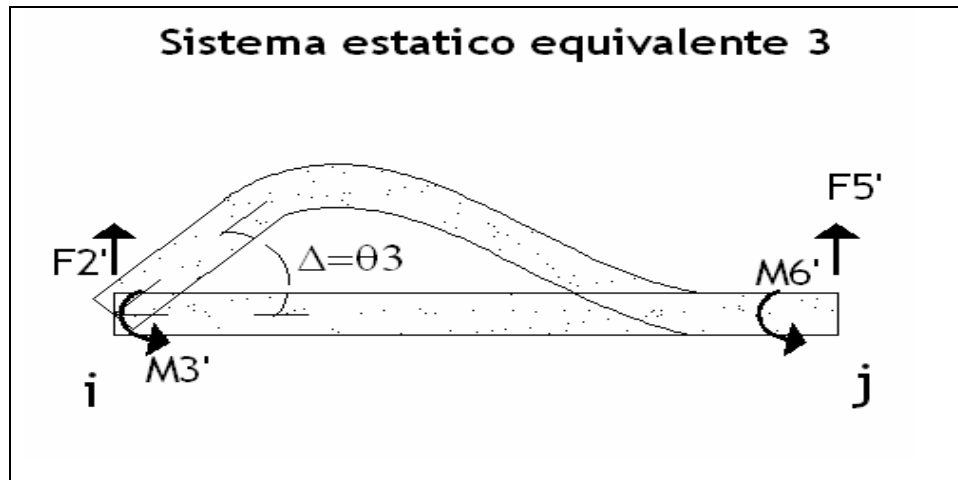


Fig. 2.5 Sistema estático Equivalente producido por la deformación  $\theta_3$  igual a 1. (Reiley y Estévez,

2006)

Y por equilibrio de fuerzas:

$$F2' = -F5' \text{ e igual a: } F2' = \frac{M6' + M3'}{L} = \frac{(K_1 + K_3)EI_0L}{(K_1K_2 - K_3^2)} = M3$$

Aplicando la Ec. 2.1 se genera:

$$Mi = 0(\mu1) + M3(v2) + M3'(\theta3) + 0(\mu4) - M3(v5) + M36'(\theta6) \quad (\text{Ec. 3.5})$$

De la misma forma, generando deformaciones unitarias al resto de las direcciones representadas en la Fig. 2.2 se generan las ecuaciones que involucran al nodo j del elemento. Reordenando los modos y agrupando los desplazamientos que integran las Fuerzas, el sistema queda:

$$\begin{bmatrix} Pi \\ Vi \\ Mi \\ Pj \\ Vj \\ Mj \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} p & 0 & 0 & -p & 0 & 0 \\ 0 & F2 & M3 & 0 & -F2 & M6 \\ 0 & M3 & M3' & 0 & -M3 & M36' \\ -p & 0 & 0 & p & 0 & 0 \\ 0 & -F2 & -M3 & 0 & F2 & -M6 \\ 0 & M6 & M36' & 0 & -M6 & M6' \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mu i \\ v i \\ \theta i \\ \mu j \\ v j \\ \theta j \end{bmatrix}$$

Fig. 2.6 Sistema Fuerza- Rigidez-Desplazamiento para un miembro horizontal con cartelas (vigas).

(Reiley y Estévez, 2006)



En vigas acarteladas las deformaciones axiales son consideradas nulas y el término  $p$  se hace nulo. Para el caso de los elementos verticales (columnas) hay que considerar un cambio de coordenadas para expresar las fuerzas globales de la estructura en función de las fuerzas locales de los elementos. Este cambio de coordenadas se realiza por medio del empleo de la matriz de transformación ( $T_e$ ), dejando a la matriz de rigidez de la columna como  $K_C = T_e^t * K_{ij} * T_e$ . El cambio de dirección del elemento se mide a partir de un eje horizontal hasta la directriz del miembro, como se muestra en la Fig. 2.6.1

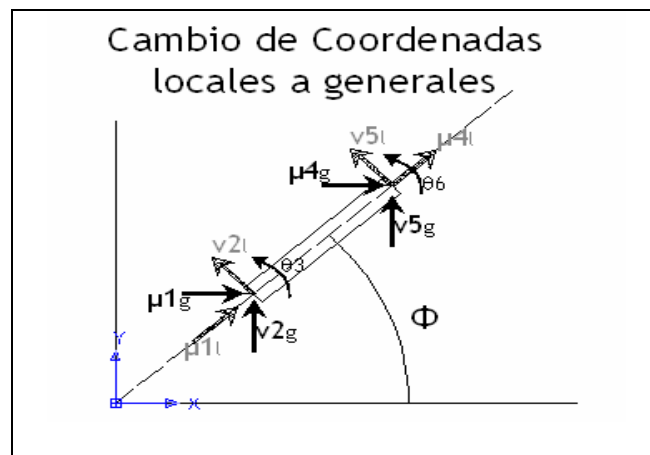


Fig.2.6.1 Coordenadas Locales del elemento (l) y coordenadas Globales (g). Cambio de sentido de las direcciones de rigidez del elemento. (Reiley y Estévez, 2006)

La forma de  $T_e$  se representa en la matriz expuesta en la Fig. 2.6.2:

$$T_e = \begin{bmatrix} \cos(\phi) & \text{sen}(\phi) & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -\text{sen}(\phi) & \cos(\phi) & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \cos(\phi) & \text{sen}(\phi) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -\text{sen}(\phi) & \cos(\phi) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Fig.2.6.2 Forma general de la Matriz de Transformación de coordenadas de un elemento. (Reiley y Estévez, 2006)

Donde para el caso de los elementos verticales el ángulo  $\phi$  medido en radianes es  $\pi/2$  dejando a los cósenos nulos y a los senos como la unidad. Con esto planteado y resolviendo la multiplicación de matrices  $T_e^t * K_{ij} * T_e$  se tiene al matriz de rigidez de la columna tiene la forma:

$$K_c = \begin{bmatrix} F2 & 0 & -M3 & -F2 & 0 & -M6 \\ 0 & p & 0 & 0 & -p & 0 \\ -M3 & 0 & M3' & M3 & 0 & M36' \\ -F2 & 0 & M3 & F2 & 0 & M6 \\ 0 & -p & 0 & 0 & p & 0 \\ -M6 & 0 & M36' & M6 & 0 & M6' \end{bmatrix}$$

Fig. 2.7 Matriz de rigidez de un elemento Vertical (columna). (Reiley y Estévez, 2006)

Donde:  $MG' = \frac{K_2 EI_0 L^2}{K_1 K_2 - K_3^2}$  (Ec.3.6)

Tanto para la matriz de rigidez local de la viga como para el de la columna.

### 2.5.2 Matriz de Rigidez de la Estructura (Matriz Global)

Para obtener la matriz de rigidez del pórtico el procedimiento parte del mismo principio con el cual se arma la del elemento aislado, pero, la diferencia está en la cantidad de grados de libertad a considerar en el sistema. El pórtico posee como máximo tres grados de libertad por nodo dependiendo de la vinculación que tiene el elemento con la estructura, con lo que se generan tantas columnas en la matriz de rigidez como grados de libertad posea o se agreguen al sistema e igual número de filas, equivalente también a la posible cantidad de fuerzas aplicadas a los grados de libertad considerados. Verificando las consideraciones expuestas en el punto 2.5 para la Matriz de Rigidez se debe cumplir con cada característica.

Véase el siguiente pórtico, representado en la Fig. 4.1, donde se muestran las coordenadas locales de los elementos vinculados al sistema de la estructura (Fig. 4.1).

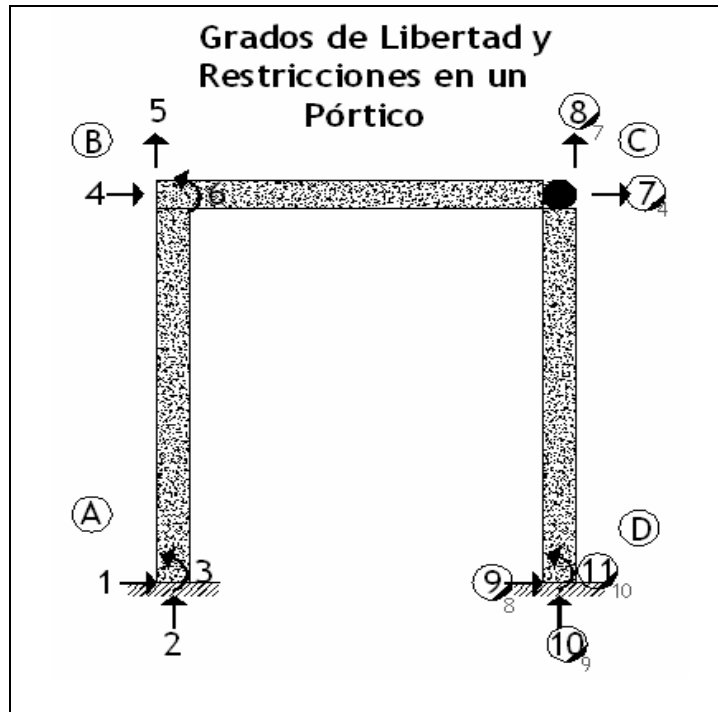


Fig. 3.1 Grados de libertad (1, 2, 3, al 11) en los nodos (A, B, C y D) de un pórtico plano y reordenación de los grados de libertad 7, 8, 9, 10 y 11 en función de la restricción de la deformación axial en la viga . (Reiley y Estévez, 2006)

En los nodos A y D están restringidos los tres posibles movimientos (del 1 al 3 y del 9 al 11), en el nodo B existen las mismas restricciones pero al no estar empotrado a tierra permite desplazamientos en las direcciones asociadas a los G.D.L. (del 4 al 6). En el nodo C como la rotación no es restricción, en este punto las rigideces que intervienen en su desplazamiento son las que están en sentidos 7 y 8 del sistema.

En las vigas, al despreciarse las deformaciones ocasionadas por las tensiones axiales se puede considerar al sistema del piso con un único grado de libertad horizontal por nivel dejando, para el caso particular de la Fig. 4.1, al G.D.L. 4 igual al G.D.L. 7.

Para el caso de la Fig. 3.1 la matriz de rigidez asociada a la estructura viene dada por el sistema de la Fig. 3.2, donde el número de columnas esta condicionado por el número de G.D.L. considerados.

$$\begin{bmatrix} F_{h1} \\ F_{V2} \\ M_3 \\ F_{h4} \\ F_{V5} \\ M_6 \\ F_{V7} \\ F_{h8} \\ F_{V9} \\ M_{10} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} K_{11} & K_{12} & K_{13} & K_{14} & K_{15} & \dots & \dots & \dots & \dots & K_{110} \\ K_{21} & K_{22} & K_{23} & \dots & \dots & \dots & \dots & K_{28} & K_{29} & K_{210} \\ K_{31} & K_{32} & K_{33} & \dots & \dots & \dots & \dots & K_{38} & K_{39} & K_{310} \\ K_{41} & \dots & \dots & K_{44} & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & K_{410} \\ K_{51} & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & K_{89} & K_{810} \\ K_{91} & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & K_{99} & K_{910} \\ K_{101} & K_{102} & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & K_{108} & K_{109} & K_{1010} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mu 1 \\ v2 \\ \theta 3 \\ \mu 4 \\ v5 \\ \theta 6 \\ v7 \\ \mu 8 \\ v9 \\ \theta 10 \end{bmatrix}$$

Fig. 3.2 Sistema Vector Fuerza es igual a Matriz de Rigidez por Vector Desplazamiento, para el pórtico mostrado en la Fig. 4.1 y para los G.D.L. reordenados. (Reiley y Estévez, 2006)

Un modo de obtener los coeficientes de rigidez asociados a la matriz de la estructura es mediante el estudio del equilibrio de rigideces (tratadas como fuerzas) que concurren a los nodos asociados a los grados de libertad. De modo ilustrativo, de la Fig. 4.1, en el nodo B concurren la columna A-B y la Viga B-C y los grados de libertad de la estructura asociados a ese punto son el 4, 5 y 6. Los grados de libertad locales para cada elemento asociado a los generales de la estructura, en el caso ilustrado se evidencian en la Fig. 4.3 donde los que poseen los superíndices  $c$  y  $v$  son los G.D.L. correspondientes a la columna y viga respectivamente.

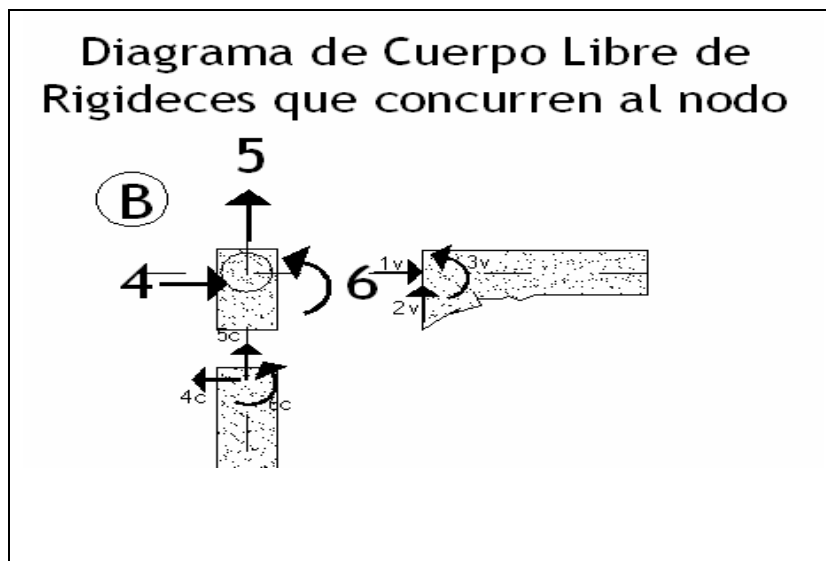


Fig. 3.3 G.D.L. de la estructura asociados a los locales para cada elemento que concurre a la junta B de la Fig. 3.1. (Reiley y Estévez, 2006)

Del diagrama de cuerpo libre en el nodo B (Fig. 3.3) se obtiene:

1°.- Fuerzas Horizontales:

Estudiando el grado de libertad 4 del nodo B, el cual corresponde a la cuarta columna (de izquierda a derecha) en la matriz de rigidez de la estructura, se tiene:

$$\sum Fh_B = Fh = 4_C + 1_V$$

Donde  $4_C$  y  $1_V$  son las ecuaciones correspondientes a las fuerzas en los G.D.L. locales de los elementos y tienen la forma:

$$4_C = Vj_C = K_{41C}\mu 1_C + K_{42C}\nu 2_C + K_{43C}\theta 3_C + K_{44C}\mu 4_C + K_{45C}\nu 5_C + K_{46C}\theta 6_C$$

$$1_V = Ni_V = K_{11V}\mu 1_V + K_{12V}\nu 2_V + K_{13V}\theta 3_V + K_{14V}\mu 4_V + K_{15V}\nu 5_V + K_{16V}\theta 6_V$$

Sustituyendo los desplazamientos locales por los globales de la estructura (condiciones de borde):

$$\mu 1_C = \nu 2_C = \theta 3_C = 0, \quad \mu 4_C = \mu 1_V = \mu 4_V = \mu 4, \quad \nu 5_C = \nu 2_V = \nu 5$$

$$\theta 3_V = \theta 6_C = \theta 6, \quad \nu 5_V = \nu 7, \quad \theta 6_V = 0 \quad \text{y} \quad K_{11V} = K_{14V} = 0$$

En la sumatoria resulta:

$$Fh = (K_{45C}\nu 5 + K_{44C}\mu 4 + K_{46C}\theta 6) + (0\mu 4 + K_{12V}\nu 5 + K_{13V}\theta 6 + K_{15V}\nu 7)$$

Reordenando en función de los grados de libertad globales de la estructura:

$$F_{H4} = (K_{44C})\mu 4 + (K_{45C} + K_{12V})\nu 5 + (K_{46C} + K_{13V})\theta 6 + K_{15V}\nu 7$$



## 2ª.- Fuerzas Verticales:

Estudiando el grado de libertad 5 del nodo B, el cual corresponde a la Quinta columna (de izquierda a derecha) en la matriz de rigidez de la estructura, se tiene:

$$\sum F_v = F_{v5} = 5_c + 2_v$$

Donde  $4_c$  y  $2_v$  son las ecuaciones correspondientes a las fuerzas en los G.D.L. locales de los elementos y tienen la forma:

$$5_c = Pj_c = K_{51c}\mu 1_c + K_{52c}v 2_c + K_{53c}\theta 3_c + K_{54c}\mu 4_c + K_{55c}v 5_c + K_{56c}\theta 6_c$$

$$2_v = Vi_v = K_{21v}\mu 1_v + K_{22v}v 2_v + K_{23v}\theta 3_v + K_{24v}\mu 4_v + K_{25v}v 5_v + K_{26v}\theta 6_v$$

Sustituyendo los desplazamientos locales por los globales de la estructura (condiciones de borde):

$$\mu 1_c = v 2_c = \theta 3_c = 0, \quad \mu 4_c = \mu 1_v = \mu 4_v = \mu 4, \quad v 5_c = v 2_v = v 5$$

$$\theta 3_v = \theta 6_c = \theta 6, \quad v 5_v = v 7, \quad \theta 6_v = 0 \quad \text{y} \quad K_{21v} = K_{24v} = 0$$

En la sumatoria resulta:

$$F_{v5} = (K_{55c}v 5 + K_{54c}\mu 4 + K_{56c}\theta 6) + (0\mu 4 + K_{22v}v 5 + K_{23v}\theta 6 + K_{25v}v 7)$$

Reordenando en función de los grados de libertad globales de la estructura:

$$F_{v5} = (K_{54c})\mu 4 + (K_{55c} + K_{22v})v 5 + (K_{56c} + K_{23v})\theta 6 + K_{25v}v 7$$

### 3ª.- Momentos:

Estudiando el grado de libertad 6 del nodo B, el cual corresponde a la sexta columna (de izquierda a derecha) en la matriz de rigidez de la estructura, se tiene:

$$\sum MB = M_6 = 6_C + 3_V$$

Donde  $6_C$  y  $3_V$  son las ecuaciones correspondientes a las fuerzas en los G.D.L. locales de los elementos y tienen la forma:

$$6_C = Mj_C = K_{61C}\mu1_C + K_{62C}v2_C + K_{63C}\theta3_C + K_{64C}\mu4_C + K_{65C}v5_C + K_{66C}\theta6_C$$

$$3_V = Mi_V = K_{31V}\mu1_V + K_{32V}v2_V + K_{33V}\theta3_V + K_{34V}\mu4_V + K_{35V}v5_V + K_{36V}\theta6_V$$

Sustituyendo los desplazamientos locales por los globales de la estructura (condiciones de borde):

$$\mu1_C = v2_C = \theta3_C = 0, \quad \mu4_C = \mu1_V = \mu4_V = \mu4, \quad v5_C = v2_V = v5$$

$$\theta3_V = \theta6_C = \theta6, \quad v5_V = v7, \quad \theta6_V = 0 \quad \text{y} \quad K_{31V} = K_{34V} = 0$$

En la sumatoria resulta:

$$M_6 = (K_{65C}v5 + K_{64C}\mu4 + K_{66C}\theta6) + (0\mu4 + K_{32V}v5 + K_{33V}\theta6 + K_{35V}v7)$$

Reordenando en función de los grados de libertad globales de la estructura:

$$M_6 = (K_{64C})\mu4 + (K_{65C} + K_{32V})v5 + (K_{66C} + K_{33V})\theta6 + K_{35V}v7$$

Con el estudio del nodo B, en la matriz de rigidez del Pórtico de la Fig.3.3 se obtiene el llenado de las filas 4, 5 y 6 correspondientes a las fuerzas  $F_{H4}$ ,  $F_{v5}$  y  $M_6$  como se muestra a continuación en la Fig. 3.4:

$$K_{ij} = \begin{bmatrix} K_{11} & K_{12} & K_{13} & \dots & \dots & \dots & \dots & K_{18} & K_{19} & K_{110} \\ K_{21} & K_{22} & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & K_{29} & K_{210} \\ K_{31} & \dots & K_{33} & \dots & \dots & \dots & \dots & K_{38} & \dots & K_{310} \\ 0 & 0 & 0 & K_{44C} & (K_{45C} + K_{12V}) & (K_{46C} + K_{13V}) & K_{15V} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & K_{54C} & (K_{55C} + K_{22V}) & (K_{56C} + K_{23V}) & K_{25V} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & K_{64C} & (K_{65C} + K_{12V}) & (K_{66C} + K_{33V}) & K_{35V} & 0 & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ K_{81} & \dots & K_{83} & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & K_{810} \\ K_{91} & K_{92} & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & K_{99} & K_{910} \\ K_{101} & K_{102} & K_{103} & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & K_{109} & K_{1010} \end{bmatrix}$$

Fig. 3.4 Matriz de Rigidez de la estructura, proceso de llenado al ingresar los valores de los coeficientes correspondientes al estudio de fuerzas equivalentes en el nodo B del pórtico de la Fig. 3.1. (Reiley y Estévez, 2006)

Por medio de este procedimiento se puede ir cargando cada una de las ecuaciones que integra la matriz de Rigidez al estudiar las rigideces que intervienen en cada G.D.L. de cada uno de los nodos de la estructura.

Desglosando el procedimiento existe un modo de armado para la matriz de Rigidez Global un poco mas practico que se obtiene al estudiar a nivel local al elemento y su intervención dentro de cada miembro de esta matriz sin que se necesite un despiece de cada uno de los nodos.

Considérese el elemento expuesto en la Fig. 2.2, que representa los G.D.L. asociadas a las rigideces y desplazamientos de un miembro empotrado-aislado, y que en función a este se direcciona los grados de libertad de cada elemento a los globales de la estructura se obtiene la tabla de direcciones representada en la Fig. 3.5.

G.D.L. local Fig. 2.2	Nodo inicial			Nodo final		
	1	2	3	4	5	6
Columna A-B	1	2	3	4	5	6
Viga B-C	4	5	6	4	7	-
Columna C-D	8	9	10	4	7	-

Fig. 3.5 Tabla de Direcciones entre los grados de libertad Locales del elemento (Fig.2.2) y los asociados a los G.D.L. Globales para cada elemento en el pórtico de la Fig. 3.1 (Reiley y Estévez, 2006)

En los recuadros que se encuentran debajo de los títulos de Nodo Inicial y Nodo Final se encuentran los G.D.L. para cada uno de los elementos expuestos en los recuadros del lado izquierdo de la tabla de Direcciones. La tabla trabaja de la siguiente forma: Supóngase que se desee conseguir los términos que componen la ecuación de  $M_6$  de la matriz de Rigidez Global ( $K'_{ij}$ ) el para pórtico de la Fig.3.1. Estos términos son:  $K_{61}$ ,  $K_{62}$ ,  $K_{63}$ ,  $K_{64}$ ,  $K_{65}$ , y  $K_{66}$ .

Con algunos de los valores conseguidos anteriormente se compara el procedimiento para el uso de la tabla de Direcciones expuesto a continuación:

Valor de  $K_{64}$ :

1<sup>o</sup>.- considérese los elementos que en sus grados de libertad asociados globales contenga en relación el G.D.L. 6 y 4 dentro de la tabla de Direcciones: Columna A-B y Viga B-C.

2<sup>do</sup>.- Las posiciones de dichos G.D.L se direccionan a los G.D.L. locales representados por el Elemento Fig. 2.2: para la columna 4 Global:4 Local y 6 Global:6 local (4,6); para la Viga 4 Global:1 Local y 6 Global: 3 Local (1,3).

3<sup>ro</sup>.- Los Grados de libertad Locales asociados para cada elemento direccionan los factores de la matriz de rigidez local del miembro que interviene para el coeficiente de la matriz Global: para la columna el factor es el  $K_{46C}$  y para la viga  $K_{13V} = K_{31V}$  (por condición de simetría). De lo resulta que  $K_{64} = K_{46C} + K_{13V}$  igual que lo obtenido en la matriz de la Fig. 3.4 .

Valor de  $K_{66}$ :

1<sup>ro</sup>.- considérese los elementos que en sus grados de libertad asociados globales contenga en relación el G.D.L. 6 y 6 dentro de la tabla de Direcciones: Columna A-B y Viga B-C.

2<sup>do</sup>.- Las posiciones de dichos G.D.L se direccionan a los G.D.L. locales representados por el Elemento Fig. 2.2: para la columna 6 Global:6 Local y 6 Global:6 local (6,6); para la Viga 6 Global:3 Local y 6 Global: 3 Local (3,3).

3<sup>ro</sup>.- Los Grados de libertad Locales asociados para cada elemento direccionan los factores de la matriz de rigidez local del miembro que interviene para el coeficiente de la matriz Global: para la columna el factor es el  $K_{66C}$  y para la viga  $K_{33V}$ . De lo resulta que  $K_{66} = K_{66C} + K_{33V}$  igual que lo obtenido en la matriz de la Fig. 3.4.

### 2.5.3 Matriz de Rigidez Lateral

“Este tipo de matriz es denominada matriz Reducida de rigidez lateral o matriz de rigidez lateral, la cual se aplica en el estudio y análisis sísmico, estático o dinámico en edificaciones” (G. Arias Albán, 1984).

Esta matriz se obtiene al considerar cierto tipo de G.D.L. activo en el sistema estructural debido a que las cargas aplicadas se limitan a una dirección en las juntas. Producto de que el tipo de carga aplicada es estrictamente lateral, se genera una matriz de rigidez de menor orden que el de la matriz global que relaciona las deformaciones asociadas a los grados de libertad y nodos bajo los cuales se mueve el sistema. Los G.D.L. globales de la estructura que se mantienen activos son los correspondientes a la traslación horizontal del nodo (laterales de piso al despreciarse las deformaciones axiales en las vigas) y a las rotaciones correspondientes para dichas juntas.

Tomando el mismo pórtico de la Fig. 3.1 al considerar los G.D.L. que intervienen en la rigidez para desplazamiento lateral se desprecia los sentidos correspondientes a los desplazamientos axiales en las columnas (G.D.L. 2, 5, 7 y 9)

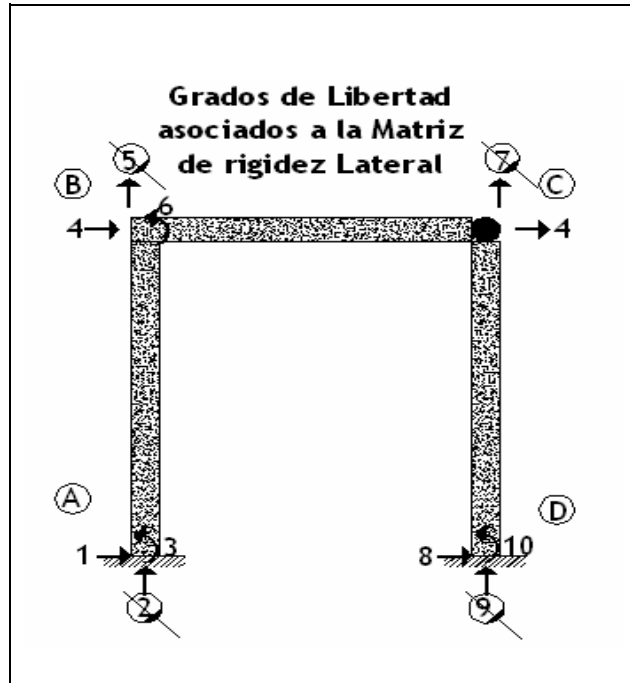


Fig. 4.1 G.D.L. que intervienen en la rigidez lateral del pórtico (1, 3, 4, 6, 8 y 10) y los no considerados (2, 5, 7, y 9) de la Fig. 3.1 (Reiley y Estévez, 2006)



## 2.6 Vector Fuerza o Vector Carga

Los coeficientes que componen el vector carga son el resultado del equilibrio estático de Fuerzas Verticales, Fuerzas Cortantes y Momentos que concurren al nodo producto de los Fuerzas expuestas en los miembros derivadas por la distribución de cargas en los elementos y de las cargas expuestas directamente a los nodos.

Las ecuaciones de equilibrio estático para el pórtico se resumen en<sup>2</sup>:

1<sup>ra</sup>.- Equilibrio de Momentos en cada junta o nodo.

El momento actuante en un nodo cualquiera ( $M_{nx}$ ) “es igual a la suma de los momentos de empotramiento producidos por las cargas externas en las vigas y columnas que concurren a la junta en signo contrario” (G. Arias Albán, 1984) mas los momentos expuestos directamente a la junta considerados positivos en sentido antihorario.

---

<sup>2</sup> Arias Alban

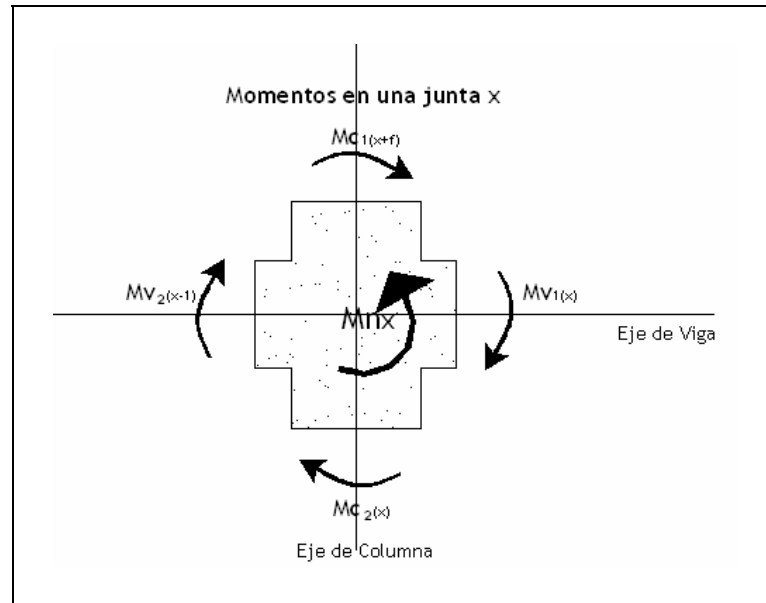


Fig.5.1 Momentos en una junta o nodo (G. Arias Albán, 1984)

Donde la ecuación de equilibrio de momentos tiene la forma:

$$M_{nX} = M_{EX} - \sum (M_X^E) \quad (\text{Ec. 4.1})$$

$M_{EX}$ : es el momento externo aplicado directamente al nodo x

$M_X^E$ : son los momentos de empotramiento que existen en el nodo x debido a los elementos que concurren a él.

Por medio del método de las rotaciones y con ayuda de las ecuaciones de Bresse, se pueden determinar los momentos de empotramiento en los nodos de una viga perfectamente empotrada de la misma forma como se hallaron los coeficientes de rigidez  $K_1$ ,  $K_2$  y  $K_3$ . Para este caso el diagrama de momento generado en el sistema cuando se

aplican los eventos externos existen, validando los términos  $K_4$  y  $K_5$  debido a que el elemento esta ahora sometido a cargas externas.

Los diagramas de momento  $M_0$  para su valor máximo tienen como forma para una carga puntual  $(Pa^2 - PaL)/L$ , para una carga distribuida  $(-qx^2 - qxL)/2$  y para una carga distribuida triangularmente  $(-qx^3 + qxL)/6$ , donde “P” y “q” son los valores de carga aplicados al elemento, “x” es la variable independiente del momento, “L” es la longitud total de la viga y “a” el punto de aplicación de la carga puntual. Estos diagramas se obtienen con la aplicación de las respectivas fuerzas a una viga que se encuentra simplemente apoyada. Los valores de  $K_4$  y  $K_5$  son función de estas cargas y permiten determinar los momentos de empotramiento a los que esta sometido el elemento a través del uso de los términos  $K_1$  (Ec. 1.2.1),  $K_2$  (Ec. 1.2.1),  $K_3$  (Ec. 1.2.1),  $K_4$  (Ec. 1.2.1) y  $K_5$  (Ec. 1.2.1) como se muestra a continuación:

#### Momentos de empotramiento del elemento

$$M_{ij} = \frac{(K_3K_4 - K_1K_5)}{(K_3^2 - K_1K_2)} L \quad (\text{Ec. 4.2})$$

$$M_{ji} = \frac{(K_2K_4 - K_3K_5)}{(K_3^2 - K_1K_2)} L \quad (\text{Ec. 4.3})$$

## 2<sup>da</sup>. - Equilibrio de Fuerzas Verticales en cada junta o nodo.

“La carga vertical actuante  $F_{n_x}$  es igual a la suma de las reacciones verticales de empotramiento  $F_{V_x}$  producidas por las cargas externas en las vigas ( $F_{V_{EX}}$ ) y columnas que concurren a la junta  $j$ ” (G. Arias Albán, 1984) (Fig. 4.6), la ecuación de equilibrio en el nodo es:

$$F_{n_x} = F_{V_{EX}} - \sum(F_{V_x}) \quad (\text{Ec. 4.4})$$

Las cargas verticales externas aplicadas al elemento generan las siguientes ecuaciones de corte máximo en el elemento, para una carga puntual la ecuación del corte es  $(Pa-PL)/L$  para el extremo  $i$  de la viga, en el extremo  $j$  es  $(PaL)$ ,  $(-2qx+qL)/2$  para la carga distribuida uniformemente y  $((-qx^2/2L)+(qL/6))$  para una carga distribuida triangularmente, los valores de  $a$ ,  $q$ ,  $P$ ,  $x$  y  $L$  son los mismos que en el punto anterior. Con estas fuerzas cortantes se hace una sumatoria de fuerzas verticales en los nodos de la viga y se obtienen las reacciones verticales de empotramiento de la viga producto de las cargas aplicadas al elemento.

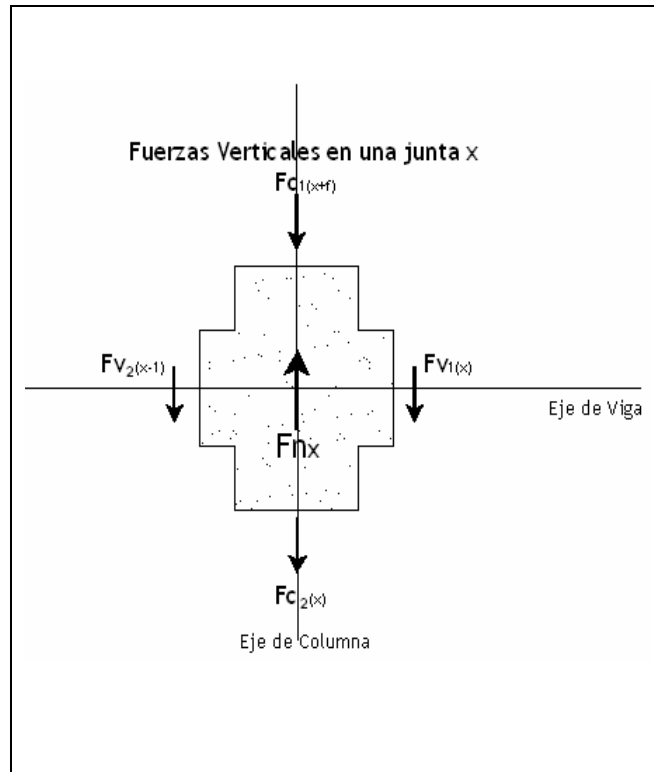


Fig. 5.2 Fuerzas verticales en una junta o nodo (G. Arias Albán, 1984)

### 3<sup>ra</sup>. - Equilibrio de cortantes Horizontales en cada Piso.

“El cortante actuante  $Q_p$  es igual a la suma de las reacciones horizontales de empotramiento producidas por las cargas externas aplicadas, de todos los pisos desde el P hasta n, con signo contrario:<sup>2</sup>” (G. Arias Albán, 1984)

---

<sup>2</sup> Arias Alban

$$Q_p = -\sum_{i=p}^n (R_E)$$

$Q_p$  = Cortante actuante

$Q_E$  = Reacciones horizontales de empotramiento

Las cargas horizontales están aplicadas en los diafragmas, por lo tanto, el cortante actuante será igual al cortante externo con el mismo signo (Fig. 4.7)

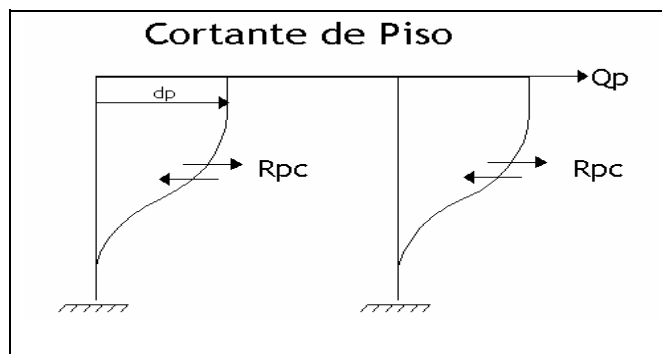


Fig. 5.3 Fuerzas cortantes en cada piso (Reiley y Estévez, 2006)

Donde  $R_{pc}$  es la rigidez que aporta cada columna para soportar la cortante de piso resultante.

## Método

### 3.1 Conformación de la Matriz de Rigidez del Elemento (local)

A través del desarrollo del método de las rotaciones se conformará la matriz de rigidez de cada uno de los elementos que componen el pórtico. Para la concepción de las rigideces que influyen en un elemento acartelado simétrico, ya sea prismático o rectangular se plantea parametrizar los factores de variación de área e inercia de manera tal que el rango de evaluación del elemento se establezca en un mínimo de tres segmentos (un prismático recto y dos de cartela). Los coeficientes se evalúan como:

$$K_1 = \int_0^{\alpha iL} \frac{x^2}{Iri} dx + \int_{\alpha iL}^{(1-\alpha j)L} x^2 dx + \int_{(1-\alpha j)L}^L \frac{x^2}{Iri} dx$$
$$K_2 = \int_0^{\alpha iL} \frac{(L-x)^2}{Iri} dx + \int_{\alpha iL}^{(1-\alpha j)L} (L-x)^2 dx + \int_{(1-\alpha j)L}^L \frac{(L-x)^2}{Iri} dx$$
$$K_3 = \int_0^{\alpha iL} \frac{(L-x)x}{Iri} dx + \int_{\alpha iL}^{(1-\alpha j)L} (L-x)x dx + \int_{(1-\alpha j)L}^L \frac{(L-x)x}{Iri} dx$$

Donde

$$Iri = \left[ 1 + ri \left( 1 - \frac{x}{\alpha iL} \right) \right]^3 \quad \text{Inercia para la cartela izquierda recta y}$$

$$Iri = \left[ 1 + \frac{rj}{\alpha jL} (x + L(\alpha j - 1)) \right]^3 \quad \text{Inercia para la cartela derecha recta.}$$

$I_{ri} = (1 + r_i)^3$  Inercia para la cartela izquierda prismática y

$I_{rj} = (1 + r_j)^3$  Inercia para la cartela derecha prismática.

Cada una de las integrales se distribuye para un tramo donde  $\alpha_i$  es el porcentaje que ocupa la cartela izquierda dentro de la longitud total del elemento (L) y  $r_i$  el coeficiente que mide cuanto aumenta la altura del elemento en la cartela izquierda en función del tramo de sección constante. De igual manera se expresa los términos que involucran la cartela derecha los cuales se representan en la Fig. 6.1

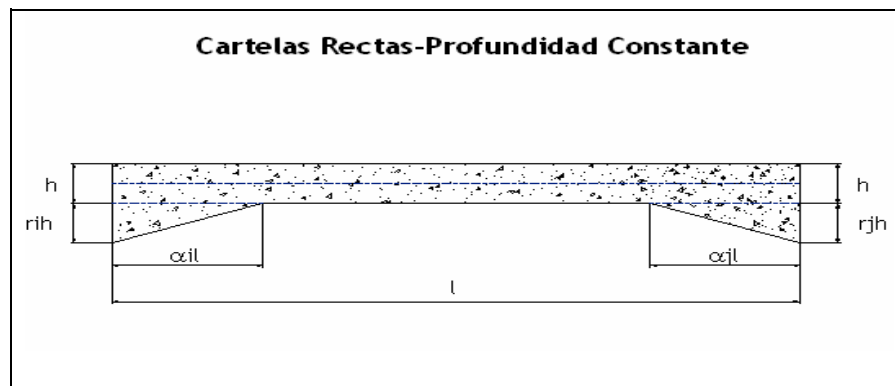


Fig. 6.1 Representación de factores que componen al elemento de directriz recta con cartelas rectas en el plano (Reiley y Estévez, 2006) referencia: Handbook of Frame Constants.(1984).

La resolución de las integrales que componen los coeficientes de rigidez se obtendrá mediante la aplicación del MAPLE 8 un programa de la Waterloo Maple Inc. para cálculo avanzado.



Para la comprobación de los factores de rigidez se hará uso de las tablas del “HandBook of frame constants”, (una publicación de la Portland Cement Association en el año 1958). Esta comprobación se realizará de la siguiente manera: se tomará una viga acartelada de longitud unitaria manteniendo la cartela izquierda constante en términos de su longitud ( $\alpha_i L$ ) y altura ( $r_{ih}$ ), mientras, que la cartela derecha ( $j$ ) se irá variando su longitud ( $\alpha_j L$ ) y su altura ( $r_{jh}$ ), obteniéndose así un conjunto de valores de diversificación de los factores de rigidez, transporte, distribución y momentos de empotramiento en función de la geometría de los elementos que conforman esta viga. Los valores de momentos de empotramiento estarán influenciados por el tipo de carga a la que estará sometida la viga, primero para una carga distribuida, segundo para una carga triangular y posteriormente para una carga puntual aplicada en cualquier punto del tramo recto del elemento.

La forma de reproducción de las tablas se hará mediante el uso del programa Microsoft Office Excel 2003, donde se introducirán las ecuaciones obtenidas de los factores de rigidez, transporte y momentos de empotramiento para evaluar tanto las cartelas rectas como las prismáticas.

Comprobados estos factores, se calcularán los momentos máximos de la viga acartelada en sus extremos para posteriormente ser comparados con una viga sin cartelas donde la sección transversal sea igual a la del tramo recto de la viga de sección variable, y así evaluar como influyen las cartelas en las reacciones en los nodos; con esto se estipulará la forma bajo la cual la cartela tiene su mayor aporte frente cargas gravitacionales. Los modelos a estudiar para este caso tienen la siguiente forma:

Modelo	Variación Columna		Dimensión Viga		Modelo	Variación Viga		Dimensión Columna	
	Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)		Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)
I	0,4	0,4	0,3	0,3	III	0,3	0,6	0,4	0,4

Fig. 6.2 Modelos a estudiar para carga unitaria gravitacional distribuida, (Reiley y Estevez, 2006)

## 3.2 Solución del sistema para Estructuras Aporticadas planas Discretizadas.

### 3.2.1 Composición de la Matriz de Rigidez de la Estructura (Global)

Con los coeficientes que componen los miembros de la matriz de rigidez local del elemento se evalúa su participación dentro de los G.D.L. globales de la estructura, como se expresó en el marco teórico. Ahora, para obtener un estudio más directo sobre las vigas con cartelas en el pórtico plano, la forma de numeración de los grados de libertad globales comienza primero por los sentidos correspondientes a los desplazamientos laterales de cada piso (del primero al último). Luego por cada nodo se sigue con la numeración: primero el sentido vertical y luego el rotacional. Cada nodo está numerado de la misma forma como se realiza en el libro “Análisis sísmico estático de Edificaciones” de G. Arias Albán (1984), el cual considera el valor del nodo en función a la columna que este emparentada a su nodo final o último vertical. Véase la Fig. 6.3.

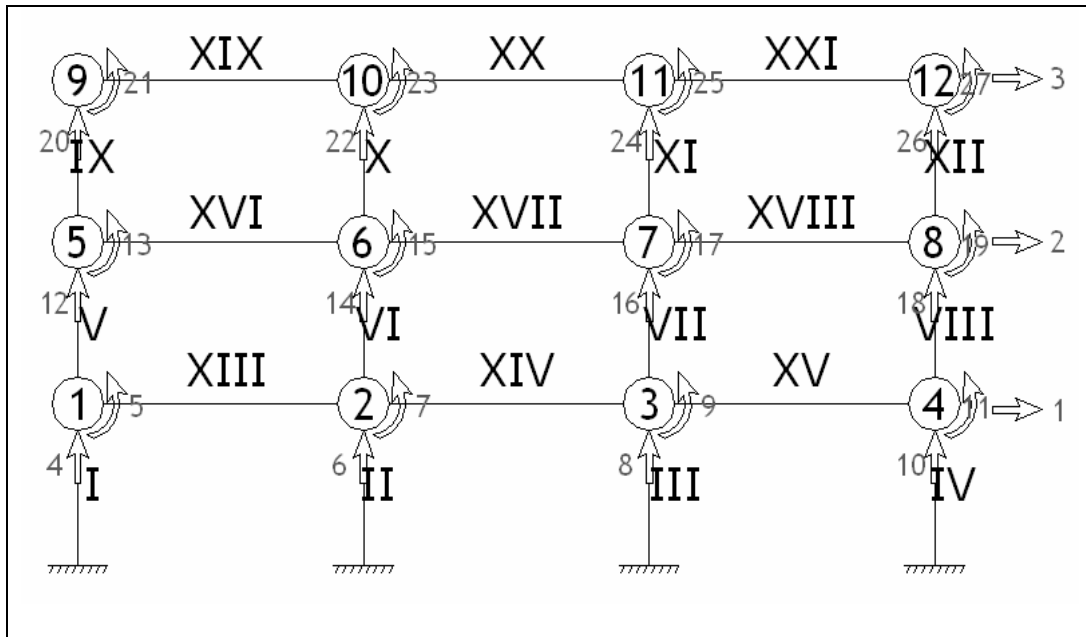


Fig. 6.3 Numeración de Grados de libertad Globales, nodos y elementos en el pórtico plano. Configuración del sistema (Reiley y Estévez, 2006) referencia G. Arias Alban.(1984).

Al enumerar los elementos se considerarán primero todas las columnas y luego todas las vigas manteniendo el orden el sentido de izquierda a derecha y de piso en piso desde el primer nivel al último. Con esto, el número de nodos vendrá dado por: la cantidad de pisos que multiplica al número de vanos mas uno, y la cantidad de G.D.L. por la relación: número de pisos que multiplica a dos veces la cantidad de vanos mas uno. Con esto se arma el sistema geométrico estructural que conformará la Tabla de Direcciones la cual asocia y direcciona las rigideces de los elementos a los grados de libertad globales de la estructura de la forma como se explicó con la Fig. 3.2 del capítulo anterior.

Una vez obtenida la matriz de rigidez local de cada uno de los elementos y evaluar su participación dentro del sistema de la estructura aporticada plana, considerando las deformaciones axiales nulas en las vigas y la participación del área gruesa de la sección trabajando para la conformación de la matriz de rigidez de una estructura de concreto armado Tipo I (según Norma COVENIN 1756) que pueda poseer o no cartelas rectas o prismáticas simétricas, se podrá obtener el Vector Carga.

La manera bajo las cuales se obtendrán los miembros que conforman este Vector Carga vendrá dado por las formulaciones bajo las cuales se hallaron los momentos de empotramiento de las tablas del “HandBook of Frame Constants”.

### 3.2.1 Composición del Vector Carga y vector Desplazamiento

Al distribuir la posición de cada una de las resultantes del equilibrio de fuerzas en el nodo en función de la enumeración dada a cada uno de los grados de libertad Globales de la estructura se obtendrá y se direccionará al Vector Fuerza. Por la configuración mostrada para la Fig. 6.2, los primeros elementos de este vector (del 1<sup>ro</sup> al total de pisos) estará conformado por las fuerzas laterales de piso dispuestas al sistema, luego, el resto de los

miembros lo conformarán las fuerzas obtenidas en los grados de libertad en el orden de numeración dado. De esto el Vector Fuerza tendrá tantos miembros como número de pisos más dos veces el número de nodos.

Conformado el Vector Fuerza, para la configuración del Vector Desplazamiento se considerarán cero (0) aquellos términos relacionados a los grados de libertad conectados a las juntas de apoyo de las columnas del primer nivel impidiendo la entrada de datos por movimientos de apoyo. El resto de los desplazamientos son incógnitas y se resolverán por medio de la aplicación del álgebra Matricial al concebir la inversa a la Matriz de Rigidez de la estructura (matriz de Flexibilidad) y multiplicarla por el Vector Carga. Con los desplazamientos de los nodos conocidos, se interpolan estos al sistema local del elemento para conocer la distribución de momentos nodales generados por el conjunto rigidez y distribución de fuerzas en la estructura.

### 3.2.1 Composición de la Rigidez Lateral de la estructura.

Se estudiará la rigidez lateral de la estructura al considerar los grados de libertad correspondientes a la traslación horizontal únicamente activos; los componentes del vector Fuerza correspondientes a las cargas verticales y momentos nodales resultantes del equilibrio de fuerzas son nulos e iguales a cero (0). Al obviarse las cargas en tales sentidos se limitarán los desplazamientos de los elementos que conforman el pórtico plano y se sintetizará la matriz de rigidez reducida o de rigidez lateral con la cual se terminará de hacer la comparación en la influencia de las cartelas en este tipo de movimiento en las estructuras.

La validación y comprobación del análisis estructural de pórticos planos con vigas acarteladas se realizará al introducir un conjunto de estructuras de un solo piso y un solo vano, con las dimensiones de los elementos expuestos en la Tabla de modelos 2, tanto en el software SAP2000 V8, para análisis y diseño estructural, como en la metodología presentada. La diferencia entre los resultados arrojados ha de estar en el mismo orden bajo los cuales se admitirán los factores de rigidez como validos al otorgarles a las vigas que conforman estos pórticos dimensiones de cartelas casi nulas ( $\alpha_i$  y  $r_i$  igual a 0.00000001).

modelo	columna	viga	luz vano	Long. Columna
mod1	40x40	30x30	4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10	2,5
mod2	40x60	30x30,		
mod3	40x80	30x30,		
mod4	40x100	30x30,		
mod5	40x40	30x60		
mod6	40x40	30x80		

Fig. 6.4 Modelos a estudiar para carga unitaria lateral. (Reiley y Estevez, 2006)

Para calificar el uso de las vigas con carteladas como elemento de aporte a la rigidez lateral del pórtico plano se hará el estudio al variar dimensiones de cartelas para cada uno de los casos expuestos en la Tabla de modelos 2. La altura de la cartela, tanto prismática como recta, tomará valores de  $0.4h$ ,  $0.8h$  y  $1.2h$  (donde  $h$  es la altura de la viga en la sección media o sección constante), las cuales se permutaran con longitudes de cartelas del orden de  $0.1L$ ,  $0.2L$  y  $0.3L$  (donde  $L$  es la luz de la viga). A partir de estas relaciones de dimensión de cartelas y las relaciones entre las rigideces de viga y de columna se evaluarán los rangos y combinaciones donde las cartelas tienen más participación dentro del sistema estructural.

Como “cada deformación esta asociada a una fuerza, y las dos están correlacionadas por medio de la rigidez, que se define como la relación fuerza-deformación” (G. Arias Albán-1984, Análisis Sísmico Estático de



Edificaciones), se puede calcular los desplazamientos de la estructura y reacciones en cada uno de los nodos resolviendo el sistema de ecuaciones que conforma el vector carga, la matriz de rigidez y el vector desplazamiento. De modo de ayuda se planteará el método propuesto en el lenguaje de programación Visual Basic, como un sistema de ecuaciones para crear un programa que realice estos cálculos y poder evaluar la influencia de estos elementos de sección variable dentro de una estructura aperturada plana mas rápidamente.

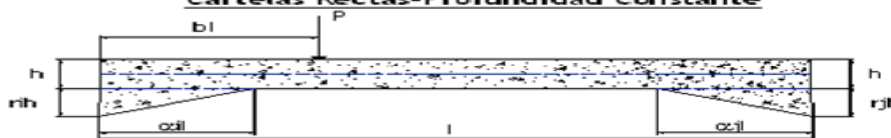
## Resultados y Análisis

Con la reproducción de los factores presentes en el “Handbook of Frames” de la Portland Cement Association (1958), representados desde la tabla 1.1 hasta la tabla 1.28, se aprecia la validez de la metodología utilizada para la obtención de los coeficientes de rigidez, transporte, momentos de empotramiento para carga puntual, distribuida y se añadió una casilla para carga triangular distribuida. En el caso de la carga puntual los valores generados son los que están marcados en la casilla que corresponde a la distancia representada por el valor de “b”, en la cual se adicionó algunos puntos donde se aplica la carga en la viga. Estos resultados muestran la variación de los factores que involucran la rigidez del elemento con cartelas rectas y prismáticas al notarse el incremento en sus valores al momento de compararlos con los de la sección constante.

Se puede observar que los factores de rigidez y distribución varían en función de la disposición de las cartelas y de la forma en la cual esta se encuentra dentro del elemento. Cuando aumenta su proporción, en el elemento las cartelas confinan más al tramo recto dándole mayor rigidez en los extremos, donde la carga por concepto de momento tiende a irse donde haya más rigidez.

Cartelas Rectas-Profundidad Constante

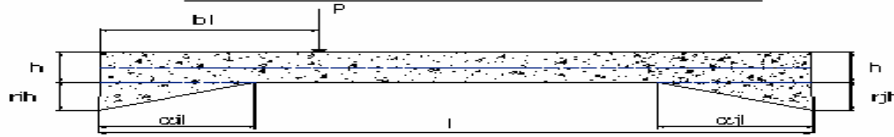
TABLA 1.1



Cartela derecha		Factor de transporte		Factor de rigidez		F.E.M. carga uniforme		F.E.M. carga triangular $\triangle$		F.E.M. carga puntual Aplicada en el centro de la sec. constante		b
$a_j$	$r_j$	$C_{ij}$	$C_{ji}$	$k_{ij}$	$k_{ji}$	$M_{ij}$	$M_{ji}$	$M_{ij}$	$M_{ji}$	$M_{ij}$	$M_{ji}$	
$a_i$		0,2		$r_i$		0,4						
0,1	0,4	0,5399	0,6011	5,5546	4,9892	0,0963	0,0854	0,0393	0,0518	-0,13054	0,14156	0,55
	0,6	0,5564	0,5996	5,6310	5,2260	0,0944	0,0887	0,1439	0,0538	-0,12712	0,14757	
	1,0	0,5787	0,5975	5,7363	5,5565	0,0918	0,0933	0,1443	0,0564	-0,12244	0,15586	
	1,5	0,5955	0,5958	5,8172	5,8145	0,0898	0,0968	0,1446	0,0585	-0,11886	0,16223	
0,2	0,4	0,5882	0,5882	5,7480	5,7480	0,0926	0,0926	0,1458	0,0543	-0,14118	0,14118	0,5
	0,6	0,6233	0,5827	5,9083	6,3200	0,0891	0,0991	0,1464	0,0575	-0,13504	0,15269	
	1,0	0,6738	0,5751	6,1498	7,2049	0,0840	0,1087	0,1480	0,0624	-0,12589	0,17006	
	1,5	0,7142	0,5691	6,3527	7,9722	0,0799	0,1166	0,1490	0,0666	-0,11832	0,18467	
0,3	0,4	0,6280	0,5698	5,8864	6,4869	0,0908	0,0964	0,1479	0,0516	-0,15251	0,13173	0,45
	0,6	0,6823	0,5588	6,1255	7,4801	0,0862	0,1052	0,1503	0,0544	-0,14483	0,14703	
	1,0	0,7662	0,5435	6,5200	9,1910	0,0791	0,1194	0,1539	0,0595	-0,13241	0,17240	
	1,5	0,8385	0,5315	6,8872	10,8638	0,0729	0,1322	0,1562	0,0647	-0,12110	0,19613	
0,4	0,4	0,6571	0,5485	5,9736	7,1565	0,0900	0,0975	0,1493	0,0422	-0,16226	0,11508	0,4
	0,6	0,7293	0,5309	6,2740	8,6185	0,0850	0,1075	0,1560	0,0414	-0,15437	0,13166	
	1,0	0,8490	0,5067	6,8113	11,4131	0,0767	0,1248	0,1629	0,0412	-0,14066	0,16171	
	1,5	0,9612	0,4877	7,3671	14,5195	0,0690	0,1420	0,1676	0,0429	-0,12694	0,19315	
0,5	0,4	0,6741	0,5264	6,0284	7,7196	0,0895	0,0968	0,1504	0,0243	-0,16800	0,09402	0,35
	0,6	0,7600	0,5019	6,3678	9,6427	0,0843	0,1069	0,1647	0,0151	-0,16091	0,10939	
	1,0	0,9129	0,4681	7,0103	13,6734	0,0757	0,1253	0,1767	0,0002	-0,14800	0,13936	
	1,5	1,0699	0,4416	7,7376	18,7484	0,0672	0,1450	0,1858	0,0136	-0,13403	0,17417	
	2,0	1,1945	0,4243	8,3754	23,5772	0,0606	0,1614	0,1915	0,0216	-0,12223	0,20517	

**Cartelas Rectas-Profundidad Constante**

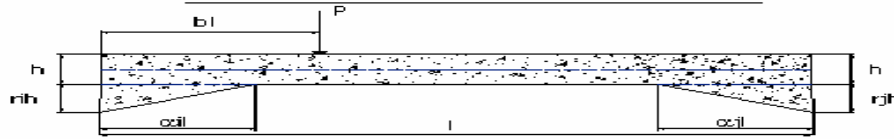
**TABLA  
1.2**



Cartela derecha		Factor de transporte		Factor de rigidez		F.E.M. carga uniforme		F.E.M. carga triangular $\nabla$		F.E.M. carga puntual Aplicada en el centro de la sec. constante		b
$a_j$	$r_j$	$C_{ij}$	$C_{ji}$	$k_{ij}$	$k_{ji}$	$M_{ij}$	$M_{ji}$	$M_{ij}$	$M_{ji}$	$M_{ij}$	$M_{ji}$	
$a_i$		0,3		$r_i$		0,4						
0,1	0,4	0,5232	0,6422	6,2598	5,1004	0,1003	0,0836	0,0464	0,0483	-0,11892	0,14898	0,60
	0,6	0,5393	0,6405	6,3505	5,3471	0,0983	0,0870	0,1637	0,0501	-0,11505	0,15536	
	1,0	0,5610	0,6382	6,4757	5,6921	0,0955	0,0916	0,1644	0,0526	-0,10974	0,16415	
	1,5	0,5772	0,6363	6,5720	5,9619	0,0934	0,0951	0,1650	0,0546	-0,10570	0,17090	
	2,0	0,5875	0,6351	6,6332	6,1356	0,0921	0,0973	0,1654	0,0558	-0,10315	0,17519	
0,2	0,4	0,5698	0,6280	6,4869	5,8864	0,0964	0,0908	0,1660	0,0504	-0,13173	0,15251	0,55
	0,6	0,6039	0,6219	6,6768	6,4829	0,0927	0,0972	0,1672	0,0533	-0,12465	0,16493	
	1,0	0,6528	0,6136	6,9637	7,4087	0,0873	0,1068	0,1695	0,0578	-0,11410	0,18369	
	1,5	0,6920	0,6070	7,2055	8,2144	0,0829	0,1148	0,1712	0,0617	-0,10538	0,19948	
0,3	0,4	0,6079	0,6079	6,6470	6,6470	0,0945	0,0945	0,1685	0,0473	-0,14614	0,14614	0,5
	0,6	0,6604	0,5957	6,9289	7,6810	0,0897	0,1033	0,1718	0,0496	-0,13712	0,16297	
	1,0	0,7413	0,5790	7,3957	9,4700	0,0822	0,1175	0,1767	0,0539	-0,12253	0,19088	
	1,5	0,8112	0,5658	7,8318	11,2282	0,0755	0,1303	0,1802	0,0584	-0,10927	0,21698	
0,4	0,4	0,6352	0,5846	6,7460	7,3296	0,0937	0,0955	0,1700	0,0374	-0,15970	0,13164	0,45
	0,6	0,7045	0,5653	7,0979	8,8456	0,0884	0,1055	0,1782	0,0358	-0,15019	0,15028	
	1,0	0,8196	0,5388	7,7287	11,7571	0,0796	0,1228	0,1869	0,0343	-0,13373	0,18402	
	1,5	0,9276	0,5180	8,3833	15,0126	0,0714	0,1400	0,1933	0,0345	-0,11731	0,21927	
0,5	0,4	0,6504	0,5608	6,8090	7,8965	0,0932	0,0949	0,1710	0,0191	-0,16968	0,11179	0,4
	0,6	0,7323	0,5340	7,2041	9,8798	0,0877	0,1049	0,1875	0,0087	-0,16079	0,12960	
	1,0	0,8782	0,4969	7,9512	14,0528	0,0785	0,1232	0,2019	0,0088	-0,14477	0,16416	
	1,5	1,0282	0,4678	8,7968	19,3346	0,0695	0,1429	0,2131	0,0247	-0,12762	0,20407	
	2,0	1,1475	0,4489	9,5388	24,3852	0,0625	0,1594	0,2203	0,0350	-0,11326	0,23944	

**Cartelas Rectas-Profundidad Constante**

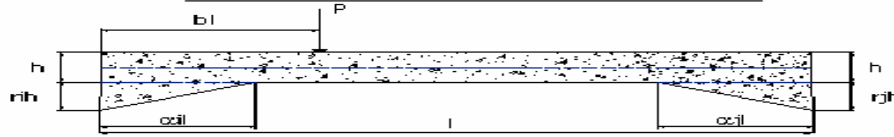
**TABLA  
1.3**



Cartela derecha		Factor de transporte		Factor de rigidez		F.E.M. carga uniforme		F.E.M. carga triangular $\varphi$		F.E.M. carga puntual Aplicada en el centro de la sec. constante		b
$a_j$	$r_j$	$C_{ij}$	$C_{ji}$	$k_{ij}$	$k_{ji}$	$M_{ij}$	$M_{ji}$	$M_{ij}$	$M_{ji}$	$M_{ij}$	$M_{ji}$	
$a_i$		0,4		$r_i$		0,4						
0,1	0,4	0,5037	0,6727	6,9058	5,1711	0,1016	0,0829	0,0624	0,0405	-0,10101	0,15420	0,65
	0,6	0,5193	0,6708	7,0074	5,4242	0,0994	0,0862	0,1989	0,0419	-0,09683	0,16078	
	1,0	0,5402	0,6683	7,1478	5,7784	0,0965	0,0909	0,2003	0,0440	-0,09112	0,16983	
	1,5	0,5560	0,6662	7,2559	6,0556	0,0943	0,0944	0,2014	0,0455	-0,08677	0,17678	
	2,0	0,5659	0,6649	7,3244	6,2343	0,0929	0,0966	0,2020	0,0465	-0,08404	0,18117	
0,2	0,4	0,5485	0,6571	7,1565	5,9736	0,0975	0,0900	0,2020	0,0415	-0,11508	0,16226	0,6
	0,6	0,5814	0,6505	7,3680	6,5851	0,0936	0,0965	0,2040	0,0437	-0,10733	0,17527	
	1,0	0,6287	0,6414	7,6878	7,5361	0,0879	0,1061	0,2078	0,0470	-0,09582	0,19489	
	1,5	0,6666	0,6341	7,9575	8,3653	0,0833	0,1141	0,2107	0,0499	-0,08633	0,21135	
	2,0	0,6914	0,6294	8,1392	8,9408	0,0803	0,1194	0,2125	0,0519	-0,08006	0,22238	
0,3	0,4	0,5846	0,6352	7,3296	6,7460	0,0955	0,0937	0,2051	0,0376	-0,13164	0,15970	0,55
	0,6	0,6352	0,6219	7,6410	7,8040	0,0905	0,1025	0,2099	0,0386	-0,12160	0,17761	
	1,0	0,7133	0,6036	8,1565	9,6390	0,0827	0,1167	0,2170	0,0408	-0,10545	0,20722	
	1,5	0,7808	0,5892	8,6382	11,4471	0,0757	0,1297	0,2225	0,0433	-0,09087	0,23478	
	2,0	0,8273	0,5798	8,9894	12,8255	0,0709	0,1389	0,2260	0,0456	-0,08056	0,25475	
0,4	0,4	0,6100	0,6100	7,4342	7,4342	0,0947	0,0947	0,2068	0,0271	-0,14808	0,14808	0,5
	0,6	0,6764	0,5889	7,8192	8,9805	0,0892	0,1046	0,2169	0,0237	-0,13726	0,16828	
	1,0	0,7869	0,5599	8,5078	11,9571	0,0801	0,1219	0,2286	0,0190	-0,11873	0,20460	
	1,5	0,8910	0,5372	9,2207	15,2951	0,0715	0,1392	0,2378	0,0158	-0,10048	0,24223	
	2,0	0,9677	0,5223	9,7901	18,1377	0,0651	0,1525	0,2437	0,0147	-0,08651	0,27217	
0,5	0,4	0,6231	0,5842	7,5021	8,0007	0,0941	0,0940	0,2075	0,0082	-0,16143	0,13012	0,45
	0,6	0,7009	0,5550	7,9311	10,0161	0,0884	0,1040	0,2268	0,0043	-0,15095	0,14985	
	1,0	0,8400	0,5145	8,7366	14,2647	0,0789	0,1222	0,2444	0,0260	-0,13244	0,18765	
	1,5	0,9839	0,4826	9,6418	19,6579	0,0696	0,1419	0,2589	0,0470	-0,11308	0,23067	
	2,0	1,0989	0,4617	10,4323	24,8315	0,0624	0,1584	0,2688	0,0619	-0,09719	0,26830	

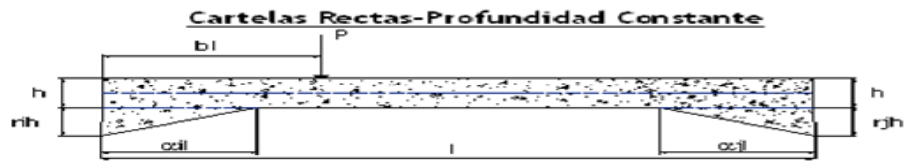
**Cartelas Rectas-Profundidad Constante**

**TABLA  
1.4**



Cartela derecha		Factor de transporte		Factor de rigidez		F.E.M. carga uniforme		F.E.M. carga triangular $\nabla$		F.E.M. carga puntual Aplicada en el centro de la sec. constante		b
$\alpha_j$	$r_j$	$C_{ij}$	$C_{ji}$	$k_{ij}$	$k_{ji}$	$M_{ij}$	$M_{ji}$	$M_{ij}$	$M_{ji}$	$M_{ij}$	$M_{ji}$	
$\alpha_i$		0,5				0,4						
0,1	0,4	0,4832	0,6909	7,4571	5,2154	0,1009	0,0824	0,0968	0,0240	-0,07951	0,15510	0,70
	0,6	0,4983	0,6889	7,5654	5,4725	0,0987	0,0858	0,2689	0,0247	-0,07527	0,16162	
	1,0	0,5187	0,6861	7,7149	5,8326	0,0957	0,0904	0,2716	0,0257	-0,06948	0,17057	
	1,5	0,5341	0,6839	7,8300	6,1146	0,0935	0,0940	0,2737	0,0264	-0,06508	0,17742	
	2,0	0,5437	0,6825	7,9030	6,2964	0,0921	0,0962	0,2750	0,0269	-0,06234	0,18174	
0,2	0,4	0,5264	0,6741	7,7196	6,0284	0,0968	0,0895	0,2733	0,0230	-0,09402	0,16800	0,65
	0,6	0,5583	0,6669	7,9430	6,6497	0,0929	0,0960	0,2772	0,0234	-0,08605	0,18108	
	1,0	0,6043	0,6570	8,2808	7,6172	0,0870	0,1057	0,2839	0,0242	-0,07428	0,20070	
	1,5	0,6413	0,6491	8,5654	8,4618	0,0823	0,1137	0,2892	0,0249	-0,06465	0,21706	
0,3	0,4	0,5608	0,6504	7,8965	6,8090	0,0949	0,0932	0,2778	0,0173	-0,11179	0,16968	0,6
	0,6	0,6097	0,6359	8,2222	7,8832	0,0898	0,1019	0,2852	0,0157	-0,10133	0,18789	
	1,0	0,6856	0,6160	8,7608	9,7501	0,0818	0,1161	0,2969	0,0133	-0,08467	0,21777	
	1,5	0,7515	0,6004	9,2633	11,5943	0,0748	0,1290	0,3065	0,0116	-0,06981	0,24533	
0,4	0,4	0,5842	0,6231	8,0007	7,5021	0,0940	0,0941	0,2799	0,0056	-0,13012	0,16143	0,55
	0,6	0,6482	0,6002	8,3993	9,0708	0,0884	0,1039	0,2936	0,0013	-0,11865	0,18217	
	1,0	0,7553	0,5687	9,1096	12,0998	0,0793	0,1210	0,3110	0,0127	-0,09933	0,21904	
	1,5	0,8571	0,5439	9,8430	15,5115	0,0707	0,1382	0,3259	0,0230	-0,08066	0,25671	
0,5	0,4	0,5953	0,5953	8,0709	8,0709	0,0933	0,0933	0,2806	0,0140	-0,14583	0,14583	0,5
	0,6	0,6695	0,5635	8,5116	10,1143	0,0875	0,1031	0,3040	0,0307	-0,13438	0,16625	
	1,0	0,8035	0,5192	9,3322	14,4416	0,0780	0,1210	0,3280	0,0609	-0,11472	0,20462	
	1,5	0,9441	0,4843	10,2488	19,9788	0,0688	0,1404	0,3492	0,0924	-0,09485	0,24728	
	2,0	1,0583	0,4614	11,0480	25,3420	0,0617	0,1566	0,3651	0,1172	-0,07899	0,28385	

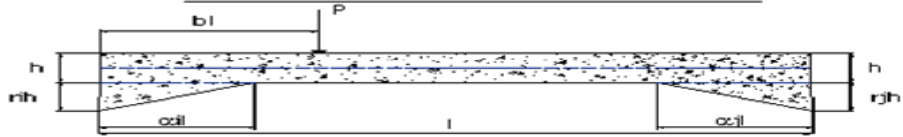
**TABLA  
1.5**



Cartela derecha		Factor de transporte		Factor de rigidez		F.E.M. carga uniforme		F.E.M. carga triangular $\triangle$		F.E.M carga puntual Aplicada en el centro de la sec. constante		b
aj	rj	Cij	Cji	kij	kji	Mij	Mji	Mij	Mji	Mij	Mji	
$a_i$		0,1		$r_i$		0,6						
0,1	0,4	0,5502	0,5685	5,0580	4,8955	0,0923	0,0871	0,0363	0,0532	-0,13954	0,13105	0,50
	0,6	0,5671	0,5671	5,1239	5,1239	0,0905	0,0905	0,1333	0,0552	-0,13657	0,13657	
	1,0	0,5898	0,5651	5,2147	5,4423	0,0880	0,0951	0,1335	0,0579	-0,13250	0,14418	
	1,5	0,6069	0,5635	5,2843	5,6906	0,0861	0,0986	0,1337	0,0599	-0,12940	0,15002	
	2,0	0,6176	0,5625	5,3285	5,8501	0,0850	0,1008	0,1338	0,0612	-0,12744	0,15373	
0,2	0,4	0,5996	0,5564	5,2260	5,6310	0,0887	0,0944	0,1349	0,0558	-0,14757	0,12712	0,45
	0,6	0,6354	0,5513	5,3643	6,1823	0,0854	0,1009	0,1353	0,0591	-0,14235	0,13747	
	1,0	0,6870	0,5443	5,5721	7,0327	0,0806	0,1105	0,1364	0,0641	-0,13458	0,15308	
	1,5	0,7282	0,5387	5,7462	7,7678	0,0767	0,1184	0,1371	0,0684	-0,12815	0,16620	
0,3	0,4	0,6405	0,5393	5,3471	6,3505	0,0870	0,0983	0,1367	0,0534	-0,15536	0,11505	0,4
	0,6	0,6961	0,5290	5,5538	7,3088	0,0827	0,1071	0,1387	0,0563	-0,14900	0,12848	
	1,0	0,7819	0,5148	5,8936	8,9525	0,0759	0,1213	0,1415	0,0616	-0,13871	0,15072	
	1,5	0,8559	0,5036	6,2085	10,5521	0,0701	0,1341	0,1432	0,0670	-0,12935	0,17151	
0,4	0,4	0,9067	0,4963	6,4367	11,7600	0,0661	0,1430	0,1440	0,0713	-0,12268	0,18666	0,35
	0,6	0,6708	0,5193	5,4242	7,0074	0,0862	0,0994	0,1380	0,0442	-0,16078	0,09683	
	1,0	0,7449	0,5028	5,6848	8,4220	0,0815	0,1095	0,1439	0,0437	-0,15446	0,11094	
	1,5	0,8678	0,4802	6,1492	11,1133	0,0736	0,1269	0,1497	0,0441	-0,14347	0,13650	
0,5	0,4	0,9831	0,4625	6,6271	14,0877	0,0663	0,1439	0,1535	0,0462	-0,13245	0,16323	0,3
	0,6	1,0676	0,4509	7,0067	16,5893	0,0609	0,1570	0,1554	0,0494	-0,12389	0,18469	
	1,0	0,6889	0,4983	5,4725	7,5654	0,0858	0,0987	0,1392	0,0267	-0,16162	0,07527	
	1,5	0,7775	0,4754	5,7679	9,4338	0,0809	0,1089	0,1520	0,0180	-0,15621	0,08778	
	2,0	0,9353	0,4437	6,3260	13,3340	0,0727	0,1274	0,1626	0,0037	-0,14633	0,11223	
0,5	1,0	1,0974	0,4190	6,9557	18,2183	0,0646	0,1471	0,1704	0,0084	-0,13559	0,14068	0,3
	1,5	1,2260	0,4029	7,5059	22,8418	0,0584	0,1634	0,1752	0,0154	-0,12648	0,16604	
	2,0											

**Cartelas Rectas-Profundidad Constante**

**TABLA  
1.6**

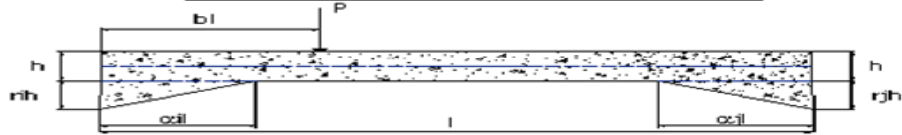


Cartela derecha		Factor de transporte		Factor de rigidez		F.E.M. carga uniforme		F.E.M. carga triangular $\triangle$		F.E.M. carga puntual Aplicada en el centro de la sec. constante		b
$a_j$	$r_j$	$C_{ij}$	$C_{ji}$	$k_{ij}$	$k_{ji}$	$M_{ij}$	$M_{ji}$	$M_{ij}$	$M_{ji}$	$M_{ij}$	$M_{ji}$	
$a_i$		0,2		$r_i$		0,6						
0,1	0,4	0,5350	0,6370	6,0922	5,1159	0,1029	0,0821	0,0421	0,0504	-0,14105	0,13642	0,55
	0,6	0,5513	0,6354	6,1823	5,3643	0,1009	0,0854	0,1553	0,0524	-0,13747	0,14235	
	1,0	0,5734	0,6332	6,3069	5,7118	0,0982	0,0899	0,1559	0,0550	-0,13256	0,15053	
	1,5	0,5900	0,6314	6,4028	5,9836	0,0961	0,0934	0,1564	0,0570	-0,12881	0,15684	
	2,0	0,6004	0,6302	6,4638	6,1588	0,0948	0,0956	0,1567	0,0583	-0,12644	0,16084	
0,2	0,4	0,5827	0,6233	6,3200	5,9083	0,0991	0,0891	0,1576	0,0528	-0,15269	0,13504	0,5
	0,6	0,6175	0,6175	6,5099	6,5099	0,0954	0,0954	0,1585	0,0560	-0,14630	0,14630	
	1,0	0,6674	0,6094	6,7976	7,4451	0,0901	0,1049	0,1607	0,0608	-0,13675	0,16339	
	1,5	0,7074	0,6030	7,0407	8,2600	0,0858	0,1127	0,1622	0,0650	-0,12880	0,17783	
0,3	0,4	0,6219	0,6039	6,4829	6,6768	0,0972	0,0927	0,1600	0,0499	-0,16493	0,12465	0,45
	0,6	0,6757	0,5921	6,7669	7,7220	0,0925	0,1013	0,1632	0,0526	-0,15704	0,13946	
	1,0	0,7585	0,5759	7,2391	9,5349	0,0851	0,1152	0,1678	0,0574	-0,14417	0,16419	
	1,5	0,8300	0,5632	7,6826	11,3219	0,0786	0,1278	0,1711	0,0625	-0,13236	0,18750	
0,4	0,4	0,6505	0,5814	6,5851	7,3680	0,0965	0,0936	0,1616	0,0401	-0,17527	0,10733	0,4
	0,6	0,7217	0,5627	6,9421	8,9036	0,0913	0,1033	0,1696	0,0390	-0,16728	0,12311	
	1,0	0,8398	0,5371	7,5867	11,8637	0,0827	0,1201	0,1782	0,0382	-0,15328	0,15197	
	1,5	0,9506	0,5170	8,2614	15,1897	0,0746	0,1369	0,1845	0,0393	-0,13909	0,18249	
0,5	0,4	0,6669	0,5583	6,6497	7,9430	0,0960	0,0929	0,1629	0,0217	-0,18108	0,08605	0,35
	0,6	0,7515	0,5324	7,0529	9,9553	0,0907	0,1025	0,1792	0,0117	-0,17402	0,10039	
	1,0	0,9020	0,4967	7,8235	14,2091	0,0818	0,1203	0,1937	0,0050	-0,16107	0,12857	
	1,5	1,0565	0,4687	8,7078	19,6303	0,0730	0,1394	0,2052	0,0201	-0,14690	0,16170	
	2,0	1,1790	0,4504	9,4939	24,8515	0,0660	0,1555	0,2129	0,0297	-0,13476	0,19157	



**Cartelas Rectas-Profundidad Constante**

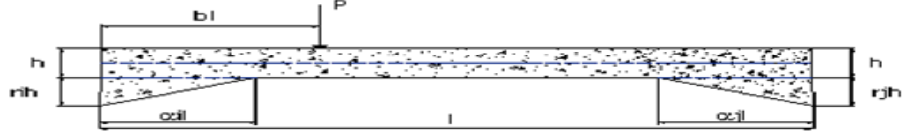
**TABLA 1.7**



Cartela derecha		Factor de transporte		Factor de rigidez		F.E.M. carga uniforme		F.E.M. carga triangular $\triangle$		F.E.M. carga puntual Aplicada en el centro de la sec. constante		b
$a_j$	$r_j$	$C_{ij}$	$C_{ji}$	$k_{ij}$	$k_{ji}$	$M_{ij}$	$M_{ji}$	$M_{ij}$	$M_{ji}$	$M_{ij}$	$M_{ji}$	
$a_i$		0,3		$r_i$		0,6						
0,1	0,4	0,5132	0,6980	7,1938	5,2893	0,1093	0,0794	0,0506	0,0465	-0,13265	0,14269	0,60
	0,6	0,5290	0,6961	7,3088	5,5538	0,1071	0,0827	0,1808	0,0482	-0,12848	0,14900	
	1,0	0,5502	0,6936	7,4681	5,9247	0,1042	0,0872	0,1820	0,0507	-0,12274	0,15773	
	1,5	0,5662	0,6915	7,5911	6,2157	0,1019	0,0906	0,1829	0,0526	-0,11835	0,16446	
	2,0	0,5762	0,6901	7,6693	6,4034	0,1005	0,0928	0,1834	0,0538	-0,11559	0,16873	
0,2	0,4	0,5588	0,6823	7,4801	6,1255	0,1052	0,0862	0,1838	0,0483	-0,14703	0,14483	0,55
	0,6	0,5921	0,6757	7,7220	6,7669	0,1013	0,0925	0,1855	0,0512	-0,13946	0,15704	
	1,0	0,6400	0,6665	8,0901	7,7691	0,0955	0,1020	0,1889	0,0556	-0,12810	0,17559	
	1,5	0,6784	0,6592	8,4027	8,6474	0,0907	0,1098	0,1914	0,0595	-0,11864	0,19131	
	2,0	0,7034	0,6544	8,6145	9,2595	0,0876	0,1150	0,1930	0,0621	-0,11233	0,20195	
0,3	0,4	0,5957	0,6604	7,6810	6,9289	0,1033	0,0897	0,1869	0,0450	-0,16297	0,13712	0,5
	0,6	0,6470	0,6470	8,0405	8,0405	0,0982	0,0982	0,1913	0,0470	-0,15344	0,15344	
	1,0	0,7261	0,6286	8,6418	9,9826	0,0902	0,1121	0,1980	0,0510	-0,13787	0,18077	
	1,5	0,7944	0,6142	9,2106	11,9131	0,0830	0,1247	0,2030	0,0553	-0,12356	0,20664	
	2,0	0,8412	0,6047	9,6296	13,3955	0,0781	0,1338	0,2061	0,0589	-0,11327	0,22566	
0,4	0,4	0,6219	0,6352	7,8040	7,6410	0,1025	0,0905	0,1886	0,0346	-0,17761	0,12160	0,45
	0,6	0,6894	0,6141	8,2521	9,2647	0,0969	0,1001	0,1987	0,0325	-0,16773	0,13935	
	1,0	0,8015	0,5850	9,0649	12,4187	0,0876	0,1168	0,2101	0,0300	-0,15044	0,17187	
	1,5	0,9066	0,5623	9,9214	15,9976	0,0788	0,1337	0,2190	0,0293	-0,13292	0,20636	
	2,0	0,9838	0,5474	10,6164	19,0780	0,0721	0,1468	0,2246	0,0305	-0,11918	0,23440	
0,5	0,4	0,6359	0,6097	7,8832	8,2222	0,1019	0,0898	0,1895	0,0154	-0,18789	0,10133	0,4
	0,6	0,7153	0,5805	8,3853	10,3327	0,0962	0,0993	0,2093	0,0041	-0,17881	0,11795	
	1,0	0,8567	0,5401	9,3452	14,8227	0,0865	0,1168	0,2273	0,0155	-0,16230	0,15054	
	1,5	1,0020	0,5084	10,4490	20,5948	0,0770	0,1360	0,2421	0,0339	-0,14435	0,18880	
	2,0	1,1174	0,4876	11,4333	26,2009	0,0694	0,1522	0,2522	0,0464	-0,12906	0,22326	

**Cartelas Rectas-Profundidad Constante**

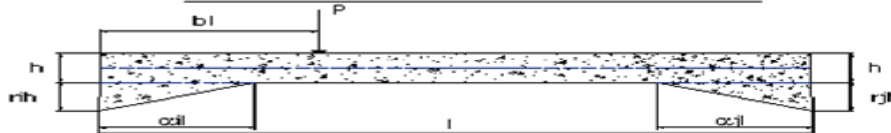
**TABLA  
1.8**



Cartela derecha		Factor de transporte		Factor de rigidez		F.E.M. carga uniforme		F.E.M. carga triangular $\triangle$		F.E.M. carga puntual Aplicada en el centro de la sec. constante		b
aj	rj	Cij	Cji	kij	kji	Mij	Mji	Mij	Mji	Mij	Mji	
ai		0,4		ri		0,6						
0,1	0,4	0,4877	0,7470	8,2854	5,4092	0,1118	0,0782	0,0683	0,0381	-0,11557	0,14789	0,65
	0,6	0,5028	0,7449	8,4220	5,6848	0,1095	0,0815	0,2221	0,0395	-0,11094	0,15446	
	1,0	0,5232	0,7420	8,6113	6,0720	0,1063	0,0860	0,2241	0,0415	-0,10456	0,16354	
	1,5	0,5385	0,7396	8,7577	6,3763	0,1039	0,0895	0,2256	0,0430	-0,09970	0,17054	
	2,0	0,5481	0,7381	8,8508	6,5728	0,1024	0,0917	0,2266	0,0439	-0,09663	0,17498	
0,2	0,4	0,5309	0,7293	8,6185	6,2740	0,1075	0,0850	0,2260	0,0389	-0,13166	0,15437	0,6
	0,6	0,5627	0,7217	8,9036	6,9421	0,1033	0,0913	0,2289	0,0409	-0,12311	0,16728	
	1,0	0,6086	0,7113	9,3382	7,9895	0,0971	0,1008	0,2342	0,0441	-0,11033	0,18690	
	1,5	0,6453	0,7031	9,7078	8,9104	0,0920	0,1087	0,2383	0,0468	-0,09970	0,20351	
0,3	0,4	0,5653	0,7045	8,8456	7,0979	0,1055	0,0884	0,2299	0,0346	-0,15028	0,15019	0,55
	0,6	0,6141	0,6894	9,2647	8,2521	0,1001	0,0969	0,2361	0,0353	-0,13935	0,16773	
	1,0	0,6895	0,6686	9,9662	10,2767	0,0915	0,1108	0,2459	0,0369	-0,12159	0,19707	
	1,5	0,7546	0,6523	10,6305	12,2982	0,0839	0,1237	0,2536	0,0390	-0,10533	0,22475	
0,4	0,4	0,5889	0,6764	8,9805	7,8192	0,1046	0,0892	0,2316	0,0234	-0,16828	0,13726	0,5
	0,6	0,6526	0,6526	9,4961	9,4961	0,0987	0,0987	0,2445	0,0194	-0,15670	0,15670	
	1,0	0,7586	0,6198	10,4290	12,7657	0,0889	0,1155	0,2598	0,0133	-0,13663	0,19212	
	1,5	0,8586	0,5940	11,4103	16,4932	0,0795	0,1325	0,2723	0,0088	-0,11653	0,22945	
0,5	0,4	0,9323	0,5772	12,2055	19,7148	0,0724	0,1457	0,2805	0,0068	-0,10092	0,25962	0,45
	0,4	0,6002	0,6482	9,0708	8,3993	0,1039	0,0884	0,2321	0,0036	-0,18217	0,11865	
	0,6	0,6741	0,6153	9,6429	10,5651	0,0978	0,0979	0,2557	0,0101	-0,17113	0,13727	
	1,0	0,8063	0,5696	10,7264	15,1850	0,0876	0,1154	0,2780	0,0345	-0,15143	0,17338	
0,5	1,5	0,9433	0,5335	11,9607	21,1482	0,0776	0,1345	0,2968	0,0587	-0,13052	0,21519	0,45
	2,0	1,0532	0,5099	13,0543	26,9650	0,0696	0,1507	0,3101	0,0766	-0,11307	0,25241	

**Cartelas Rectas-Profundidad Constante**

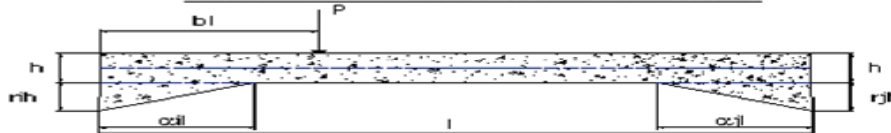
**TABLA  
1.9**



Cartela derecha		Factor de transporte		Factor de rigidez		F.E.M. carga uniforme		F.E.M. carga triangular $\triangle$		F.E.M carga puntual Aplicada en el centro de la sec. constante		b
aj	rj	Cij	Cji	kij	kji	Mij	Mji	Mij	Mji	Mij	Mji	
ai		0,5		ri		0,6						
0,1	0,4	0,4609	0,7799	9,2823	5,4852	0,1113	0,0776	0,1069	0,0206	-0,09262	0,14963	0,70
	0,6	0,4754	0,7775	9,4338	5,7679	0,1089	0,0809	0,3015	0,0212	-0,08778	0,15621	
	1,0	0,4950	0,7742	9,6438	6,1656	0,1056	0,0854	0,3052	0,0220	-0,08115	0,16529	
	1,5	0,5097	0,7716	9,8061	6,4783	0,1031	0,0889	0,3080	0,0227	-0,07611	0,17227	
	2,0	0,5190	0,7698	9,9094	6,6804	0,1015	0,0911	0,3097	0,0230	-0,07294	0,17669	
0,2	0,4	0,5019	0,7600	9,6427	6,3678	0,1069	0,0843	0,3070	0,0191	-0,10939	0,16091	0,65
	0,6	0,5324	0,7515	9,9553	7,0529	0,1025	0,0907	0,3122	0,0193	-0,10039	0,17402	
	1,0	0,5765	0,7398	10,4316	8,1290	0,0961	0,1002	0,3212	0,0197	-0,08697	0,19387	
	1,5	0,6119	0,7305	10,8363	9,0770	0,0908	0,1081	0,3283	0,0200	-0,07589	0,21060	
	2,0	0,6351	0,7244	11,1106	9,7401	0,0873	0,1134	0,3329	0,0202	-0,06857	0,22182	
0,3	0,4	0,5340	0,7323	9,8798	7,2041	0,1049	0,0877	0,3124	0,0130	-0,12960	0,16079	0,6
	0,6	0,5805	0,7153	10,3327	8,3853	0,0993	0,0962	0,3220	0,0108	-0,11795	0,17881	
	1,0	0,6529	0,6919	11,0895	10,4633	0,0905	0,1101	0,3373	0,0074	-0,09917	0,20877	
	1,5	0,7158	0,6736	11,8046	12,5451	0,0827	0,1229	0,3501	0,0047	-0,08219	0,23681	
	2,0	0,7594	0,6616	12,3307	14,1536	0,0772	0,1321	0,3587	0,0030	-0,07017	0,25721	
0,4	0,4	0,5550	0,7009	10,0161	7,9311	0,1040	0,0884	0,3144	0,0006	-0,14985	0,15095	0,55
	0,6	0,6153	0,6741	10,5651	9,6429	0,0979	0,0978	0,3316	0,0073	-0,13727	0,17113	
	1,0	0,7166	0,6372	11,5528	12,9930	0,0879	0,1144	0,3538	0,0207	-0,11586	0,20747	
	1,5	0,8133	0,6081	12,5867	16,8334	0,0784	0,1313	0,3731	0,0332	-0,09488	0,24527	
	2,0	0,8853	0,5891	13,4221	20,1712	0,0713	0,1445	0,3868	0,0420	-0,07885	0,27546	
0,5	0,4	0,5635	0,6695	10,1143	8,5116	0,1031	0,0875	0,3146	0,0199	-0,16625	0,13438	0,5
	0,6	0,6325	0,6325	10,7173	10,7173	0,0969	0,0969	0,3436	0,0382	-0,15385	0,15385	
	1,0	0,7574	0,5808	11,8444	15,4471	0,0865	0,1140	0,3732	0,0719	-0,13242	0,19081	
	1,5	0,8894	0,5397	13,1135	21,6101	0,0765	0,1326	0,3996	0,1078	-0,11056	0,23257	
	2,0	0,9974	0,5126	14,2323	27,6936	0,0686	0,1485	0,4196	0,1368	-0,09290	0,26899	

**Cartelas Rectas-Profundidad Constante**

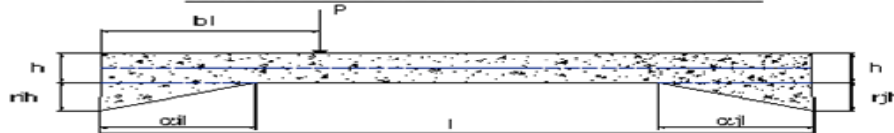
**TABLA  
1.10**



Cartela derecha		Factor de transporte		Factor de rigidez		F.E.M. carga uniforme		F.E.M. carga triangular $\triangle$		F.E.M. carga puntual Aplicada en el centro de la sec. constante		b
$\alpha_j$	$r_j$	$C_{ij}$	$C_{ji}$	$k_{ij}$	$k_{ji}$	$M_{ij}$	$M_{ji}$	$M_{ij}$	$M_{ji}$	$M_{ij}$	$M_{ji}$	
$\alpha_i$		0,1				$r_i$		1				
0,1	0,4	0,5483	0,5912	5,3686	4,9787	0,0969	0,0847	0,0382	0,0522	-0,14722	0,12706	0,50
	0,6	0,5651	0,5898	5,4423	5,2147	0,0951	0,0880	0,1407	0,0542	-0,14418	0,13250	
	1,0	0,5877	0,5877	5,5440	5,5440	0,0925	0,0925	0,1411	0,0569	-0,14000	0,14000	
	1,5	0,6047	0,5861	5,6222	5,8012	0,0906	0,0960	0,1414	0,0589	-0,13681	0,14577	
	2,0	0,6154	0,5850	5,6718	5,9666	0,0894	0,0982	0,1416	0,0602	-0,13480	0,14944	
0,2	0,4	0,5975	0,5787	5,5565	5,7363	0,0933	0,0918	0,1426	0,0548	-0,15586	0,12244	0,45
	0,6	0,6332	0,5734	5,7118	6,3069	0,0899	0,0982	0,1432	0,0580	-0,15053	0,13256	
	1,0	0,6845	0,5661	5,9459	7,1897	0,0850	0,1076	0,1447	0,0629	-0,14259	0,14787	
	1,5	0,7256	0,5603	6,1429	7,9555	0,0810	0,1154	0,1457	0,0672	-0,13600	0,16079	
0,3	0,4	0,6382	0,5610	5,6921	6,4757	0,0916	0,0955	0,1447	0,0521	-0,16415	0,10974	0,4
	0,6	0,6936	0,5502	5,9247	7,4681	0,0872	0,1042	0,1471	0,0550	-0,15773	0,12274	
	1,0	0,7789	0,5354	6,3092	9,1784	0,0803	0,1181	0,1506	0,0601	-0,14729	0,14438	
	1,5	0,8526	0,5239	6,6678	10,8520	0,0743	0,1307	0,1529	0,0654	-0,13774	0,16471	
0,4	0,4	0,6683	0,5402	5,7784	7,1478	0,0909	0,0965	0,1462	0,0427	-0,16983	0,09112	0,35
	0,6	0,7420	0,5232	6,0720	8,6113	0,0860	0,1063	0,1528	0,0420	-0,16354	0,10456	
	1,0	0,8642	0,4997	6,5989	11,4126	0,0780	0,1233	0,1597	0,0419	-0,15254	0,12908	
	1,5	0,9789	0,4813	7,1460	14,5322	0,0705	0,1401	0,1645	0,0437	-0,14142	0,15490	
0,5	0,4	0,6861	0,5187	5,8326	7,7149	0,0904	0,0957	0,1475	0,0248	-0,17057	0,06948	0,3
	0,6	0,7742	0,4950	6,1656	9,6438	0,0854	0,1056	0,1615	0,0156	-0,16529	0,08115	
	1,0	0,9310	0,4622	6,7995	13,6961	0,0771	0,1235	0,1737	0,0004	-0,15559	0,10410	
	1,5	1,0921	0,4366	7,5224	18,8163	0,0689	0,1427	0,1831	0,0130	-0,14495	0,13102	
	2,0	1,2198	0,4199	8,1608	23,7068	0,0625	0,1587	0,1891	0,0211	-0,13585	0,15524	

Cartelas Rectas-Profundidad Constante

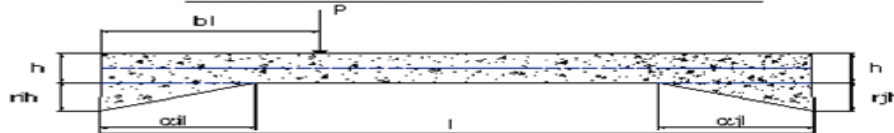
TABLA 1.11



Cartela derecha		Factor de transporte		Factor de rigidez		F.E.M. carga uniforme		F.E.M. carga triangular $\triangle$		F.E.M. carga puntual Aplicada en el centro de la sec. constante		b
$a_j$	$r_j$	$C_{ij}$	$C_{ji}$	$k_{ij}$	$k_{ji}$	$M_{ij}$	$M_{ji}$	$M_{ij}$	$M_{ji}$	$M_{ij}$	$M_{ji}$	
$a_i$		0,2		$r_i$		1						
0,1	0,4	0,5281	0,6887	6,9194	5,3057	0,1126	0,0774	0,0463	0,0484	-0,15685	0,12879	0,55
	0,6	0,5443	0,6870	7,0327	5,5721	0,1105	0,0806	0,1723	0,0503	-0,15308	0,13458	
	1,0	0,5661	0,6845	7,1897	5,9459	0,1076	0,0850	0,1734	0,0529	-0,14787	0,14259	
	1,5	0,5825	0,6825	7,3111	6,2393	0,1055	0,0883	0,1742	0,0549	-0,14388	0,14878	
	2,0	0,5927	0,6812	7,3884	6,4287	0,1041	0,0905	0,1748	0,0562	-0,14136	0,15272	
0,2	0,4	0,5751	0,6738	7,2049	6,1498	0,1087	0,0840	0,1753	0,0506	-0,17006	0,12589	0,5
	0,6	0,6094	0,6674	7,4451	6,7976	0,1049	0,0901	0,1769	0,0537	-0,16339	0,13675	
	1,0	0,6586	0,6586	7,8116	7,8116	0,0993	0,0993	0,1801	0,0584	-0,15333	0,15333	
	1,5	0,6981	0,6517	8,1240	8,7020	0,0947	0,1069	0,1825	0,0626	-0,14491	0,16746	
0,3	0,4	0,6136	0,6528	7,4087	6,9637	0,1068	0,0873	0,1784	0,0474	-0,18369	0,11410	0,45
	0,6	0,6665	0,6400	7,7691	8,0901	0,1020	0,0955	0,1827	0,0498	-0,17559	0,12810	
	1,0	0,7480	0,6225	8,3752	10,0644	0,0942	0,1089	0,1893	0,0543	-0,16225	0,15173	
	1,5	0,8183	0,6087	8,9524	12,0350	0,0873	0,1211	0,1943	0,0592	-0,14984	0,17427	
0,4	0,4	0,6414	0,6287	7,5361	7,6878	0,1061	0,0879	0,1804	0,0370	-0,19489	0,09582	0,4
	0,6	0,7113	0,6086	7,9895	9,3382	0,1008	0,0971	0,1904	0,0353	-0,18690	0,11033	
	1,0	0,8272	0,5808	8,8196	12,5606	0,0919	0,1131	0,2019	0,0335	-0,17272	0,13718	
	1,5	0,9358	0,5592	9,7049	16,2429	0,0834	0,1294	0,2111	0,0337	-0,15812	0,16605	
0,5	0,4	0,6570	0,6043	7,6172	8,2808	0,1057	0,0870	0,1817	0,0178	-0,20070	0,07428	0,35
	0,6	0,7398	0,5765	8,1290	10,4316	0,1002	0,0961	0,2014	0,0068	-0,19387	0,08697	
	1,0	0,8870	0,5380	9,1217	15,0384	0,0910	0,1127	0,2200	0,0123	-0,18121	0,11223	
	1,5	1,0379	0,5078	10,2852	21,0209	0,0818	0,1309	0,2359	0,0303	-0,16708	0,14246	
	2,0	1,1575	0,4882	11,3421	26,8944	0,0745	0,1464	0,2473	0,0425	-0,15475	0,17024	

Cartelas Rectas-Profundidad Constante

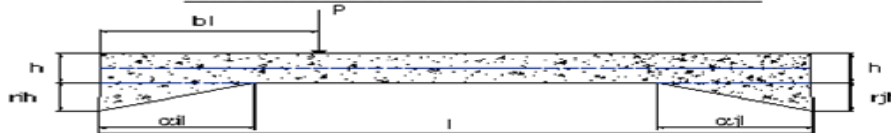
TABLA  
1.12



Cartela derecha		Factor de transporte		Factor de rigidez		F.E.M. carga uniforme		F.E.M. carga triangular $\triangle$		F.E.M. carga puntual Aplicada en el centro de la sec. constante		b
$\alpha_j$	$r_j$	$C_{ij}$	$C_{ji}$	$k_{ij}$	$k_{ji}$	$M_{ij}$	$M_{ji}$	$M_{ij}$	$M_{ji}$	$M_{ij}$	$M_{ji}$	
$\alpha_i$		0,3				$r_i$		1				
0,1	0,4	0,4994	0,7841	8,7903	5,5988	0,1237	0,0728	0,0572	0,0436	-0,15531	0,13253	0,60
	0,6	0,5148	0,7819	8,9525	5,8936	0,1213	0,0759	0,2087	0,0453	-0,15072	0,13871	
	1,0	0,5354	0,7789	9,1784	6,3092	0,1181	0,0803	0,2107	0,0478	-0,14438	0,14729	
	1,5	0,5510	0,7766	9,3537	6,6369	0,1157	0,0836	0,2122	0,0496	-0,13950	0,15394	
0,2	0,4	0,5608	0,7750	9,4657	6,8490	0,1141	0,0857	0,2131	0,0508	-0,13642	0,15818	0,55
	0,6	0,5435	0,7662	9,1910	6,5200	0,1194	0,0791	0,2128	0,0452	-0,17240	0,13241	
	1,0	0,5759	0,7585	9,5349	7,2391	0,1152	0,0851	0,2157	0,0479	-0,16419	0,14417	
	1,5	0,6225	0,7480	10,0644	8,3752	0,1089	0,0942	0,2211	0,0522	-0,15173	0,16225	
0,3	0,4	0,6597	0,7397	10,5198	9,3828	0,1037	0,1018	0,2253	0,0559	-0,14121	0,17775	0,5
	0,6	0,6840	0,7342	10,8315	10,0910	0,1002	0,1069	0,2280	0,0586	-0,13414	0,18833	
	1,0	0,5790	0,7413	9,4700	7,3957	0,1175	0,0822	0,2170	0,0413	-0,19088	0,12253	
	1,5	0,6286	0,7261	9,9826	8,6418	0,1121	0,0902	0,2236	0,0430	-0,18077	0,13787	
0,4	0,4	0,7052	0,7052	10,8547	10,8547	0,1034	0,1034	0,2339	0,0464	-0,16400	0,16400	0,45
	0,6	0,7713	0,6888	11,6970	13,0973	0,0956	0,1157	0,2422	0,0503	-0,14826	0,18921	
	1,0	0,8166	0,6781	12,3282	14,8468	0,0900	0,1246	0,2475	0,0538	-0,13675	0,20805	
	1,5	0,6036	0,7133	9,6390	8,1565	0,1167	0,0827	0,2191	0,0300	-0,20722	0,10545	
0,5	0,4	0,6686	0,6895	10,2767	9,9662	0,1108	0,0915	0,2329	0,0270	-0,19707	0,12159	0,4
	0,6	0,7765	0,6566	11,4568	13,5492	0,1009	0,1072	0,2497	0,0229	-0,17896	0,15170	
	1,0	0,8778	0,6309	12,7343	17,7180	0,0913	0,1234	0,2638	0,0207	-0,16015	0,18447	
	1,5	0,9521	0,6141	13,7971	21,3900	0,0840	0,1362	0,2734	0,0206	-0,14503	0,21175	
0,5	0,4	0,6160	0,6856	9,7501	8,7608	0,1161	0,0818	0,2200	0,0097	-0,21777	0,08467	0,4
	0,6	0,6919	0,6529	10,4633	11,0895	0,1101	0,0905	0,2457	0,0033	-0,20877	0,09917	
	1,0	0,8269	0,6074	11,8525	16,1356	0,0999	0,1067	0,2709	0,0265	-0,19211	0,12814	
	1,5	0,9657	0,5717	13,4948	22,7964	0,0896	0,1246	0,2930	0,0496	-0,17351	0,16305	
	2,0	1,0760	0,5483	15,0024	29,4427	0,0814	0,1400	0,3094	0,0665	-0,15723	0,19540	

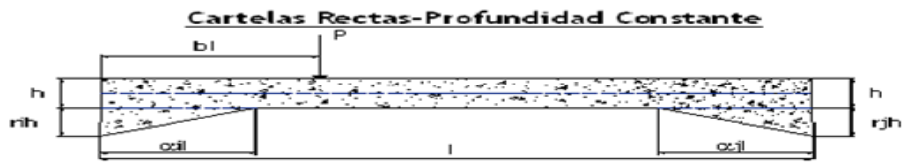
**Cartelas Rectas-Profundidad Constante**

**TABLA  
1.13**



Cartela derecha		Factor de transporte		Factor de rigidez		F.E.M. carga uniforme		F.E.M. carga triangular $\triangle$		F.E.M. carga puntual Aplicada en el centro de la sec. constante		b
$a_j$	$r_j$	$C_{ij}$	$C_{ji}$	$k_{ij}$	$k_{ji}$	$M_{ij}$	$M_{ji}$	$M_{ij}$	$M_{ji}$	$M_{ij}$	$M_{ji}$	
$a_i$		0,4		$r_i$		1						
0,1	0,4	0,4657	0,8704	10,8990	5,8313	0,1295	0,0705	0,0781	0,0343	-0,14186	0,13695	0,65
	0,6	0,4802	0,8678	11,1133	6,1492	0,1269	0,0736	0,2622	0,0357	-0,13650	0,14347	
	1,0	0,4997	0,8642	11,4126	6,5989	0,1233	0,0780	0,2655	0,0375	-0,12908	0,15254	
	1,5	0,5144	0,8614	11,6454	6,9546	0,1205	0,0814	0,2681	0,0390	-0,12337	0,15957	
0,2	0,4	0,5067	0,8490	11,4131	6,8113	0,1248	0,0767	0,2677	0,0347	-0,16171	0,14066	0,6
	0,6	0,5371	0,8398	11,8637	7,5867	0,1201	0,0827	0,2725	0,0365	-0,15197	0,15328	
	1,0	0,5808	0,8272	12,5606	8,8196	0,1131	0,0919	0,2811	0,0393	-0,13718	0,17272	
	1,5	0,6159	0,8173	13,1628	9,9204	0,1073	0,0996	0,2880	0,0419	-0,12468	0,18945	
0,3	0,4	0,5388	0,8196	11,7571	7,7287	0,1228	0,0796	0,2731	0,0297	-0,18402	0,13373	0,55
	0,6	0,5850	0,8015	12,4187	9,0649	0,1168	0,0876	0,2827	0,0298	-0,17187	0,15044	
	1,0	0,6566	0,7765	13,5492	11,4568	0,1072	0,1009	0,2980	0,0304	-0,15170	0,17896	
	1,5	0,7185	0,7569	14,6467	13,9036	0,0985	0,1134	0,3108	0,0318	-0,13278	0,20656	
0,4	0,4	0,5599	0,7869	11,9571	8,5078	0,1219	0,0801	0,2751	0,0174	-0,20460	0,11873	0,5
	0,6	0,6198	0,7586	12,7657	10,4290	0,1155	0,0889	0,2934	0,0121	-0,19212	0,13663	
	1,0	0,7195	0,7195	14,2612	14,2612	0,1046	0,1046	0,3165	0,0036	-0,17000	0,17000	
	1,5	0,8138	0,6889	15,8819	18,7625	0,0940	0,1209	0,3366	0,0034	-0,14718	0,20628	
0,5	0,4	0,5687	0,7553	12,0998	9,1096	0,1210	0,0793	0,2751	0,0039	-0,21904	0,09933	0,45
	0,6	0,6372	0,7166	12,9930	11,5528	0,1144	0,0879	0,3075	0,0199	-0,20747	0,11586	
	1,0	0,7597	0,6625	14,7141	16,8719	0,1033	0,1040	0,3395	0,0491	-0,18645	0,14861	
	1,5	0,8869	0,6197	16,7267	23,9409	0,0921	0,1219	0,3680	0,0797	-0,16351	0,18768	
	2,0	0,9893	0,5915	18,5605	31,0450	0,0831	0,1375	0,3893	0,1036	-0,14380	0,22358	

**TABLA  
1.14**

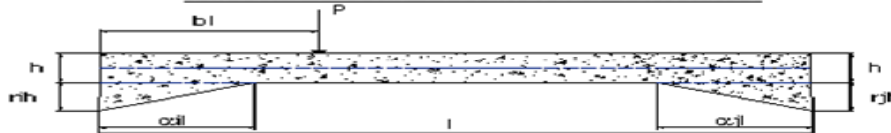


Cartela derecha		Factor de transporte		Factor de rigidez		F.E.M. carga uniforme		F.E.M. carga triangular $\triangle$		F.E.M. carga puntual Aplicada en el centro de la sec. constante		b
$a_j$	$r_j$	$C_{ij}$	$C_{ji}$	$k_{ij}$	$k_{ji}$	$M_{ij}$	$M_{ji}$	$M_{ij}$	$M_{ji}$	$M_{ij}$	$M_{ji}$	
$a_i$		0,5		$r_i$		1						
0,1	0,4	0,4301	0,9384	13,0750	5,9920	0,1302	0,0695	0,1242	0,0152	-0,11811	0,13967	0,70
	0,6	0,4437	0,9353	13,3340	6,3260	0,1274	0,0727	0,3604	0,0156	-0,11223	0,14633	
	1,0	0,4622	0,9310	13,6961	6,7995	0,1235	0,0771	0,3663	0,0161	-0,10410	0,15559	
	1,5	0,4761	0,9276	13,9779	7,1748	0,1205	0,0805	0,3708	0,0165	-0,09786	0,16277	
	2,0	0,4849	0,9254	14,1580	7,4185	0,1187	0,0826	0,3736	0,0167	-0,09392	0,16733	
0,2	0,4	0,4681	0,9129	13,6734	7,0103	0,1253	0,0757	0,3682	0,0129	-0,13936	0,14800	0,65
	0,6	0,4967	0,9020	14,2091	7,8235	0,1203	0,0818	0,3764	0,0126	-0,12857	0,16107	
	1,0	0,5380	0,8870	15,0384	9,1217	0,1127	0,0910	0,3905	0,0120	-0,11223	0,18121	
	1,5	0,5713	0,8751	15,7551	10,2853	0,1065	0,0989	0,4021	0,0116	-0,09849	0,19848	
0,3	0,4	0,4969	0,8782	14,0528	7,9512	0,1232	0,0785	0,3754	0,0059	-0,16416	0,14477	0,6
	0,6	0,5401	0,8567	14,8227	9,3452	0,1168	0,0865	0,3899	0,0025	-0,15054	0,16230	
	1,0	0,6074	0,8269	16,1356	11,8525	0,1067	0,0999	0,4135	0,0028	-0,12814	0,19211	
	1,5	0,6662	0,8036	17,4078	14,4314	0,0974	0,1125	0,4339	0,0074	-0,10733	0,22079	
0,4	0,4	0,5145	0,8400	14,2647	8,7366	0,1222	0,0789	0,3772	0,0078	-0,18765	0,13244	0,55
	0,6	0,5696	0,8063	15,1850	10,7264	0,1154	0,0876	0,4021	0,0176	-0,17338	0,15143	
	1,0	0,6625	0,7597	16,8719	14,7141	0,1040	0,1033	0,4349	0,0347	-0,14861	0,18645	
	1,5	0,7518	0,7229	18,6848	19,4305	0,0929	0,1195	0,4646	0,0516	-0,12362	0,22407	
0,5	0,4	0,5192	0,8035	14,4416	9,3322	0,1210	0,0780	0,3763	0,0299	-0,20462	0,11472	0,5
	0,6	0,5808	0,7574	15,4471	11,8444	0,1140	0,0865	0,4172	0,0512	-0,19081	0,13242	
	1,0	0,6924	0,6924	17,3408	17,3408	0,1023	0,1023	0,4591	0,0912	-0,16667	0,16667	
	1,5	0,8114	0,6402	19,5051	24,7178	0,0908	0,1197	0,4970	0,1355	-0,14155	0,20642	
	2,0	0,9098	0,6055	21,4502	32,2308	0,0818	0,1349	0,5264	0,1729	-0,12081	0,24213	



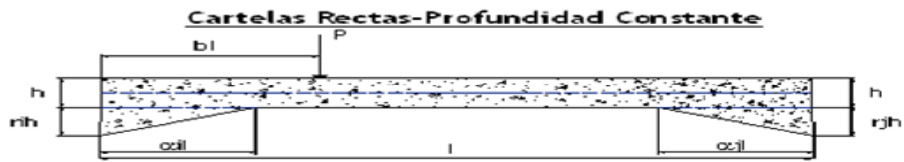
**Cartelas Rectas-Profundidad Constante**

**TABLA  
1.15**



Cartela derecha		Factor de transporte		Factor de rigidez		F.E.M. carga uniforme		F.E.M. carga triangular $\triangle$		F.E.M. carga puntual Aplicada en el centro de la sec. constante		b
$a_j$	$r_j$	$C_{ij}$	$C_{ji}$	$k_{ij}$	$k_{ji}$	$M_{ij}$	$M_{ji}$	$M_{ij}$	$M_{ji}$	$M_{ij}$	$M_{ji}$	
$a_i$		0,1		$r_i$		1,5						
0,1	0,4	0,5468	0,6084	5,6105	5,0425	0,1005	0,0828	0,0397	0,0515	-0,15312	0,12403	0,50
	0,6	0,5635	0,6069	5,6906	5,2843	0,0986	0,0861	0,1464	0,0534	-0,15002	0,12940	
	1,0	0,5861	0,6047	5,8012	5,6222	0,0960	0,0906	0,1469	0,0561	-0,14577	0,13681	
	1,5	0,6031	0,6031	5,8863	5,8863	0,0940	0,0940	0,1473	0,0581	-0,14252	0,14252	
	2,0	0,6137	0,6020	5,9404	6,0563	0,0928	0,0962	0,1476	0,0594	-0,14047	0,14615	
0,2	0,4	0,5958	0,5955	5,8145	5,8172	0,0968	0,0898	0,1485	0,0539	-0,16223	0,11886	0,45
	0,6	0,6314	0,5900	5,9836	6,4028	0,0934	0,0961	0,1493	0,0571	-0,15684	0,12881	
	1,0	0,6825	0,5825	6,2393	7,3111	0,0883	0,1055	0,1511	0,0621	-0,14878	0,14388	
	1,5	0,7235	0,5765	6,4550	8,1010	0,0843	0,1132	0,1524	0,0663	-0,14208	0,15663	
0,3	0,4	0,6363	0,5772	5,9619	6,5720	0,0951	0,0934	0,1508	0,0512	-0,17090	0,10570	0,4
	0,6	0,6915	0,5662	6,2157	7,5911	0,0906	0,1019	0,1535	0,0540	-0,16446	0,11835	
	1,0	0,7766	0,5510	6,6369	9,3537	0,0836	0,1157	0,1576	0,0590	-0,15394	0,13950	
	1,5	0,8500	0,5391	7,0316	11,0861	0,0775	0,1281	0,1604	0,0642	-0,14428	0,15945	
0,4	0,4	0,9003	0,5313	7,3204	12,4049	0,0732	0,1369	0,1620	0,0685	-0,13733	0,17411	0,35
	0,6	0,6662	0,5560	6,0556	7,2559	0,0944	0,0943	0,1524	0,0416	-0,17678	0,08677	
	0,6	0,7396	0,5385	6,3763	8,7577	0,0895	0,1039	0,1597	0,0406	-0,17054	0,09970	
	1,0	0,8614	0,5144	6,9546	11,6454	0,0814	0,1205	0,1674	0,0402	-0,15957	0,12337	
0,5	1,5	0,9755	0,4956	7,5593	14,8808	0,0737	0,1371	0,1731	0,0417	-0,14843	0,14845	0,3
	2,0	1,0592	0,4833	8,0464	17,6356	0,0680	0,1498	0,1764	0,0444	-0,13966	0,16884	
	0,4	0,6839	0,5341	6,1146	7,8300	0,0940	0,0935	0,1538	0,0234	-0,17742	0,06508	
	0,6	0,7716	0,5097	6,4783	9,8061	0,0889	0,1031	0,1689	0,0138	-0,17227	0,07611	
0,5	1,0	0,9276	0,4761	7,1748	13,9779	0,0805	0,1205	0,1823	0,0022	-0,16277	0,09786	0,3
	1,5	1,0878	0,4499	7,9756	19,2860	0,0722	0,1393	0,1931	0,0166	-0,15227	0,12355	
	2,0	1,2148	0,4327	8,6886	24,3920	0,0656	0,1550	0,2003	0,0255	-0,14323	0,14680	

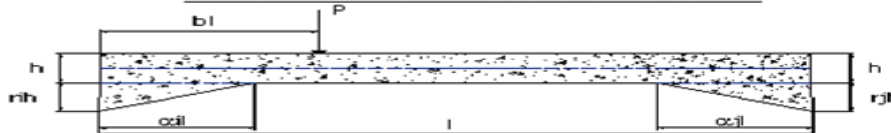
**TABLA  
1.16**



Cartela derecha		Factor de transporte		Factor de rigidez		F.E.M. carga uniforme		F.E.M. carga triangular $\triangle$		F.E.M. carga puntual Aplicada en el centro de la sec. constante		b
$a_j$	$r_j$	$C_{ij}$	$C_{ji}$	$k_{ij}$	$k_{ji}$	$M_{ij}$	$M_{ji}$	$M_{ij}$	$M_{ji}$	$M_{ij}$	$M_{ji}$	
$a_i$		0,2		$n$		1,5						
0,1	0,4	0,5227	0,7301	7,6329	5,4644	0,1205	0,0736	0,0498	0,0468	-0,17011	0,12250	0,55
	0,6	0,5387	0,7282	7,7678	5,7462	0,1184	0,0767	0,1866	0,0487	-0,16620	0,12815	
	1,0	0,5603	0,7256	7,9555	6,1429	0,1154	0,0810	0,1881	0,0512	-0,16079	0,13600	
	1,5	0,5765	0,7235	8,1010	6,4550	0,1132	0,0843	0,1892	0,0532	-0,15663	0,14208	
	2,0	0,5867	0,7221	8,1938	6,6569	0,1118	0,0863	0,1900	0,0545	-0,15400	0,14595	
0,2	0,4	0,5691	0,7142	7,9722	6,3527	0,1166	0,0799	0,1901	0,0488	-0,18467	0,11832	0,5
	0,6	0,6030	0,7074	8,2600	7,0407	0,1127	0,0858	0,1924	0,0518	-0,17783	0,12880	
	1,0	0,6517	0,6981	8,7020	8,1240	0,1069	0,0947	0,1966	0,0565	-0,16746	0,14491	
	1,5	0,6907	0,6907	9,0812	9,0812	0,1021	0,1021	0,1999	0,0606	-0,15871	0,15871	
0,3	0,4	0,6070	0,6920	8,2144	7,2055	0,1148	0,0829	0,1939	0,0453	-0,19948	0,10538	0,45
	0,6	0,6592	0,6784	8,6474	8,4027	0,1098	0,0907	0,1993	0,0475	-0,19131	0,11864	
	1,0	0,7397	0,6597	9,3828	10,5198	0,1018	0,1037	0,2078	0,0517	-0,17775	0,14121	
	1,5	0,8091	0,6451	10,0914	12,6558	0,0947	0,1156	0,2145	0,0564	-0,16501	0,16298	
0,4	0,4	0,6341	0,6666	8,3653	7,9575	0,1141	0,0833	0,1962	0,0345	-0,21135	0,08633	0,4
	0,6	0,7031	0,6453	8,9104	9,7078	0,1087	0,0920	0,2081	0,0323	-0,20351	0,09970	
	1,0	0,8173	0,6159	9,9204	13,1628	0,0996	0,1073	0,2225	0,0296	-0,18945	0,12468	
	1,5	0,9243	0,5930	11,0151	17,1688	0,0908	0,1230	0,2346	0,0289	-0,17476	0,15193	
0,5	0,4	0,6491	0,6413	8,4618	8,5654	0,1137	0,0823	0,1977	0,0146	-0,21706	0,06465	0,35
	0,6	0,7305	0,6119	9,0770	10,8363	0,1081	0,0908	0,2203	0,0026	-0,21060	0,07589	
	1,0	0,8751	0,5713	10,2853	15,7551	0,0989	0,1065	0,2429	0,0185	-0,19848	0,09849	
	1,5	1,0233	0,5394	11,7276	22,2476	0,0895	0,1237	0,2632	0,0392	-0,18476	0,12594	
	2,0	1,1407	0,5186	13,0629	28,7307	0,0820	0,1385	0,2784	0,0539	-0,17258	0,15158	

**Cartelas Rectas-Profundidad Constante**

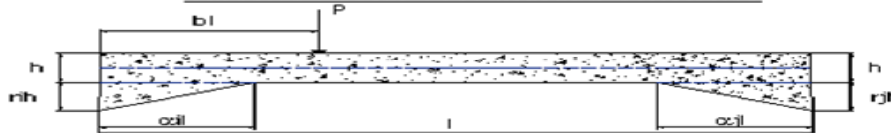
**TABLA  
1.17**



Cartela derecha		Factor de transporte		Factor de rigidez		F.E.M. carga uniforme		F.E.M. carga triangular $\triangle$		F.E.M. carga puntual Aplicada en el centro de la sec. constante		b
aj	rj	Cij	Cji	kij	kji	Mij	Mji	Mij	Mji	Mij	Mji	
ai		0,3		ri		1,5						
0,1	0,4	0,4886	0,8583	10,3377	5,8843	0,1365	0,0671	0,0629	0,0411	-0,17640	0,12334	0,60
	0,6	0,5036	0,8559	10,5521	6,2085	0,1341	0,0701	0,2342	0,0428	-0,17151	0,12935	
	1,0	0,5239	0,8526	10,8520	6,6678	0,1307	0,0743	0,2371	0,0452	-0,16471	0,13774	
	1,5	0,5391	0,8500	11,0861	7,0316	0,1281	0,0775	0,2393	0,0471	-0,15945	0,14428	
	2,0	0,5487	0,8482	11,2361	7,2679	0,1265	0,0795	0,2407	0,0482	-0,15612	0,14846	
0,2	0,4	0,5315	0,8385	10,8638	6,8872	0,1322	0,0729	0,2394	0,0424	-0,19613	0,12110	0,55
	0,6	0,5632	0,8300	11,3219	7,6826	0,1278	0,0786	0,2437	0,0450	-0,18750	0,13236	
	1,0	0,6087	0,8183	12,0350	8,9524	0,1211	0,0873	0,2514	0,0492	-0,17427	0,14984	
	1,5	0,6451	0,8091	12,6558	10,0914	0,1156	0,0947	0,2576	0,0529	-0,16298	0,16501	
	2,0	0,6689	0,8030	13,0847	10,8989	0,1120	0,0996	0,2616	0,0555	-0,15532	0,17545	
0,3	0,4	0,5658	0,8112	11,2282	7,8318	0,1303	0,0755	0,2448	0,0380	-0,21698	0,10927	0,5
	0,6	0,6142	0,7944	11,9131	9,2106	0,1247	0,0830	0,2537	0,0394	-0,20664	0,12356	
	1,0	0,6888	0,7713	13,0973	11,6970	0,1157	0,0956	0,2681	0,0423	-0,18921	0,14826	
	1,5	0,7532	0,7532	14,2643	14,2643	0,1074	0,1074	0,2803	0,0458	-0,17254	0,17254	
	2,0	0,7973	0,7413	15,1540	16,2987	0,1015	0,1161	0,2886	0,0490	-0,16015	0,19097	
0,4	0,4	0,5892	0,7808	11,4471	8,6382	0,1297	0,0757	0,2473	0,0261	-0,23478	0,09087	0,45
	0,6	0,6523	0,7546	12,2982	10,6305	0,1237	0,0839	0,2650	0,0222	-0,22475	0,10533	
	1,0	0,7569	0,7185	13,9036	14,6467	0,1134	0,0985	0,2878	0,0165	-0,20656	0,13278	
	1,5	0,8552	0,6903	15,6875	19,4347	0,1033	0,1138	0,3082	0,0125	-0,18720	0,16337	
	2,0	0,9272	0,6719	17,2094	23,7503	0,0955	0,1262	0,3229	0,0112	-0,17127	0,18943	
0,5	0,4	0,6004	0,7515	11,5943	9,2633	0,1290	0,0748	0,2482	0,0046	-0,24533	0,06981	0,4
	0,6	0,6736	0,7158	12,5451	11,8046	0,1229	0,0827	0,2800	0,0101	-0,23681	0,08219	
	1,0	0,8036	0,6662	14,4314	17,4078	0,1125	0,0974	0,3131	0,0369	-0,22079	0,10733	
	1,5	0,9372	0,6271	16,7232	24,9948	0,1019	0,1140	0,3440	0,0648	-0,20247	0,13839	
	2,0	1,0435	0,6015	18,8890	32,7716	0,0933	0,1285	0,3682	0,0864	-0,18599	0,16796	

**Cartelas Rectas-Profundidad Constante**

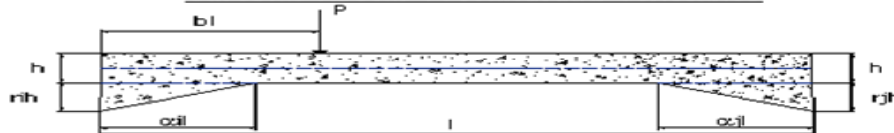
**TABLA  
1.18**



Cartela derecha		Factor de transporte		Factor de rigidez		F.E.M. carga uniforme		F.E.M. carga triangular $\triangle$		F.E.M carga puntual Aplicada en el centro de la sec. constante		b
aj	rj	Cij	Cji	kij	kji	Mij	Mji	Mij	Mji	Mij	Mji	
ai		0,4		n		1,5						
0,1	0,4	0,4485	0,9861	13,7717	6,2630	0,1467	0,0633	0,0871	0,0311	-0,16921	0,12606	0,65
	0,6	0,4625	0,9831	14,0877	6,6271	0,1439	0,0663	0,3017	0,0323	-0,16323	0,13245	
	1,0	0,4813	0,9789	14,5322	7,1460	0,1401	0,0705	0,3067	0,0341	-0,15490	0,14142	
	1,5	0,4956	0,9755	14,8808	7,5593	0,1371	0,0737	0,3106	0,0355	-0,14845	0,14843	
	2,0	0,5045	0,9733	15,1047	7,8286	0,1352	0,0757	0,3131	0,0364	-0,14435	0,15291	
0,2	0,4	0,4877	0,9612	14,5195	7,3671	0,1420	0,0690	0,3092	0,0310	-0,19315	0,12694	0,6
	0,6	0,5170	0,9506	15,1897	8,2614	0,1369	0,0746	0,3164	0,0326	-0,18249	0,13909	
	1,0	0,5592	0,9358	16,2429	9,7049	0,1294	0,0834	0,3292	0,0351	-0,16605	0,15812	
	1,5	0,5930	0,9243	17,1688	11,0151	0,1230	0,0908	0,3398	0,0374	-0,15193	0,17476	
	2,0	0,6150	0,9167	17,8128	11,9518	0,1187	0,0959	0,3468	0,0391	-0,14230	0,18626	
0,3	0,4	0,5180	0,9276	15,0126	8,3833	0,1400	0,0714	0,3163	0,0253	-0,21927	0,11731	0,55
	0,6	0,5623	0,9066	15,9976	9,9214	0,1337	0,0788	0,3300	0,0248	-0,20636	0,13292	
	1,0	0,6309	0,8778	17,7180	12,7343	0,1234	0,0913	0,3526	0,0244	-0,18447	0,16015	
	1,5	0,6903	0,8552	19,4347	15,6875	0,1138	0,1033	0,3723	0,0248	-0,16337	0,18720	
	2,0	0,7312	0,8404	20,7569	18,0594	0,1069	0,1123	0,3862	0,0257	-0,14759	0,20792	
0,4	0,4	0,5372	0,8910	15,2951	9,2207	0,1392	0,0715	0,3185	0,0120	-0,24223	0,10048	0,5
	0,6	0,5940	0,8586	16,4932	11,4103	0,1325	0,0795	0,3434	0,0053	-0,22945	0,11653	
	1,0	0,6889	0,8138	18,7625	15,8819	0,1209	0,0940	0,3765	0,0058	-0,20628	0,14718	
	1,5	0,7786	0,7786	21,3042	21,3042	0,1094	0,1094	0,4070	0,0158	-0,18160	0,18160	
	2,0	0,8449	0,7556	23,4909	26,2677	0,1004	0,1221	0,4297	0,0224	-0,16123	0,21116	
0,5	0,4	0,5439	0,8571	15,5115	9,8430	0,1382	0,0707	0,3179	0,0109	-0,25671	0,08066	0,45
	0,6	0,6081	0,8133	16,8334	12,5867	0,1313	0,0784	0,3606	0,0293	-0,24527	0,09488	
	1,0	0,7229	0,7518	19,4305	18,6848	0,1195	0,0929	0,4050	0,0638	-0,22407	0,12362	
	1,5	0,8423	0,7028	22,5584	27,0380	0,1076	0,1094	0,4464	0,1015	-0,20025	0,15901	
	2,0	0,9386	0,6704	25,5010	35,7033	0,0978	0,1241	0,4791	0,1326	-0,17910	0,19263	

Cartelas Rectas-Profundidad Constante

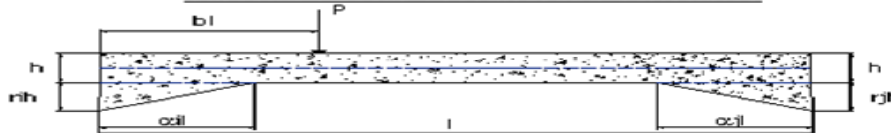
TABLA  
1.19



Cartela derecha		Factor de transporte		Factor de rigidez		F.E.M. carga uniforme		F.E.M. carga triangular $\triangle$		F.E.M. carga puntual Aplicada en el centro de la sec. constante		b
aj	rj	Cij	Cji	kij	kji	Mij	Mji	Mij	Mji	Mij	Mji	
ai		0,5		ri		1,5						
0,1	0,4	0,4060	1,1013	17,7944	6,5595	0,1502	0,0616	0,1407	0,0103	-0,14760	0,12892	0,70
	0,6	0,4190	1,0974	18,2183	6,9557	0,1471	0,0646	0,4221	0,0105	-0,14068	0,13559	
	1,0	0,4366	1,0921	18,8163	7,5224	0,1427	0,0689	0,4310	0,0107	-0,13102	0,14495	
	1,5	0,4499	1,0878	19,2860	7,9756	0,1393	0,0722	0,4378	0,0109	-0,12355	0,15227	
0,2	0,4	0,4416	1,0699	18,7484	7,7376	0,1450	0,0672	0,4328	0,0073	-0,17417	0,13403	0,65
	0,6	0,4687	1,0565	19,6303	8,7078	0,1394	0,0730	0,4451	0,0063	-0,16170	0,14690	
	1,0	0,5078	1,0379	21,0209	10,2852	0,1309	0,0818	0,4665	0,0049	-0,14246	0,16708	
	1,5	0,5394	1,0233	22,2476	11,7276	0,1237	0,0895	0,4845	0,0036	-0,12594	0,18476	
0,3	0,4	0,4678	1,0282	19,3346	8,7968	0,1429	0,0695	0,4422	0,0008	-0,20407	0,12762	0,6
	0,6	0,5084	1,0020	20,5948	10,4490	0,1360	0,0770	0,4633	0,0053	-0,18880	0,14435	
	1,0	0,5717	0,9657	22,7964	13,4948	0,1246	0,0896	0,4986	0,0128	-0,16305	0,17351	
	1,5	0,6271	0,9372	24,9948	16,7232	0,1140	0,1019	0,5304	0,0197	-0,13839	0,20247	
0,4	0,4	0,4826	0,9839	19,6579	9,6418	0,1419	0,0696	0,4436	0,0157	-0,23067	0,11308	0,55
	0,6	0,5335	0,9433	21,1482	11,9607	0,1345	0,0776	0,4785	0,0276	-0,21519	0,13052	
	1,0	0,6197	0,8869	23,9409	16,7267	0,1219	0,0921	0,5262	0,0491	-0,18768	0,16351	
	1,5	0,7028	0,8423	27,0380	22,5584	0,1094	0,1076	0,5709	0,0712	-0,15901	0,20025	
0,5	0,4	0,4843	0,9441	19,9788	10,2488	0,1404	0,0688	0,4415	0,0397	-0,24728	0,09485	0,5
	0,6	0,5397	0,8894	21,6101	13,1135	0,1326	0,0765	0,4980	0,0642	-0,23257	0,11056	
	1,0	0,6402	0,8114	24,7178	19,5051	0,1197	0,0908	0,5566	0,1114	-0,20642	0,14155	
	1,5	0,7479	0,7479	28,3347	28,3347	0,1070	0,1070	0,6106	0,1654	-0,17857	0,17857	
	2,0	0,8379	0,7052	31,6554	37,6085	0,0967	0,1213	0,6535	0,2127	-0,15500	0,21286	

**Cartelas Rectas-Profundidad Constante**

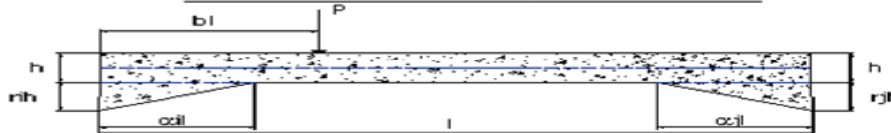
**TABLA  
1.20**



Cartela derecha		Factor de transporte		Factor de rigidez		F.E.M. carga uniforme		F.E.M. carga triangular $\triangle$		F.E.M. carga puntual Aplicada en el centro de la sec. constante		b
$a_j$	$r_j$	$C_{ij}$	$C_{ji}$	$k_{ij}$	$k_{ji}$	$M_{ij}$	$M_{ji}$	$M_{ij}$	$M_{ji}$	$M_{ij}$	$M_{ji}$	
$a_i$		0,1		$r_i$		2						
0,1	0,4	0,5458	0,6191	5,7658	5,0829	0,1027	0,0817	0,0406	0,0510	-0,15685	0,12212	0,50
	0,6	0,5625	0,6176	5,8501	5,3285	0,1008	0,0850	0,1501	0,0529	-0,15373	0,12744	
	1,0	0,5850	0,6154	5,9666	5,6718	0,0982	0,0894	0,1507	0,0556	-0,14944	0,13480	
	1,5	0,6020	0,6137	6,0563	5,9404	0,0962	0,0928	0,1511	0,0576	-0,14615	0,14047	
	2,0	0,6126	0,6126	6,1133	6,1133	0,0950	0,0950	0,1514	0,0589	-0,14408	0,14408	
0,2	0,4	0,5947	0,6060	5,9805	5,8685	0,0990	0,0886	0,1523	0,0534	-0,16626	0,11661	0,45
	0,6	0,6302	0,6004	6,1588	6,4638	0,0956	0,0948	0,1532	0,0566	-0,16084	0,12644	
	1,0	0,6812	0,5927	6,4287	7,3884	0,0905	0,1041	0,1552	0,0615	-0,15272	0,14136	
	1,5	0,7221	0,5867	6,6569	8,1938	0,0863	0,1118	0,1566	0,0657	-0,14595	0,15400	
0,3	0,4	0,6351	0,5875	6,1356	6,6332	0,0973	0,0921	0,1547	0,0506	-0,17519	0,10315	0,4
	0,6	0,6901	0,5762	6,4034	7,6693	0,0928	0,1005	0,1577	0,0533	-0,16873	0,11559	
	1,0	0,7750	0,5608	6,8490	9,4657	0,0857	0,1141	0,1621	0,0582	-0,15818	0,13642	
	1,5	0,8482	0,5487	7,2679	11,2361	0,0795	0,1265	0,1653	0,0634	-0,14846	0,15612	
0,4	0,4	0,6649	0,5659	6,2343	7,3244	0,0966	0,0929	0,1564	0,0409	-0,18117	0,08404	0,35
	0,6	0,7381	0,5481	6,5728	8,8508	0,0917	0,1024	0,1641	0,0398	-0,17498	0,09663	
	1,0	0,8595	0,5236	7,1853	11,7943	0,0835	0,1188	0,1724	0,0392	-0,16405	0,11976	
	1,5	0,9733	0,5045	7,8286	15,1047	0,0757	0,1352	0,1787	0,0405	-0,15291	0,14435	
0,5	0,4	0,6825	0,5437	6,2964	7,9030	0,0962	0,0921	0,1579	0,0225	-0,18174	0,06234	0,3
	0,6	0,7698	0,5190	6,6804	9,9094	0,0911	0,1015	0,1736	0,0127	-0,17669	0,07294	
	1,0	0,9254	0,4849	7,4185	14,1580	0,0826	0,1187	0,1879	0,0039	-0,16733	0,09392	
	1,5	1,0850	0,4582	8,2716	19,5881	0,0743	0,1372	0,1996	0,0189	-0,15695	0,11880	
	2,0	1,2116	0,4408	9,0352	24,8350	0,0677	0,1527	0,2075	0,0284	-0,14797	0,14142	

**Cartelas Rectas-Profundidad Constante**

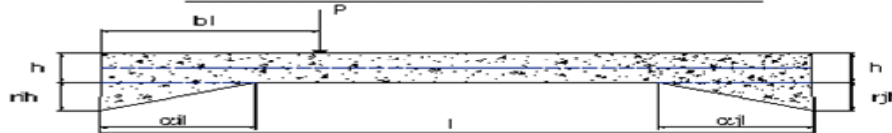
**TABLA  
1.21**



Cartela derecha		Factor de transporte		Factor de rigidez		F.E.M. carga uniforme		F.E.M. carga triangular $\triangle$		F.E.M carga puntual Aplicada en el centro de la sec. constante		b
$\alpha_j$	$r_j$	$C_{ij}$	$C_{ji}$	$k_{ij}$	$k_{ji}$	$M_{ij}$	$M_{ji}$	$M_{ij}$	$M_{ji}$	$M_{ij}$	$M_{ji}$	
$\alpha_i$		0,2		$n$		2						
0,1	0,4	0,5191	0,7571	8,1244	5,5706	0,1258	0,0711	0,0521	0,0457	-0,17903	0,11833	0,55
	0,6	0,5350	0,7552	8,2752	5,8631	0,1236	0,0742	0,1962	0,0476	-0,17503	0,12388	
	1,0	0,5565	0,7524	8,4852	6,2755	0,1206	0,0784	0,1980	0,0501	-0,16951	0,13161	
	1,5	0,5726	0,7502	8,6484	6,6006	0,1183	0,0816	0,1994	0,0521	-0,16525	0,13760	
	2,0	0,5827	0,7488	8,7527	6,8111	0,1168	0,0836	0,2002	0,0534	-0,16255	0,14143	
0,2	0,4	0,5652	0,7406	8,5029	6,4892	0,1218	0,0772	0,2001	0,0476	-0,19451	0,11329	0,5
	0,6	0,5988	0,7335	8,8256	7,2049	0,1178	0,0830	0,2028	0,0506	-0,18759	0,12351	
	1,0	0,6471	0,7238	9,3233	8,3363	0,1119	0,0917	0,2078	0,0552	-0,17706	0,13926	
	1,5	0,6858	0,7161	9,7524	9,3404	0,1071	0,0990	0,2118	0,0593	-0,16813	0,15281	
0,3	2,0	0,7110	0,7110	10,0468	10,0468	0,1039	0,1039	0,2143	0,0621	-0,16210	0,16210	0,45
	0,4	0,6027	0,7175	8,7730	7,3685	0,1200	0,0800	0,2044	0,0439	-0,21010	0,09960	
	0,6	0,6544	0,7034	9,2595	8,6145	0,1150	0,0876	0,2106	0,0460	-0,20195	0,11233	
	1,0	0,7342	0,6840	10,0910	10,8315	0,1069	0,1002	0,2204	0,0500	-0,18833	0,13414	
	1,5	0,8030	0,6689	10,8989	13,0847	0,0996	0,1120	0,2285	0,0546	-0,17545	0,15532	
0,4	2,0	0,8502	0,6589	11,5077	14,8474	0,0945	0,1204	0,2337	0,0585	-0,16595	0,17126	0,4
	0,4	0,6294	0,6914	8,9408	8,1392	0,1194	0,0803	0,2068	0,0328	-0,22238	0,08006	
	0,6	0,6977	0,6693	9,5534	9,9585	0,1140	0,0886	0,2201	0,0303	-0,21471	0,09263	
	1,0	0,8107	0,6388	10,6978	13,5762	0,1048	0,1035	0,2367	0,0270	-0,20087	0,11628	
	1,5	0,9167	0,6150	11,9518	17,8128	0,0959	0,1187	0,2510	0,0256	-0,18626	0,14230	
0,5	2,0	0,9942	0,5995	13,0074	21,5699	0,0891	0,1308	0,2610	0,0263	-0,17434	0,16422	0,35
	0,4	0,6440	0,6654	9,0486	8,7570	0,1190	0,0792	0,2084	0,0125	-0,22798	0,05833	
	0,6	0,7244	0,6351	9,7401	11,1106	0,1134	0,0873	0,2332	0,0002	-0,22182	0,06857	
	1,0	0,8673	0,5931	11,1093	16,2468	0,1041	0,1023	0,2587	0,0227	-0,21023	0,08929	
	1,5	1,0137	0,5601	12,7641	23,1021	0,0947	0,1189	0,2823	0,0453	-0,19697	0,11471	
	2,0	1,1297	0,5386	14,3164	30,0285	0,0872	0,1332	0,3005	0,0618	-0,18508	0,13871	

**Cartelas Rectas-Profundidad Constante**

**TABLA  
1.22**

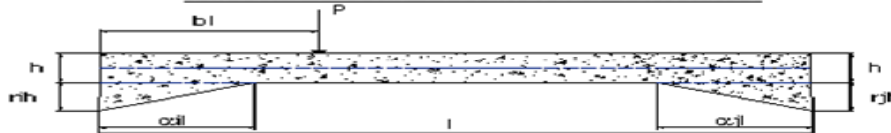


Cartela derecha		Factor de transporte		Factor de rigidez		F.E.M. carga uniforme		F.E.M. carga triangular $\triangle$		F.E.M. carga puntual Aplicada en el centro de la sec. constante		b
aj	rj	Cij	Cji	kij	kji	Mij	Mji	Mij	Mji	Mij	Mji	
ai		0,3		n		2						
0,1	0,4	0,4815	0,9093	11,5026	6,0904	0,1455	0,0632	0,0669	0,0395	-0,19173	0,11681	0,60
	0,6	0,4963	0,9067	11,7600	6,4367	0,1430	0,0661	0,2523	0,0411	-0,18666	0,12268	
	1,0	0,5163	0,9032	12,1216	6,9290	0,1396	0,0701	0,2560	0,0435	-0,17959	0,13091	
	1,5	0,5313	0,9003	12,4049	7,3204	0,1369	0,0732	0,2587	0,0453	-0,17411	0,13733	
	2,0	0,5407	0,8985	12,5868	7,5752	0,1352	0,0752	0,2605	0,0465	-0,17062	0,14145	
0,2	0,4	0,5237	0,8881	12,1317	7,1543	0,1412	0,0687	0,2585	0,0406	-0,21343	0,11304	0,55
	0,6	0,5549	0,8790	12,6851	8,0075	0,1367	0,0741	0,2639	0,0431	-0,20461	0,12388	
	1,0	0,5997	0,8665	13,5536	9,3802	0,1299	0,0825	0,2735	0,0471	-0,19099	0,14084	
	1,5	0,6356	0,8566	14,3167	10,6219	0,1242	0,0897	0,2814	0,0508	-0,17927	0,15567	
	2,0	0,6589	0,8502	14,8474	11,5077	0,1204	0,0945	0,2866	0,0534	-0,17126	0,16595	
0,3	0,4	0,5572	0,8591	12,5661	8,1499	0,1395	0,0709	0,2648	0,0359	-0,23600	0,09983	0,5
	0,6	0,6047	0,8412	13,3955	9,6296	0,1338	0,0781	0,2757	0,0369	-0,22566	0,11327	
	1,0	0,6781	0,8166	14,8468	12,3282	0,1246	0,0900	0,2935	0,0394	-0,20805	0,13675	
	1,5	0,7413	0,7973	16,2987	15,1540	0,1161	0,1015	0,3090	0,0426	-0,19097	0,16015	
	2,0	0,7847	0,7847	17,4200	17,4200	0,1099	0,1099	0,3199	0,0457	-0,17813	0,17813	
0,4	0,4	0,5798	0,8273	12,8255	8,9894	0,1389	0,0709	0,2676	0,0233	-0,25475	0,08056	0,45
	0,6	0,6416	0,7995	13,8557	11,1200	0,1328	0,0786	0,2885	0,0188	-0,24505	0,09370	
	1,0	0,7442	0,7612	15,8263	15,4724	0,1226	0,0923	0,3163	0,0119	-0,22722	0,11896	
	1,5	0,8404	0,7312	18,0594	20,7569	0,1123	0,1069	0,3421	0,0065	-0,20792	0,14759	
	2,0	0,9110	0,7116	20,0015	25,6048	0,1042	0,1188	0,3615	0,0041	-0,19175	0,17242	
0,5	0,4	0,5902	0,7970	13,0034	9,6292	0,1382	0,0699	0,2684	0,0011	-0,26514	0,05941	0,4
	0,6	0,6616	0,7594	14,1536	12,3307	0,1321	0,0772	0,3051	0,0148	-0,25721	0,07017	
	1,0	0,7884	0,7069	16,4669	18,3632	0,1217	0,0908	0,3448	0,0444	-0,24213	0,09227	
	1,5	0,9186	0,6656	19,3358	26,6886	0,1111	0,1063	0,3832	0,0762	-0,22460	0,12007	
	2,0	1,0222	0,6384	22,1082	35,3998	0,1024	0,1200	0,4146	0,1017	-0,20852	0,14705	



Cartelas Rectas-Profundidad Constante

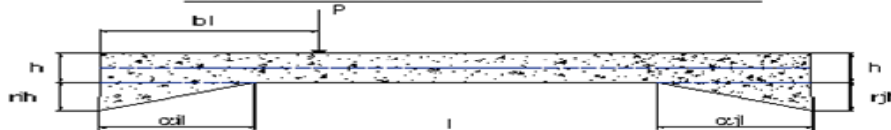
TABLA 1.23



Cartela derecha		Factor de transporte		Factor de rigidez		F.E.M. carga uniforme		F.E.M. carga triangular $\triangle$		F.E.M. carga puntual Aplicada en el centro de la sec. constante		b
$a_j$	$r_j$	$C_{ij}$	$C_{ji}$	$k_{ij}$	$k_{ji}$	$M_{ij}$	$M_{ji}$	$M_{ij}$	$M_{ji}$	$M_{ij}$	$M_{ji}$	
$a_i$		0,4		$r_i$		2						
0,1	0,4	0,4372	1,0710	16,1759	6,6039	0,1599	0,0581	0,0933	0,0289	-0,19105	0,11763	0,65
	0,6	0,4509	1,0676	16,5893	7,0067	0,1570	0,0609	0,3317	0,0301	-0,18469	0,12389	
	1,0	0,4694	1,0629	17,1742	7,5840	0,1529	0,0649	0,3382	0,0318	-0,17578	0,13272	
	1,5	0,4833	1,0592	17,6356	8,0464	0,1498	0,0680	0,3434	0,0332	-0,16884	0,13966	
	2,0	0,4920	1,0568	17,9332	8,3490	0,1479	0,0700	0,3466	0,0340	-0,16441	0,14411	
0,2	0,4	0,4754	1,0435	17,1449	7,8104	0,1551	0,0632	0,3408	0,0285	-0,21840	0,11628	0,6
	0,6	0,5039	1,0317	18,0284	8,8055	0,1499	0,0686	0,3503	0,0299	-0,20724	0,12797	
	1,0	0,5450	1,0154	19,4343	10,4314	0,1420	0,0769	0,3671	0,0322	-0,18984	0,14648	
	1,5	0,5780	1,0026	20,6882	11,9271	0,1353	0,0842	0,3812	0,0343	-0,17467	0,16288	
0,3	0,4	0,5044	1,0068	17,7780	8,9070	0,1533	0,0652	0,3495	0,0223	-0,24753	0,10461	0,55
	0,6	0,5474	0,9838	19,0780	10,6164	0,1468	0,0721	0,3669	0,0213	-0,23440	0,11918	
	1,0	0,6141	0,9521	21,3900	13,7971	0,1362	0,0840	0,3963	0,0201	-0,21175	0,14503	
	1,5	0,6719	0,9272	23,7503	17,2094	0,1262	0,0955	0,4229	0,0198	-0,18943	0,17127	
0,4	0,4	0,5223	0,9677	18,1377	9,7901	0,1525	0,0651	0,3518	0,0081	-0,27217	0,08651	0,5
	0,6	0,5772	0,9323	19,7148	12,2055	0,1457	0,0724	0,3826	0,0004	-0,25962	0,10092	
	1,0	0,6688	0,8834	22,7607	17,2326	0,1340	0,0859	0,4250	0,0128	-0,23647	0,12893	
	1,5	0,7556	0,8449	26,2677	23,4909	0,1221	0,1004	0,4658	0,0255	-0,21116	0,16123	
0,5	0,4	0,8197	0,8197	29,3691	29,3691	0,1126	0,1126	0,4975	0,0344	-0,18971	0,18971	0,45
	0,6	0,5277	0,9327	18,4303	10,4280	0,1515	0,0643	0,3507	0,0159	-0,28630	0,06662	
	1,0	0,5891	0,8853	20,1712	13,4221	0,1445	0,0713	0,4025	0,0362	-0,27546	0,07885	
	1,5	0,6988	0,8187	23,6492	20,1877	0,1326	0,0845	0,4583	0,0752	-0,25505	0,10400	
0,5	1,0	0,8130	0,7653	27,9449	29,6860	0,1204	0,0997	0,5124	0,1191	-0,23155	0,13575	0,45
	2,0	0,9052	0,7300	32,0992	39,8039	0,1102	0,1134	0,5570	0,1569	-0,21012	0,16676	

**Cartelas Rectas-Profundidad Constante**

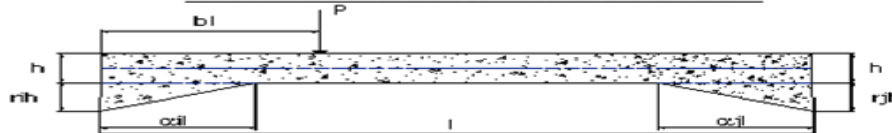
**TABLA  
1.24**



Cartela derecha		Factor de transporte		Factor de rigidez		F.E.M. carga uniforme		F.E.M. carga triangular $\triangle$		F.E.M. carga puntual Aplicada en el centro de la sec. constante		b
$\alpha_j$	$r_j$	$C_{ij}$	$C_{ji}$	$k_{ij}$	$k_{ji}$	$M_{ij}$	$M_{ji}$	$M_{ij}$	$M_{ji}$	$M_{ij}$	$M_{ji}$	
$\alpha_i$		0,5			n		2					
0,1	0,4	0,3903	1,2305	22,2334	7,0516	0,1667	0,0555	0,1526	0,0071	-0,17373	0,11987	0,70
	0,6	0,4029	1,2260	22,8418	7,5059	0,1634	0,0584	0,4716	0,0071	-0,16604	0,12648	
	1,0	0,4199	1,2198	23,7068	8,1608	0,1587	0,0625	0,4835	0,0071	-0,15524	0,13585	
	1,5	0,4327	1,2148	24,3920	8,6886	0,1550	0,0656	0,4928	0,0070	-0,14680	0,14323	
	2,0	0,4408	1,2116	24,8350	9,0352	0,1527	0,0677	0,4988	0,0070	-0,14142	0,14797	
0,2	0,4	0,4243	1,1945	23,5772	8,3754	0,1614	0,0606	0,4849	0,0035	-0,20517	0,12223	0,65
	0,6	0,4504	1,1790	24,8515	9,4939	0,1555	0,0660	0,5015	0,0020	-0,19157	0,13476	
	1,0	0,4882	1,1575	26,8944	11,3421	0,1464	0,0745	0,5305	0,0003	-0,17024	0,15475	
	1,5	0,5186	1,1407	28,7307	13,0629	0,1385	0,0820	0,5554	0,0023	-0,15158	0,17258	
0,3	0,4	0,5386	1,1297	30,0285	14,3164	0,1332	0,0872	0,5723	0,0036	-0,13871	0,18508	0,6
	0,6	0,4489	1,1475	24,3852	9,5388	0,1594	0,0625	0,4964	0,0054	-0,23944	0,11326	
	1,0	0,4876	1,1174	26,2009	11,4333	0,1522	0,0694	0,5242	0,0109	-0,22326	0,12906	
	1,5	0,5483	1,0760	29,4427	15,0024	0,1400	0,0814	0,5717	0,0204	-0,19540	0,15723	
0,4	0,4	0,6015	1,0435	32,7716	18,8890	0,1285	0,0933	0,6159	0,0294	-0,16796	0,18599	0,55
	0,6	0,6384	1,0222	35,3998	22,1082	0,1200	0,1024	0,6484	0,0359	-0,14705	0,20852	
	1,0	0,4617	1,0989	24,8315	10,4323	0,1584	0,0624	0,4974	0,0215	-0,26830	0,09719	
	1,5	0,5099	1,0532	26,9650	13,0543	0,1507	0,0696	0,5422	0,0351	-0,25241	0,11307	
0,5	0,4	0,5915	0,9893	31,0450	18,5605	0,1375	0,0831	0,6050	0,0604	-0,22358	0,14380	0,5
	0,6	0,6704	0,9386	35,7033	25,5010	0,1241	0,0978	0,6662	0,0873	-0,19263	0,17910	
	1,0	0,7300	0,9052	39,8039	32,0992	0,1134	0,1102	0,7145	0,1092	-0,16676	0,21012	
	1,5	0,4614	1,0583	25,3420	11,0480	0,1566	0,0617	0,4943	0,0471	-0,28385	0,07899	
0,5	0,4	0,5126	0,9974	27,6936	14,2323	0,1485	0,0686	0,5663	0,0743	-0,26899	0,09290	0,5
	0,6	0,6055	0,9098	32,2308	21,4502	0,1349	0,0818	0,6421	0,1278	-0,24213	0,12081	
	1,0	0,7052	0,8379	37,6085	31,6554	0,1213	0,0967	0,7134	0,1906	-0,21286	0,15500	
	2,0	0,7890	0,7890	42,6455	42,6455	0,1103	0,1103	0,7710	0,2475	-0,18750	0,18750	

**Cartelas Rectas-Profundidad Constante**

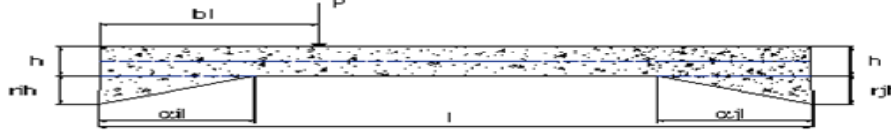
**TABLA 1.25**



Cartela derecha		Factor de transporte		Factor de rigidez		F.E.M. carga uniforme		F.E.M. carga triangular $\triangle$		F.E.M. carga puntual Aplicada en el centro de la sec. constante		b
$\alpha_j$	$r_j$	$C_{ij}$	$C_{ji}$	$k_{ij}$	$k_{ji}$	$M_{ij}$	$M_{ji}$	$M_{ij}$	$M_{ji}$	$M_{ij}$	$M_{ji}$	
$\alpha_i$		1E-11		$r_i$		1E-11						
0,1	0,4	0,5560	0,4961	4,1434	4,6439	0,0780	0,0946	0,0303	0,0564	-0,12839	0,12773	0,45
	0,6	0,5730	0,4948	4,1886	4,8504	0,0763	0,0981	0,1107	0,0584	-0,12597	0,13290	
	1,0	0,5960	0,4931	4,2504	5,1369	0,0741	0,1029	0,1106	0,0611	-0,12267	0,13999	
	1,5	0,6133	0,4918	4,2977	5,3594	0,0724	0,1066	0,1105	0,0631	-0,12016	0,14543	
	2,0	0,6241	0,4909	4,3275	5,5020	0,0714	0,1088	0,1105	0,0644	-0,11858	0,14888	
0,2	0,4	0,6060	0,4856	4,2586	5,3148	0,0747	0,1024	0,1117	0,0592	-0,13227	0,12224	0,4
	0,6	0,6423	0,4811	4,3523	5,8102	0,0717	0,1093	0,1116	0,0626	-0,12806	0,13184	
	1,0	0,6945	0,4750	4,4917	6,5674	0,0673	0,1192	0,1118	0,0677	-0,12185	0,14622	
	1,5	0,7363	0,4701	4,6071	7,2155	0,0638	0,1274	0,1118	0,0720	-0,11676	0,15822	
	2,0	0,7635	0,4669	4,6840	7,6597	0,0616	0,1327	0,1117	0,0748	-0,11339	0,16626	
0,3	0,4	0,6476	0,4705	4,3413	5,9758	0,0730	0,1069	0,1128	0,0572	-0,13521	0,10941	0,35
	0,6	0,7040	0,4614	4,4804	6,8357	0,0690	0,1162	0,1138	0,0604	-0,13013	0,12181	
	1,0	0,7910	0,4490	4,7054	8,2902	0,0630	0,1311	0,1149	0,0661	-0,12201	0,14213	
	1,5	0,8660	0,4392	4,9101	9,6827	0,0578	0,1442	0,1152	0,0717	-0,11473	0,16087	
	2,0	0,9176	0,4327	5,0561	10,7209	0,0542	0,1534	0,1151	0,0760	-0,10960	0,17440	
0,4	0,4	0,6786	0,4526	4,3940	6,5879	0,0722	0,1084	0,1137	0,0488	-0,13546	0,09112	0,3
	0,6	0,7538	0,4381	4,5687	7,8611	0,0678	0,1192	0,1176	0,0490	-0,13046	0,10411	
	1,0	0,8787	0,4182	4,8739	10,2416	0,0607	0,1376	0,1207	0,0505	-0,12188	0,12736	
	1,5	0,9959	0,4026	5,1799	12,8146	0,0541	0,1554	0,1221	0,0537	-0,11343	0,15127	
	2,0	1,0819	0,3924	5,4172	14,9365	0,0494	0,1688	0,1223	0,0575	-0,10698	0,17016	
0,5	0,4	0,6974	0,4337	4,4269	7,1185	0,0718	0,1079	0,1146	0,0323	-0,13123	0,06990	0,25
	0,6	0,7876	0,4133	4,6247	8,8119	0,0672	0,1190	0,1240	0,0250	-0,12701	0,08139	
	1,0	0,9484	0,3853	4,9901	12,2820	0,0597	0,1390	0,1305	0,0137	-0,11938	0,10358	
	1,5	1,1138	0,3634	5,3896	16,5171	0,0524	0,1599	0,1345	0,0048	-0,11124	0,12894	
	2,0	1,2451	0,3492	5,7282	20,4256	0,0468	0,1769	0,1362	0,0006	-0,10448	0,15111	

**Cartelas Rectas-Profundidad Constante**

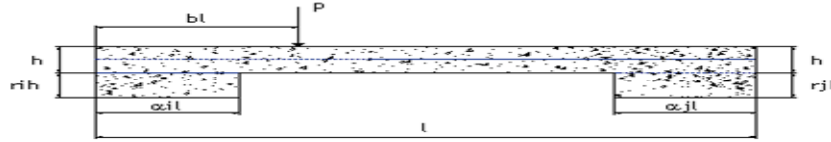
**TABLA 1.26**



Cartela derecha		Factor de transporte		Factor de rigidez		F.E.M. carga uniforme		F.E.M. carga triangular $\triangle$		F.E.M. carga puntual Aplicada en el centro de la sec. constante		b
aj	rj	Cij	Cji	kij	kji	Mij	Mji	Mij	Mji	Mij	Mji	
ai		1E-11		ri		1E-11						
1E-07	0,0	0,5000	0,5000	4,0000	4,0000	0,0833	0,0833	0,0333	0,0500	-0,12500	0,12500	0,50
	0,6	0,5000	0,5000	4,0000	4,0000	0,0833	0,0833	0,1111	0,0500	-0,12500	0,12500	
	1,0	0,5000	0,5000	4,0000	4,0000	0,0833	0,0833	0,1111	0,0500	-0,12500	0,12500	
	1,5	0,5000	0,5000	4,0000	4,0000	0,0833	0,0833	0,1111	0,0500	-0,12500	0,12500	
	2,0	0,5000	0,5000	4,0000	4,0000	0,0833	0,0833	0,1111	0,0500	-0,12500	0,12500	

**Cartelas Prismaticas-Profundidad Constante**

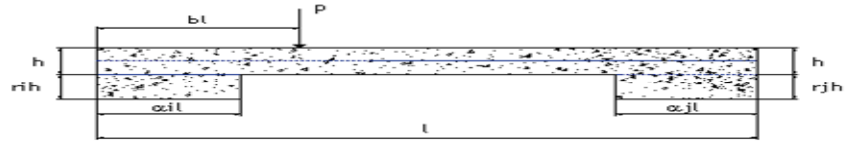
**TABLA 1.27**



Cartela derecha		Factor de transporte		Factor de rigidez		F.E.M. carga uniforme		F.E.M. carga triangular $\triangle$		F.E.M. carga puntual Aplicada en el centro de la sec. constante		b
aj	rj	Cij	Cji	kij	kji	Mij	Mji	Mij	Mji	Mij	Mji	
ai		0		ri		0						
0,1	0,4	0,5933	0,4914	4,2373	5,1157	0,0749	0,1016	0,0285	0,0604	-0,12351	0,13866	0,45
	0,6	0,6155	0,4898	4,2979	5,4010	0,0727	0,1062	0,1106	0,0630	-0,12029	0,14564	
	1,0	0,6394	0,4882	4,3650	5,7168	0,0703	0,1114	0,1105	0,0660	-0,11672	0,15336	
	1,5	0,6524	0,4874	4,4025	5,8933	0,0690	0,1143	0,1104	0,0676	-0,11473	0,15768	
	2,0	0,6583	0,4870	4,4199	5,9748	0,0684	0,1156	0,1103	0,0684	-0,11381	0,15967	
0,2	0,4	0,6769	0,4693	4,4193	6,3737	0,0706	0,1126	0,1119	0,0658	-0,12550	0,13942	0,4
	0,6	0,7299	0,4635	4,5615	7,1837	0,0664	0,1225	0,1108	0,0711	-0,11925	0,15423	
	1,0	0,7932	0,4577	4,7431	8,2198	0,0610	0,1353	0,1109	0,0780	-0,11127	0,17317	
	1,5	0,8308	0,4547	4,8580	8,8758	0,0576	0,1433	0,1108	0,0824	-0,10623	0,18516	
	2,0	0,8488	0,4534	4,9148	9,2005	0,0559	0,1473	0,1108	0,0845	-0,10374	0,19110	
0,3	0,4	0,7406	0,4389	4,5224	7,6314	0,0697	0,1155	0,1111	0,0663	-0,12925	0,12668	0,35
	0,6	0,8311	0,4271	4,7476	9,2386	0,0642	0,1296	0,1094	0,0735	-0,12133	0,14746	
	1,0	0,9538	0,4153	5,0882	11,6861	0,0559	0,1511	0,1101	0,0844	-0,10939	0,17908	
	1,5	1,0360	0,4093	5,3433	13,5262	0,0497	0,1673	0,1102	0,0926	-0,10046	0,20285	
	2,0	1,0780	0,4066	5,4835	14,5397	0,0464	0,1762	0,1103	0,0972	-0,09556	0,21593	
0,4	0,4	0,7736	0,4046	4,5520	8,7039	0,0703	0,1117	0,1061	0,0636	-0,13149	0,10346	0,3
	0,6	0,9007	0,3856	4,8303	11,2827	0,0646	0,1269	0,1047	0,0708	-0,12395	0,12544	
	1,0	1,1019	0,3665	5,3311	16,0272	0,0549	0,1548	0,1057	0,0841	-0,11053	0,16579	
	1,5	1,2596	0,3566	5,7936	20,4622	0,0462	0,1807	0,1061	0,0964	-0,09820	0,20346	
	2,0	1,3489	0,3522	6,0908	23,3246	0,0407	0,1975	0,1065	0,1044	-0,09029	0,22777	
0,5	0,4	0,7685	0,3705	4,5563	9,4494	0,0700	0,1048	0,0953	0,0606	-0,12860	0,07569	0,25
	0,6	0,9185	0,3435	4,8401	12,9430	0,0651	0,1176	0,0943	0,0662	-0,12293	0,09365	
	1,0	1,2000	0,3158	5,4237	20,6102	0,0561	0,1451	0,0949	0,0783	-0,11158	0,13277	
	1,5	1,4696	0,3012	6,0965	29,7417	0,0466	0,1777	0,0954	0,0925	-0,09869	0,17920	
	2,0	1,6471	0,2947	6,6282	37,0397	0,0393	0,2036	0,0967	0,1039	-0,08856	0,21627	

**Cartelas Prismaticas-Profundidad Constante**

**TABLA  
1.28**



Cartela derecha		Factor de transporte		Factor de rigidez		F.E.M. carga uniforme		F.E.M. carga triangular $\triangle$		F.E.M carga puntual Aplicada en el centro de la sec. constante		b
aj	rj	Cij	Cji	kij	kji	Mij	Mji	Mij	Mji	Mij	Mji	
ai		0		ri		0						
0,6	0,4	0,7259	0,3409	4,6208	9,8404	0,0675	0,0986	0,0253	0,0567	-0,11822	0,04949	0,20
	0,6	0,8721	0,3049	4,8839	13,9703	0,0630	0,1072	0,0859	0,0604	-0,11451	0,06088	
	1,0	1,1961	0,2670	5,4344	24,3498	0,0560	0,1277	0,0829	0,0688	-0,10722	0,08887	
	1,5	1,5878	0,2466	6,1799	39,7927	0,0482	0,1572	0,0805	0,0810	-0,09773	0,13011	
0,7	0,4	0,6574	0,3208	4,8615	9,9628	0,0630	0,0954	0,0693	0,0554	-0,09984	0,02855	0,15
	0,6	0,7700	0,2750	5,1380	14,3864	0,0580	0,1006	0,0762	0,0575	-0,09731	0,03419	
	1,0	1,0563	0,2243	5,6177	26,4537	0,0516	0,1122	0,0691	0,0621	-0,09330	0,04854	
	1,5	1,4908	0,1960	6,2429	47,4803	0,0463	0,1304	0,0623	0,0690	-0,08851	0,07276	
0,8	0,4	0,5826	0,3191	5,4627	9,9726	0,0585	0,0951	0,0560	0,0552	-0,07413	0,01372	0,1
	0,6	0,6450	0,2633	5,8949	14,4436	0,0516	0,0990	0,0711	0,0569	-0,07214	0,01597	
	1,0	0,8182	0,1957	6,4706	27,0588	0,0435	0,1053	0,0596	0,0594	-0,06961	0,02108	
	1,5	1,1285	0,1549	6,9811	50,8551	0,0385	0,1130	0,0471	0,0623	-0,06757	0,02960	
0,9	0,4	0,5235	0,3561	6,8709	10,1007	0,0589	0,0948	0,0465	0,0549	-0,04163	0,00421	0,05
	0,6	0,5417	0,2955	7,9549	14,5841	0,0497	0,0991	0,0791	0,0568	-0,04031	0,00499	
	1,0	0,5938	0,2064	9,4418	27,1628	0,0372	0,1052	0,0638	0,0593	-0,03851	0,00633	
	1,5	0,6946	0,1420	10,4775	51,2543	0,0289	0,1098	0,0425	0,0612	-0,03727	0,00788	
	2,0	0,8421	0,1074	11,0680	86,7961	0,0245	0,1129	0,0298	0,0624	-0,03659	0,00965	

## Estudio de Carga Gravitacional

Los valores obtenidos en estas tablas fueron validados al introducir un sistema de pórtico de sección constante en el programa SAP 2000 V8 para el caso de colocar una viga acartelada simétricamente donde las dimensiones de la cartela (largo y Alto) que se colocaron eran del orden de 0.00000001 como se explicó en el método. Estos valores se pueden observar en las tablas 2.1 (SAP 2000 V8) y la 2.2 (Método utilizado en el presente Trabajo Especial de Grado).

**Carga Distribuida vertical Unitaria**

Portico de un Vano		Sin cartelas SAP 2000 V8				Tabla 2.1
Distancia del vano (m)	Altura entrepiso (m)	Dimension Columna		Dimension Viga		Momento en los nodos (Ton-m)
		Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)	
5	2,5	0,4	0,4	0,3	0,3	-1,92
6						-2,80
7						-3,84
8						-5,06

**Carga Distribuida vertical Unitaria**

Portico de un Vano		Sin cartelas MODELO				Tabla 2.2
Distancia del vano (m)	Altura entrepiso (m)	Dimension Columna		Dimension Viga		Momento en los nodos (Ton-m)
		Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)	
5	2,5	0,4	0,4	0,3	0,3	-1,93
6						-2,81
7						-3,86
8						-5,08

La diferencia entre ambos casos (Tabla 2.1 con la Tabla 2.2) se sustenta a que el método utilizado empleado desprecia las deformaciones axiales en las vigas y la influencia de estas es leve si se toman las consideraciones expuestas en el punto 2.2 del Capítulo II. A partir de esto se tomó como válido el método empleado, donde para los modelos planteados en la metodología los valores se representan en las tablas 2.3, 2.4 y 2.5.

**Carga Distribuida vertical Unitaria**

Distancia del vano (m)	Portico de un Vano		Sin cartelas				Tabla 2.3 Momento en los nodos (Ton-m)
	Altura entrepiso (m)	MODELO					
		Dimension Columna		Dimension Viga			
		Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)		
5	2,5	0,4	0,8	0,3	0,3	-2,08	
6						-2,99	
7						-4,04	
8						-5,28	

**Carga Distribuida vertical Unitaria**

Distancia del vano (m)	Portico de un Vano		Sin cartelas				Tabla 2.4 Momento en los nodos (Ton-m)
	Altura entrepiso (m)	MODELO					
		Dimension Columna		Dimension Viga			
		Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)		
5	2,5	0,4	0,4	0,3	0,6	-1,27	
6						-1,96	
7						-2,81	
8						-3,82	

Carga Distribuida vertical Unitaria

Portico de un Vano		Sin cartelas				Tabla 2.5
Distancia del vano (m)	Altura entre piso (m)	MODELO				Momento en los nodos (Ton-m)
		Dimension Columna		Dimension Viga		
		Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)	
5	2,5	0,4	0,4	0,3	0,8	-0,83
6						-1,33
7						-1,97
8						-2,75

En cuanto a como se comporta un pórtico con cartelas sometido a cargas distribuidas en dirección gravitacional, se ve que la concentración de las cargas es mayor en los nodos y estos serán función de la forma de la cartela; esto se ve reflejado desde la tabla 2.6 hasta la 2.37.

Carga Distribuida vertical Unitaria

Cartelas Rectas		Portico de un Vano				Tabla 2.6		
		Altura entre piso 2,5				Momento en los nodos (Ton-m)	Rotacion del nodo (rad.)	
al	rh	Distancia del vano	Dimension Columna		Dimension Viga			
			Base (m)	Altura (m)	Base (m)			Altura (m)
0,1	0,1	5	0,4	0,4	0,3	0,3	-1,97	-2,42E-04
	0,4						-2,04	-2,51E-04
	0,8						-2,10	-2,58E-04
0,2	0,1						-1,98	-2,44E-04
	0,4						-2,11	-2,60E-04
	0,8						-2,21	-2,72E-04
0,3	0,1						-1,99	-2,45E-04
	0,4						-2,14	-2,63E-04
	0,8						-2,25	-2,77E-04



Carga Distribuida vertical Unitaria		Portico de un Vano					Tabla 2.7	
Cartelas Rectas		Altura entre piso 2,5					Momento en los nodos (Ton-m)	Rotacion del nodo (rad.)
al	rh	Distancia del vano (m)	Dimension Columna		Dimension Viga			
				Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)	
0,1	0,1	6	0,4	0,4	0,3	0,3	-2,86	-3,52E-04
	0,4						-2,98	-3,66E-04
	0,8						-3,07	-3,77E-04
0,2	0,1						-2,90	-3,56E-04
	0,4						-3,08	-3,79E-04
	0,8						-3,23	-3,97E-04
0,3	0,1						-2,91	-3,58E-04
	0,4						-3,12	-3,84E-04
	0,8						-3,30	-4,06E-04

Carga Distribuida vertical Unitaria		Portico de un Vano					Tabla 2.8	
Cartelas Rectas		Altura entre piso 2,5					Momento en los nodos (Ton-m)	Rotacion del nodo (rad.)
al	rh	Distancia del vano (m)	Dimension Columna		Dimension Viga			
				Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)	
0,1	0,1	7	0,4	0,4	0,3	0,3	-3,94	-4,84E-04
	0,4						-4,10	-5,04E-04
	0,8						-4,22	-5,18E-04
0,2	0,1						-3,98	-4,89E-04
	0,4						-4,25	-5,22E-04
	0,8						-4,45	-5,47E-04
0,3	0,1						-4,00	-4,91E-04
	0,4						-4,31	-5,29E-04
	0,8						-4,56	-5,60E-04

Carga Distribuida vertical Unitaria		Portico de un Vano					Tabla 2.9	
Cartelas Rectas		Altura entre piso 2,5					Momento en los nodos (Ton-m)	Rotacion del nodo (rad.)
al	rh	Distancia del vano (m)	Dimension Columna		Dimension Viga			
			Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)		
0,1	0,1	8	0,4	0,4	0,3	0,3	-5,18	-6,36E-04
	0,4						-5,39	-6,62E-04
	0,8						-5,55	-6,82E-04
0,2	0,1						-5,24	-6,44E-04
	0,4						-5,59	-6,87E-04
	0,8						-5,86	-7,20E-04
0,3	0,1						-5,27	-6,47E-04
	0,4						-5,68	-6,97E-04
	0,8						-6,02	-7,39E-04

Carga Distribuida vertical Unitaria		Portico de un Vano					Tabla 2.10	
Cartelas Rectas		Altura entre piso 2,5					Momento en los nodos (Ton-m)	Rotacion del nodo (rad.)
al	rh	Distancia del vano	Dimension Columna		Dimension Viga			
			Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)		
0,1	0,1	5	0,4	0,8	0,3	0,3	-2,08	-3,20E-05
	0,4						-2,21	-3,40E-05
	0,8						-2,28	-3,50E-05
0,2	0,1						-2,15	-3,30E-05
	0,4						-2,28	-3,50E-05
	0,8						-2,41	-3,70E-05
0,3	0,1						-2,15	-3,30E-05
	0,4						-2,34	-3,60E-05
	0,8						-2,47	-3,80E-05

Carga Distribuida vertical Unitaria		Portico de un Vano					Tabla 2.11	
Cartelas Rectas		Altura entre piso 2,5					Momento en los nodos (Ton-m)	Rotacion del nodo (rad.)
al	rh	Distancia del vano (m)	Dimension Columna		Dimension Viga			
				Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)	
0,1	0,1	6	0,4	0,8	0,3	0,3	-3,06	-4,70E-05
	0,4						-3,19	-4,90E-05
	0,8						-3,25	-5,00E-05
0,2	0,1						-3,06	-4,70E-05
	0,4						-3,32	-5,10E-05
	0,8						-3,45	-5,30E-05
0,3	0,1						-3,06	-4,70E-05
	0,4						-3,39	-5,20E-05
	0,8						-3,58	-5,50E-05

Carga Distribuida vertical Unitaria		Portico de un Vano					Tabla 2.12	
Cartelas Rectas		Altura entre piso 2,5					Momento en los nodos (Ton-m)	Rotacion del nodo (rad.)
al	rh	Distancia del vano (m)	Dimension Columna		Dimension Viga			
				Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)	
0,1	0,1	7	0,4	0,8	0,3	0,3	-4,17	-6,40E-05
	0,4						-4,30	-6,60E-05
	0,8						-4,43	-6,80E-05
0,2	0,1						-4,17	-6,40E-05
	0,4						-4,49	-6,90E-05
	0,8						-4,75	-7,30E-05
0,3	0,1						-4,23	-6,50E-05
	0,4						-4,56	-7,00E-05
	0,8						-4,88	-7,50E-05

Carga Distribuida vertical Unitaria		Portico de un Vano					Tabla 2.13	
Cartelas Rectas		Altura entre piso 2,5					Momento en los nodos (Ton-m)	Rotacion del nodo (rad.)
al	rh	Distancia del vano (m)	Dimension Columna		Dimension Viga			
			Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)		
0,1	0,1	8	0,4	0,8	0,3	0,3	-5,41	-8,30E-05
	0,4						-5,67	-8,70E-05
	0,8						-5,8	-8,90E-05
0,2	0,1						-5,47	-8,40E-05
	0,4						-5,86	-9,00E-05
	0,8						-6,2	-9,50E-05
0,3	0,1						-5,54	-8,50E-05
	0,4						-5,99	-9,20E-05
	0,8						-6,38	-9,80E-05

Carga Distribuida vertical Unitaria		Portico de un Vano					Tabla 2.14	
Cartelas Rectas		Altura entre piso 2,5					Momento en los nodos (Ton-m)	Rotacion del nodo (rad.)
al	rh	Distancia del vano	Dimension Columna		Dimension Viga			
			Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)		
0,1	0,1	5	0,4	0,4	0,3	0,6	-1,28	-1,58E-04
	0,4						-1,32	-1,62E-04
	0,8						-1,33	-1,64E-04
0,2	0,1						-1,29	-1,59E-04
	0,4						-1,32	-1,62E-04
	0,8						-1,34	-1,65E-04
0,3	0,1						-1,28	-1,58E-04
	0,4						-1,29	-1,59E-04
	0,8						-1,28	-1,58E-04

Carga Distribuida vertical Unitaria		Portico de un Vano					Tabla 2.15	
Cartelas Rectas		Altura entre piso 2,5					Momento en los nodos (Ton-m)	Rotacion del nodo (rad.)
al	rh	Distancia del vano (m)	Dimension Columna		Dimension Viga			
			Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)		
0,1	0,1	6	0,4	0,4	0,3	0,6	-1,98	-2,44E-04
	0,4						-2,03	-2,50E-04
	0,8						-2,06	-2,54E-04
0,2	0,1						-1,99	-2,45E-04
	0,4						-2,05	-2,52E-04
	0,8						-2,08	-2,56E-04
0,3	0,1						-1,98	-2,44E-04
	0,4						-2,01	-2,47E-04
	0,8						-2,02	-2,48E-04

Carga Distribuida vertical Unitaria		Portico de un Vano					Tabla 2.16	
Cartelas Rectas		Altura entre piso 2,5					Momento en los nodos (Ton-m)	Rotacion del nodo (rad.)
al	rh	Distancia del vano (m)	Dimension Columna		Dimension Viga			
			Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)		
0,1	0,1	7	0,4	0,4	0,3	0,6	-2,85	-3,50E-04
	0,4						-2,92	-3,59E-04
	0,8						-2,97	-3,65E-04
0,2	0,1						-2,86	-3,51E-04
	0,4						-2,95	-3,63E-04
	0,8						-3,01	-3,70E-04
0,3	0,1						-2,85	-3,50E-04
	0,4						-2,91	-3,58E-04
	0,8						-2,94	-3,61E-04

Carga Distribuida vertical Unitaria		Portico de un Vano					Tabla 2.17	
Cartelas Rectas		Altura entre piso 2,5					Momento en los nodos (Ton-m)	Rotacion del nodo (rad.)
cl	rh	Distancia del vano (m)	Dimension Columna		Dimension Viga			
			Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)		
0,1	0,1	8	0,4	0,4	0,3	0,6	-3,87	-4,76E-04
	0,4						-3,98	-4,89E-04
	0,8						-4,05	-4,98E-04
0,2	0,1						-3,89	-4,78E-04
	0,4						-4,03	-4,95E-04
	0,8						-4,13	-5,07E-04
0,3	0,1						-3,88	-4,77E-04
	0,4						-3,99	-4,90E-04
	0,8						-4,04	-4,96E-04

Carga Distribuida vertical Unitaria		Portico de un Vano					Tabla 2.18	
Cartelas Rectas		Altura entre piso 2,5					Momento en los nodos (Ton-m)	Rotacion del nodo (rad.)
cl	rh	Distancia del vano	Dimension Columna		Dimension Viga			
			Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)		
0,1	0,1	5	0,4	0,4	0,3	0,8	-0,843	-1,03E-04
	0,4						-0,847	-1,04E-04
	0,8						-0,847	-1,04E-04
0,2	0,1						-0,831	-1,02E-04
	0,4						-0,831	-1,02E-04
	0,8						-0,831	-1,02E-04
0,3	0,1						-0,823	-1,01E-04
	0,4						-0,798	-9,80E-05
	0,8						-0,774	-9,50E-05

Carga Distribuida vertical Unitaria		Portico de un Vano					Tabla 2.19	
Cartelas Rectas		Altura entre piso 2,5					Momento en los nodos (Ton-m)	Rotacion del nodo (rad.)
cl	rh	Distancia del vano (m)	Dimension Columna		Dimension Viga			
			Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)		
0,1	0,1	6	0,4	0,4	0,3	0,8	-1,340	-1,65E-04
	0,4						-1,361	-1,67E-04
	0,8						-1,369	-1,68E-04
0,2	0,1						-1,336	-1,64E-04
	0,4						-1,340	-1,65E-04
	0,8						-1,340	-1,65E-04
0,3	0,1						-1,328	-1,63E-04
	0,4						-1,295	-1,59E-04
	0,8						-1,255	-1,54E-04

Carga Distribuida vertical Unitaria		Portico de un Vano					Tabla 2.20	
Cartelas Rectas		Altura entre piso 2,5					Momento en los nodos (Ton-m)	Rotacion del nodo (rad.)
cl	rh	Distancia del vano (m)	Dimension Columna		Dimension Viga			
			Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)		
0,1	0,1	7	0,4	0,4	0,3	0,8	-1,988	-2,44E-04
	0,4						-2,010	-2,47E-04
	0,8						-2,020	-2,49E-04
0,2	0,1						-1,980	-2,43E-04
	0,4						-1,996	-2,45E-04
	0,8						-2,000	-2,46E-04
0,3	0,1						-1,964	-2,41E-04
	0,4						-1,931	-2,37E-04
	0,8						-1,890	-2,32E-04

Cartelas Rectas		Portico de un Vano					Tabla 2.21	
		Altura entre piso 2,5					Momento en los nodos (Ton-m)	Rotacion del nodo (rad.)
cl	rh	Distancia del vano (m)	Dimension Columna		Dimension Viga			
			Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)		
0,1	0,1	8	0,4	0,4	0,3	0,8	-2,778	-3,41E-04
	0,4						-2,819	-3,46E-04
	0,8						-2,852	-3,50E-04
0,2	0,1						-2,77	-3,40E-04
	0,4						-2,811	-3,45E-04
	0,8						-2,819	-3,46E-04
0,3	0,1						-2,754	-3,38E-04
	0,4						-2,721	-3,34E-04
	0,8						-2,673	-3,28E-04



**Gráfico 1.1**  
**Momento en los Nodos Vs Altura de Cartela Recta. Vano de 5 m.**  
**Variación de Dimension de Columna**

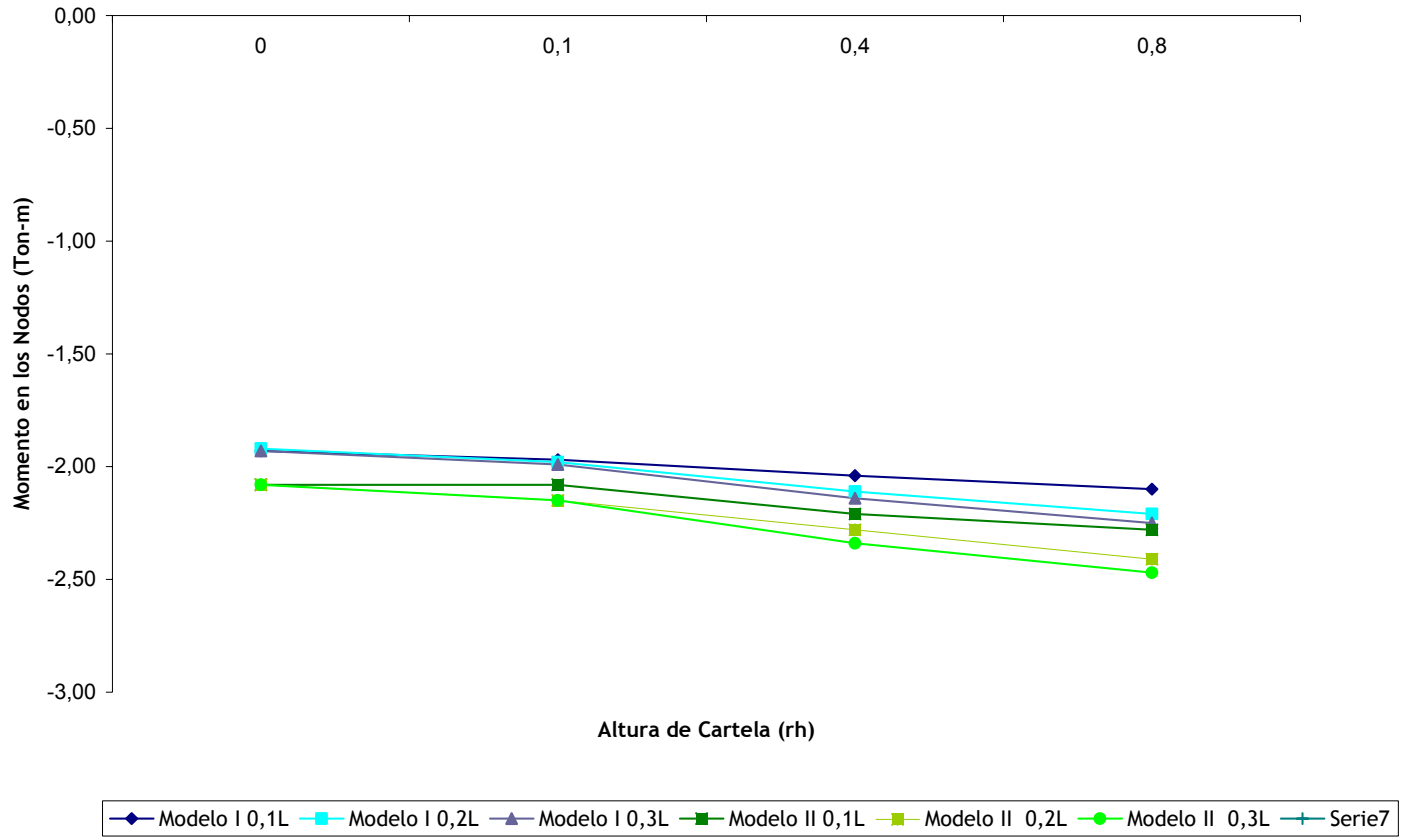


Gráfico 1.2  
 Momento en los Nodos Vs Altura de Cartela Recta. Vano de 6 m.  
 Variacion de Dimension de Columna

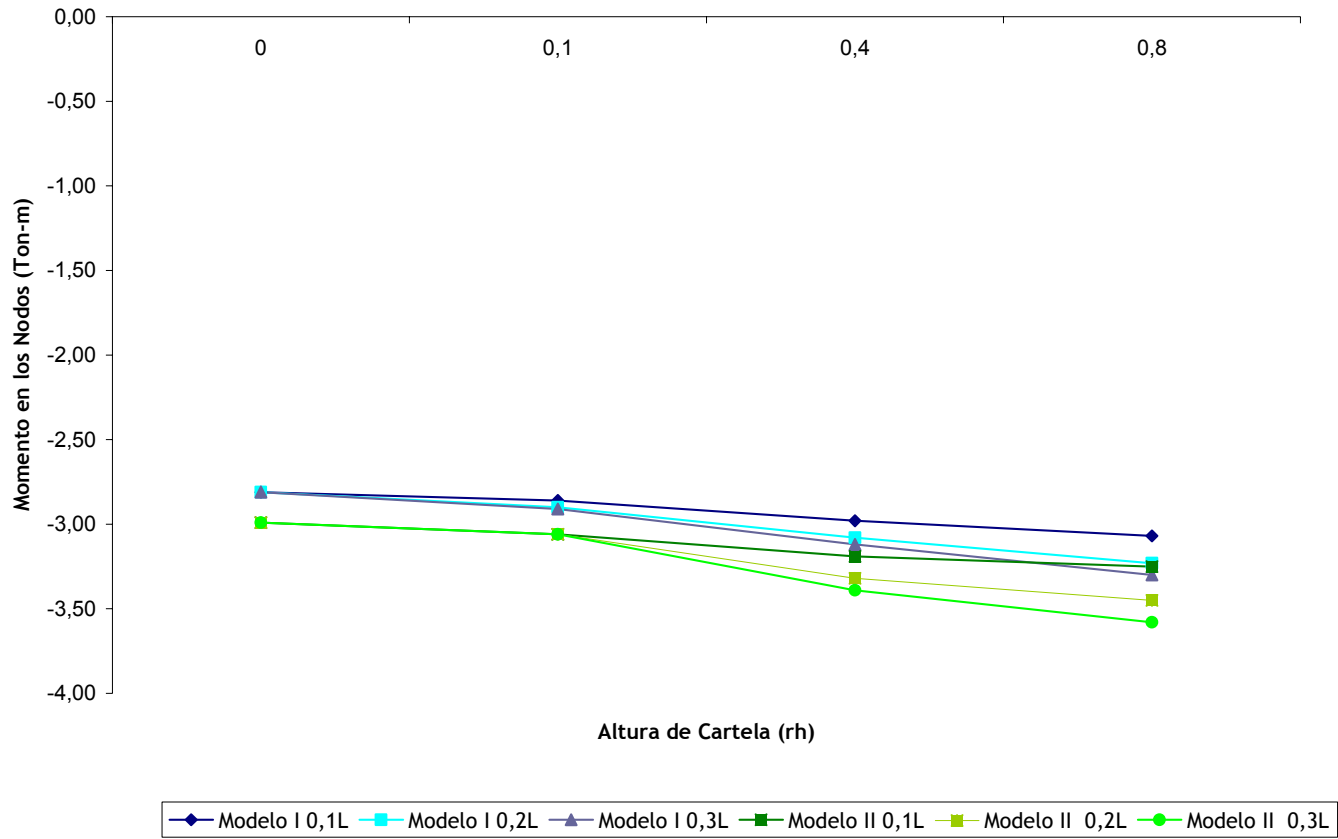
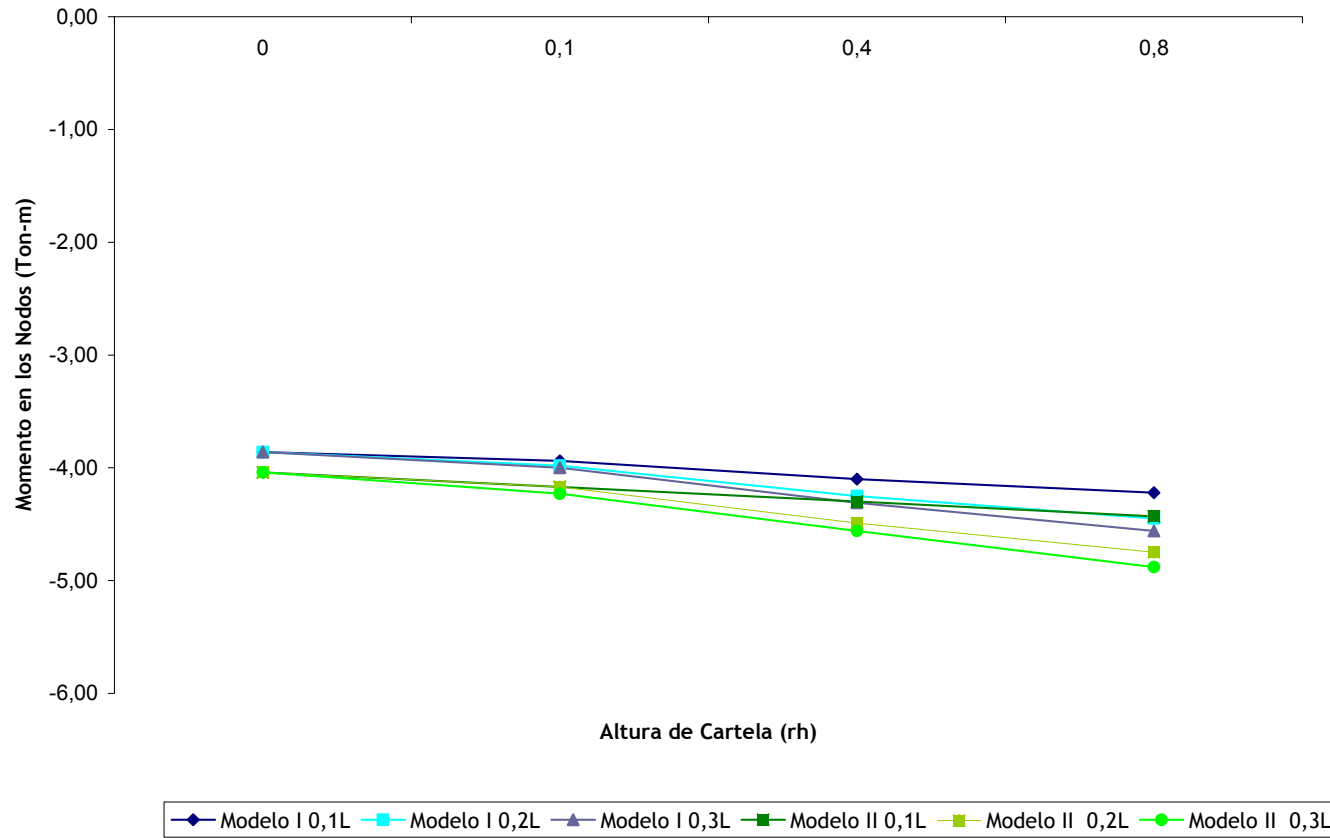
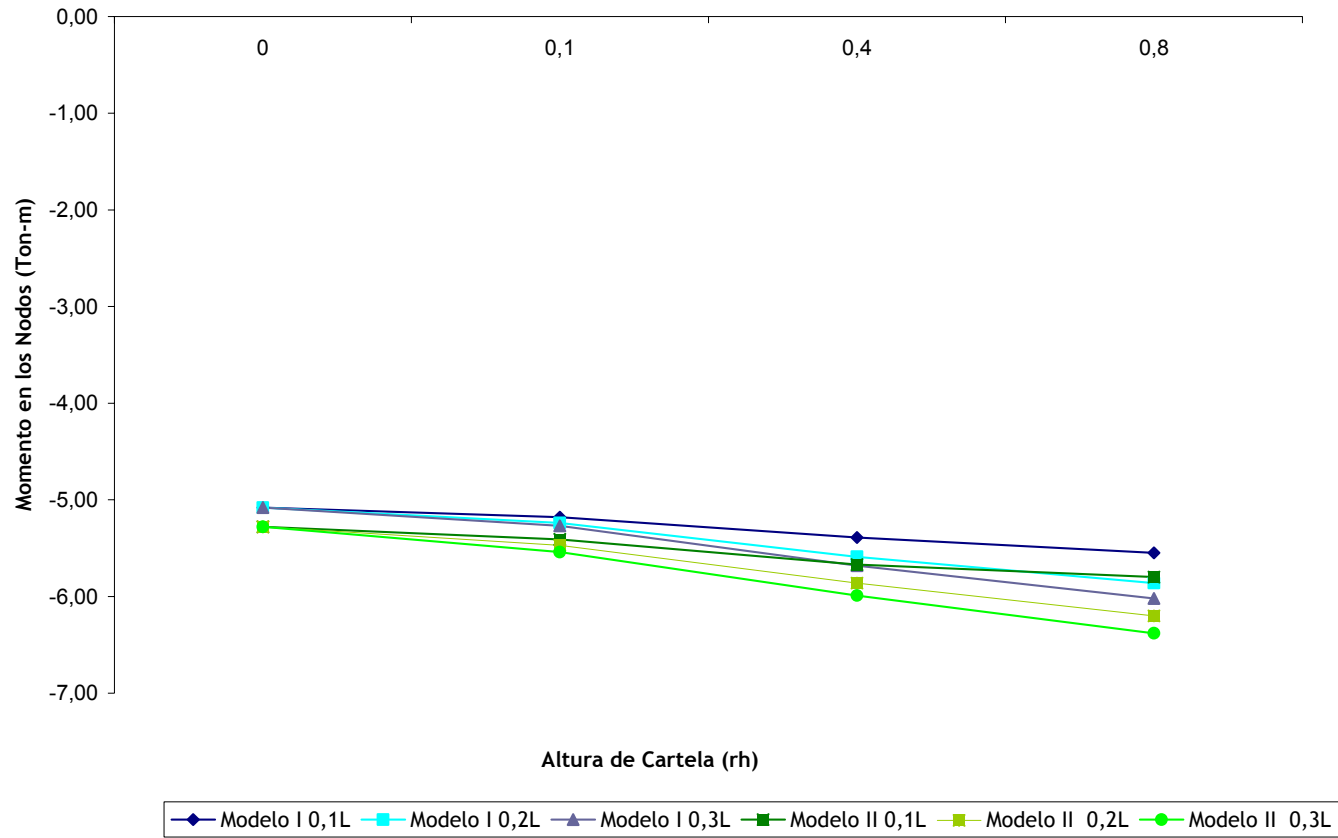


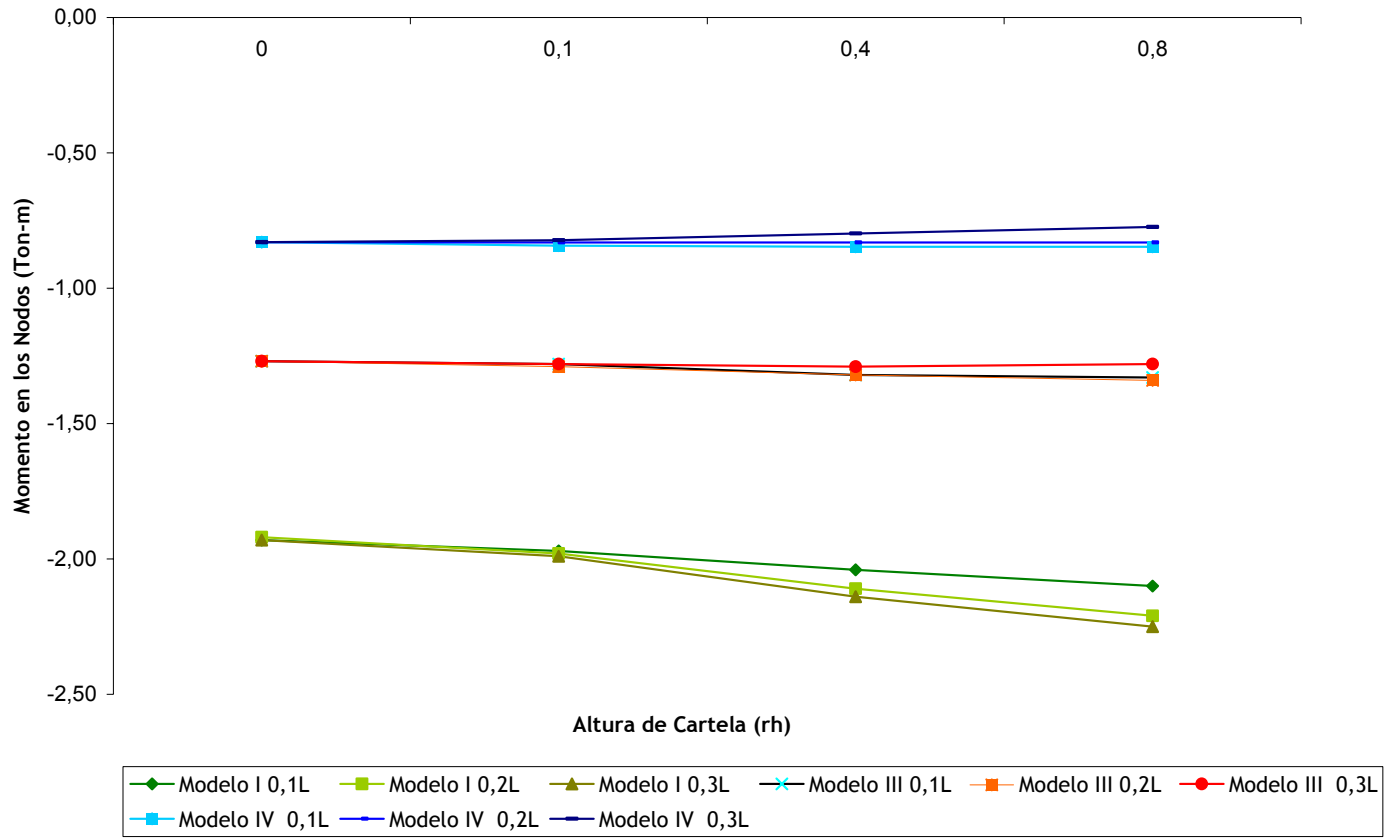
Gráfico 1.3  
Momento en los Nodos Vs Altura de Cartela Recta. Vano de 7 m.  
Variación de Dimension de Columna



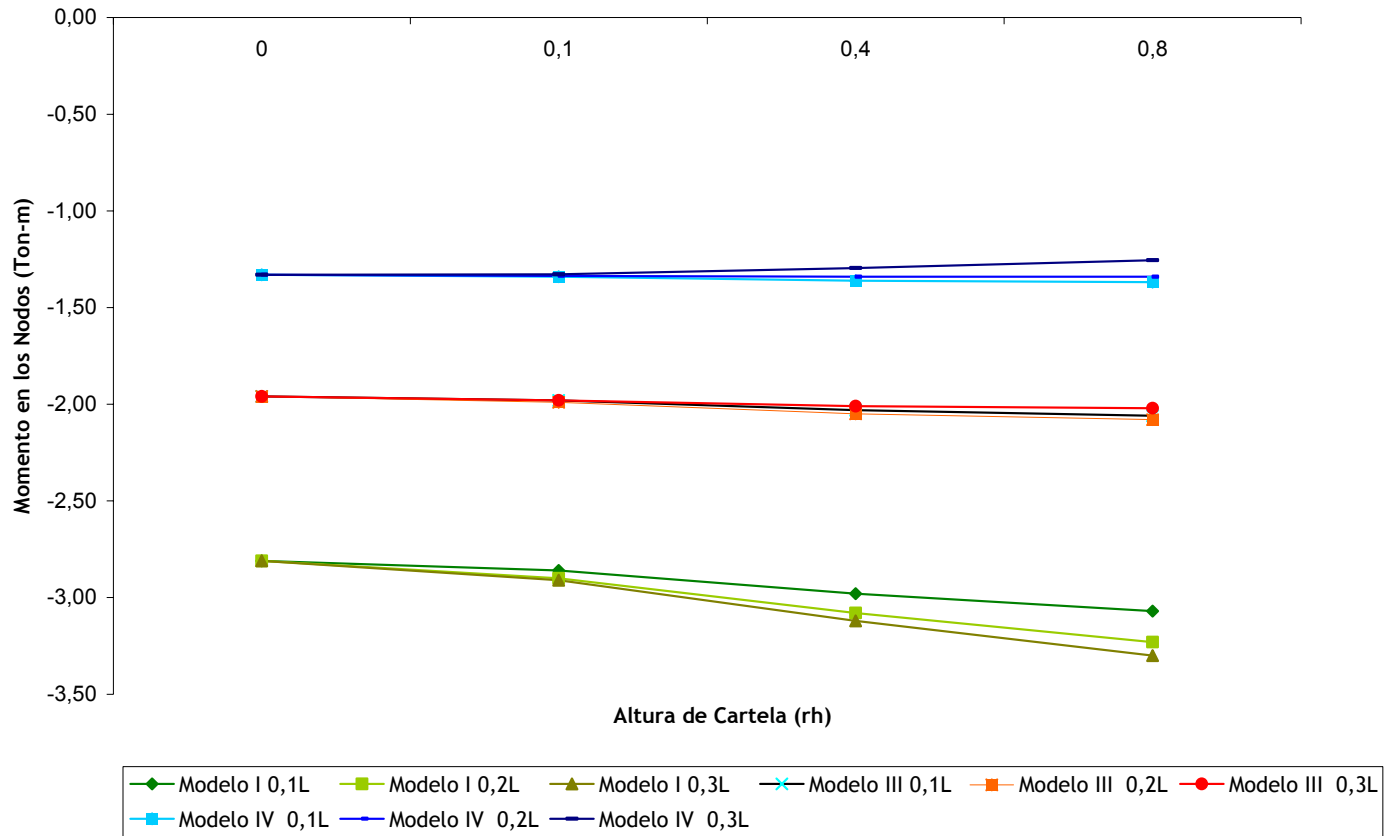
**Gráfico 1.4**  
**Momento en los Nodos Vs Altura de Cartela Recta. Vano de 8 m.**  
**Variación de Dimension de Columna**



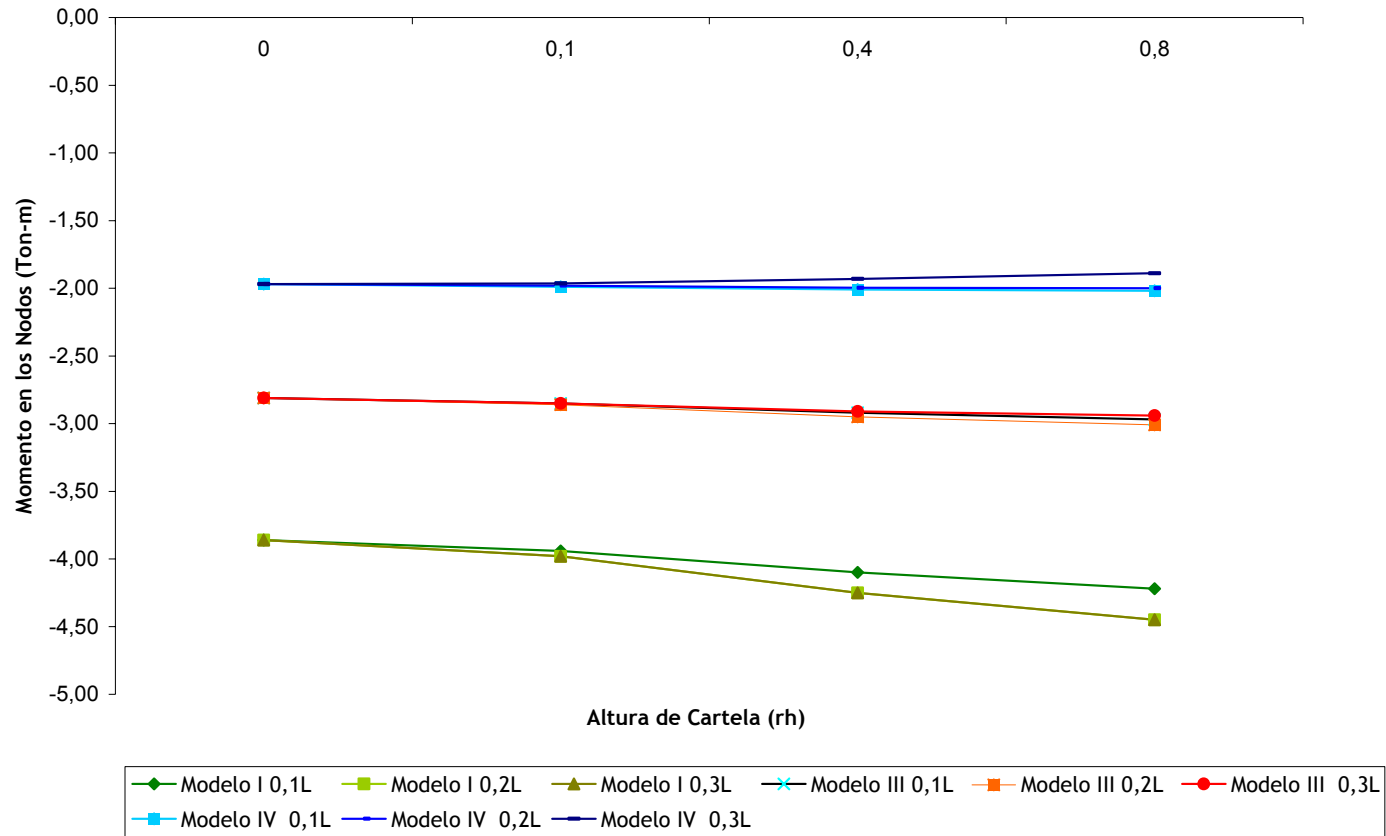
**Gráfico 1.5**  
**Momento en los Nodos Vs Altura de Cartela Recta. Vano de 5 m.**  
**Variacion de Dimension de Viga**



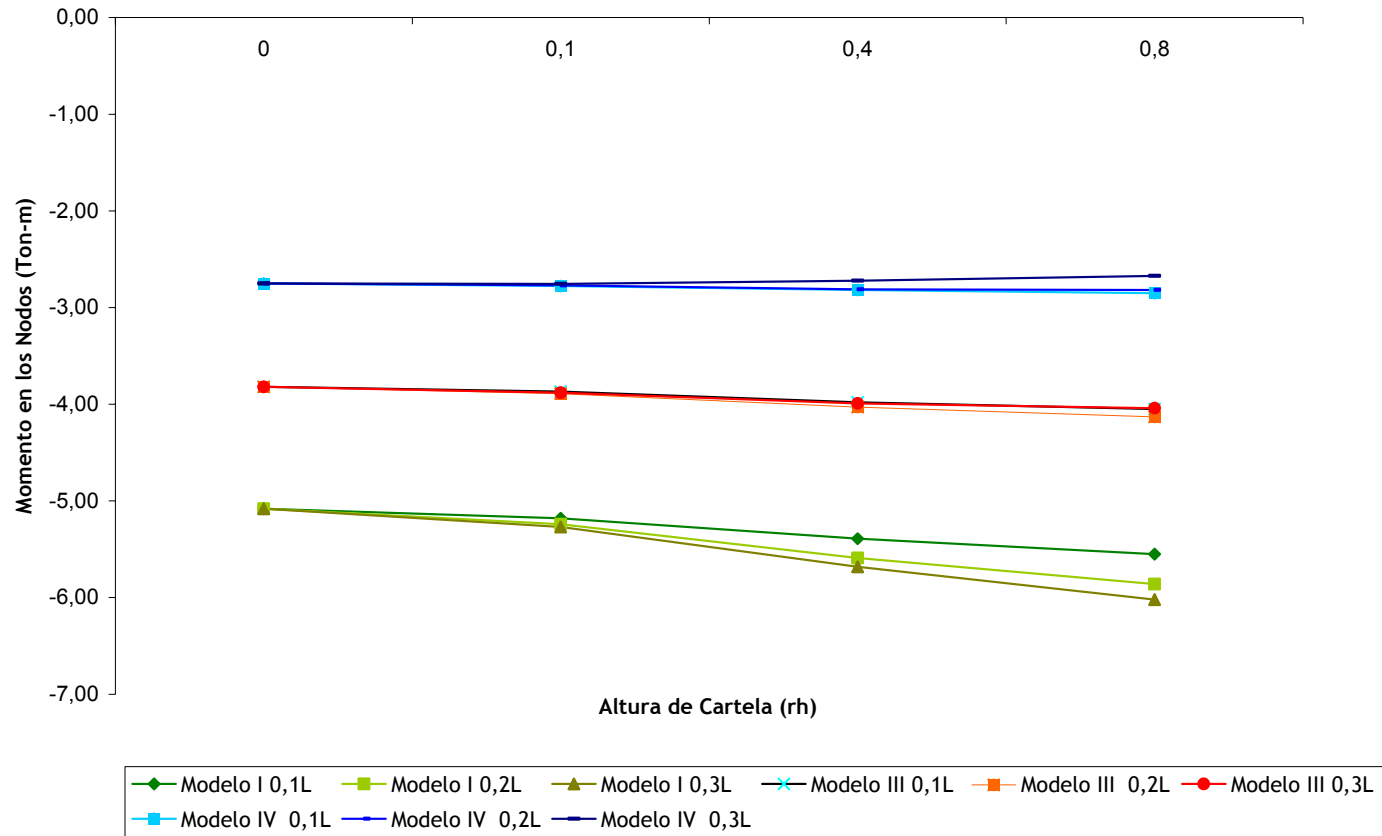
**Gráfico 1.6**  
**Momento en los Nodos Vs Altura de Cartela Recta. Vano de 6 m.**  
**Variación de Dimension de Viga**



**Gráfico 1.7**  
**Momento en los Nodos Vs Altura de Cartela Recta. Vano de 7 m.**  
**Variación de Dimension de Viga**



**Gráfico 1.8**  
**Momento en los Nodos Vs Altura de Cartela Recta. Vano de 8 m.**  
**Variacion de Dimension de Viga**





Al evaluar el pórtico del modelo I con los modelos donde se aumenta la rigidez de la columna, la variación de los momentos en los nodos es menor cuando se compara con los generados al integrar las variaciones de dimensiones de las cartelas rectas. El comportamiento de los momentos al implementar el uso de las cartelas rectas se mantiene aun cuando se altera la proporción de la rigidez de la columna dentro del pórtico. Esto se observa en los gráficos 1.1, 1.2, 1.3 y 1.4 donde las curvas mostradas mantienen la misma tendencia.

Cuando la variación es la rigidez de la viga, se puede notar que la cartela influye de manera considerable en el aumento de los momentos en el nodo, al comparar el modelo I de cartelas rectas con los otros modelos. También se puede observar que la cartela recta aporta mayor rigidez a la viga de menor sección transversal (modelo I), a medida que se aumenta la rigidez de la viga la implementación de cartelas no influye de manera determinante en la variación de momento en los nodos de la estructura como puede verse en los gráficos que van desde el 1.5 hasta el 1.8. Como otro punto, al variar el  $\alpha_i$  desde 0.2 hasta 0.3 el aumento que se genera en los momentos no es tan apreciable como salto existente en el rango existente entre 0.1L a 0.2L.

Carga Distribuida vertical Unitaria		Portico de un Vano					Tabla 2.22	
Cartelas Prismaticas		Altura entre piso 2,5					Momento en los nodos (Ton-m)	Rotacion del nodo (rad.)
al	rh	Distancia del vano	Dimension Columna		Dimension Viga			
				Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)	
0,1	0,1	5	0,4	0,4	0,3	0,3	-1,99	-2,45E-04
	0,4						-2,11	-2,59E-04
	0,8						-2,17	-2,67E-04
0,2	0,1						-2,01	-2,47E-04
	0,4						-2,19	-2,69E-04
	0,8						-2,30	-2,83E-04
0,3	0,1						-1,99	-2,45E-04
	0,4						-2,16	-2,66E-04
	0,8						-2,29	-2,82E-04

Carga Distribuida vertical Unitaria		Portico de un Vano					Tabla 2.23	
Cartelas Prismaticas		Altura entre piso 2,5					Momento en los nodos (Ton-m)	Rotacion del nodo (rad.)
al	rh	Distancia del vano (m)	Dimension Columna		Dimension Viga			
				Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)	
0,1	0,1	6	0,4	0,4	0,3	0,3	-2,90	-3,57E-04
	0,4						-3,08	-3,78E-04
	0,8						-3,17	-3,90E-04
0,2	0,1						-2,94	-3,61E-04
	0,4						-3,21	-3,94E-04
	0,8						-3,38	-4,15E-04
0,3	0,1						-2,91	-3,58E-04
	0,4						-3,17	-3,90E-04
	0,8						-3,39	-4,16E-04

Carga Distribuida vertical Unitaria

Portico de un Vano

Tabla 2.24

Cartelas Prismaticas		Altura entre piso 2,5					Momento en los nodos (Ton-m)	Rotacion del nodo (rad.)
cl	rh	Distancia del vano (m)	Dimension Columna		Dimension Viga			
				Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)	
0,1	0,1	7	0,4	0,4	0,3	0,3	-4,00	-4,91E-04
	0,4						-4,23	-5,20E-04
	0,8						-4,37	-5,36E-04
0,2	0,1						-4,04	-4,96E-04
	0,4						-4,42	-5,42E-04
	0,8						-4,66	-5,72E-04
0,3	0,1						-4,01	-4,93E-04
	0,4						-4,38	-5,38E-04
	0,8						-4,68	-5,75E-04

Carga Distribuida vertical Unitaria

Portico de un Vano

Tabla 2.25

Cartelas Prismaticas		Altura entre piso 2,5					Momento en los nodos (Ton-m)	Rotacion del nodo (rad.)
cl	rh	Distancia del vano (m)	Dimension Columna		Dimension Viga			
				Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)	
0,1	0,1	8	0,4	0,4	0,3	0,3	-5,26	-6,46E-04
	0,4						-5,57	-6,84E-04
	0,8						-5,75	-7,06E-04
0,2	0,1						-5,32	-6,53E-04
	0,4						-5,81	-7,14E-04
	0,8						-6,14	-7,54E-04
0,3	0,1						-5,28	-6,49E-04
	0,4						-5,79	-7,11E-04
	0,8						-6,20	-7,61E-04

Carga Distribuida vertical Unitaria				Portico de un Vano				Tabla 2.26	
Cartelas Prismaticas		Altura entre piso 2,5 m						Momento en los nodos (Ton-m)	Rotacion del nodo (rad.)
αl	rh	Distancia del vano	Dimension Columna		Dimension Viga				
			Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)			
0,1	0,1	5	0,4	0,8	0,3	0,3	-2,151	-3,30E-05	
	0,4						-2,281	-3,50E-05	
	0,8						-2,347	-3,60E-05	
0,2	0,1						-2,151	-3,30E-05	
	0,4						-2,412	-3,70E-05	
	0,8						-2,542	-3,90E-05	
0,3	0,1						-2,151	-3,30E-05	
	0,4						-2,412	-3,70E-05	
	0,8						-2,607	-4,00E-05	

Carga Distribuida vertical Unitaria				Portico de un Vano				Tabla 2.27	
Cartelas Prismaticas		Altura entre piso 2,5 m						Momento en los nodos (Ton-m)	Rotacion del nodo (rad.)
αl	rh	Distancia del vano (m)	Dimension Columna		Dimension Viga				
			Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)			
0,1	0,1	6	0,4	0,8	0,3	0,3	-3,064	-4,70E-05	
	0,4						-3,259	-5,00E-05	
	0,8						-3,390	-5,20E-05	
0,2	0,1						-3,129	-4,80E-05	
	0,4						-3,455	-5,30E-05	
	0,8						-3,650	-5,60E-05	
0,3	0,1						-3,129	-4,80E-05	
	0,4						-3,455	-5,30E-05	
	0,8						-3,781	-5,80E-05	

Carga Distribuida vertical Unitaria			Portico de un Vano				Tabla 2.28	
Cartelas Prismaticas		Altura entre piso 2,5 m					Momento en los nodos (Ton-m)	Rotacion del nodo (rad.)
αl	rh	Distancia del vano (m)	Dimension Columna		Dimension Viga			
			Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)		
0,1	0,1	7	0,4	0,8	0,3	0,3	-4,237	-6,50E-05
	0,4						-4,498	-6,90E-05
	0,8						-4,628	-7,10E-05
0,2	0,1						-4,237	-6,50E-05
	0,4						-4,694	-7,20E-05
	0,8						-5,020	-7,70E-05
0,3	0,1						-4,237	-6,50E-05
	0,4						-4,759	-7,30E-05
	0,8						-5,150	-7,90E-05

Carga Distribuida vertical Unitaria			Portico de un Vano				Tabla 2.29	
Cartelas Prismaticas		Altura entre piso 2,5 m					Momento en los nodos (Ton-m)	Rotacion del nodo (rad.)
αl	rh	Distancia del vano (m)	Dimension Columna		Dimension Viga			
			Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)		
0,1	0,1	8	0,4	0,8	0,3	0,3	-5,436	-8,40E-05
	0,4						-5,867	-9,00E-05
	0,8						-6,063	-9,30E-05
0,2	0,1						-5,606	-8,60E-05
	0,4						-6,128	-9,40E-05
	0,8						-6,519	-1,00E-04
0,3	0,1						-5,541	-8,50E-05
	0,4						-6,19	-9,50E-05
	0,8						-6,715	-1,03E-04

Carga Distribuida vertical Unitaria			Portico de un Vano				Tabla 2.30	
Cartelas Prismaticas		Altura entre piso 2,5 m					Momento en los nodos (Ton-m)	Rotacion del nodo (rad.)
αl	rh	Distancia del vano	Dimension Columna		Dimension Viga			
			Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)		
0,1	0,1	5	0,4	0,4	0,3	0,6	-1,295	-1,59E-04
	0,4						-1,336	-1,64E-04
	0,8						-1,352	-1,66E-04
0,2	0,1						-1,287	-1,58E-04
	0,4						-1,302	-1,61E-04
	0,8						-1,328	-1,63E-04
0,3	0,1						-1,255	-1,54E-04
	0,4						-1,206	-1,48E-04
	0,8						-1,181	-1,45E-04

Carga Distribuida vertical Unitaria			Portico de un Vano				Tabla 2.31	
Cartelas Prismaticas		Altura entre piso 2,5 m					Momento en los nodos (Ton-m)	Rotacion del nodo (rad.)
αl	rh	Distancia del vano (m)	Dimension Columna		Dimension Viga			
			Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)		
0,1	0,1	6	0,4	0,4	0,3	0,6	-2,004	-2,46E-04
	0,4						-2,069	-2,54E-04
	0,8						-2,102	-2,58E-04
0,2	0,1						-1,988	-2,44E-04
	0,4						-2,045	-2,51E-04
	0,8						-2,078	-2,55E-04
0,3	0,1						-1,939	-2,38E-04
	0,4						-1,898	-2,33E-04
	0,8						-1,866	-2,29E-04

Carga Distribuida vertical Unitaria				Portico de un Vano				Tabla 2.32	
Cartelas Prismaticas		Altura entre piso 2,5 m						Momento en los nodos (Ton-m)	Rotacion del nodo (rad.)
$\alpha$	$h$	Distancia del vano (m)	Dimension Columna		Dimension Viga				
				Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)		
0,1	0,1	7	0,4	0,4	0,3	0,6	-2,868	-3,52E-04	
	0,4						-2,974	-3,65E-04	
	0,8						-3,023	-3,71E-04	
0,2	0,1						-2,86	-3,51E-04	
	0,4						-2,958	-3,63E-04	
	0,8						-3,015	-3,70E-04	
0,3	0,1						-2,795	-3,43E-04	
	0,4						-2,762	-3,39E-04	
	0,8						-2,746	-3,37E-04	

Carga Distribuida vertical Unitaria				Portico de un Vano				Tabla 2.33	
Cartelas Prismaticas		Altura entre piso 2,5 m						Momento en los nodos (Ton-m)	Rotacion del nodo (rad.)
$\alpha$	$h$	Distancia del vano (m)	Dimension Columna		Dimension Viga				
				Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)		
0,1	0,1	8	0,4	0,4	0,3	0,6	-3,911	-4,80E-04	
	0,4						-4,058	-4,98E-04	
	0,8						-4,131	-5,07E-04	
0,2	0,1						-3,903	-4,79E-04	
	0,4						-4,058	-4,98E-04	
	0,8						-4,148	-5,09E-04	
0,3	0,1						-3,822	-4,69E-04	
	0,4						-3,813	-4,68E-04	
	0,8						-3,813	-4,68E-04	

Carga Distribuida vertical Unitaria

Portico de un Vano

Tabla 2.34

Cartelas Prismaticas		Altura entre piso 2,5					Momento en los nodos (Ton-m)	Rotacion del nodo (rad.)
cl	rh	Distancia del vano	Dimension Columna		Dimension Viga			
				Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)	
0,1	0,1	5	0,4	0,4	0,3	0,8	-0,839	-1,03E-04
	0,4						-0,847	-1,04E-04
	0,8						-0,847	-1,04E-04
0,2	0,1						-0,823	-1,01E-04
	0,4						-0,806	-9,90E-05
	0,8						-0,798	-9,80E-05
0,3	0,1						-0,790	-9,70E-05
	0,4						-0,717	-8,80E-05
	0,8						-0,668	-8,20E-05

Carga Distribuida vertical Unitaria

Portico de un Vano

Tabla 2.35

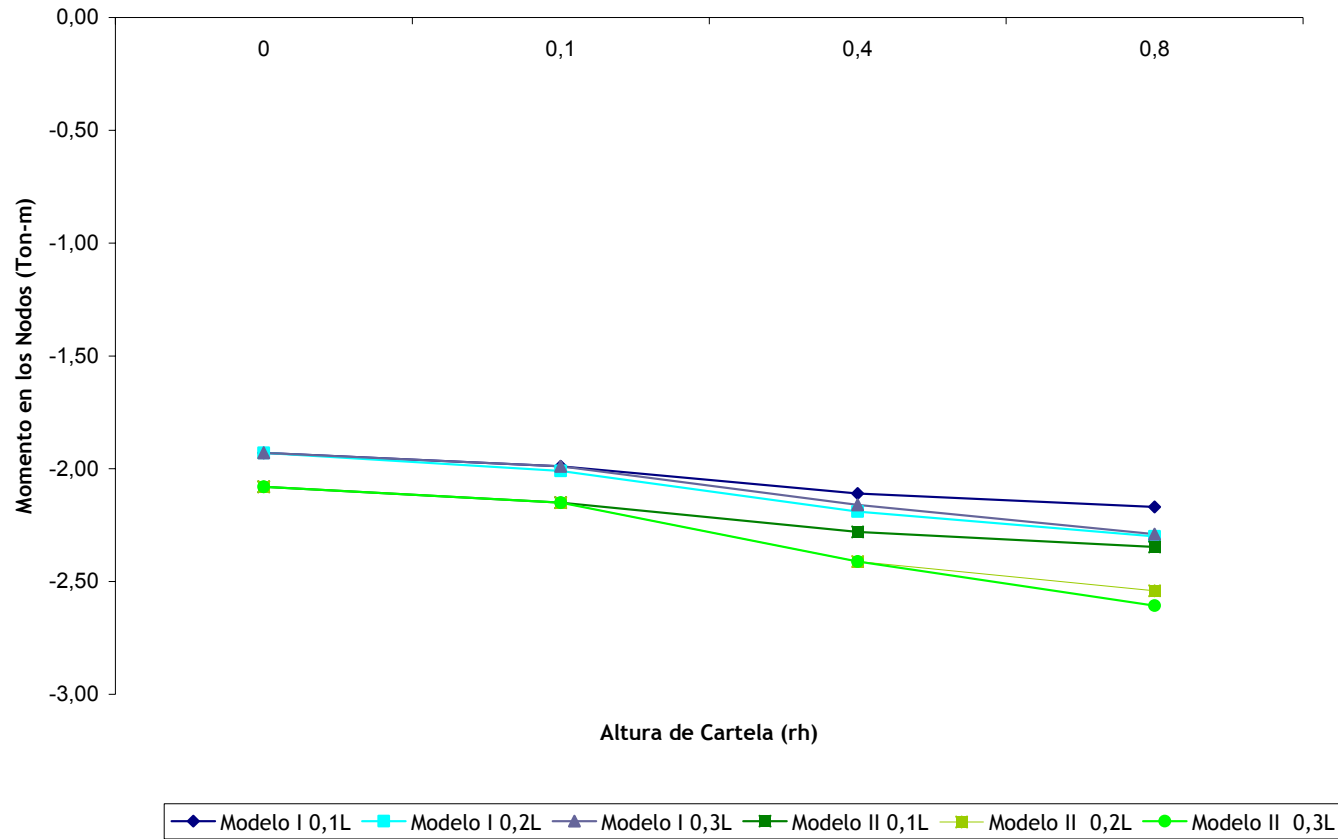
Cartelas Prismaticas		Altura entre piso 2,5					Momento en los nodos (Ton-m)	Rotacion del nodo (rad.)
cl	rh	Distancia del vano (m)	Dimension Columna		Dimension Viga			
				Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)	
0,1	0,1	6	0,4	0,4	0,3	0,8	-1,344	-1,65E-04
	0,4						-1,360	-1,67E-04
	0,8						-1,369	-1,68E-04
0,2	0,1						-1,320	-1,62E-04
	0,4						-1,303	-1,60E-04
	0,8						-1,295	-1,59E-04
0,3	0,1						-1,271	-1,56E-04
	0,4						-1,165	-1,43E-04
	0,8						-1,100	-1,35E-04



Carga Distribuida vertical Unitaria		Portico de un Vano					Tabla 2.36	
Cartelas Prismaticas		Altura entre piso 2,5					Momento en los nodos (Ton-m)	Rotacion del nodo (rad.)
al	rh	Distancia del vano (m)	Dimension Columna		Dimension Viga			
				Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)	
0,1	0,1	7	0,4	0,4	0,3	0,8	-1,988	-2,44E-04
	0,4						-2,029	-2,49E-04
	0,8						-2,045	-2,51E-04
0,2	0,1						-1,964	-2,41E-04
	0,4						-1,947	-2,39E-04
	0,8						-1,939	-2,38E-04
0,3	0,1						-1,898	-2,33E-04
	0,4						-1,752	-2,15E-04
	0,8						-1,662	-2,04E-04

Carga Distribuida vertical Unitaria		Portico de un Vano					Tabla 2.37	
Cartelas Prismaticas		Altura entre piso 2,5					Momento en los nodos (Ton-m)	Rotacion del nodo (rad.)
al	rh	Distancia del vano (m)	Dimension Columna		Dimension Viga			
				Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)	
0,1	0,1	8	0,4	0,4	0,3	0,8	-2,787	-3,42E-04
	0,4						-2,844	-3,49E-04
	0,8						-2,868	-3,52E-04
0,2	0,1						-2,754	-3,38E-04
	0,4						-2,746	-3,37E-04
	0,8						-2,746	-3,37E-04
0,3	0,1						-2,664	-3,27E-04
	0,4						-2,485	-3,05E-04
	0,8						-2,379	-2,92E-04

**Gráfico 1.9**  
**Momento en los Nodos Vs Altura de Cartela Prismática. Vano de 5 m.**  
**Variación de Dimensión de Columna**



**Gráfico 1.10**  
**Momento en los Nodos Vs Altura de Cartela Prismática. Vano de 6 m.**  
**Variación de Dimensión de Columna**

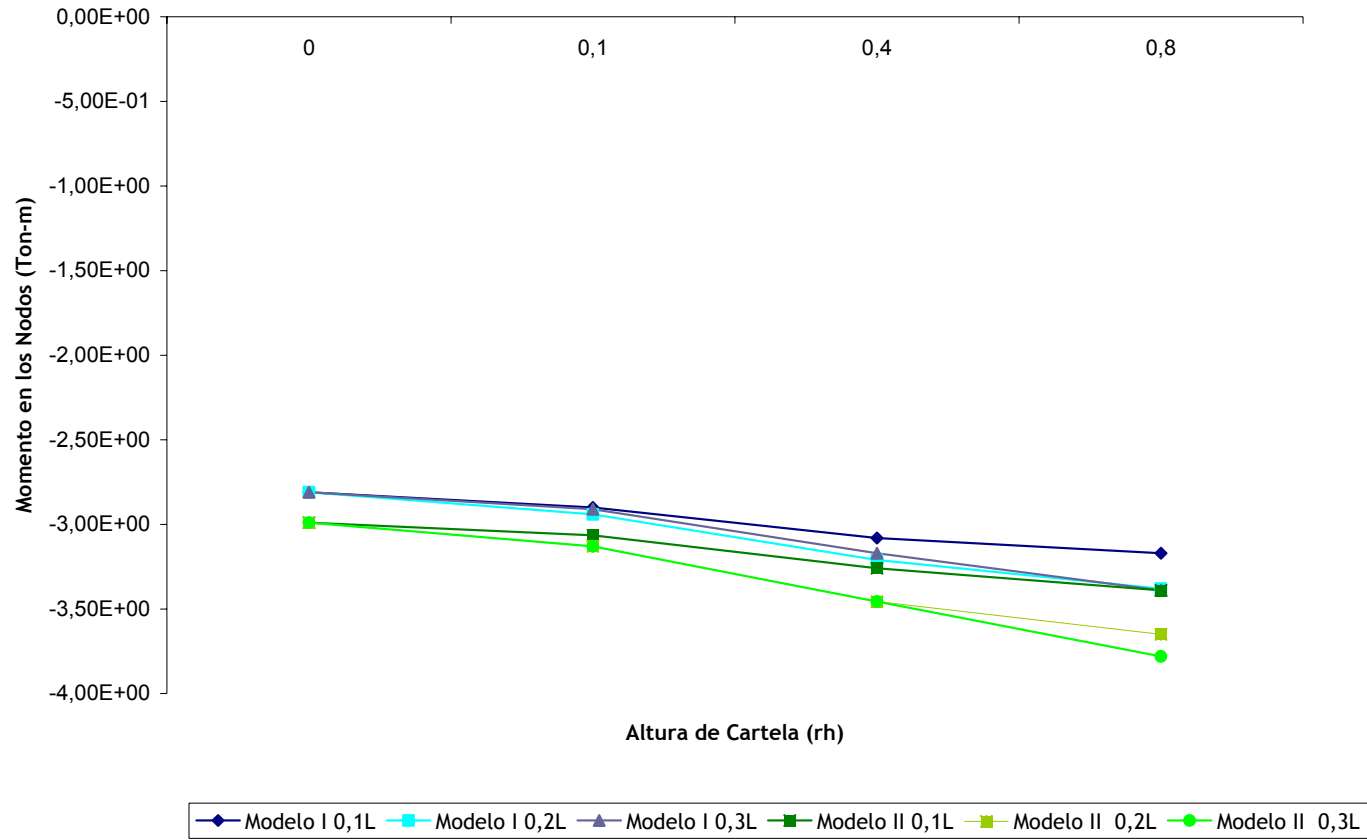
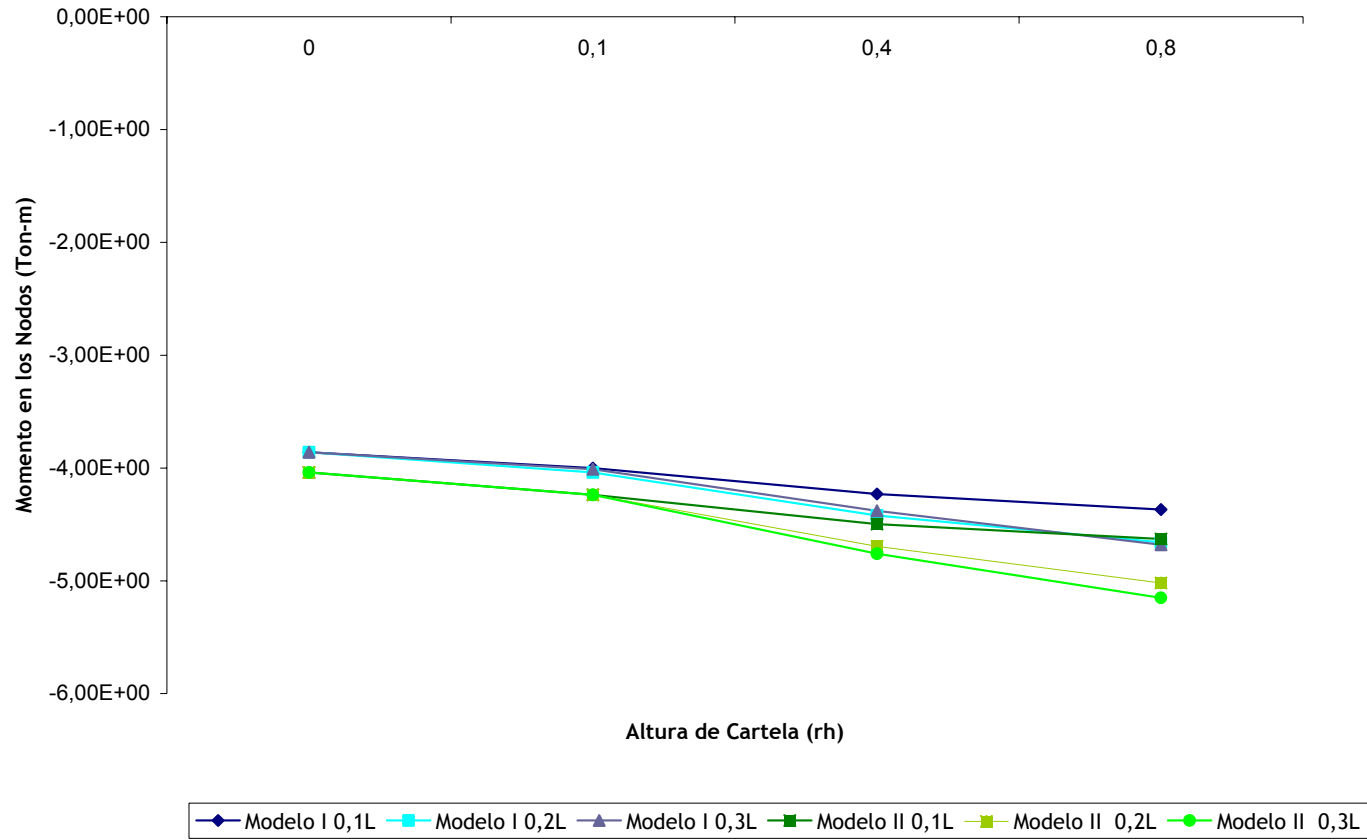
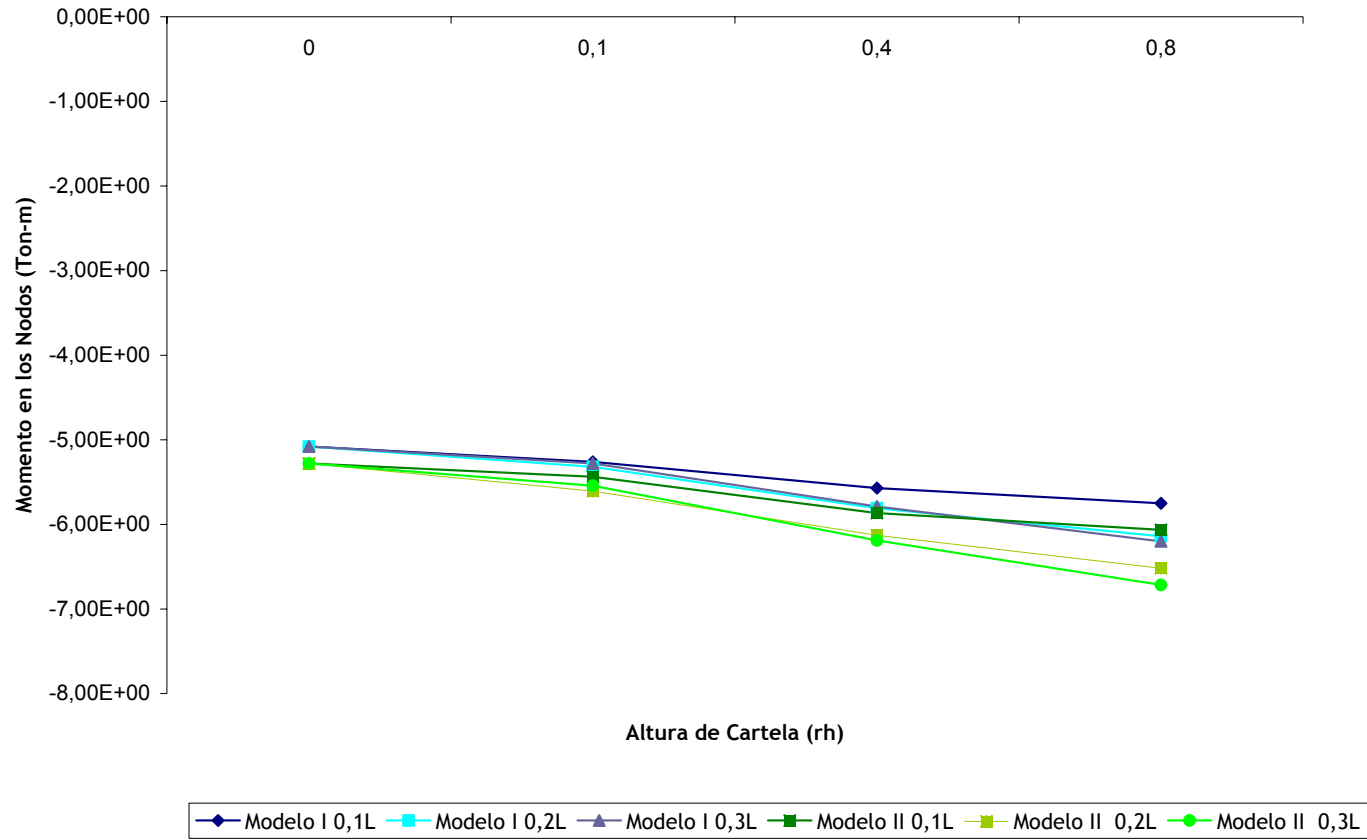


Gráfico 1.11  
 Momento en los Nodos Vs Altura de Cartela Prismática. Vano de 7 m.  
 Variación de Dimensión de Columna



**Gráfico 1.12**  
**Momento en los Nodos Vs Altura de Cartela Prismática. Vano de 8 m.**  
**Variación de Dimensión de Columna**



**Gráfico 1.13**  
**Momento en los Nodos Vs Altura de Cartela Prismática. Vano de 5 m.**  
**Variación de Dimensión de Viga**

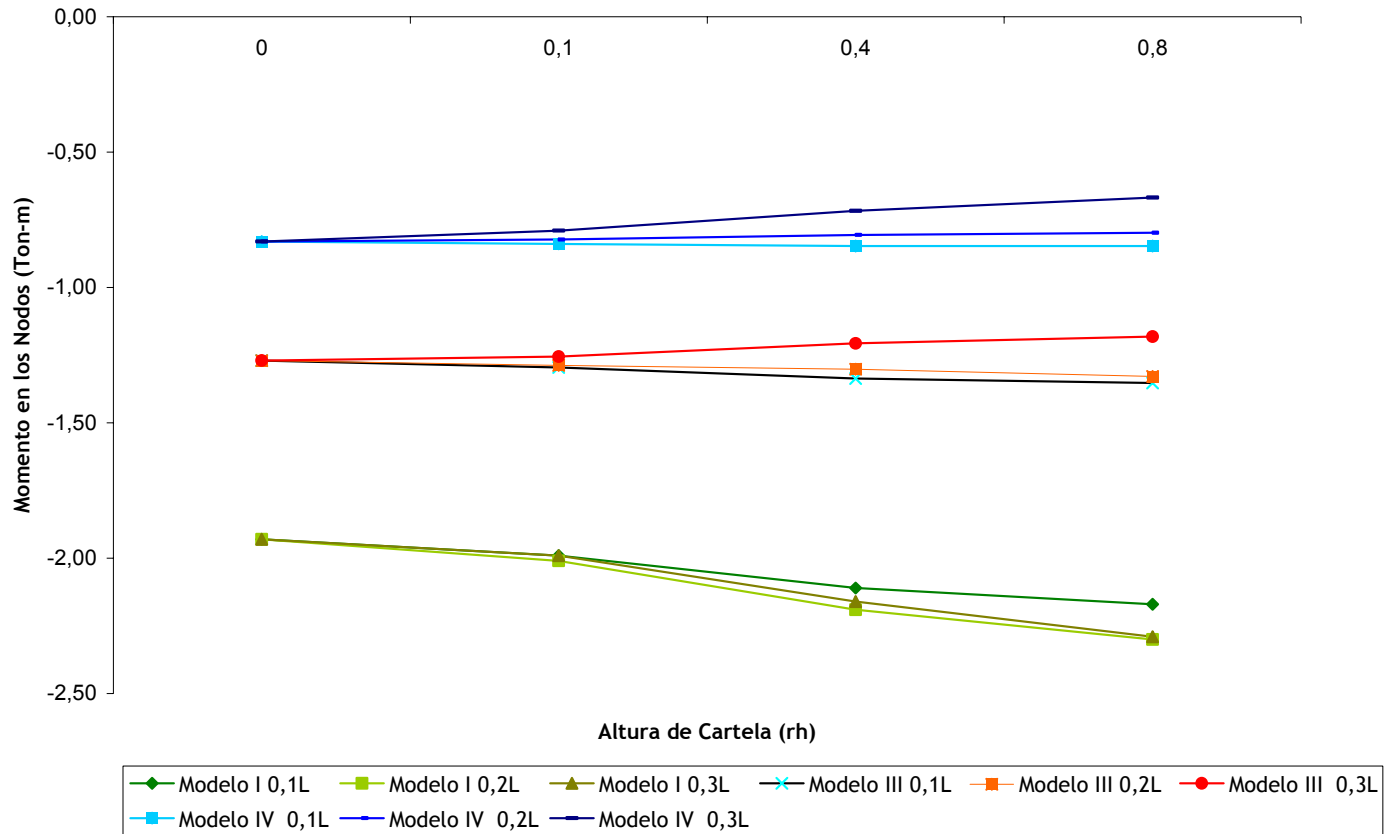
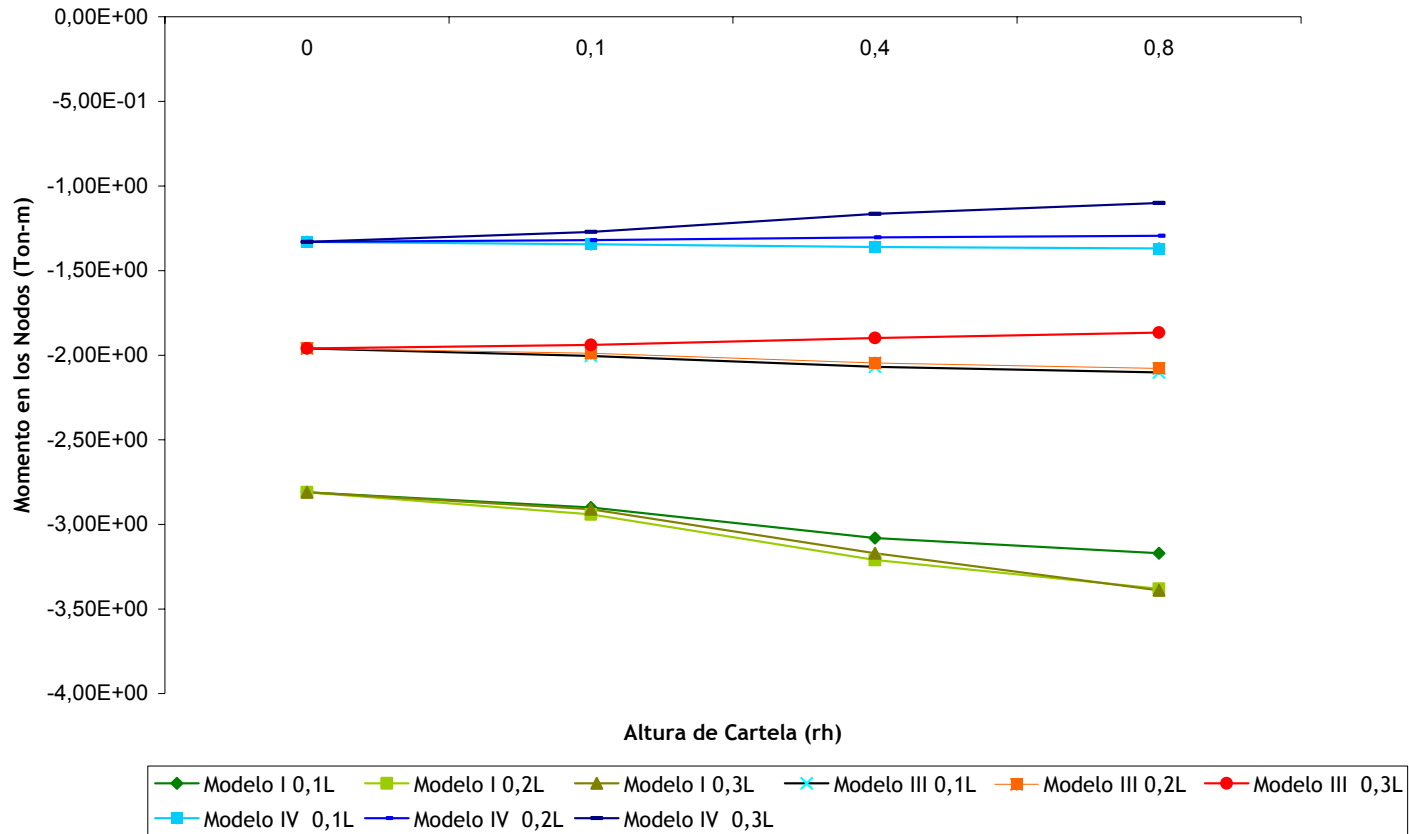


Gráfico 1.14  
 Momento en los Nodos Vs Altura de Cartela Prismática. Vano de 6 m.  
 Variación de Dimensión de Viga



**Gráfico 1.15**  
**Momento en los Nodos Vs Altura de Cartela Prismática. Vano de 7 m.**  
**Variación de Dimensión de Viga**

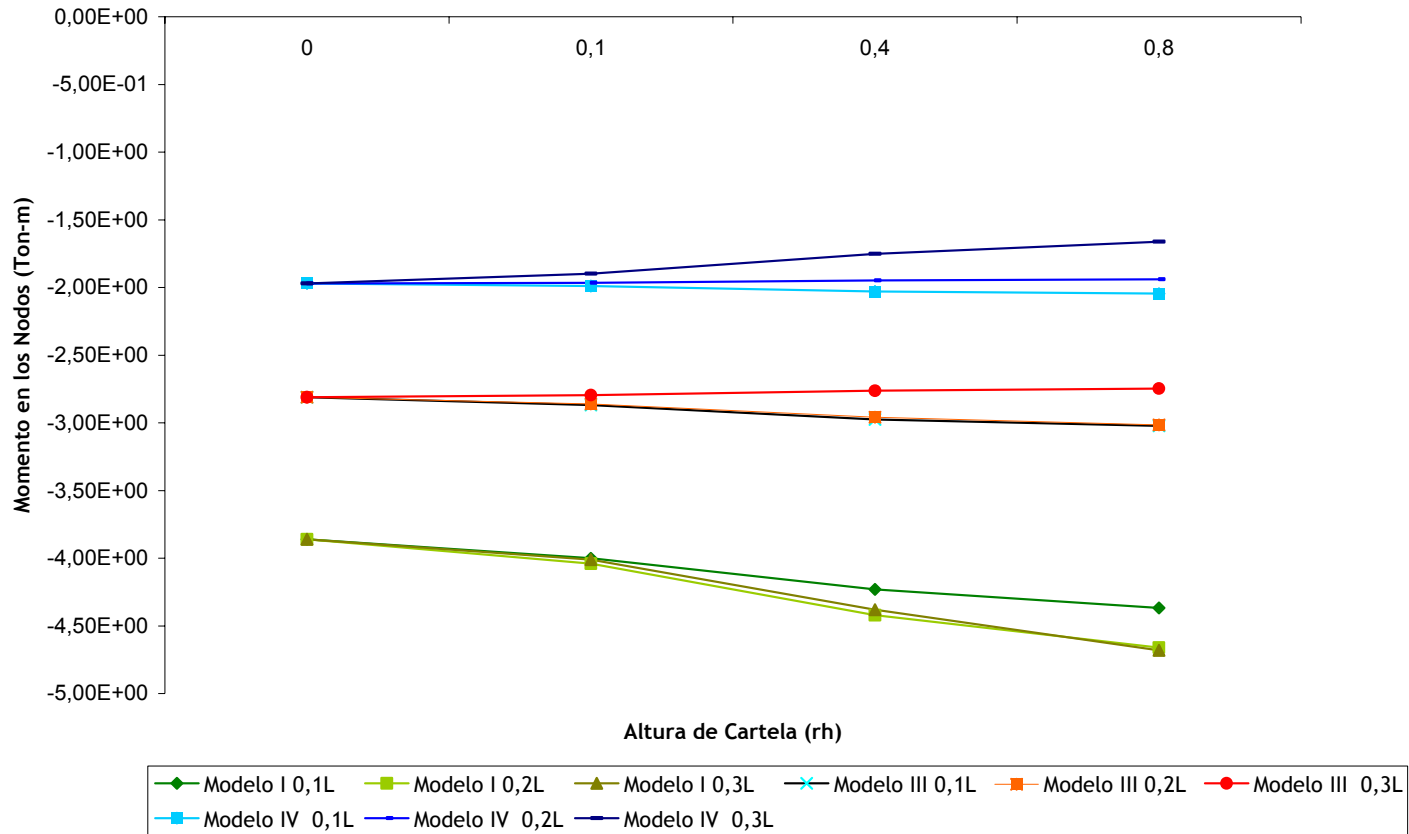
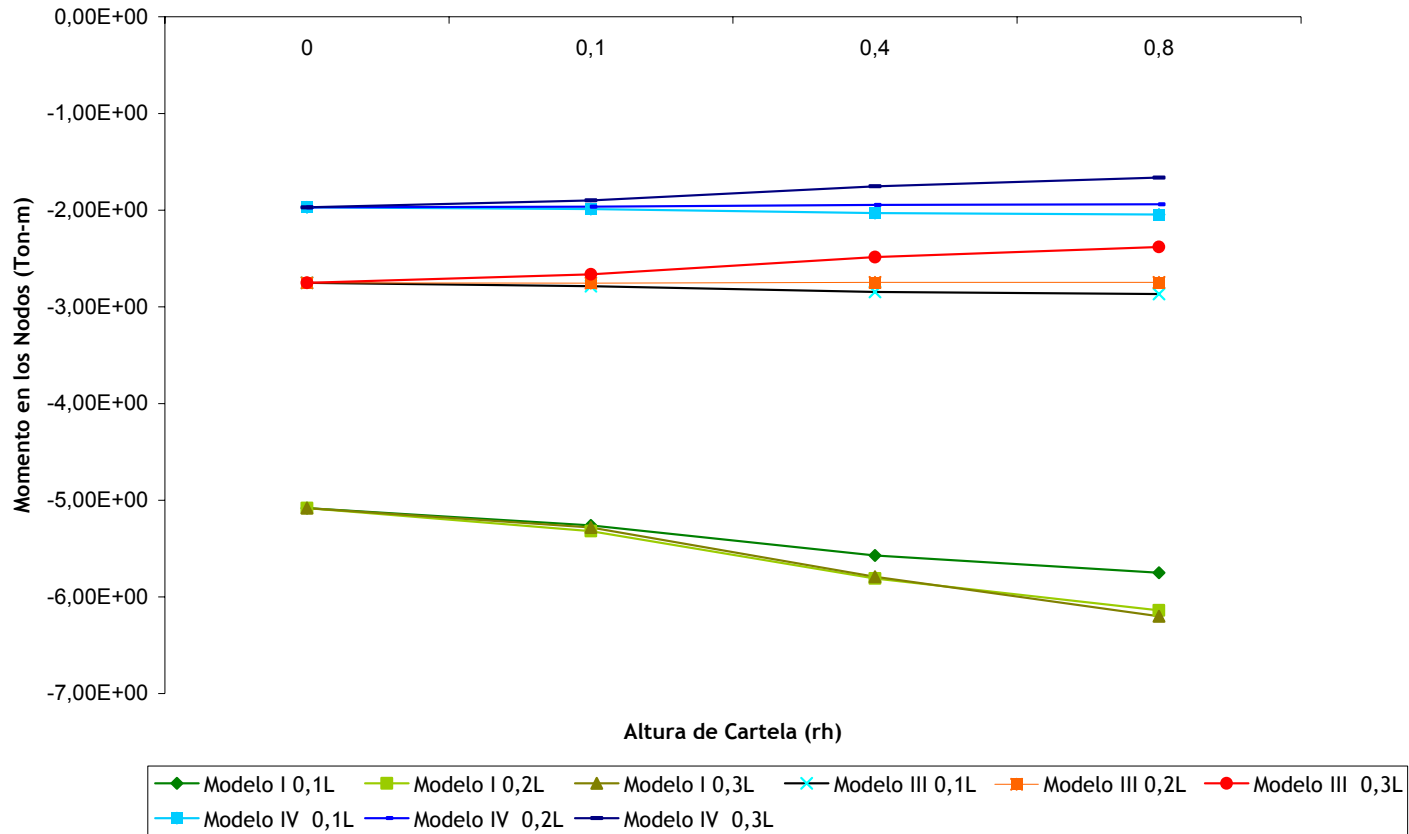




Gráfico 1.16  
 Momento en los Nodos Vs Altura de Cartela Prismática. Vano de 8 m.  
 Variación de Dimensión de Viga



La tendencia de los valores obtenidos para las cartelas prismáticas dentro de los modelos I, II, III y IV tienen la misma forma que los desarrollados para la cartela recta, pero con la diferencia que este tipo genera mas rigidez en las juntas dentro del sistema discreto del elemento, con lo que se produce una mayor acumulación de fuerzas en los puntos donde se encuentre.

Para el pórtico del modelo I sometido a una carga vertical distribuida unitaria con sentido gravitacional, se hace notar que con las cartelas rectas y prismáticas aumentan la rigidez en los nodos de la estructura, en consecuencia hay un incremento de los momentos en los nodos, ocasionando así una disminución de los mismos en el centro de la viga. La proporción de longitud de cartela que genera una rigidez de nodo optima se encuentra alrededor del 20% de la luz de la viga, en la mayoría de los gráficos se puede observar que para valores mayores a este la diferencia en el aumento de rigideces es muy pequeña. Con respecto a la influencia de la altura de la cartela se puede observar que a medida que esta aumenta la rigidez también lo hace, pero, su intervención en el aumento de los momentos en los modelos donde las rigideces de la viga son mayores a las de la columna no es considerable su aporte.

## Estudio de rigidez lateral

modelo	columna	viga	luz vano	Long. Columna
mod1	40x40	30x30	4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10	2,5
mod2	40x60	30x30,		
mod3	40x80	30x30,		
mod4	40x100	30x30,		
mod5	40x40	30x60		
mod6	40x40	30x80		

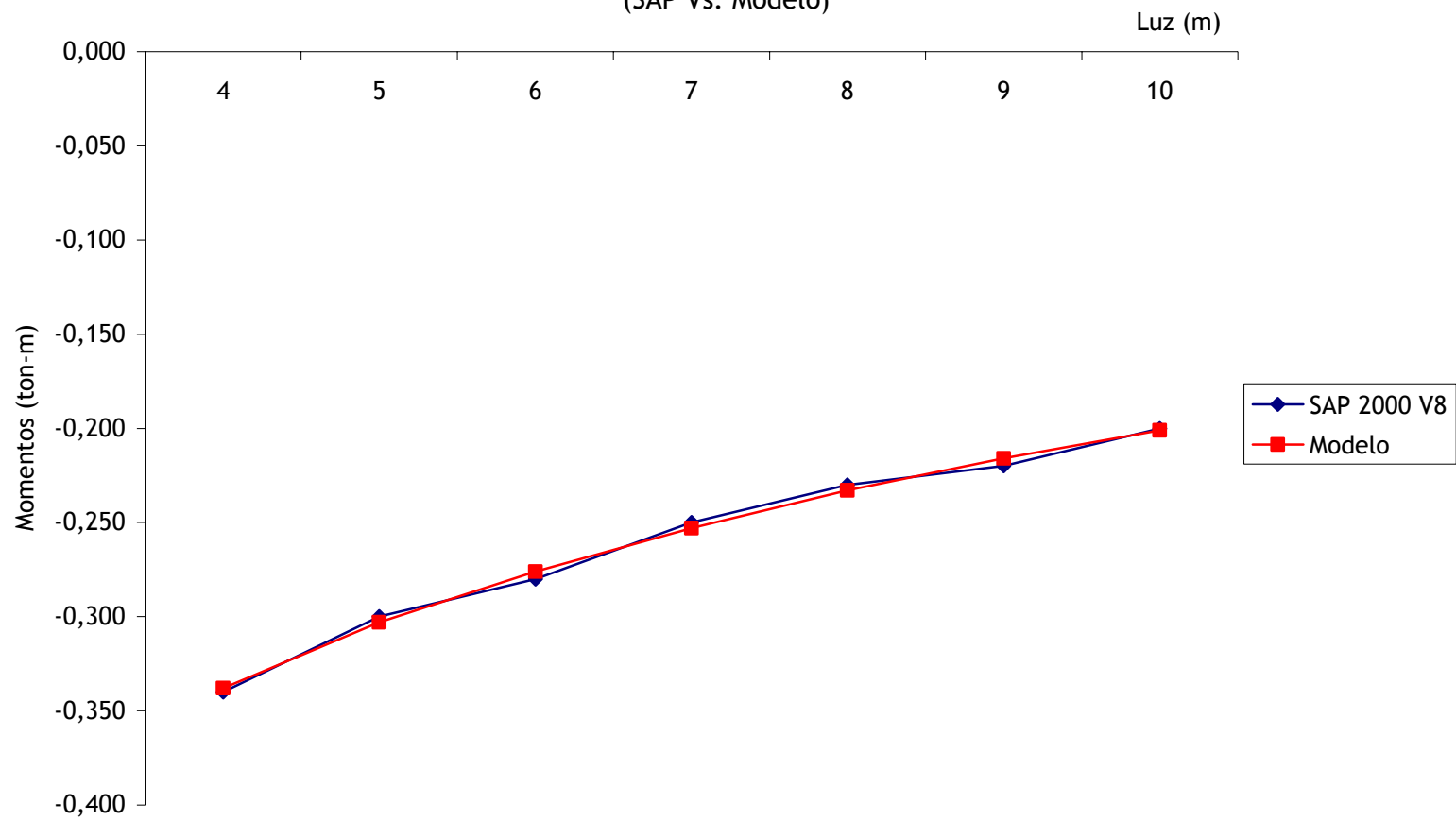
### Pórtico Plano de un Vano sin Cartelas

Carga Lateral Unitaria						Tabla 3.1			
Distancia del vano (m)	Altura entrepiso (m)	SAP 2000 V8				Desplazamiento Lateral (m)	Rigidez Lateral (Ton/m)	Momento en los nodos (Ton-m)	$\Sigma(lc/Lc)/(lv/Lv)$
		Dimension Columna		Dimension Viga					
		Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)				
4	2,5	0,4	0,4	0,3	0,3	3,191E-04	3,13E+03	-0,340	10,11
5						3,409E-04	2,93E+03	-0,300	12,64
6						3,590E-04	2,79E+03	-0,280	15,17
7						3,743E-04	2,67E+03	-0,250	17,70
8						3,875E-04	2,58E+03	-0,230	20,23
9						3,989E-04	2,51E+03	-0,220	22,76
10						4,089E-04	2,45E+03	-0,200	25,28

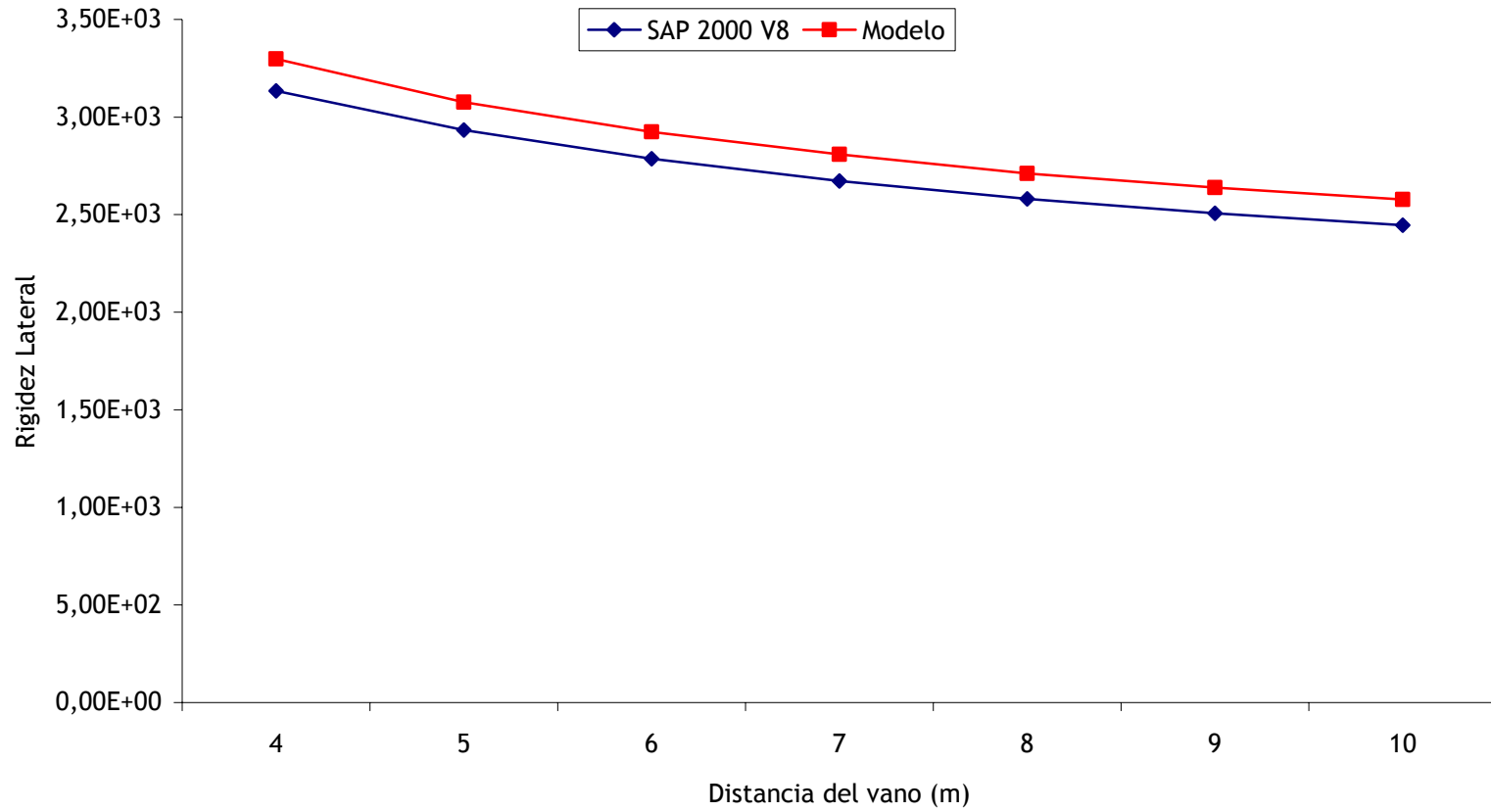
### Pórtico Plano de un Vano sin Cartelas

Carga Lateral Unitaria						Tabla 3.2			
Distancia del vano (m)	Altura entrepiso (m)	Sin cartelas				Desplazamiento Lateral (m)	Rigidez Lateral (Ton/m)	Momento en los nodos (Ton-m)	$\Sigma(lc/Lc)/(lv/Lv)$
		MODELO 1							
		Dimension Columna		Dimension Viga					
		Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)				
4	2,5	0,4	0,4	0,3	0,3	3,032E-04	3,30E+03	-0,338	10,11
5						3,250E-04	3,08E+03	-0,303	12,64
6						3,420E-04	2,92E+03	-0,276	15,17
7						3,560E-04	2,81E+03	-0,253	17,70
8						3,690E-04	2,71E+03	-0,233	20,23
9						3,790E-04	2,64E+03	-0,216	22,76
10						3,880E-04	2,58E+03	-0,201	25,28

**Gráfico 2.1**  
**Momentos en los nodos Vs. Luz**  
(SAP Vs. Modelo)



**Gráfico 2.2**  
**Distancia entre vano Vs. Rigidez Lateral**



**Pórtico Plano de un Vano con Vigas Acarteladas Rectas**

**Tabla 3.2.1**

Cartelas Rectas		Altura entre piso 2,5 m					Momento en los nodos (Ton-m)	Desplazamiento Lateral (m)	Rigidez Lateral (Ton/m)	Rotacion nodos (rad)
al	rh	Distancia del vano (m)	Dimension Columna		Dimension Viga					
			Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)				
0,1	0,4	4	0,4	0,4	0,3	0,3	-0,375	2,82E-04	3,55E+03	-1,24E-04
	0,8						-0,392	2,71E-04	3,69E+03	-1,15E-04
	1,2						-0,403	2,65E-04	3,77E+03	-1,10E-04
0,2	0,4						-0,401	2,65E-04	3,77E+03	-1,09E-04
	0,8						-0,437	2,43E-04	4,12E+03	-9,20E-05
	1,2						-0,456	2,30E-04	4,35E+03	-8,10E-05
0,3	0,4						-0,426	2,51E-04	3,98E+03	-9,90E-05
	0,8						-0,473	2,21E-04	4,52E+03	-7,40E-05
	1,2						-0,503	2,02E-04	4,95E+03	-5,90E-05

**Pórtico Plano de un Vano con Vigas Acarteladas Rectas**

**Tabla 3.2.2**

Cartelas Rectas		Altura entre piso 2,5 m					Momento en los nodos (Ton-m)	Desplazamiento Lateral (m)	Rigidez Lateral (Ton/m)	Rotacion nodos (rad)
al	rh	Distancia del vano (m)	Dimension Columna		Dimension Viga					
			Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)				
0,1	0,4	5	0,4	0,4	0,3	0,3	-0,339	3,03E-04	3,30E+03	-1,40E-04
	0,8						-0,357	2,92E-04	3,42E+03	-1,31E-04
	1,2						-0,369	2,85E-04	3,51E+03	-1,26E-04
0,2	0,4						-0,37	2,85E-04	3,51E+03	-1,26E-04
	0,8						-0,407	2,62E-04	3,82E+03	-1,07E-04
	1,2						-0,428	2,47E-04	4,05E+03	-9,50E-05
0,3	0,4						-0,393	2,70E-04	3,70E+03	-1,14E-04
	0,8						-0,445	2,37E-04	4,22E+03	-8,70E-05
	1,2						-0,484	2,16E-04	4,63E+03	-7,10E-05

**Pórtico Plano de un Vano con Vigas Acarteladas Rectas**

**Tabla 3.2.3**

Cartelas Rectas		Altura entre piso 2,5 m					Momento en los nodos (Ton-m)	Desplazamiento Lateral (m)	Rigidez Lateral (Ton/m)	Rotacion nodos (rad)
al	rh	Distancia del vano (m)	Dimension Columna		Dimension Viga					
			Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)				
0,1	0,4	6	0,4	0,4	0,3	0,3	-0,31	3,21E-04	3,12E+03	-1,54E-04
	0,8						-0,329	3,09E-04	3,24E+03	-1,45E-04
	1,2						-0,342	3,02E-04	3,31E+03	-1,40E-04
0,2	0,4						-0,34	3,02E-04	3,31E+03	-1,39E-04
	0,8						-0,38	2,78E-04	3,60E+03	-1,20E-04
	1,2						-0,406	2,63E-04	3,80E+03	-1,08E-04
0,3	0,4						-0,365	2,87E-04	3,48E+03	-1,27E-04
	0,8						-0,422	2,52E-04	3,97E+03	-9,90E-05
	1,2						-0,459	2,29E-04	4,37E+03	-8,10E-05

**Pórtico Plano de un Vano con Vigas Acarteladas Rectas**

**Tabla 3.2.4**

Cartelas Rectas		Altura entre piso 2,5 m					Momento en los nodos (Ton-m)	Desplazamiento Lateral (m)	Rigidez Lateral (Ton/m)	Rotacion nodos (rad)
αl	rh	Distancia del vano (m)	Dimension Columna		Dimension Viga					
			Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)				
0,1	0,4	7	0,4	0,4	0,3	0,3	-0,287	3,35E-04	2,99E+03	-1,66E-04
	0,8						-0,306	3,24E-04	3,09E+03	-1,57E-04
	1,2						-0,316	3,17E-04	3,15E+03	-1,51E-04
0,2	0,4						-0,317	3,17E-04	3,15E+03	-1,51E-04
	0,8						-0,356	2,92E-04	3,42E+03	-1,31E-04
	1,2						-0,383	2,76E-04	3,62E+03	-1,19E-04
0,3	0,4						-0,342	3,02E-04	3,31E+03	-1,39E-04
	0,8						-0,402	2,65E-04	3,77E+03	-1,10E-04
	1,2						-0,443	2,41E-04	4,15E+03	-9,10E-05

**Pórtico Plano de un Vano con Vigas Acarteladas Rectas**

**Tabla 3.2.5**

Cartelas Rectas		Altura entre piso 2,5 m					Momento en los nodos (Ton-m)	Desplazamiento Lateral (m)	Rigidez Lateral (Ton/m)	Rotacion nodos (rad)
αl	rh	Distancia del vano (m)	Dimension Columna		Dimension Viga					
			Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)				
0,1	0,4	8	0,4	0,4	0,3	0,3	-0,264	3,48E-04	2,87E+03	-1,76E-04
	0,8						-0,284	3,37E-04	2,97E+03	-1,67E-04
	1,2						-0,297	3,30E-04	3,03E+03	-1,62E-04
0,2	0,4						-0,29	3,29E-04	3,04E+03	-1,61E-04
	0,8						-0,337	3,05E-04	3,28E+03	-1,42E-04
	1,2						-0,363	2,89E-04	3,46E+03	-1,29E-04
0,3	0,4						-0,321	3,14E-04	3,18E+03	-1,49E-04
	0,8						-0,38	2,77E-04	3,61E+03	-1,19E-04
	1,2						-0,422	2,52E-04	3,97E+03	-9,90E-05

**Pórtico Plano de un Vano con Vigas Acarteladas Rectas**

**Tabla 3.2.6**

Cartelas Rectas		Altura entre piso 2,5 m					Momento en los nodos (Ton-m)	Desplazamiento Lateral (m)	Rigidez Lateral (Ton/m)	Rotacion nodos (rad)
αl	rh	Distancia del vano (m)	Dimension Columna		Dimension Viga					
			Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)				
0,1	0,4	9	0,4	0,4	0,3	0,3	-0,248	3,59E-04	2,79E+03	-1,85E-04
	0,8						-0,266	3,48E-04	2,87E+03	-1,76E-04
	1,2						-0,278	3,41E-04	2,93E+03	-1,71E-04
0,2	0,4						-0,277	3,41E-04	2,93E+03	-1,70E-04
	0,8						-0,319	3,16E-04	3,16E+03	-1,51E-04
	1,2						-0,395	3,00E-04	3,33E+03	-1,58E-04
0,3	0,4						-0,302	3,26E-04	3,07E+03	-1,58E-04
	0,8						-0,364	2,88E-04	3,47E+03	-1,28E-04
	1,2						-0,405	2,62E-04	3,82E+03	-1,07E-04

**Pórtico Plano de un Vano con Vigas Acarteladas Rectas**

**Tabla 3.2.7**

Cartelas Rectas		Altura entre piso 2,5 m					Momento en los nodos (Ton-m)	Desplazamiento Lateral (m)	Rigidez Lateral (Ton/m)	Rotacion nodos (rad)
al	rh	Distancia del vano (m)	Dimension Columna		Dimension Viga					
				Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)			
0,1	0,4	10	0,4	0,4	0,3	0,3	-0,233	3,68E-04	2,72E+03	-1,93E-04
	0,8						-0,251	3,58E-04	2,79E+03	-1,84E-04
	1,2						-0,261	3,51E-04	2,85E+03	-1,78E-04
0,2	0,4						-0,261	3,50E-04	2,86E+03	-1,78E-04
	0,8						-0,302	3,26E-04	3,07E+03	-1,59E-04
	1,2						-0,329	3,10E-04	3,23E+03	-1,46E-04
0,3	0,4						-0,286	3,36E-04	2,98E+03	-1,66E-04
	0,8						-0,348	2,98E-04	3,36E+03	-1,36E-04
	1,2						-0,392	2,71E-04	3,69E+03	-1,15E-04

**Pórtico Plano de un Vano con Vigas Acarteladas Prismáticas**

**Tabla 3.2.8**

Cartelas Prismáticas		Altura entre piso 2,5 m					Momento en los nodos (Ton-m)	Desplazamiento Lateral (m)	Rigidez Lateral (Ton/m)	Rotacion nodos (rad)
al	rh	Distancia del vano	Dimension Columna		Dimension Viga					
				Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)			
0,1	0,4	4	0,4	0,4	0,3	0,3	-0,396	2,69E-04	3,72E+03	-1,13E-04
	0,8						-0,418	2,56E-04	3,91E+03	-1,03E-04
	1,2						-0,425	2,50E-04	4,00E+03	-9,80E-05
0,2	0,4						-0,438	2,42E-04	4,13E+03	-9,10E-05
	0,8						-0,483	2,15E-04	4,65E+03	-7,00E-05
	1,2						-0,501	2,03E-04	4,93E+03	-6,00E-05
0,3	0,4						-0,465	2,25E-04	4,44E+03	-7,80E-05
	0,8						-0,528	1,89E-04	5,29E+03	-4,90E-05
	1,2						-0,557	1,71E-04	5,85E+03	-3,50E-05

**Pórtico Plano de un Vano con Vigas Acarteladas Prismáticas**

**Tabla 3.2.9**

Cartelas Prismáticas		Altura entre piso 2,5 m					Momento en los nodos (Ton-m)	Desplazamiento Lateral (m)	Rigidez Lateral (Ton/m)	Rotacion nodos (rad)
al	rh	Distancia del vano	Dimension Columna		Dimension Viga					
				Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)			
0,1	0,4	5	0,4	0,4	0,3	0,3	-0,362	2,89E-04	3,46E+03	-1,29E-04
	0,8						-0,383	2,76E-04	3,62E+03	-1,18E-04
	1,2						-0,395	2,70E-04	3,70E+03	-1,14E-04
0,2	0,4						-0,409	2,60E-04	3,85E+03	-1,06E-04
	0,8						-0,458	2,31E-04	4,33E+03	-8,30E-05
	1,2						-0,481	2,17E-04	4,61E+03	-7,20E-05
0,3	0,4						-0,439	2,43E-04	4,12E+03	-9,20E-05
	0,8						-0,508	2,01E-04	4,98E+03	-5,90E-05
	1,2						-0,535	1,81E-04	5,52E+03	-4,20E-05



**Pórtico Plano de un Vano con Vigas Acarteladas Prismáticas**

**Tabla 3.2.10**

Cartelas Prismáticas		Altura entre piso 2,5 m					Momento en los nodos (Ton-m)	Desplazamiento Lateral (m)	Rigidez Lateral (Ton/m)	Rotacion nodos (rad)
cl	rh	Distancia del vano	Dimension Columna		Dimension Viga					
				Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)			
0,1	0,4	6	0,4	0,4	0,3	0,3	-0,334	3,06E-04	3,27E+03	-1,43E-04
	0,8						-0,357	2,93E-04	3,41E+03	-1,32E-04
	1,2						-0,367	2,86E-04	3,50E+03	-1,27E-04
0,2	0,4						-0,382	2,77E-04	3,61E+03	-1,19E-04
	0,8						-0,432	2,46E-04	4,07E+03	-9,40E-05
	1,2						-0,456	2,31E-04	4,33E+03	-8,20E-05
0,3	0,4						-0,414	2,58E-04	3,88E+03	-1,04E-04
	0,8						-0,488	2,13E-04	4,69E+03	6,80E-05
	1,2						-0,519	1,90E-04	5,26E+03	-4,90E-05

**Pórtico Plano de un Vano con Vigas Acarteladas Prismáticas**

**Tabla 3.2.11**

Cartelas Prismáticas		Altura entre piso 2,5 m					Momento en los nodos (Ton-m)	Desplazamiento Lateral (m)	Rigidez Lateral (Ton/m)	Rotacion nodos (rad)
cl	rh	Distancia del vano	Dimension Columna		Dimension Viga					
				Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)			
0,1	0,4	7	0,4	0,4	0,3	0,3	-0,31	3,21E-04	3,12E+03	-1,55E-04
	0,8						-0,332	3,07E-04	3,26E+03	-1,43E-04
	1,2						-0,342	3,01E-04	3,32E+03	-1,38E-04
0,2	0,4						-0,358	2,91E-04	3,44E+03	-1,30E-04
	0,8						-0,414	2,58E-04	3,88E+03	-1,05E-04
	1,2						-0,439	2,43E-04	4,12E+03	-9,20E-05
0,3	0,4						-0,392	2,71E-04	3,69E+03	-1,15E-04
	0,8						-0,468	2,23E-04	4,48E+03	-7,60E-05
	1,2						-0,509	1,98E-04	5,05E+03	-5,60E-05

**Pórtico Plano de un Vano con Vigas Acarteladas Prismáticas**

**Tabla 3.2.12**

Cartelas Prismáticas		Altura entre piso 2,5 m					Momento en los nodos (Ton-m)	Desplazamiento Lateral (m)	Rigidez Lateral (Ton/m)	Rotacion nodos (rad)
cl	rh	Distancia del vano	Dimension Columna		Dimension Viga					
				Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)			
0,1	0,4	8	0,4	0,4	0,3	0,3	-0,289	3,34E-04	2,99E+03	-1,65E-04
	0,8						-0,312	3,20E-04	3,13E+03	-1,54E-04
	1,2						-0,323	3,14E-04	3,18E+03	-1,49E-04
0,2	0,4						-0,34	3,04E-04	3,29E+03	-1,41E-04
	0,8						-0,393	2,70E-04	3,70E+03	-1,14E-04
	1,2						-0,421	2,54E-04	3,94E+03	-1,01E-04
0,3	0,4						-0,369	2,83E-04	3,53E+03	-1,24E-04
	0,8						-0,452	2,33E-04	4,29E+03	-8,40E-05
	1,2						-0,501	2,06E-04	4,85E+03	-6,30E-05

**Pórtico Plano de un Vano con Vigas Acarteladas Prismáticas**

**Tabla 3.2.13**

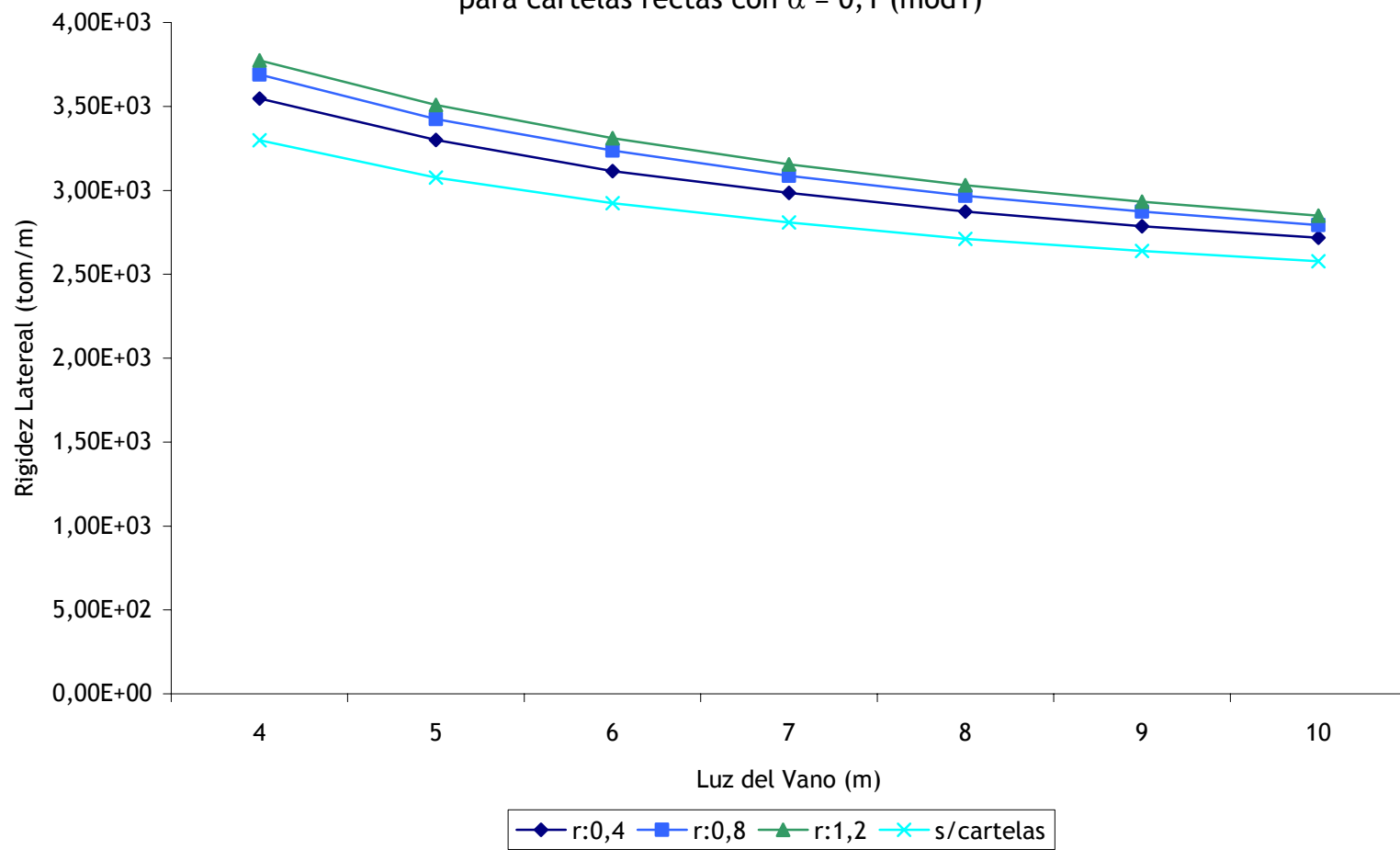
Cartelas Prismáticas		Altura entre piso 2,5 m					Momento en los nodos (Ton-m)	Desplazamiento Lateral (m)	Rigidez Lateral (Ton/m)	Rotacion nodos (rad)
cl	rh	Distancia del vano	Dimension Columna		Dimension Viga					
				Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)			
0,1	0,4	9	0,4	0,4	0,3	0,3	-0,271	3,45E-04	2,90E+03	-1,74E-04
	0,8						-0,294	3,31E-04	3,02E+03	-1,63E-04
	1,2						-0,304	3,25E-04	3,08E+03	-1,58E-04
0,2	0,4						-0,321	3,15E-04	3,17E+03	-1,50E-04
	0,8						-0,374	2,81E-04	3,56E+03	-1,22E-04
	1,2						-0,404	2,64E-04	3,79E+03	-1,09E-04
0,3	0,4						-0,353	2,94E-04	3,40E+03	-1,33E-04
	0,8						-0,44	2,42E-04	4,13E+03	-9,20E-05
	1,2						-0,488	2,14E-04	4,67E+03	-6,90E-05

**Pórtico Plano de un Vano con Vigas Acarteladas Prismáticas**

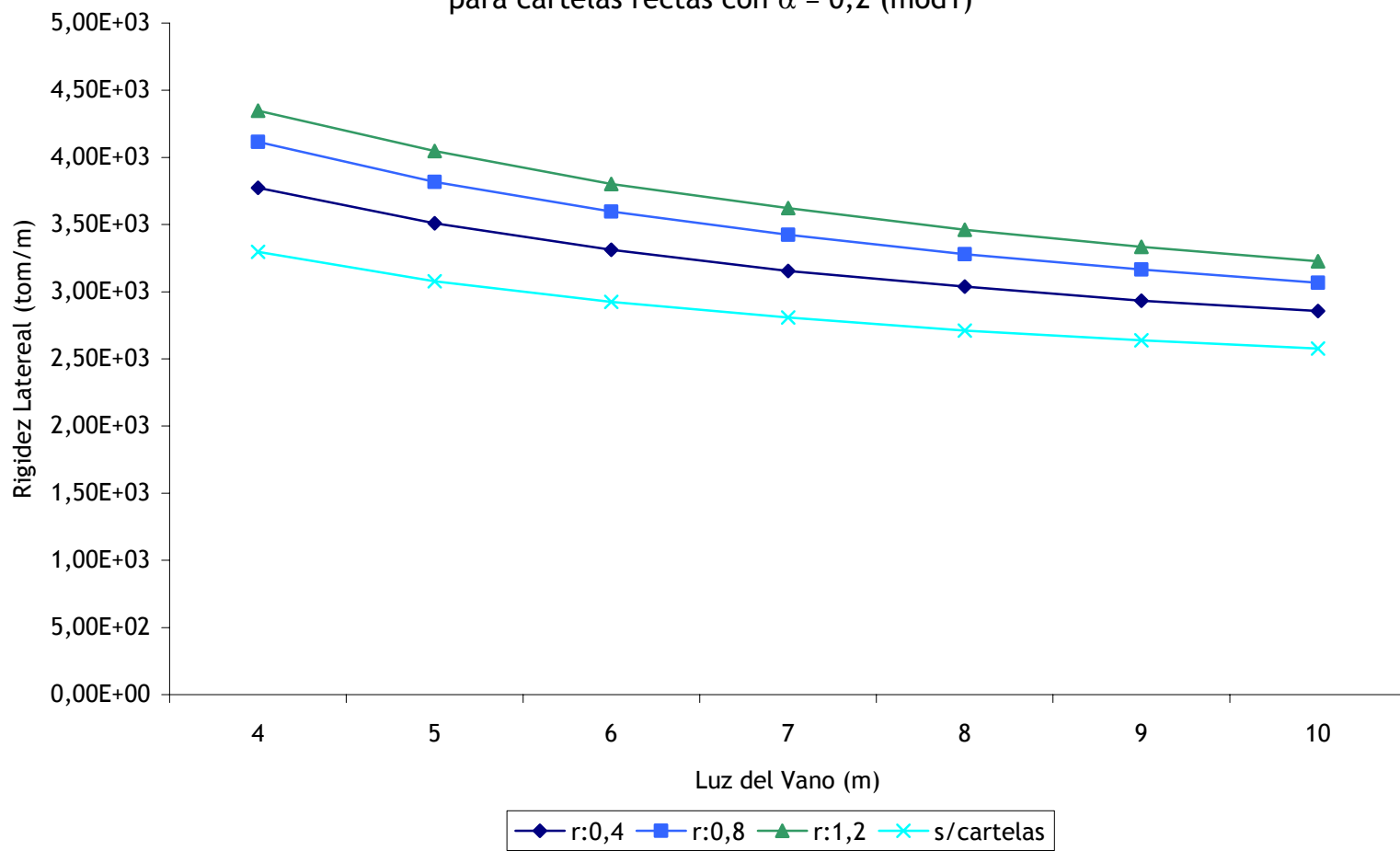
**Tabla 3.2.14**

Cartelas Prismáticas		Altura entre piso 2,5 m					Momento en los nodos (Ton-m)	Desplazamiento Lateral (m)	Rigidez Lateral (Ton/m)	Rotacion nodos (rad)
cl	rh	Distancia del vano	Dimension Columna		Dimension Viga					
				Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)			
0,1	0,4	10	0,4	0,4	0,3	0,3	-0,255	3,55E-04	2,82E+03	-1,82E-04
	0,8						-0,278	3,41E-04	2,93E+03	-1,71E-04
	1,2						-0,288	3,35E-04	2,99E+03	-1,66E-04
0,2	0,4						-0,305	3,25E-04	3,08E+03	-1,58E-04
	0,8						-0,359	2,91E-04	3,44E+03	-1,30E-04
	1,2						-0,387	2,73E-04	3,66E+03	-1,16E-04
0,3	0,4						-0,337	3,04E-04	3,29E+03	-1,41E-04
	0,8						-0,426	2,51E-04	3,98E+03	-9,90E-05
	1,2						-0,471	2,21E-04	4,52E+03	-7,40E-05

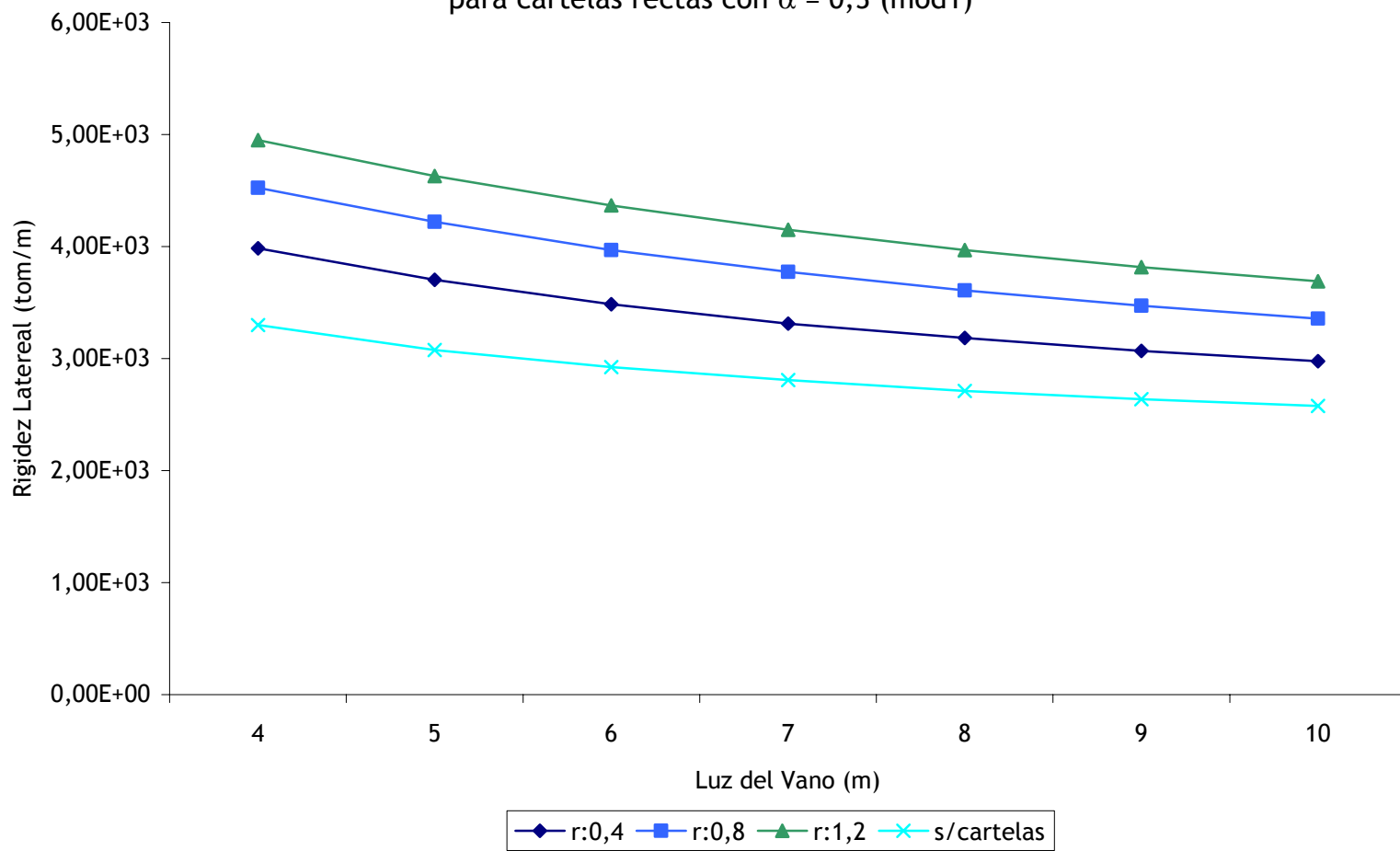
**Gráfico 2.3**  
**Rigidez Lateral Vs. Luz del Vano**  
para cartelas rectas con  $\alpha = 0,1$  (mod1)



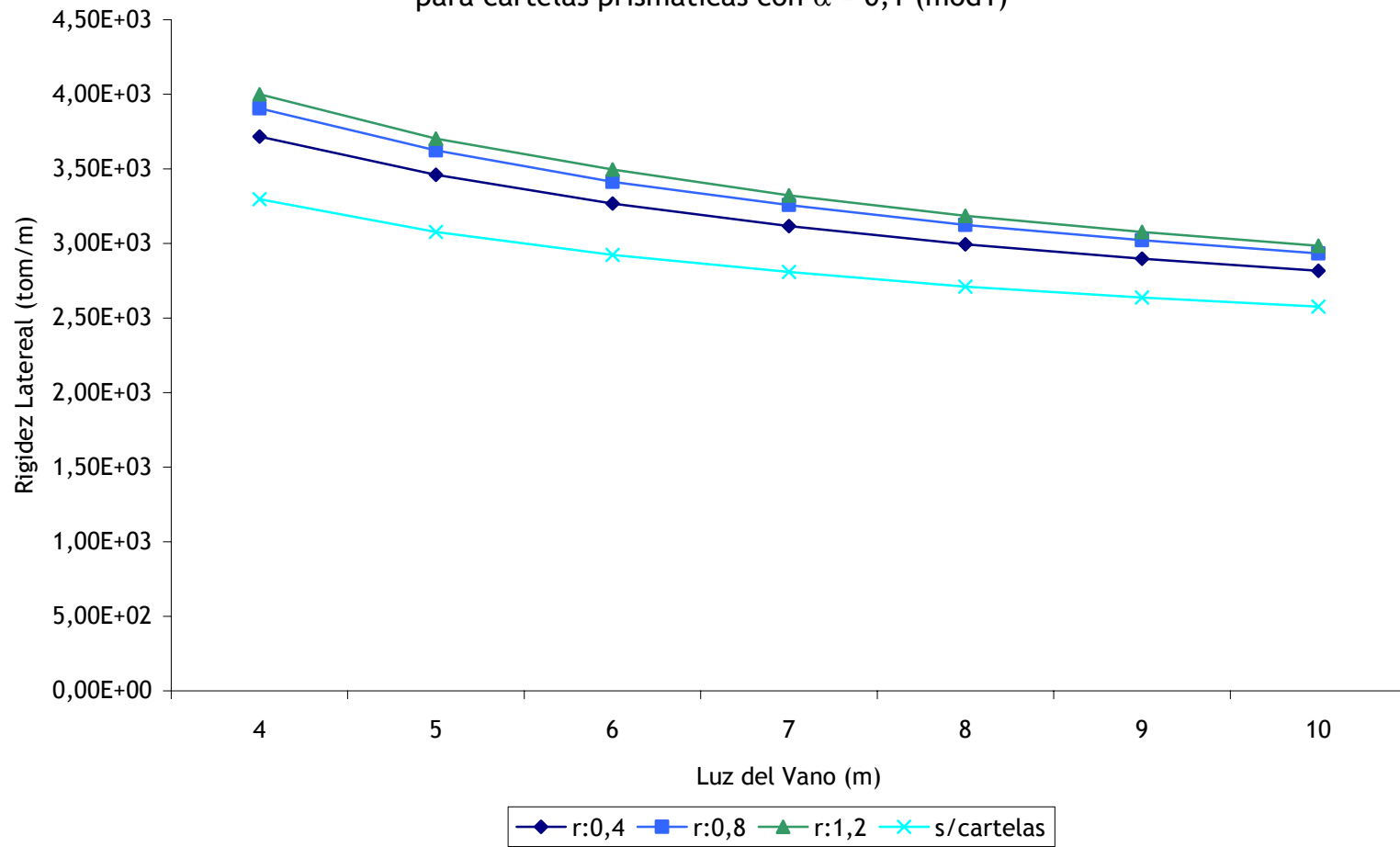
**Gráfico 2.4**  
**Rigidez Lateral Vs. Luz del Vano**  
para cartelas rectas con  $\alpha = 0,2$  (mod1)



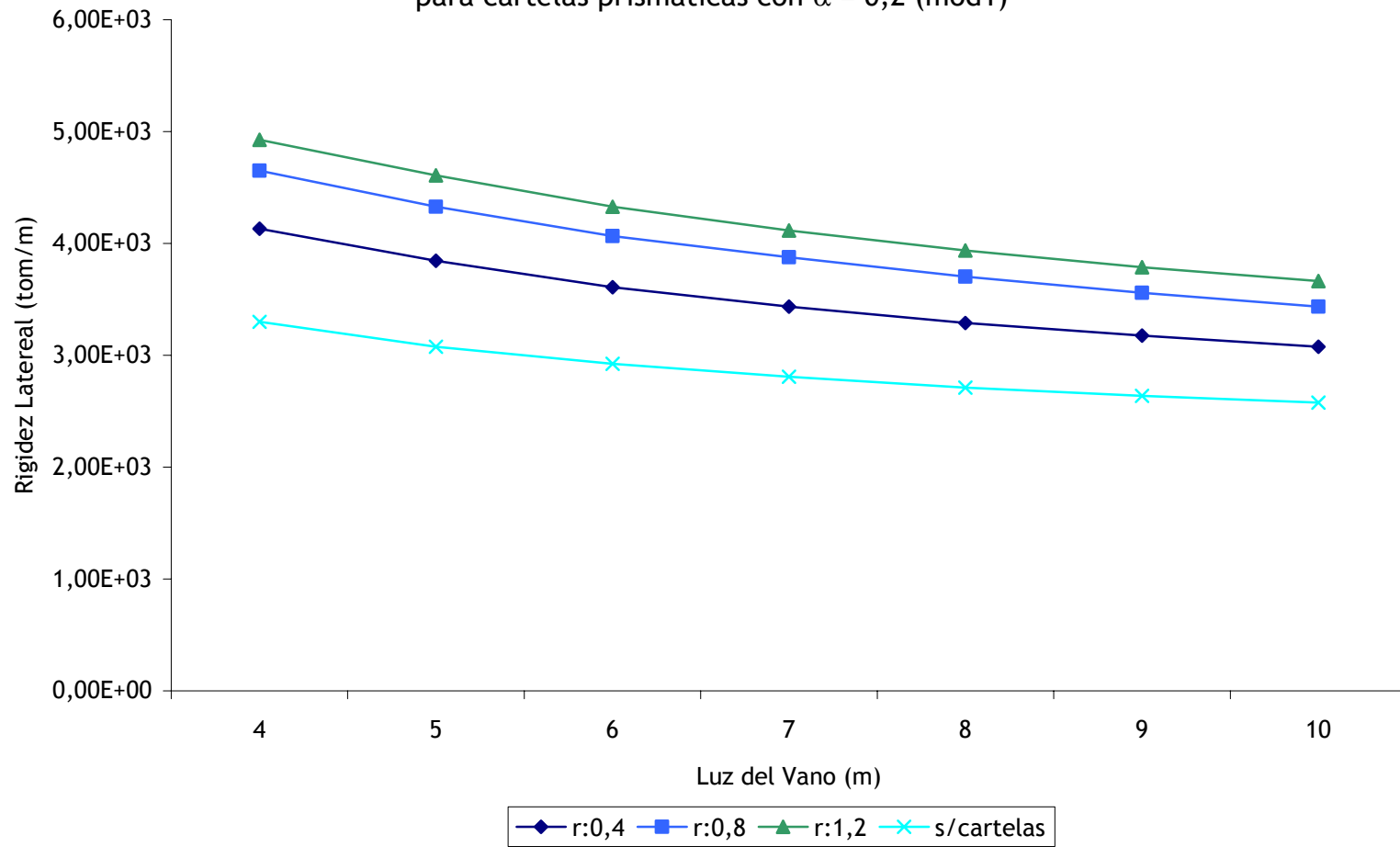
**Gráfico 2.5**  
**Rigidez Lateral Vs. Luz del Vano**  
para cartelas rectas con  $\alpha = 0,3$  (mod1)



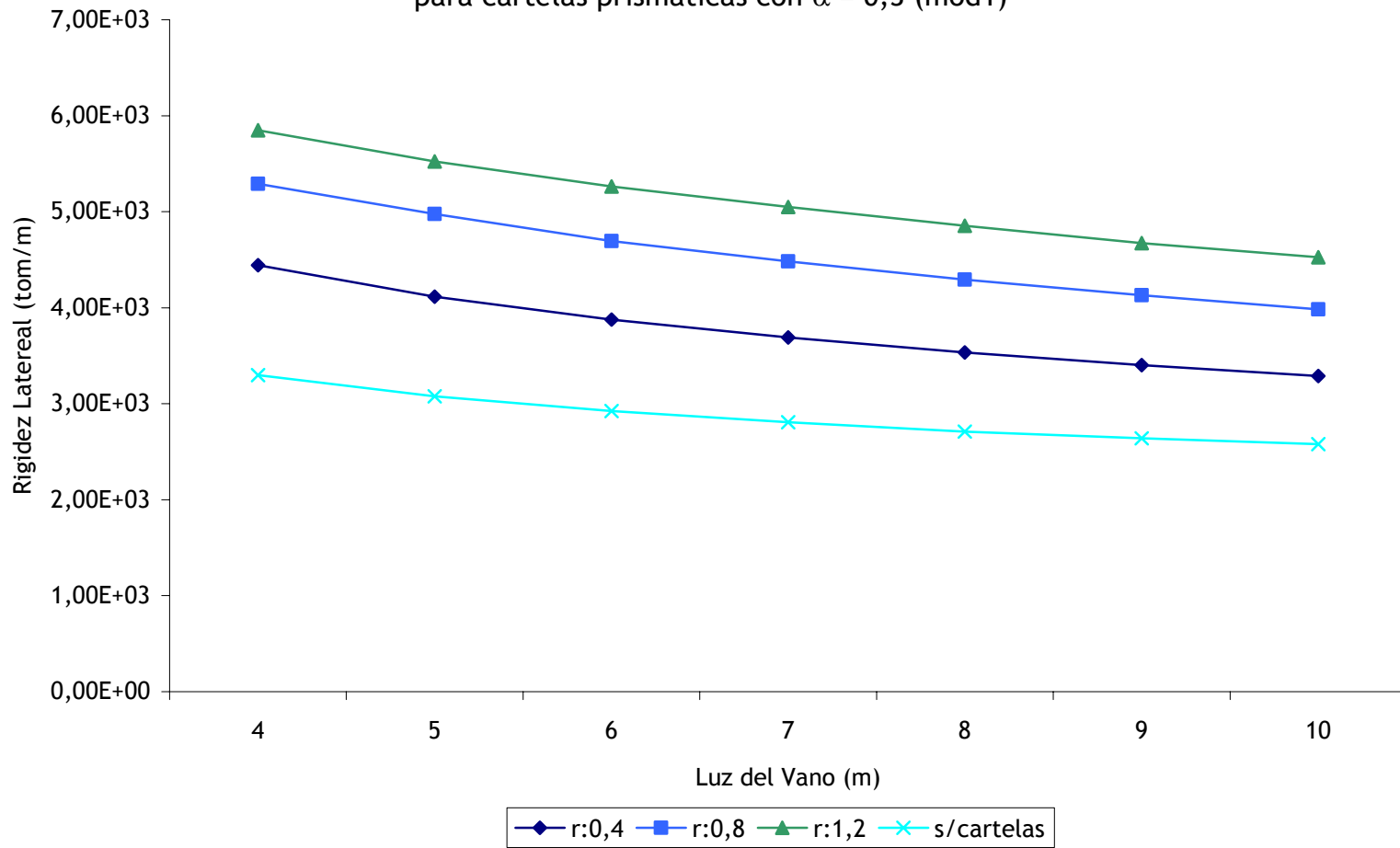
**Gráfico 2.6**  
**Rigidez Lateral Vs. Luz del Vano**  
para cartelas prismáticas con  $\alpha = 0,1$  (mod1)



**Gráfico 2.7**  
**Rigidez Lateral Vs. Luz del Vano**  
para cartelas prismáticas con  $\alpha = 0,2$  (mod1)



**Gráfico 2.8**  
**Rigidez Lateral Vs. Luz del Vano**  
para cartelas prismáticas con  $\alpha = 0,3$  (mod1)





**Pórtico Plano de un Vano sin Cartelas**

Carga Lateral Unitaria

Sin cartelas

**Tabla 3.3**

Distancia del vano (m)	Altura entrepiso (m)	MODELO 2				Desplazamiento Lateral (m)	Rigidez Lateral (Ton/m)	Momento en los nodos (Ton-m)	$\Sigma(lc/Lc)/(lv/Lv)$
		Dimension Columna		Dimension Viga					
		Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)				
4	2,5	0,4	0,6	0,3	0,3	1,22E-04	8,20E+03	-0,161	34,13
5						1,27E-04	7,91E+03	-0,137	42,67
6						1,30E-04	7,70E+03	-0,119	51,20
7						1,32E-04	7,55E+03	-0,105	59,73
8						1,35E-04	7,43E+03	-0,093	68,27
9						1,36E-04	7,35E+03	-0,084	76,80
10						1,37E-04	7,27E+03	-0,077	85,33

**Pórtico Plano de un Vano con Vigas Acarteladas Rectas**

**Tabla 3.3.1**

Cartelas Rectas		Altura entre piso 2,5 m					Momento en los nodos (Ton-m)	Desplazamiento Lateral (m)	Rigidez Lateral (Ton/m)	Rotacion nodos (rad)
cl	rh	Distancia del vano (m)	Dimension Columna		Dimension Viga					
			Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)				
0,1	0,4	4	0,4	0,6	0,3	0,3	-0,19	1,17E-04	8,55E+03	-6,30E-05
	0,8						-0,207	1,14E-04	8,77E+03	-6,10E-05
	1,2						-0,216	1,12E-04	8,93E+03	-5,90E-05
0,2	0,4						-0,217	1,12E-04	8,93E+03	-5,90E-05
	0,8						-0,256	1,05E-04	9,52E+03	-5,40E-05
	1,2						-0,281	1,00E-04	1,00E+04	-5,00E-05
0,3	0,4						-0,241	1,08E-04	9,26E+03	-5,60E-05
	0,8						-0,3	9,70E-05	1,03E+04	-4,70E-05
	1,2						-0,349	8,90E-05	1,12E+04	-4,10E-05

**Pórtico Plano de un Vano con Vigas Acarteladas Rectas**

**Tabla 3.3.2**

Cartelas Rectas		Altura entre piso 2,5 m					Momento en los nodos (Ton-m)	Desplazamiento Lateral (m)	Rigidez Lateral (Ton/m)	Rotacion nodos (rad)
cl	rh	Distancia del vano (m)	Dimension Columna		Dimension Viga					
			Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)				
0,1	0,4	5	0,4	0,6	0,3	0,3	-0,162	1,22E-04	8,20E+03	-6,70E-05
	0,8						-0,177	1,19E-04	8,40E+03	-6,50E-05
	1,2						-0,187	1,18E-04	8,47E+03	-6,40E-05
0,2	0,4						-0,188	1,17E-04	8,55E+03	-6,40E-05
	0,8						-0,224	1,11E-04	9,01E+03	-5,90E-05
	1,2						-0,248	1,06E-04	9,43E+03	-5,50E-05
0,3	0,4						-0,21	1,14E-04	8,77E+03	-6,10E-05
	0,8						-0,265	1,03E-04	9,71E+03	-5,20E-05
	1,2						-0,313	9,50E-05	1,05E+04	-4,60E-05

**Pórtico Plano de un Vano con Vigas Acarteladas Rectas**

**Tabla 3.3.3**

Cartelas Rectas		Altura entre piso 2,5 m					Momento en los nodos (Ton-m)	Desplazamiento Lateral (m)	Rigidez Lateral (Ton/m)	Rotacion nodos (rad)
cl	rh	Distancia del vano (m)	Dimension Columna		Dimension Viga					
			Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)				
0,1	0,4	6	0,4	0,6	0,3	0,3	-0,141	1,26E-04	7,96E+03	-7,00E-05
	0,8						-0,154	1,23E-04	8,11E+03	-6,80E-05
	1,2						-0,163	1,22E-04	8,22E+03	-6,70E-05
0,2	0,4						-0,164	1,22E-04	8,20E+03	-6,70E-05
	0,8						-0,196	1,16E-04	8,62E+03	-6,20E-05
	1,2						-0,221	1,11E-04	9,01E+03	-5,90E-05
0,3	0,4						-0,183	1,18E-04	8,47E+03	-6,40E-05
	0,8						-0,238	1,08E-04	9,26E+03	-5,60E-05
	1,2						-0,283	1,00E-04	1,00E+04	-5,00E-05

**Pórtico Plano de un Vano con Vigas Acarteladas Rectas**

**Tabla 3.3.4**

Cartelas Rectas		Altura entre piso 2,5 m					Momento en los nodos (Ton-m)	Desplazamiento Lateral (m)	Rigidez Lateral (Ton/m)	Rotacion nodos (rad)
cl	rh	Distancia del vano (m)	Dimension Columna		Dimension Viga					
			Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)				
0,1	0,4	7	0,4	0,6	0,3	0,3	-0,126	1,29E-04	7,77E+03	-7,30E-05
	0,8						-0,138	1,26E-04	7,91E+03	-7,10E-05
	1,2						-0,146	1,25E-04	8,00E+03	-7,00E-05
0,2	0,4						-0,147	1,25E-04	8,00E+03	-7,00E-05
	0,8						-0,176	1,19E-04	8,40E+03	-6,50E-05
	1,2						-0,199	1,15E-04	8,70E+03	-6,20E-05
0,3	0,4						-0,164	1,22E-04	8,20E+03	-6,70E-05
	0,8						-0,215	1,12E-04	8,93E+03	-5,90E-05
	1,2						-0,257	1,04E-04	9,62E+03	-5,30E-05

**Pórtico Plano de un Vano con Vigas Acarteladas Rectas**

**Tabla 3.3.5**

Cartelas Rectas		Altura entre piso 2,5 m					Momento en los nodos (Ton-m)	Desplazamiento Lateral (m)	Rigidez Lateral (Ton/m)	Rotacion nodos (rad)
cl	rh	Distancia del vano (m)	Dimension Columna		Dimension Viga					
			Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)				
0,1	0,4	8	0,4	0,6	0,3	0,3	-0,113	1,31E-04	7,63E+03	-7,50E-05
	0,8						-0,124	1,29E-04	7,75E+03	-7,30E-05
	1,2						-0,132	1,28E-04	7,81E+03	-7,20E-05
0,2	0,4						-0,132	1,28E-04	7,81E+03	-7,20E-05
	0,8						-0,161	1,22E-04	8,20E+03	-6,80E-05
	1,2						-0,18	1,18E-04	8,47E+03	-6,40E-05
0,3	0,4						-0,148	1,24E-04	8,06E+03	-6,90E-05
	0,8						-0,198	1,15E-04	8,70E+03	-6,20E-05
	1,2						-0,238	1,08E-04	9,26E+03	-5,60E-05

**Pórtico Plano de un Vano con Vigas Acarteladas Rectas**

**Tabla 3.3.6**

Cartelas Rectas		Altura entre piso 2,5 m					Momento en los nodos (Ton-m)	Desplazamiento Lateral (m)	Rigidez Lateral (Ton/m)	Rotacion nodos (rad)
al	rh	Distancia del vano (m)	Dimension Columna		Dimension Viga					
				Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)			
0,1	0,4	9	0,4	0,6	0,3	0,3	-0,102	1,33E-04	7,52E+03	-7,60E-05
	0,8						-0,112	1,31E-04	7,63E+03	-7,40E-05
	1,2						-0,118	1,30E-04	7,69E+03	-7,30E-05
0,2	0,4						-0,119	1,30E-04	7,69E+03	-7,30E-05
	0,8						-0,147	1,25E-04	8,00E+03	-7,00E-05
	1,2						-0,167	1,21E-04	8,26E+03	-6,70E-05
0,3	0,4						-0,135	1,27E-04	7,87E+03	-7,10E-05
	0,8						-0,181	1,18E-04	8,47E+03	-6,40E-05
	1,2						-0,223	1,11E-04	9,01E+03	-5,90E-05

**Pórtico Plano de un Vano con Vigas Acarteladas Rectas**

**Tabla 3.3.7**

Cartelas Rectas		Altura entre piso 2,5 m					Momento en los nodos (Ton-m)	Desplazamiento Lateral (m)	Rigidez Lateral (Ton/m)	Rotacion nodos (rad)
al	rh	Distancia del vano (m)	Dimension Columna		Dimension Viga					
				Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)			
0,1	0,4	10	0,4	0,6	0,3	0,3	-0,093	1,35E-04	7,43E+03	-7,70E-05
	0,8						-0,103	1,33E-04	7,54E+03	-7,60E-05
	1,2						-0,109	1,32E-04	7,58E+03	-7,50E-05
0,2	0,4						-0,11	1,31E-04	7,63E+03	-7,50E-05
	0,8						-0,135	1,27E-04	7,87E+03	-7,10E-05
	1,2						-0,153	1,23E-04	8,13E+03	-6,80E-05
0,3	0,4						-0,125	1,29E-04	7,75E+03	-7,30E-05
	0,8						-0,168	1,21E-04	8,26E+03	-6,60E-05
	1,2						-0,207	1,14E-04	8,77E+03	-6,10E-05

**Pórtico Plano de un Vano con Vigas Acarteladas Prismáticas**

**Tabla 3.3.8**

Cartelas Prismáticas		Altura entre piso 2,5 m					Momento en los nodos (Ton-m)	Desplazamiento Lateral (m)	Rigidez Lateral (Ton/m)	Rotacion nodos (rad)
al	rh	Distancia del vano	Dimension Columna		Dimension Viga					
				Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)			
0,1	0,4	4	0,4	0,6	0,3	0,3	-0,21	1,13E-04	8,85E+03	-6,00E-05
	0,8						-0,231	1,09E-04	9,17E+03	-5,70E-05
	1,2						-0,243	1,08E-04	9,26E+03	-5,60E-05
0,2	0,4						-0,255	1,05E-04	9,52E+03	-5,30E-05
	0,8						-0,31	9,50E-05	1,05E+04	-4,50E-05
	1,2						-0,342	8,90E-05	1,12E+04	-4,10E-05
0,3	0,4						-0,292	9,90E-05	1,01E+04	-4,90E-05
	0,8						-0,377	8,20E-05	1,22E+04	-3,50E-05
	1,2						-0,43	7,20E-05	1,39E+04	-2,70E-05

**Pórtico Plano de un Vano con Vigas Acarteladas Prismáticas**

**Tabla 3.3.9**

Cartelas Prismáticas		Altura entre piso 2,5 m					Momento en los nodos (Ton-m)	Desplazamiento Lateral (m)	Rigidez Lateral (Ton/m)	Rotacion nodos (rad)
al	rh	Distancia del vano	Dimension Columna		Dimension Viga					
			Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)				
0,1	0,4	5	0,4	0,6	0,3	0,3	-0,182	1,19E-04	8,40E+03	-6,50E-05
	0,8						-0,201	1,15E-04	8,70E+03	-6,20E-05
	1,2						-0,208	1,13E-04	8,85E+03	-6,00E-05
0,2	0,4						-0,224	1,11E-04	9,01E+03	-5,80E-05
	0,8						-0,276	1,01E-04	9,90E+03	-5,00E-05
	1,2						-0,307	9,60E-05	1,04E+04	-4,60E-05
0,3	0,4						-0,258	1,05E-04	9,52E+03	-5,40E-05
	0,8						-0,347	8,80E-05	1,14E+04	-4,00E-05
	1,2						-0,407	7,80E-05	1,28E+04	-3,20E-05

**Pórtico Plano de un Vano con Vigas Acarteladas Prismáticas**

**Tabla 3.3.10**

Cartelas Prismáticas		Altura entre piso 2,5 m					Momento en los nodos (Ton-m)	Desplazamiento Lateral (m)	Rigidez Lateral (Ton/m)	Rotacion nodos (rad)
al	rh	Distancia del vano	Dimension Columna		Dimension Viga					
			Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)				
0,1	0,4	6	0,4	0,6	0,3	0,3	-0,159	1,23E-04	8,13E+03	-6,80E-05
	0,8						-0,176	1,19E-04	8,40E+03	-6,50E-05
	1,2						-0,185	1,18E-04	8,47E+03	-6,40E-05
0,2	0,4						-0,199	1,15E-04	8,70E+03	-6,20E-05
	0,8						-0,248	1,06E-04	9,43E+03	-5,40E-05
	1,2						-0,278	1,01E-04	9,90E+03	-5,00E-05
0,3	0,4						-0,231	1,10E-04	9,09E+03	-5,80E-05
	0,8						-0,316	9,30E-05	1,08E+04	-4,40E-05
	1,2						-0,382	8,30E-05	1,20E+04	-3,60E-05

**Pórtico Plano de un Vano con Vigas Acarteladas Prismáticas**

**Tabla 3.3.11**

Cartelas Prismáticas		Altura entre piso 2,5 m					Momento en los nodos (Ton-m)	Desplazamiento Lateral (m)	Rigidez Lateral (Ton/m)	Rotacion nodos (rad)
al	rh	Distancia del vano	Dimension Columna		Dimension Viga					
			Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)				
0,1	0,4	7	0,4	0,6	0,3	0,3	-0,14	1,26E-04	7,94E+03	-7,00E-05
	0,8						-0,158	1,23E-04	8,13E+03	-6,80E-05
	1,2						-0,166	1,21E-04	8,26E+03	-6,70E-05
0,2	0,4						-0,179	1,19E-04	8,40E+03	-6,50E-05
	0,8						-0,229	1,10E-04	9,09E+03	-5,80E-05
	1,2						-0,258	1,05E-04	9,52E+03	-5,40E-05
0,3	0,4						-0,208	1,14E-04	8,77E+03	-6,10E-05
	0,8						-0,295	9,80E-05	1,02E+04	-4,80E-05
	1,2						-0,355	8,70E-05	1,15E+04	-3,90E-05

**Pórtico Plano de un Vano con Vigas Acarteladas Prismáticas**

**Tabla 3.3.12**

Cartelas Prismáticas		Altura entre piso 2,5 m					Momento en los nodos (Ton-m)	Desplazamiento Lateral (m)	Rigidez Lateral (Ton/m)	Rotacion nodos (rad)
al	rh	Distancia del vano	Dimension Columna		Dimension Viga					
				Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)			
0,1	0,4	8	0,4	0,6	0,3	0,3	-0,126	1,28E-04	7,81E+03	-7,20E-05
	0,8						-0,142	1,26E-04	7,94E+03	-7,00E-05
	1,2						-0,15	1,24E-04	8,06E+03	-6,90E-05
0,2	0,4						-0,161	1,22E-04	8,20E+03	-6,70E-05
	0,8						-0,21	1,14E-04	8,77E+03	-6,10E-05
	1,2						-0,238	1,09E-04	9,17E+03	-5,70E-05
0,3	0,4						-0,188	1,17E-04	8,55E+03	-6,30E-05
	0,8						-0,275	1,02E-04	9,80E+03	-5,10E-05
	1,2						-0,334	9,10E-05	1,10E+04	-4,20E-05

**Pórtico Plano de un Vano con Vigas Acarteladas Prismáticas**

**Tabla 3.3.13**

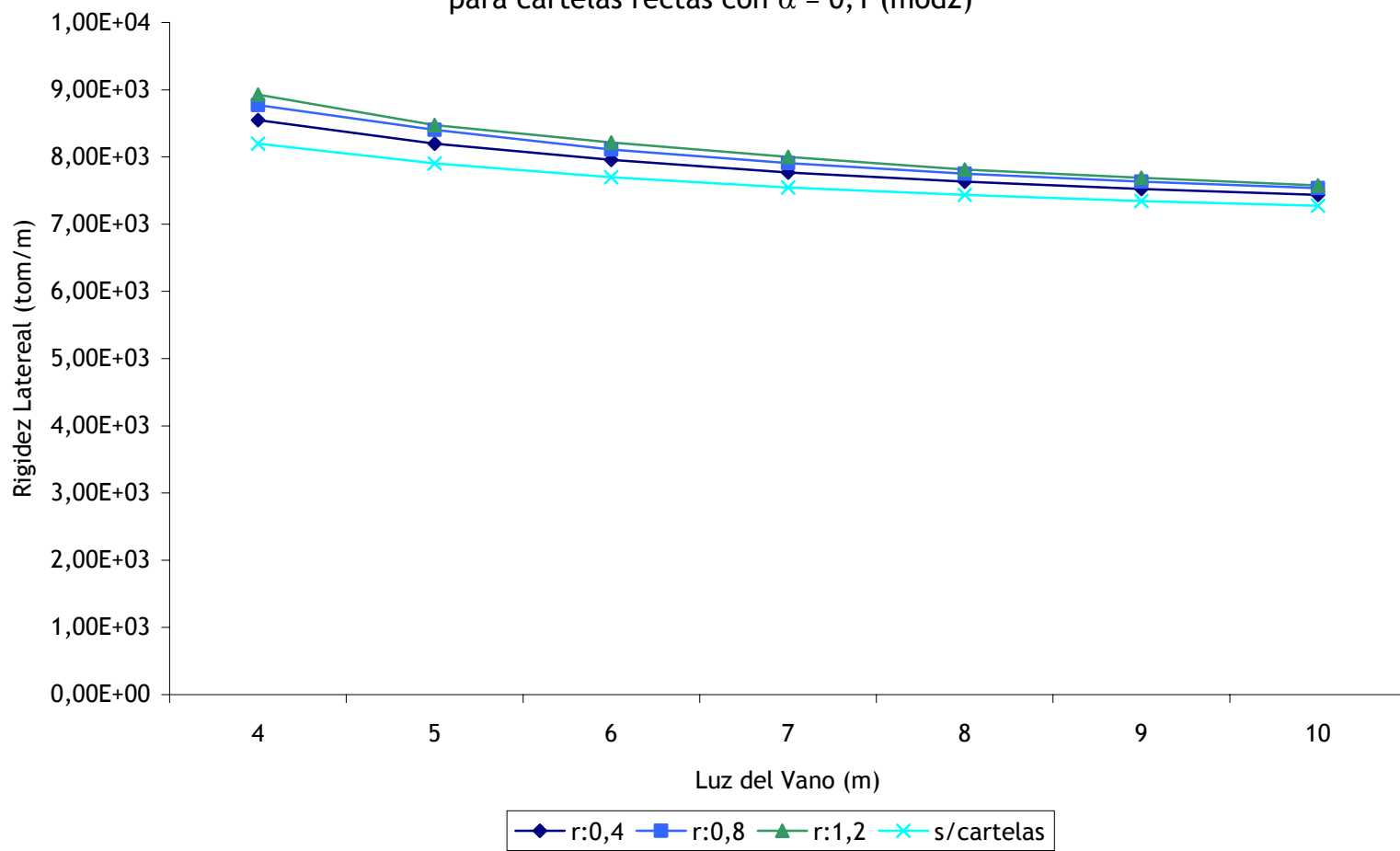
Cartelas Prismáticas		Altura entre piso 2,5 m					Momento en los nodos (Ton-m)	Desplazamiento Lateral (m)	Rigidez Lateral (Ton/m)	Rotacion nodos (rad)
al	rh	Distancia del vano	Dimension Columna		Dimension Viga					
				Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)			
0,1	0,4	9	0,4	0,6	0,3	0,3	-0,115	1,31E-04	7,66E+03	-7,40E-05
	0,8						-0,13	1,28E-04	7,82E+03	-7,20E-05
	1,2						-0,137	1,27E-04	7,87E+03	-7,10E-05
0,2	0,4						-0,148	1,25E-04	8,00E+03	-6,90E-05
	0,8						-0,193	1,16E-04	8,62E+03	-6,30E-05
	1,2						-0,219	1,12E-04	8,93E+03	-5,90E-05
0,3	0,4						-0,175	1,20E-04	8,33E+03	-6,60E-05
	0,8						-0,258	1,05E-04	9,52E+03	-5,40E-05
	1,2						-0,318	9,40E-05	1,06E+04	-4,50E-05

**Pórtico Plano de un Vano con Vigas Acarteladas Prismáticas**

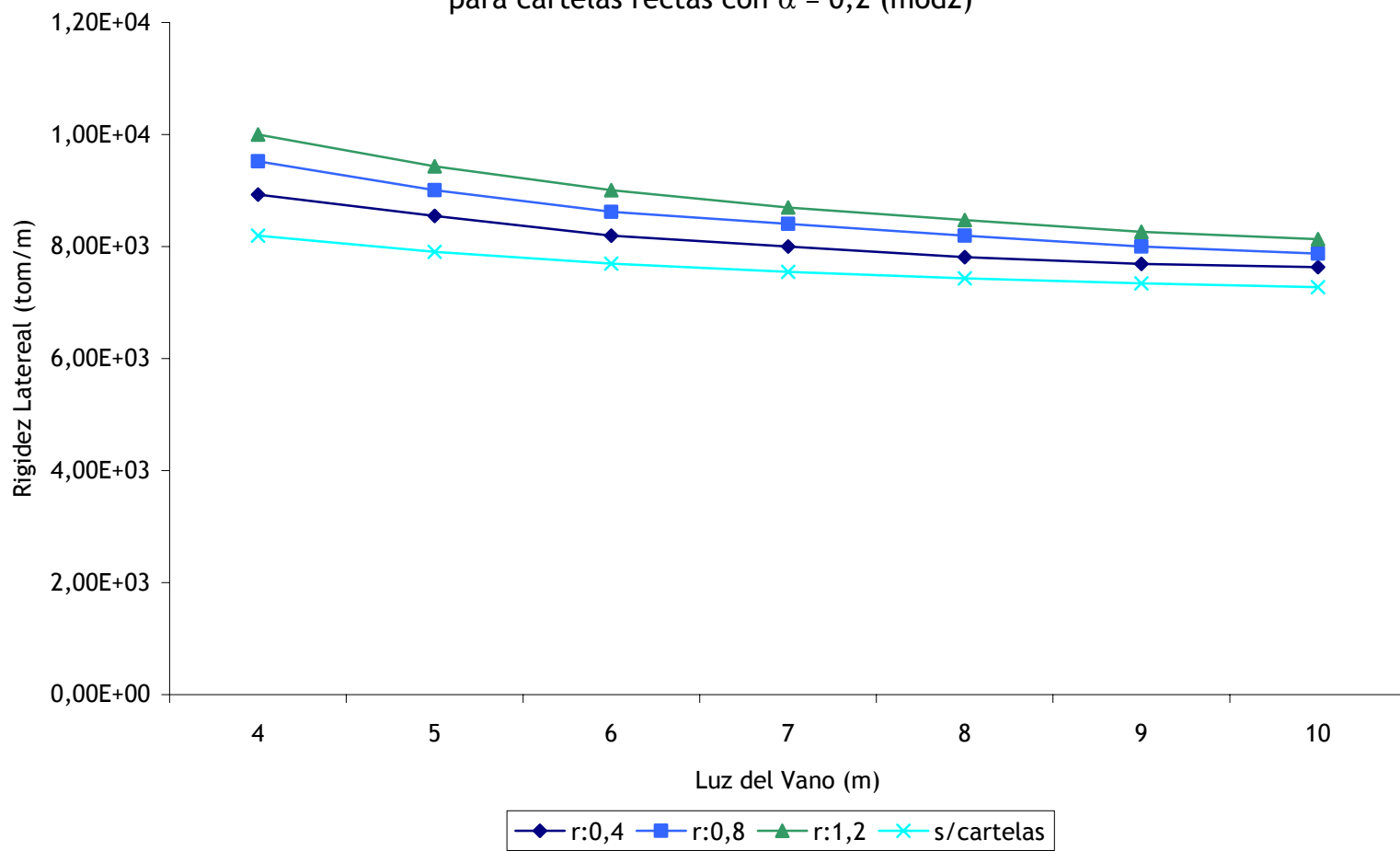
**Tabla 3.3.14**

Cartelas Prismáticas		Altura entre piso 2,5 m					Momento en los nodos (Ton-m)	Desplazamiento Lateral (m)	Rigidez Lateral (Ton/m)	Rotacion nodos (rad)
al	rh	Distancia del vano	Dimension Columna		Dimension Viga					
				Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)			
0,1	0,4	10	0,4	0,6	0,3	0,3	-0,107	1,32E-04	7,56E+03	-7,60E-05
	0,8						-0,12	1,30E-04	7,69E+03	-7,40E-05
	1,2						-0,127	1,29E-04	7,75E+03	-7,30E-05
0,2	0,4						-0,137	1,27E-04	7,87E+03	-7,10E-05
	0,8						-0,179	1,19E-04	8,40E+03	-6,50E-05
	1,2						-0,204	1,14E-04	8,77E+03	-6,10E-05
0,3	0,4						-0,16	1,22E-04	8,20E+03	-6,70E-05
	0,8						-0,241	1,08E-04	9,26E+03	-5,60E-05
	1,2						-0,299	9,70E-05	1,03E+04	-4,70E-05

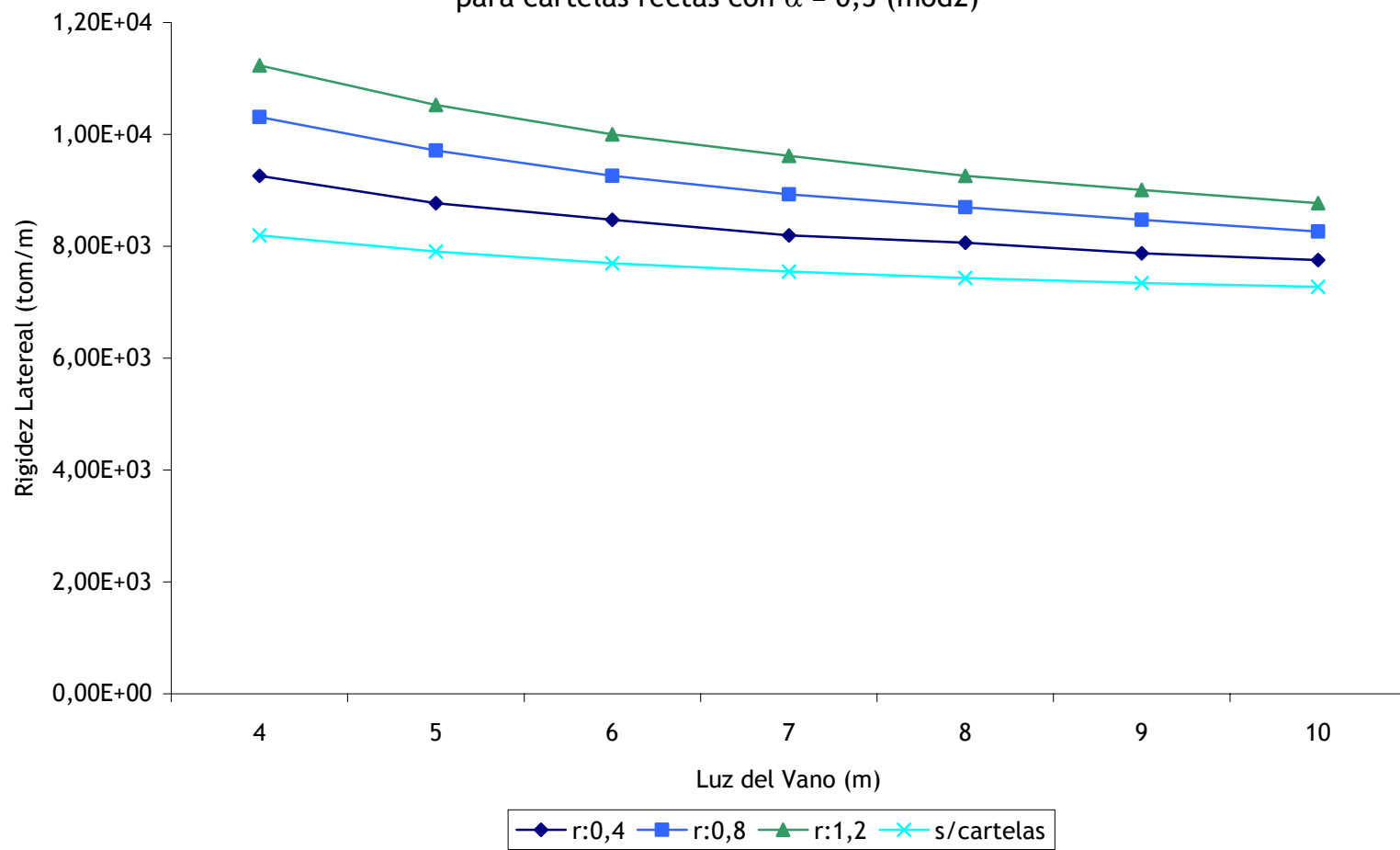
**Gráfico 2.9**  
**Rigidez Lateral Vs. Luz del Vano**  
para cartelas rectas con  $\alpha = 0,1$  (mod2)



**Gráfico 2.10**  
**Rigidez Lateral Vs. Luz del Vano**  
para cartelas rectas con  $\alpha = 0,2$  (mod2)

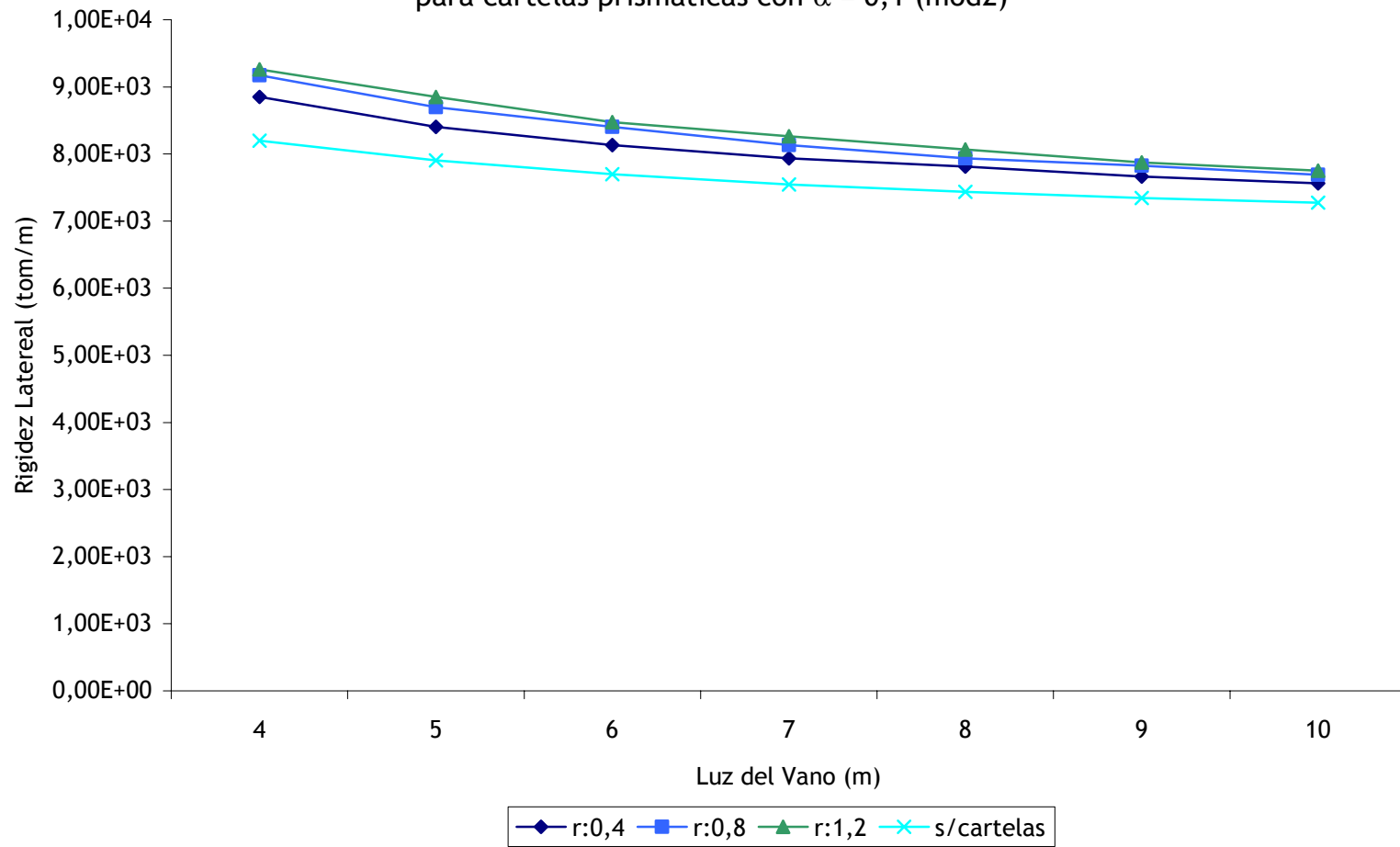


**Gráfico 2.11**  
**Rigidez Lateral Vs. Luz del Vano**  
para cartelas rectas con  $\alpha = 0,3$  (mod2)

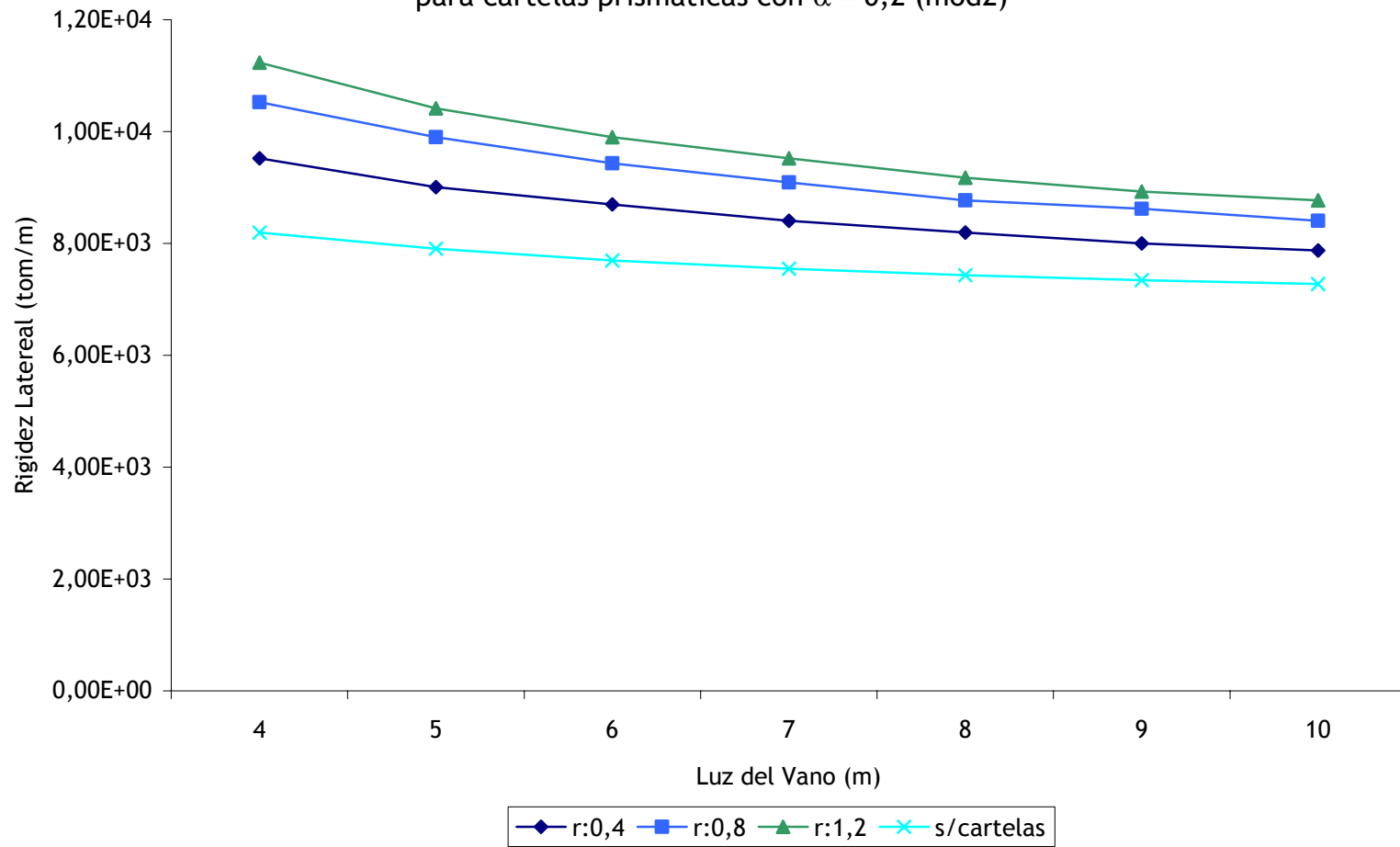




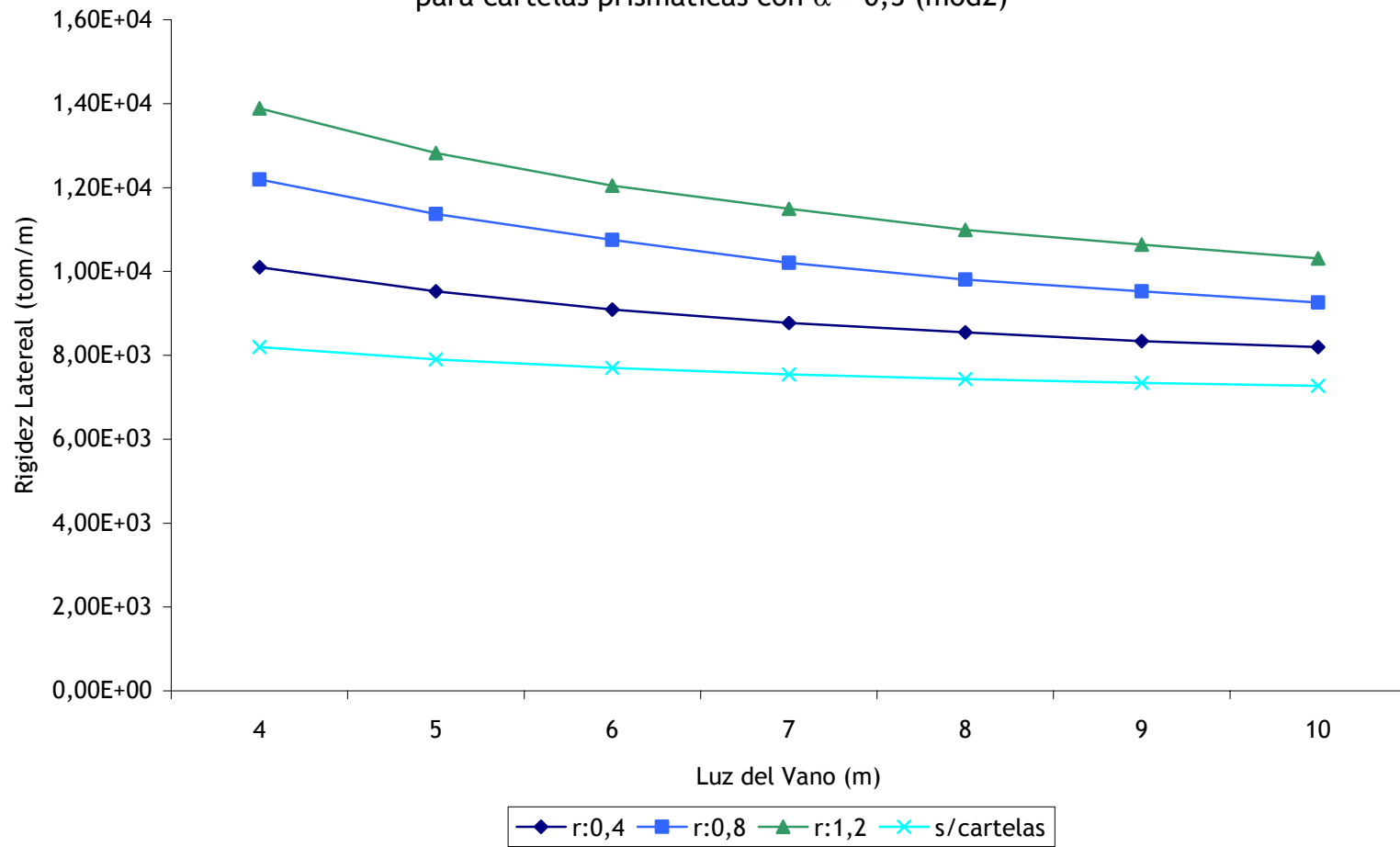
**Gráfico 2.12**  
**Rigidez Lateral Vs. Luz del Vano**  
para cartelas prismáticas con  $\alpha = 0,1$  (mod2)



**Gráfico 2.13**  
**Rigidez Lateral Vs. Luz del Vano**  
para cartelas prismáticas con  $\alpha = 0,2$  (mod2)



**Gráfico 2.14**  
**Rigidez Lateral Vs. Luz del Vano**  
para cartelas prismáticas con  $\alpha = 0,3$  (mod2)



**Pórtico Plano de un Vano sin Cartelas**

Carga Lateral Unitaria

Sin cartelas

**Tabla 3.4**

Distancia del vano (m)	Altura entrepiso (m)	MODELO 3				Desplazamiento Lateral (m)	Rigidez Lateral (Ton/m)	Momento en los nodos (Ton-m)	$\Sigma(Ic/Lc)/(Iv/Lv)$
		Dimension Columna		Dimension Viga					
		Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)				
4	2,5	0,4	0,8	0,3	0,3	5,77E-05	1,73E+04	-0,079	80,91
5						5,88E-05	1,70E+04	-0,065	101,14
6						5,96E-05	1,68E+04	-0,056	121,36
7						6,02E-05	1,66E+04	-0,048	141,59
8						6,06E-05	1,65E+04	-0,043	161,82
9						6,10E-05	1,64E+04	-0,038	182,04
10						6,12E-05	1,63E+04	-0,034	202,27

**Pórtico Plano de un Vano con Vigas Acarteladas Rectas**

**Tabla 3.4.1**

Cartelas Rectas		Altura entre piso 2,5 m					Momento en los nodos (Ton-m)	Desplazamiento Lateral (m)	Rigidez Lateral (Ton/m)	Rotacion nodos (rad)
cl	rh	Distancia del vano (m)	Dimension Columna		Dimension Viga					
			Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)				
0,1	0,4	4	0,4	0,8	0,3	0,3	-0,096	5,64E-05	1,77E+04	-3,20E-05
	0,8						-0,109	5,56E-05	1,80E+04	-3,20E-05
	1,2						-0,113	5,50E-05	1,82E+04	-3,10E-05
0,2	0,4						-0,114	5,50E-05	1,82E+04	-3,10E-05
	0,8						-0,142	5,30E-05	1,89E+04	-3,00E-05
	1,2						-0,157	5,20E-05	1,92E+04	-2,80E-05
0,3	0,4						-0,129	5,40E-05	1,85E+04	-3,00E-05
	0,8						-0,179	5,00E-05	2,00E+04	-2,80E-05
	1,2						-0,212	4,70E-05	2,13E+04	-2,50E-05

**Pórtico Plano de un Vano con Vigas Acarteladas Rectas**

**Tabla 3.4.2**

Cartelas Rectas		Altura entre piso 2,5 m					Momento en los nodos (Ton-m)	Desplazamiento Lateral (m)	Rigidez Lateral (Ton/m)	Rotacion nodos (rad)
cl	rh	Distancia del vano (m)	Dimension Columna		Dimension Viga					
			Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)				
0,1	0,4	5	0,4	0,8	0,3	0,3	-0,079	5,77E-05	1,73E+04	-3,30E-05
	0,8						-0,089	5,70E-05	1,75E+04	-3,30E-05
	1,2						-0,096	5,66E-05	1,77E+04	-3,30E-05
0,2	0,4						-0,094	5,66E-05	1,77E+04	-3,20E-05
	0,8						-0,117	5,50E-05	1,82E+04	-3,10E-05
	1,2						-0,135	5,40E-05	1,85E+04	-3,00E-05
0,3	0,4						-0,11	5,60E-05	1,79E+04	-3,20E-05
	0,8						-0,148	5,20E-05	1,92E+04	-2,90E-05
	1,2						-0,184	5,00E-05	2,00E+04	-2,70E-05

**Pórtico Plano de un Vano con Vigas Acarteladas Rectas**

**Tabla 3.4.3**

Cartelas Rectas		Altura entre piso 2,5 m					Momento en los nodos (Ton-m)	Desplazamiento Lateral (m)	Rigidez Lateral (Ton/m)	Rotacion nodos (rad)
cl	rh	Distancia del vano (m)	Dimension Columna		Dimension Viga					
			Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)				
0,1	0,4	6	0,4	0,8	0,3	0,3	0,068	5,86E-05	1,71E+04	-3,40E-05
	0,8						-0,077	5,81E-05	1,72E+04	-3,40E-05
	1,2						-0,08	5,77E-05	1,73E+04	-3,30E-05
0,2	0,4						-0,081	5,76E-05	1,73E+04	-3,30E-05
	0,8						-0,101	5,61E-05	1,78E+04	-3,20E-05
	1,2						-0,116	5,49E-05	1,82E+04	-3,10E-05
0,3	0,4						-0,094	5,67E-05	1,76E+04	-3,30E-05
	0,8						-0,127	5,40E-05	1,85E+04	-3,00E-05
	1,2						-0,159	5,15E-05	1,94E+04	-2,80E-05

**Pórtico Plano de un Vano con Vigas Acarteladas Rectas**

**Tabla 3.4.4**

Cartelas Rectas		Altura entre piso 2,5 m					Momento en los nodos (Ton-m)	Desplazamiento Lateral (m)	Rigidez Lateral (Ton/m)	Rotacion nodos (rad)
cl	rh	Distancia del vano (m)	Dimension Columna		Dimension Viga					
			Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)				
0,1	0,4	7	0,4	0,8	0,3	0,3	-0,06	5,93E-05	1,69E+04	-3,50E-05
	0,8						-0,066	5,88E-05	1,70E+04	-3,40E-05
	1,2						-0,071	5,85E-05	1,71E+04	-3,40E-05
0,2	0,4						-0,071	5,84E-05	1,71E+04	-3,40E-05
	0,8						-0,089	5,71E-05	1,75E+04	-3,30E-05
	1,2						-0,103	5,60E-05	1,79E+04	-3,20E-05
0,3	0,4						-0,081	5,76E-05	1,74E+04	-3,30E-05
	0,8						-0,113	5,51E-05	1,81E+04	-3,10E-05
	1,2						-0,146	5,29E-05	1,89E+04	-3,00E-05

**Pórtico Plano de un Vano con Vigas Acarteladas Rectas**

**Tabla 3.4.5**

Cartelas Rectas		Altura entre piso 2,5 m					Momento en los nodos (Ton-m)	Desplazamiento Lateral (m)	Rigidez Lateral (Ton/m)	Rotacion nodos (rad)
cl	rh	Distancia del vano (m)	Dimension Columna		Dimension Viga					
			Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)				
0,1	0,4	8	0,4	0,8	0,3	0,3	-0,052	5,98E-05	1,67E+04	-3,50E-05
	0,8						-0,059	5,94E-05	1,68E+04	-3,50E-05
	1,2						-0,062	5,91E-05	1,69E+04	-3,40E-05
0,2	0,4						-0,071	5,91E-05	1,69E+04	-3,90E-05
	0,8						-0,078	5,78E-05	1,73E+04	-3,30E-05
	1,2						-0,093	5,68E-05	1,76E+04	-3,30E-05
0,3	0,4						-0,073	5,83E-05	1,71E+04	-3,40E-05
	0,8						-0,102	5,61E-05	1,78E+04	-3,20E-05
	1,2						-0,127	5,40E-05	1,85E+04	-3,00E-05

**Pórtico Plano de un Vano con Vigas Acarteladas Rectas**

**Tabla 3.4.6**

Cartelas Rectas		Altura entre piso 2,5 m					Momento en los nodos (Ton-m)	Desplazamiento Lateral (m)	Rigidez Lateral (Ton/m)	Rotacion nodos (rad)
al	rh	Distancia del vano (m)	Dimension Columna		Dimension Viga					
				Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)			
0,1	0,4	9	0,4	0,8	0,3	0,3	-0,047	6,03E-05	1,66E+04	-3,50E-05
	0,8						-0,052	5,98E-05	1,67E+04	-3,50E-05
	1,2						-0,056	5,96E-05	1,68E+04	-3,50E-05
0,2	0,4						-0,057	5,95E-05	1,68E+04	-3,50E-05
	0,8						-0,071	5,84E-05	1,71E+04	-3,40E-05
	1,2						-0,082	5,75E-05	1,74E+04	-3,30E-05
0,3	0,4						-0,065	5,89E-05	1,70E+04	-3,40E-05
	0,8						-0,093	5,68E-05	1,76E+04	-3,30E-05
	1,2						-0,117	5,49E-05	1,82E+04	-3,10E-05

**Pórtico Plano de un Vano con Vigas Acarteladas Rectas**

**Tabla 3.4.7**

Cartelas Rectas		Altura entre piso 2,5 m					Momento en los nodos (Ton-m)	Desplazamiento Lateral (m)	Rigidez Lateral (Ton/m)	Rotacion nodos (rad)
al	rh	Distancia del vano (m)	Dimension Columna		Dimension Viga					
				Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)			
0,1	0,4	10	0,4	0,8	0,3	0,3	-0,043	6,06E-05	1,65E+04	-3,60E-05
	0,8						-0,047	6,02E-05	1,66E+04	-3,50E-05
	1,2						-0,051	6,00E-05	1,67E+04	-3,50E-05
0,2	0,4						-0,051	5,99E-05	1,67E+04	-3,50E-05
	0,8						-0,064	5,89E-05	1,70E+04	-3,40E-05
	1,2						-0,076	5,81E-05	1,72E+04	-3,40E-05
0,3	0,4						-0,06	5,93E-05	1,69E+04	-3,50E-05
	0,8						-0,084	5,74E-05	1,74E+04	-3,30E-05
	1,2						-0,109	5,56E-05	1,80E+04	-3,20E-05

**Pórtico Plano de un Vano con Vigas Acarteladas Prismáticas**

**Tabla 3.4.8**

Cartelas Prismáticas		Altura entre piso 2,5 m					Momento en los nodos (Ton-m)	Desplazamiento Lateral (m)	Rigidez Lateral (Ton/m)	Rotacion nodos (rad)
al	rh	Distancia del vano	Dimension Columna		Dimension Viga					
				Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)			
0,1	0,4	4	0,4	0,8	0,3	0,3	-0,112	5,54E-05	1,80E+04	-3,20E-05
	0,8						-0,126	5,44E-05	1,84E+04	-3,10E-05
	1,2						-0,13	5,38E-05	1,86E+04	-3,00E-05
0,2	0,4						-0,145	5,29E-05	1,89E+04	-3,00E-05
	0,8						-0,186	4,97E-05	2,01E+04	-2,70E-05
	1,2						-0,209	4,76E-05	2,10E+04	-2,50E-05
0,3	0,4						-0,167	5,10E-05	1,96E+04	-2,80E-05
	0,8						-0,248	4,50E-05	2,22E+04	-2,30E-05
	1,2						-0,302	4,00E-05	2,50E+04	-1,90E-05

**Pórtico Plano de un Vano con Vigas Acarteladas Prismáticas**

**Tabla 3.4.9**

Cartelas Prismáticas		Altura entre piso 2,5 m					Momento en los nodos (Ton-m)	Desplazamiento Lateral (m)	Rigidez Lateral (Ton/m)	Rotacion nodos (rad)
al	rh	Distancia del vano	Dimension Columna		Dimension Viga					
				Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)			
0,1	0,4	5	0,4	0,8	0,3	0,3	-0,093	5,70E-05	1,75E+04	-3,30E-05
	0,8						-0,104	5,60E-05	1,79E+04	-3,20E-05
	1,2						-0,111	5,60E-05	1,79E+04	-3,20E-05
0,2	0,4						-0,119	5,50E-05	1,82E+04	-3,10E-05
	0,8						-0,16	5,20E-05	1,92E+04	-2,90E-05
	1,2						-0,18	5,00E-05	2,00E+04	-2,70E-05
0,3	0,4						-0,143	5,30E-05	1,89E+04	-3,00E-05
	0,8						-0,215	4,70E-05	2,13E+04	-2,50E-05
	1,2						-0,28	4,30E-05	2,33E+04	-2,20E-05

**Pórtico Plano de un Vano con Vigas Acarteladas Prismáticas**

**Tabla 3.4.10**

Cartelas Prismáticas		Altura entre piso 2,5 m					Momento en los nodos (Ton-m)	Desplazamiento Lateral (m)	Rigidez Lateral (Ton/m)	Rotacion nodos (rad)
al	rh	Distancia del vano	Dimension Columna		Dimension Viga					
				Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)			
0,1	0,4	6	0,4	0,8	0,3	0,3	-0,079	5,79E-05	1,73E+04	-3,40E-05
	0,8						-0,089	5,71E-05	1,75E+04	-3,30E-05
	1,2						-0,095	5,67E-05	1,76E+04	-3,30E-05
0,2	0,4						-0,103	5,60E-05	1,79E+04	-3,20E-05
	0,8						-0,138	5,34E-05	1,87E+04	-3,00E-05
	1,2						-0,161	5,17E-05	1,93E+04	-2,90E-05
0,3	0,4						-0,123	5,45E-05	1,83E+04	-3,10E-05
	0,8						-0,194	4,93E-05	2,03E+04	-2,70E-05
	1,2						-0,244	4,50E-05	2,22E+04	-2,30E-05

**Pórtico Plano de un Vano con Vigas Acarteladas Prismáticas**

**Tabla 3.4.11**

Cartelas Prismáticas		Altura entre piso 2,5 m					Momento en los nodos (Ton-m)	Desplazamiento Lateral (m)	Rigidez Lateral (Ton/m)	Rotacion nodos (rad)
al	rh	Distancia del vano	Dimension Columna		Dimension Viga					
				Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)			
0,1	0,4	7	0,4	0,8	0,3	0,3	-0,068	5,87E-05	1,70E+04	-3,40E-05
	0,8						-0,079	5,79E-05	1,73E+04	-3,40E-05
	1,2						-0,082	5,76E-05	1,74E+04	-3,30E-05
0,2	0,4						-0,091	5,70E-05	1,76E+04	-3,30E-05
	0,8						-0,122	5,46E-05	1,83E+04	-3,10E-05
	1,2						-0,143	5,31E-05	1,88E+04	-3,00E-05
0,3	0,4						-0,109	5,56E-05	1,80E+04	-3,20E-05
	0,8						-0,176	5,08E-05	1,97E+04	-2,80E-05
	1,2						-0,227	4,68E-05	2,14E+04	-2,50E-05

**Pórtico Plano de un Vano con Vigas Acarteladas Prismáticas**

**Tabla 3.4.12**

Cartelas Prismáticas		Altura entre piso 2,5 m					Momento en los nodos (Ton-m)	Desplazamiento Lateral (m)	Rigidez Lateral (Ton/m)	Rotacion nodos (rad)
al	rh	Distancia del vano	Dimension Columna		Dimension Viga					
				Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)			
0,1	0,4	8	0,4	0,8	0,3	0,3	-0,061	5,93E-05	1,69E+04	-3,50E-05
	0,8						-0,069	5,86E-05	1,71E+04	-3,40E-05
	1,2						-0,074	5,83E-05	1,72E+04	-3,40E-05
0,2	0,4						-0,08	5,77E-05	1,73E+04	-3,30E-05
	0,8						-0,11	5,55E-05	1,80E+04	-3,20E-05
	1,2						-0,129	5,41E-05	1,85E+04	-3,10E-05
0,3	0,4						-0,095	5,65E-05	1,77E+04	-3,20E-05
	0,8						-0,156	5,20E-05	1,92E+04	-2,90E-05
	1,2						-0,207	4,82E-05	2,08E+04	-2,60E-05

**Pórtico Plano de un Vano con Vigas Acarteladas Prismáticas**

**Tabla 3.4.13**

Cartelas Prismáticas		Altura entre piso 2,5 m					Momento en los nodos (Ton-m)	Desplazamiento Lateral (m)	Rigidez Lateral (Ton/m)	Rotacion nodos (rad)
al	rh	Distancia del vano	Dimension Columna		Dimension Viga					
				Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)			
0,1	0,4	9	0,4	0,8	0,3	0,3	-0,55	5,97E-05	1,67E+04	-3,50E-05
	0,8						-0,63	5,91E-05	1,69E+04	-3,50E-05
	1,2						-0,65	5,89E-05	1,70E+04	-3,40E-05
0,2	0,4						-0,073	5,83E-05	1,71E+04	-3,40E-05
	0,8						-0,098	5,63E-05	1,78E+04	-3,20E-05
	1,2						-0,115	5,50E-05	1,82E+04	-3,10E-05
0,3	0,4						-0,088	5,72E-05	1,75E+04	-3,30E-05
	0,8						-0,144	5,30E-05	1,89E+04	-3,00E-05
	1,2						-0,191	4,94E-05	2,02E+04	-2,70E-05

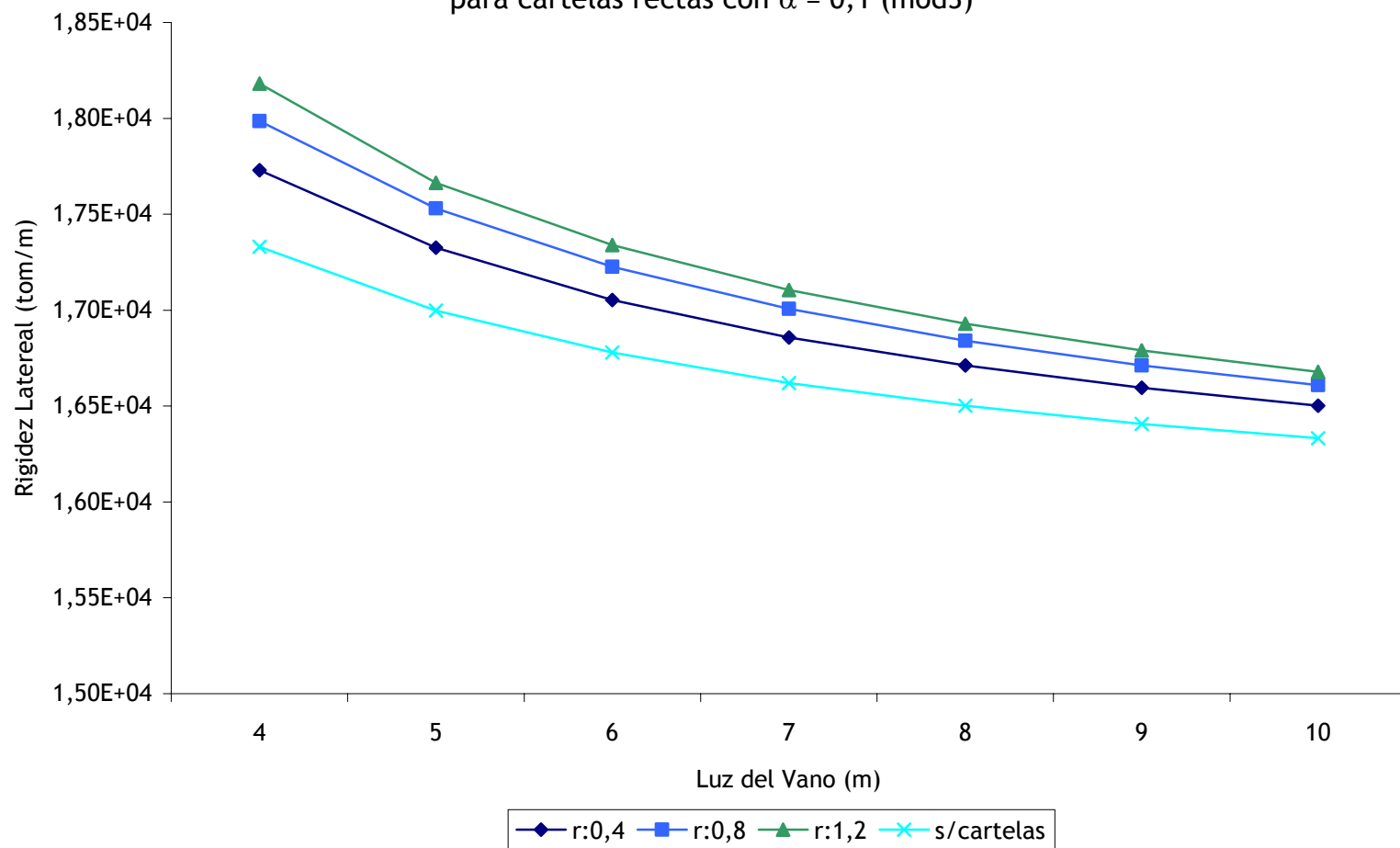
**Pórtico Plano de un Vano con Vigas Acarteladas Prismáticas**

**Tabla 3.4.14**

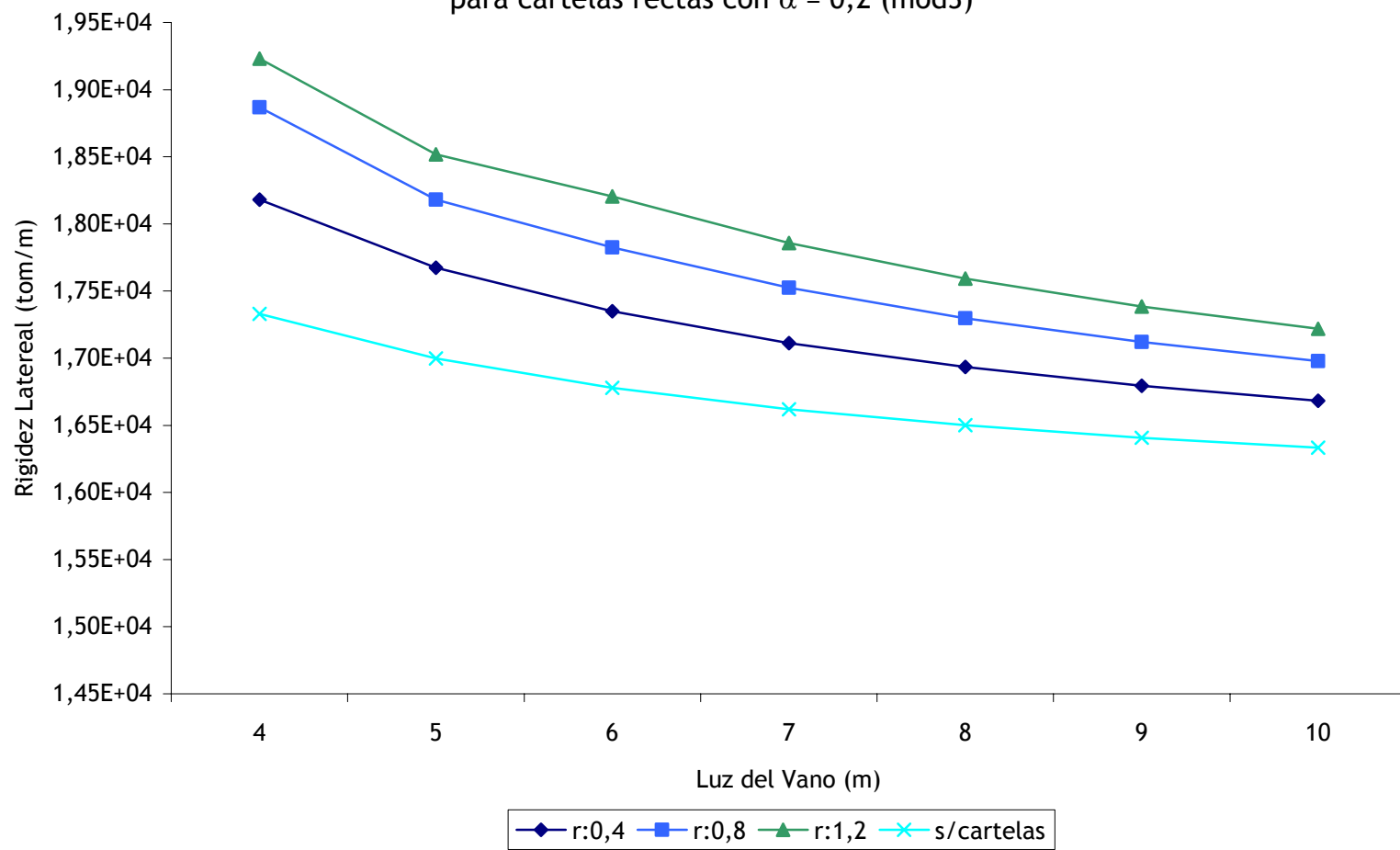
Cartelas Prismáticas		Altura entre piso 2,5 m					Momento en los nodos (Ton-m)	Desplazamiento Lateral (m)	Rigidez Lateral (Ton/m)	Rotacion nodos (rad)
al	rh	Distancia del vano	Dimension Columna		Dimension Viga					
				Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)			
0,1	0,4	10	0,4	0,8	0,3	0,3	-0,049	6,01E-05	1,66E+04	-3,50E-05
	0,8						-0,057	5,96E-05	1,68E+04	-3,50E-05
	1,2						-0,061	5,93E-05	1,69E+04	-3,50E-05
0,2	0,4						-0,066	5,88E-05	1,70E+04	-3,40E-05
	0,8						-0,091	5,70E-05	1,76E+04	-3,30E-05
	1,2						-0,107	5,58E-05	1,79E+04	-3,20E-05
0,3	0,4						-0,079	5,78E-05	1,73E+04	-3,30E-05
	0,8						-0,129	5,39E-05	1,86E+04	-3,00E-05
	1,2						-0,178	5,05E-05	1,98E+04	-2,80E-05



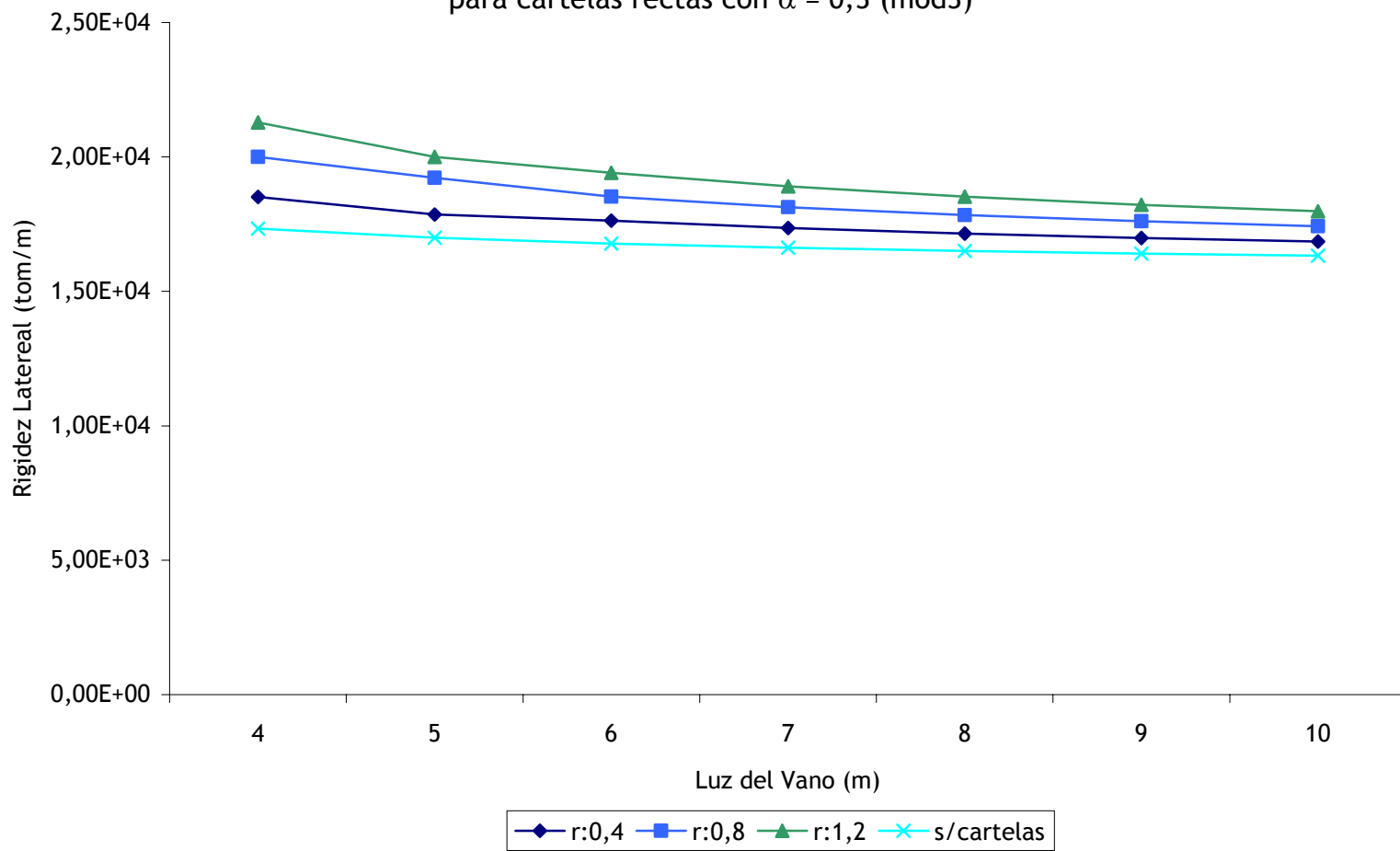
**Gráfico 2.15**  
**Rigidez Lateral Vs. Luz del Vano**  
para cartelas rectas con  $\alpha = 0,1$  (mod3)



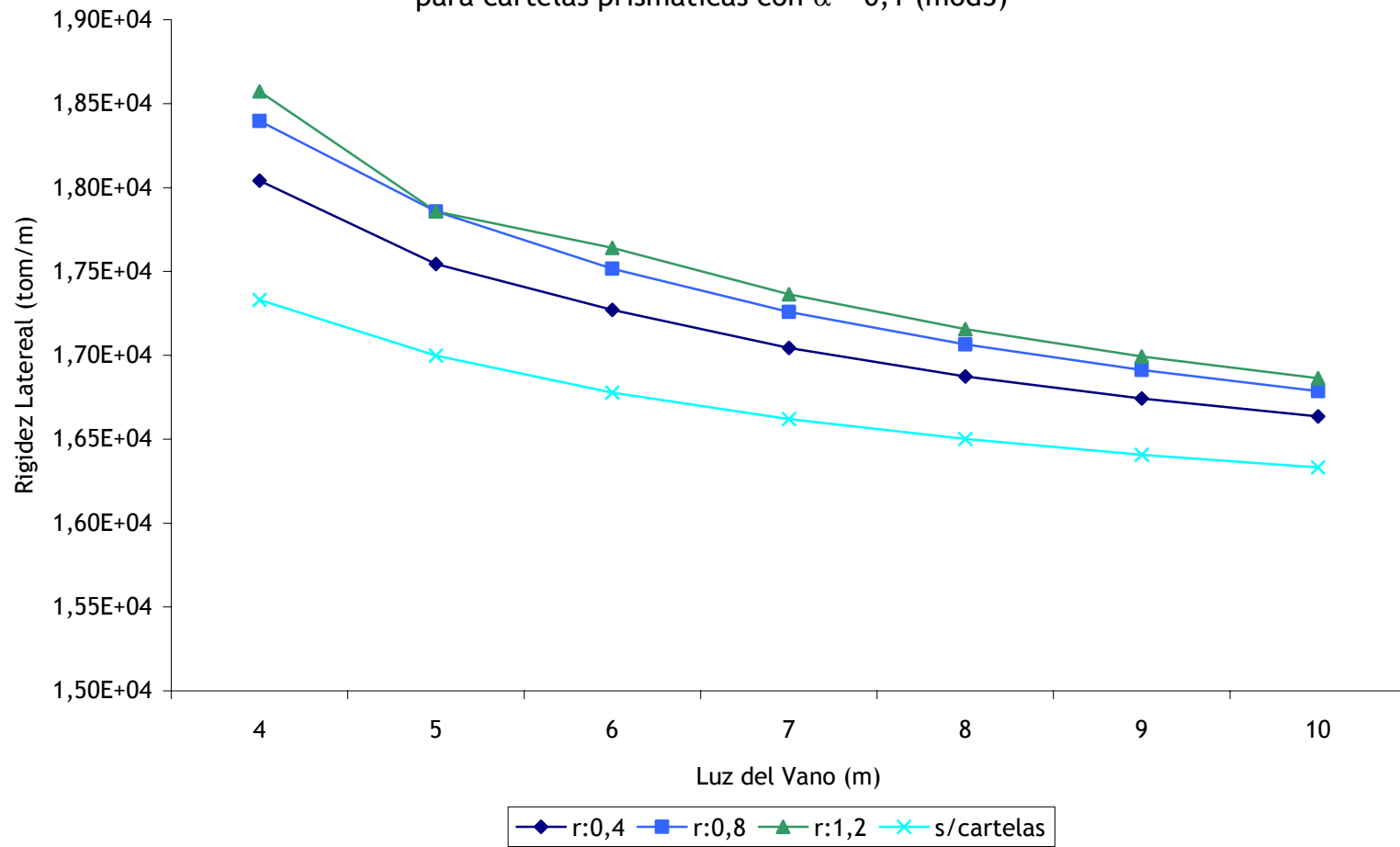
**Gráfico 2.16**  
**Rigidez Lateral Vs. Luz del Vano**  
para cartelas rectas con  $\alpha = 0,2$  (mod3)



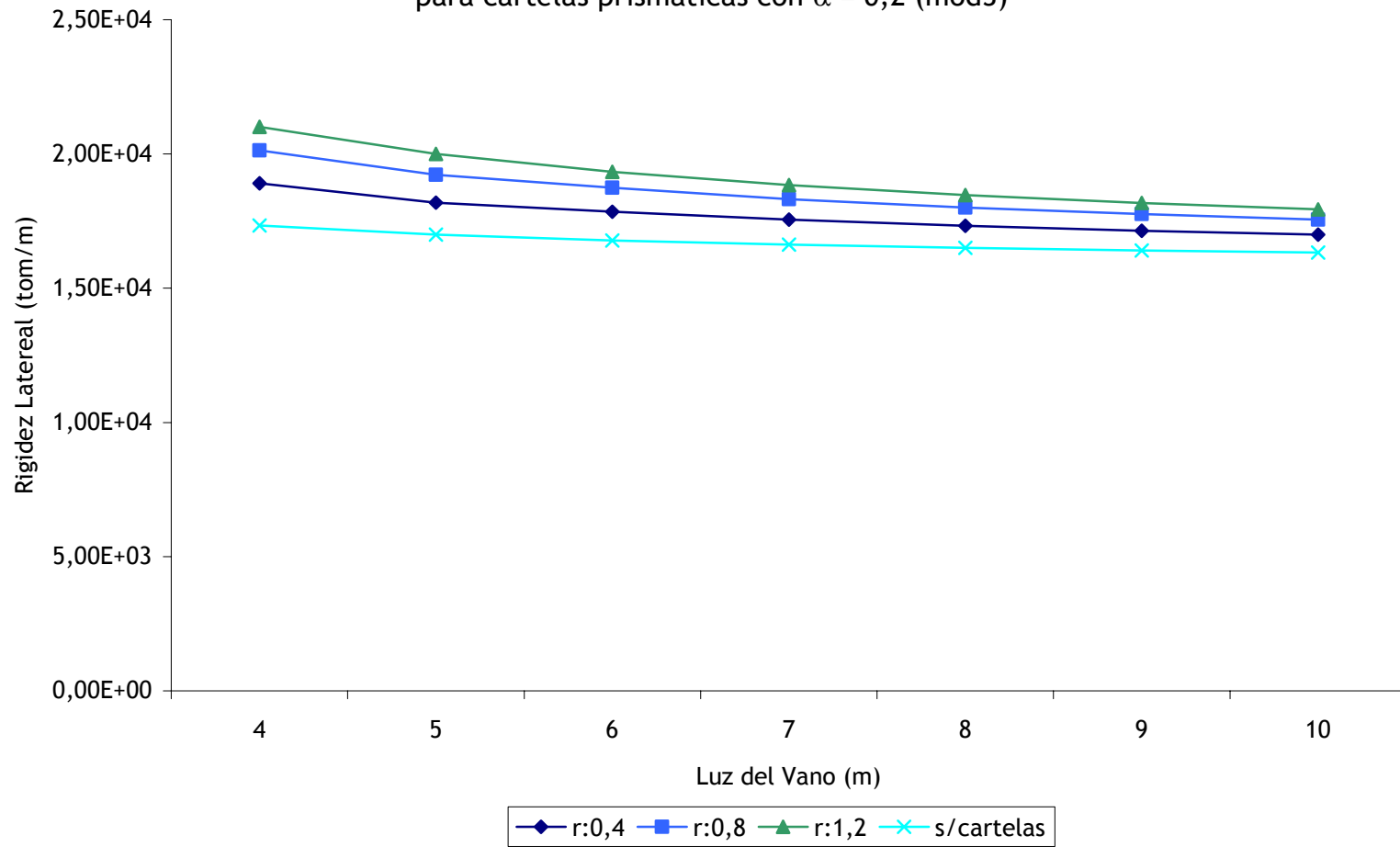
**Gráfico 2.17**  
**Rigidez Lateral Vs. Luz del Vano**  
para cartelas rectas con  $\alpha = 0,3$  (mod3)



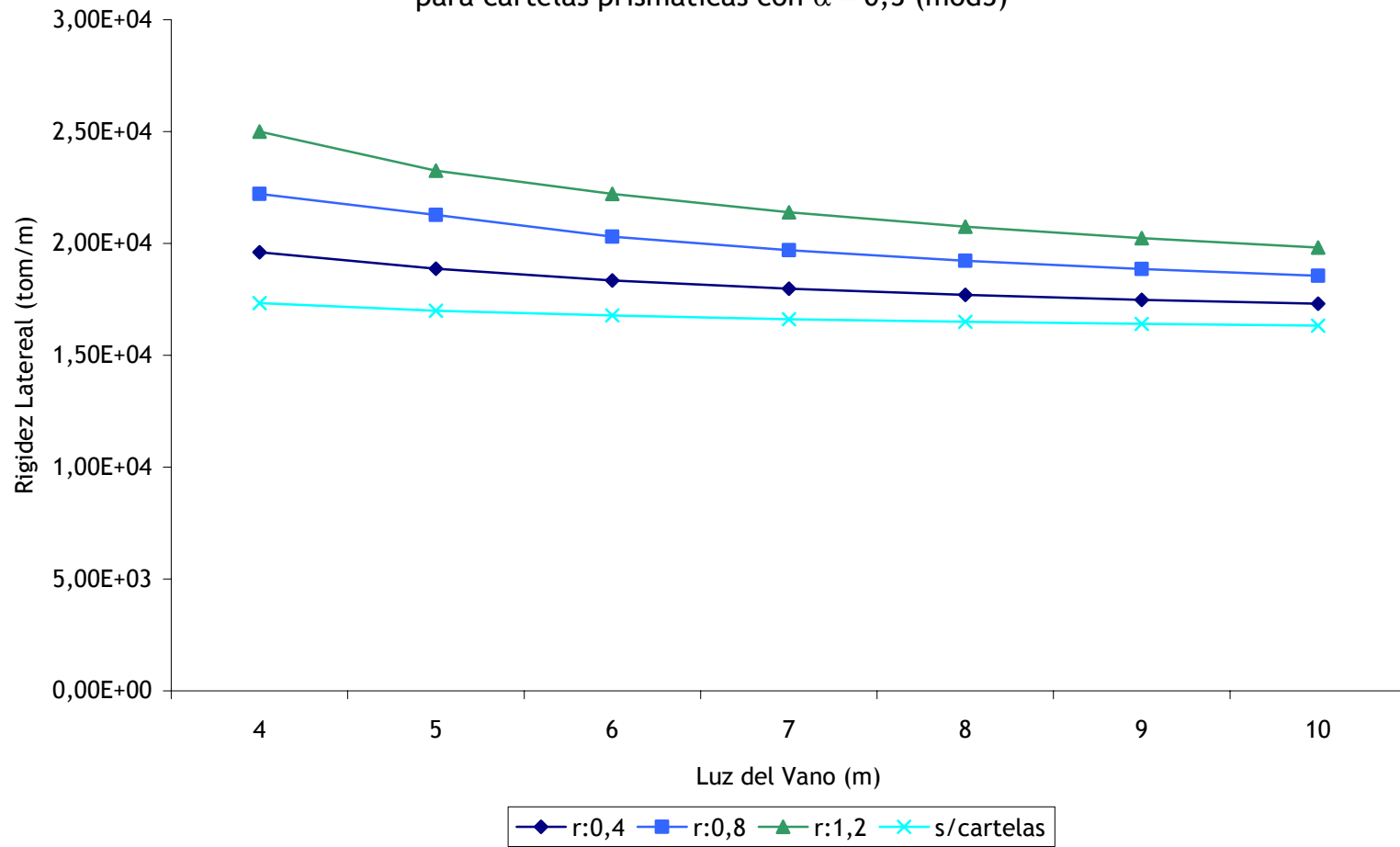
**Gráfico 2.18**  
**Rigidez Lateral Vs. Luz del Vano**  
para cartelas prismáticas con  $\alpha = 0,1$  (mod3)



**Gráfico 2.19**  
**Rigidez Lateral Vs. Luz del Vano**  
para cartelas prismáticas con  $\alpha = 0,2$  (mod3)



**Gráfico 2.20**  
**Rigidez Lateral Vs. Luz del Vano**  
para cartelas prismáticas con  $\alpha = 0,3$  (mod3)



**Pórtico Plano de un Vano sin Cartelas**

Carga Lateral Unitaria		Sin cartelas				Tabla 3.5			
Distancia del vano (m)	Altura entrepiso (m)	MODELO 4				Desplazamiento Lateral (m)	Rigidez Lateral (Ton/m)	Momento en los nodos (Ton-m)	$\Sigma(lc/Lc)/(lv/Lv)$
		Dimension Columna		Dimension Viga					
		Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)				
4	2,5	0,4	1,0	0,3	0,3	3,10E-05	3,23E+04	-0,0430	158,02
5						3,13E-05	3,19E+04	-0,0360	197,53
6						3,15E-05	3,17E+04	-0,0300	237,04
7						3,17E-05	3,15E+04	-0,0260	276,54
8						3,18E-05	3,14E+04	-0,0230	316,05
9						3,19E-05	3,13E+04	-0,0200	355,56
10						3,20E-05	3,13E+04	-0,0180	395,06

**Pórtico Plano de un Vano con Vigas Acarteladas Rectas**

Cartelas Rectas		Altura entre piso 2,5 m				Momento en los nodos (Ton-m)	Desplazamiento Lateral (m)	Rigidez Lateral (Ton/m)	Rotacion nodos (rad)	
cl	rh	Distancia del vano (m)	Dimension Columna		Dimension Viga					
			Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)				
0,1	0,4	4	0,4	1	0,3	0,3	-0,054	3,06E-05	3,27E+04	-1,80E-05
	0,8						-0,061	3,04E-05	3,29E+04	-1,80E-05
	1,2						-0,065	3,02E-05	3,31E+04	-1,80E-05
0,2	0,4						-0,066	3,02E-05	3,31E+04	-1,80E-05
	0,8						-0,08	2,95E-05	3,39E+04	-1,70E-05
	1,2						-0,095	2,90E-05	3,44E+04	-1,70E-05
0,3	0,4						-0,073	2,98E-05	3,36E+04	-1,70E-05
	0,8						-0,102	2,86E-05	3,49E+04	-1,60E-05
	1,2						-0,127	2,75E-05	3,63E+04	-1,50E-05

**Pórtico Plano de un Vano con Vigas Acarteladas Rectas**

Cartelas Rectas		Altura entre piso 2,5 m				Momento en los nodos (Ton-m)	Desplazamiento Lateral (m)	Rigidez Lateral (Ton/m)	Rotacion nodos (rad)	
cl	rh	Distancia del vano (m)	Dimension Columna		Dimension Viga					
			Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)				
0,1	0,4	5	0,4	1	0,3	0,3	-0,043	3,10E-05	3,23E+04	-1,80E-05
	0,8						-0,049	3,08E-05	3,25E+04	-1,80E-05
	1,2						-0,053	3,07E-05	3,26E+04	-1,80E-05
0,2	0,4						-0,052	3,07E-05	3,26E+04	-1,80E-05
	0,8						-0,068	3,01E-05	3,32E+04	-1,80E-05
	1,2						-0,076	2,97E-05	3,37E+04	-1,70E-05
0,3	0,4						-0,062	3,03E-05	3,30E+04	-1,80E-05
	0,8						-0,086	2,93E-05	3,41E+04	-1,70E-05
	1,2						-0,109	2,84E-05	3,52E+04	-1,60E-05

**Pórtico Plano de un Vano con Vigas Acarteladas Rectas**

**Tabla 3.5.3**

Cartelas Rectas		Altura entre piso 2,5 m					Momento en los nodos (Ton-m)	Desplazamiento Lateral (m)	Rigidez Lateral (Ton/m)	Rotacion nodos (rad)
cl	rh	Distancia del vano (m)	Dimension Columna		Dimension Viga					
			Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)				
0,1	0,4	6	0,4	1	0,3	0,3	-0,036	3,13E-05	3,20E+04	-1,80E-05
	0,8						-0,04	3,11E-05	3,22E+04	-1,80E-05
	1,2						-0,44	3,10E-05	3,23E+04	-1,80E-05
0,2	0,4						-0,044	3,10E-05	3,23E+04	-1,80E-05
	0,8						-0,057	3,05E-05	3,28E+04	-1,80E-05
	1,2						-0,067	3,01E-05	3,32E+04	-1,80E-05
0,3	0,4						-0,051	3,07E-05	3,26E+04	-1,80E-05
	0,8						-0,074	2,98E-05	3,35E+04	-1,70E-05
	1,2						-0,096	2,90E-05	3,45E+04	-1,70E-05

**Pórtico Plano de un Vano con Vigas Acarteladas Rectas**

**Tabla 3.5.4**

Cartelas Rectas		Altura entre piso 2,5 m					Momento en los nodos (Ton-m)	Desplazamiento Lateral (m)	Rigidez Lateral (Ton/m)	Rotacion nodos (rad)
cl	rh	Distancia del vano (m)	Dimension Columna		Dimension Viga					
			Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)				
0,1	0,4	7	0,4	1	0,3	0,3	-0,032	3,15E-05	3,18E+04	-1,90E-05
	0,8						-0,036	3,13E-05	3,19E+04	-1,90E-05
	1,2						-0,037	3,12E-05	3,20E+04	-1,80E-05
0,2	0,4						-0,037	3,12E-05	3,21E+04	-1,80E-05
	0,8						-0,048	3,08E-05	3,25E+04	-1,80E-05
	1,2						-0,057	3,05E-05	3,28E+04	-1,80E-05
0,3	0,4						-0,044	3,10E-05	3,23E+04	-1,80E-05
	0,8						-0,065	3,02E-05	3,31E+04	-1,80E-05
	1,2						-0,082	2,95E-05	3,39E+04	-1,70E-05

**Pórtico Plano de un Vano con Vigas Acarteladas Rectas**

**Tabla 3.5.5**

Cartelas Rectas		Altura entre piso 2,5 m					Momento en los nodos (Ton-m)	Desplazamiento Lateral (m)	Rigidez Lateral (Ton/m)	Rotacion nodos (rad)
cl	rh	Distancia del vano (m)	Dimension Columna		Dimension Viga					
			Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)				
0,1	0,4	8	0,4	1	0,3	0,3	-0,028	3,16E-05	3,16E+04	-1,90E-05
	0,8						-0,032	3,15E-05	3,18E+04	-1,90E-05
	1,2						-0,034	3,14E-05	3,19E+04	-1,90E-05
0,2	0,4						-0,034	3,14E-05	3,19E+04	-1,90E-05
	0,8						-0,042	3,10E-05	3,22E+04	-1,80E-05
	1,2						-0,05	3,07E-05	3,25E+04	-1,80E-05
0,3	0,4						-0,038	3,12E-05	3,21E+04	-1,80E-05
	0,8						-0,057	3,05E-05	3,28E+04	-1,80E-05
	1,2						-0,072	2,98E-05	3,35E+04	-1,70E-05



**Pórtico Plano de un Vano con Vigas Acarteladas Rectas**

**Tabla 3.5.6**

Cartelas Rectas		Altura entre piso 2,5 m					Momento en los nodos (Ton-m)	Desplazamiento Lateral (m)	Rigidez Lateral (Ton/m)	Rotacion nodos (rad)
al	rh	Distancia del vano (m)	Dimension Columna		Dimension Viga					
				Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)			
0,1	0,4	9	0,4	1	0,3	0,3	-0,025	3,17E-05	3,15E+04	-1,90E-05
	0,8						-0,028	3,16E-05	3,16E+04	-1,90E-05
	1,2						-0,03	3,15E-05	3,17E+04	-1,90E-05
0,2	0,4						-0,031	3,15E-05	3,17E+04	-1,90E-05
	0,8						-0,038	3,12E-05	3,21E+04	-1,80E-05
	1,2						-0,045	3,09E-05	3,23E+04	-1,80E-05
0,3	0,4						-0,036	3,13E-05	3,19E+04	-1,90E-05
	0,8						-0,051	3,07E-05	3,26E+04	-1,80E-05
	1,2						-0,068	3,01E-05	3,32E+04	-1,80E-05

**Pórtico Plano de un Vano con Vigas Acarteladas Rectas**

**Tabla 3.5.7**

Cartelas Rectas		Altura entre piso 2,5 m					Momento en los nodos (Ton-m)	Desplazamiento Lateral (m)	Rigidez Lateral (Ton/m)	Rotacion nodos (rad)
al	rh	Distancia del vano (m)	Dimension Columna		Dimension Viga					
				Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)			
0,1	0,4	10	0,4	1	0,3	0,3	-0,022	3,18E-05	3,14E+04	-1,90E-05
	0,8						-0,025	3,17E-05	3,15E+04	-1,90E-05
	1,2						-0,027	3,16E-05	3,16E+04	-1,90E-05
0,2	0,4						-0,028	3,16E-05	3,16E+04	-1,90E-05
	0,8						-0,036	3,13E-05	3,19E+04	-1,90E-05
	1,2						-0,04	3,11E-05	3,22E+04	-1,80E-05
0,3	0,4						-0,032	3,15E-05	3,18E+04	-1,90E-05
	0,8						-0,046	3,09E-05	3,24E+04	-1,80E-05
	1,2						-0,061	3,04E-05	3,29E+04	-1,80E-05

**Pórtico Plano de un Vano con Vigas Acarteladas Prismáticas**

**Tabla 3.5.8**

Cartelas Prismáticas		Altura entre piso 2,5 m					Momento en los nodos (Ton-m)	Desplazamiento Lateral (m)	Rigidez Lateral (Ton/m)	Rotacion nodos (rad)
al	rh	Distancia del vano	Dimension Columna		Dimension Viga					
				Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)			
0,1	0,4	4	0,4	1	0,3	0,3	-0,063	3,03E-05	3,30E+04	-1,80E-05
	0,8						-0,069	3,00E-05	3,34E+04	-1,70E-05
	1,2						-0,074	2,98E-05	3,36E+04	-1,70E-05
0,2	0,4						-0,082	2,95E-05	3,39E+04	-1,70E-05
	0,8						-0,11	2,84E-05	3,53E+04	-1,60E-05
	1,2						-0,134	2,76E-05	3,62E+04	-1,60E-05
0,3	0,4						-0,101	2,89E-05	3,47E+04	-1,70E-05
	0,8						-0,162	2,65E-05	3,77E+04	-1,50E-05
	1,2						-0,207	2,46E-05	4,07E+04	-1,30E-05

**Pórtico Plano de un Vano con Vigas Acarteladas Prismáticas**

**Tabla 3.5.9**

Cartelas Prismáticas		Altura entre piso 2,5 m					Momento en los nodos (Ton-m)	Desplazamiento Lateral (m)	Rigidez Lateral (Ton/m)	Rotacion nodos (rad)
cl	rh	Distancia del vano	Dimension Columna		Dimension Viga					
				Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)			
0,1	0,4	5	0,4	1	0,3	0,3	-0,05	3,07E-05	3,25E+04	-1,80E-05
	0,8						-0,058	3,05E-05	3,28E+04	-1,80E-05
	1,2						-0,062	3,03E-05	3,30E+04	-1,80E-05
0,2	0,4						-0,069	3,01E-05	3,33E+04	-1,80E-05
	0,8						-0,094	2,91E-05	3,44E+04	-1,70E-05
	1,2						-0,107	2,85E-05	3,51E+04	-1,60E-05
0,3	0,4						-0,081	2,95E-05	3,39E+04	-1,70E-05
	0,8						-0,129	2,75E-05	3,64E+04	-1,50E-05
	1,2						-0,178	2,53E-05	3,95E+04	-1,40E-05

**Pórtico Plano de un Vano con Vigas Acarteladas Prismáticas**

**Tabla 3.5.10**

Cartelas Prismáticas		Altura entre piso 2,5 m					Momento en los nodos (Ton-m)	Desplazamiento Lateral (m)	Rigidez Lateral (Ton/m)	Rotacion nodos (rad)
cl	rh	Distancia del vano	Dimension Columna		Dimension Viga					
				Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)			
0,1	0,4	6	0,4	1	0,3	0,3	-0,042	3,10E-05	3,22E+04	-1,80E-05
	0,8						-0,049	3,08E-05	3,25E+04	-1,80E-05
	1,2						-0,052	3,07E-05	3,26E+04	-1,80E-05
0,2	0,4						-0,058	3,05E-05	3,28E+04	-1,80E-05
	0,8						-0,078	2,96E-05	3,38E+04	-1,70E-05
	1,2						-0,095	2,91E-05	3,44E+04	-1,70E-05
0,3	0,4						-0,068	3,00E-05	3,33E+04	-1,70E-05
	0,8						-0,115	2,82E-05	3,54E+04	-1,60E-05
	1,2						-0,159	2,66E-05	3,76E+04	-1,50E-05

**Pórtico Plano de un Vano con Vigas Acarteladas Prismáticas**

**Tabla 3.5.11**

Cartelas Prismáticas		Altura entre piso 2,5 m					Momento en los nodos (Ton-m)	Desplazamiento Lateral (m)	Rigidez Lateral (Ton/m)	Rotacion nodos (rad)
cl	rh	Distancia del vano	Dimension Columna		Dimension Viga					
				Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)			
0,1	0,4	7	0,4	1	0,3	0,3	-0,036	3,13E-05	3,20E+04	-1,80E-05
	0,8						-0,042	3,11E-05	3,22E+04	-1,80E-05
	1,2						-0,045	3,10E-05	3,23E+04	-1,80E-05
0,2	0,4						-0,05	3,08E-05	3,25E+04	-1,80E-05
	0,8						-0,071	3,00E-05	3,33E+04	-1,80E-05
	1,2						-0,081	2,95E-05	3,39E+04	-1,70E-05
0,3	0,4						-0,061	3,04E-05	3,29E+04	-1,80E-05
	0,8						-0,098	2,88E-05	3,48E+04	-1,60E-05
	1,2						-0,136	2,73E-05	3,67E+04	-1,50E-05

**Pórtico Plano de un Vano con Vigas Acarteladas Prismáticas**

**Tabla 3.5.12**

Cartelas Prismáticas		Altura entre piso 2,5 m					Momento en los nodos (Ton-m)	Desplazamiento Lateral (m)	Rigidez Lateral (Ton/m)	Rotacion nodos (rad)
αl	rh	Distancia del vano	Dimension Columna		Dimension Viga					
				Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)			
0,1	0,4	8	0,4	1	0,3	0,3	-0,033	3,14E-05	3,18E+04	-1,90E-05
	0,8						-0,037	3,13E-05	3,20E+04	-1,80E-05
	1,2						-0,039	3,12E-05	3,21E+04	-1,80E-05
0,2	0,4						-0,043	3,10E-05	3,23E+04	-1,80E-05
	0,8						-0,062	3,03E-05	3,30E+04	-1,80E-05
	1,2						-0,071	2,99E-05	3,35E+04	-1,70E-05
0,3	0,4						-0,054	3,06E-05	3,27E+04	-1,80E-05
	0,8						-0,092	2,92E-05	3,43E+04	-1,70E-05
	1,2						-0,127	2,78E-05	3,60E+04	-1,60E-05

**Pórtico Plano de un Vano con Vigas Acarteladas Prismáticas**

**Tabla 3.5.13**

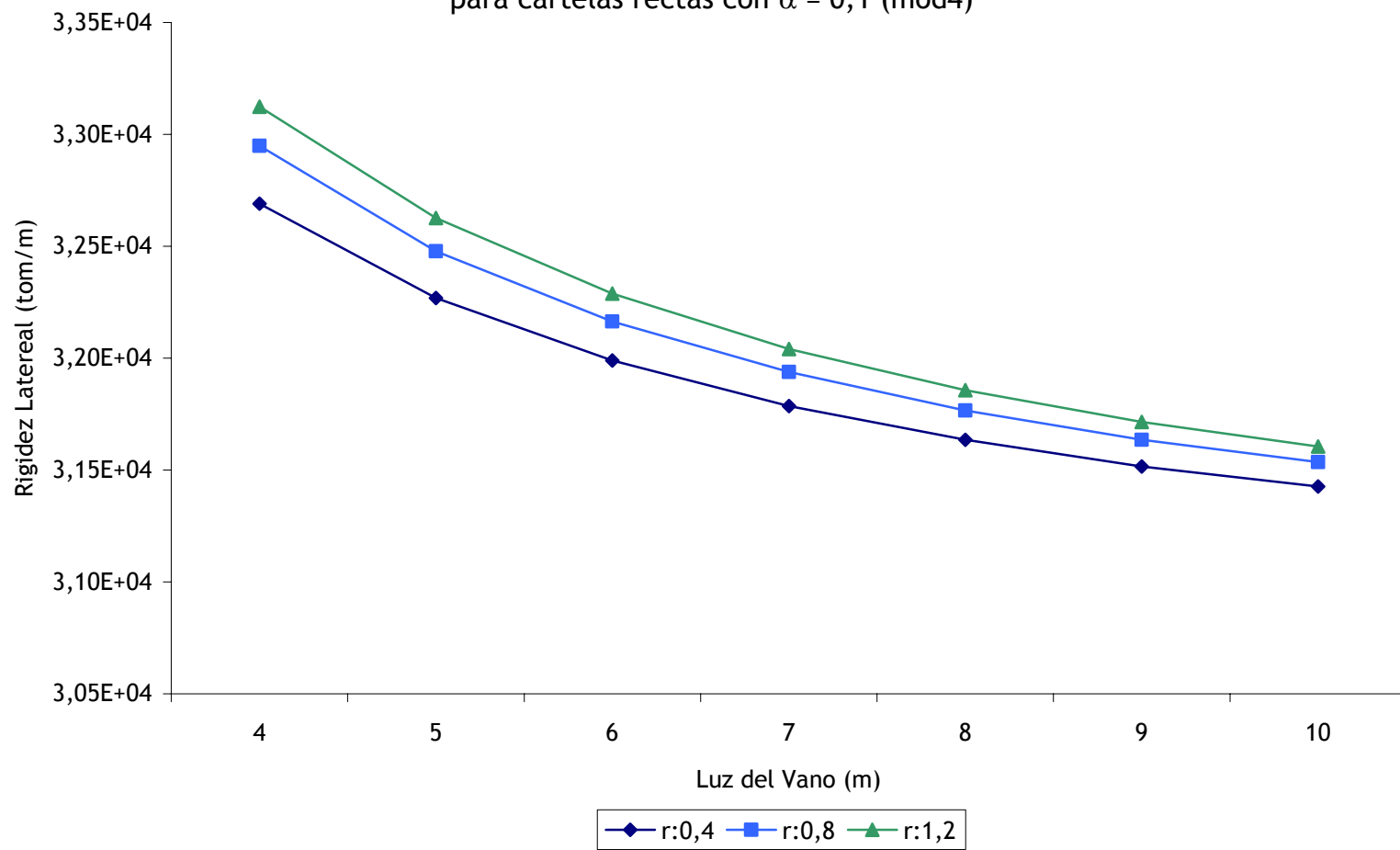
Cartelas Prismáticas		Altura entre piso 2,5 m					Momento en los nodos (Ton-m)	Desplazamiento Lateral (m)	Rigidez Lateral (Ton/m)	Rotacion nodos (rad)
αl	rh	Distancia del vano	Dimension Columna		Dimension Viga					
				Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)			
0,1	0,4	9	0,4	1	0,3	0,3	-0,03	3,16E-05	3,17E+04	-1,90E-05
	0,8						-0,034	3,14E-05	3,18E+04	-1,90E-05
	1,2						-0,037	3,13E-05	3,19E+04	-1,90E-05
0,2	0,4						-0,039	3,12E-05	3,21E+04	-1,80E-05
	0,8						-0,055	3,06E-05	3,27E+04	-1,80E-05
	1,2						-0,067	3,02E-05	3,32E+04	-1,80E-05
0,3	0,4						-0,048	3,08E-05	3,24E+04	-1,80E-05
	0,8						-0,081	2,95E-05	3,39E+04	-1,70E-05
	1,2						-0,113	2,83E-05	3,54E+04	-1,60E-05

**Pórtico Plano de un Vano con Vigas Acarteladas Prismáticas**

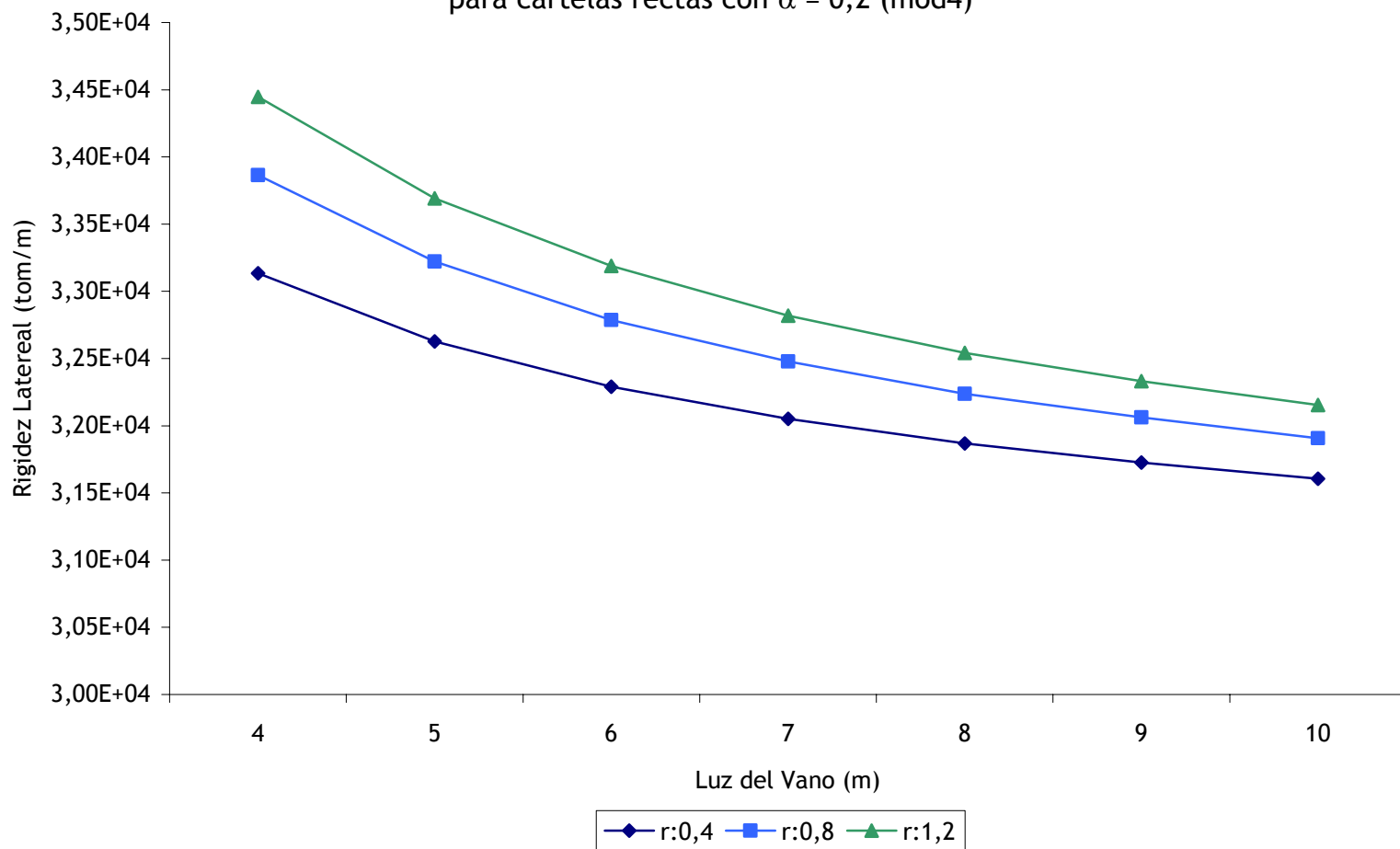
**Tabla 3.5.14**

Cartelas Prismáticas		Altura entre piso 2,5 m					Momento en los nodos (Ton-m)	Desplazamiento Lateral (m)	Rigidez Lateral (Ton/m)	Rotacion nodos (rad)
αl	rh	Distancia del vano	Dimension Columna		Dimension Viga					
				Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)			
0,1	0,4	10	0,4	1	0,3	0,3	-0,027	3,17E-05	3,16E+04	-1,90E-05
	0,8						-0,031	3,15E-05	3,17E+04	-1,90E-05
	1,2						-0,033	3,15E-05	3,18E+04	-1,90E-05
0,2	0,4						-0,037	3,13E-05	3,19E+04	-1,90E-05
	0,8						-0,05	3,08E-05	3,25E+04	-1,80E-05
	1,2						-0,06	3,04E-05	3,29E+04	-1,80E-05
0,3	0,4						-0,043	3,10E-05	3,22E+04	-1,80E-05
	0,8						-0,073	2,98E-05	3,36E+04	-1,70E-05
	1,2						-0,102	2,86E-05	3,49E+04	-1,60E-05

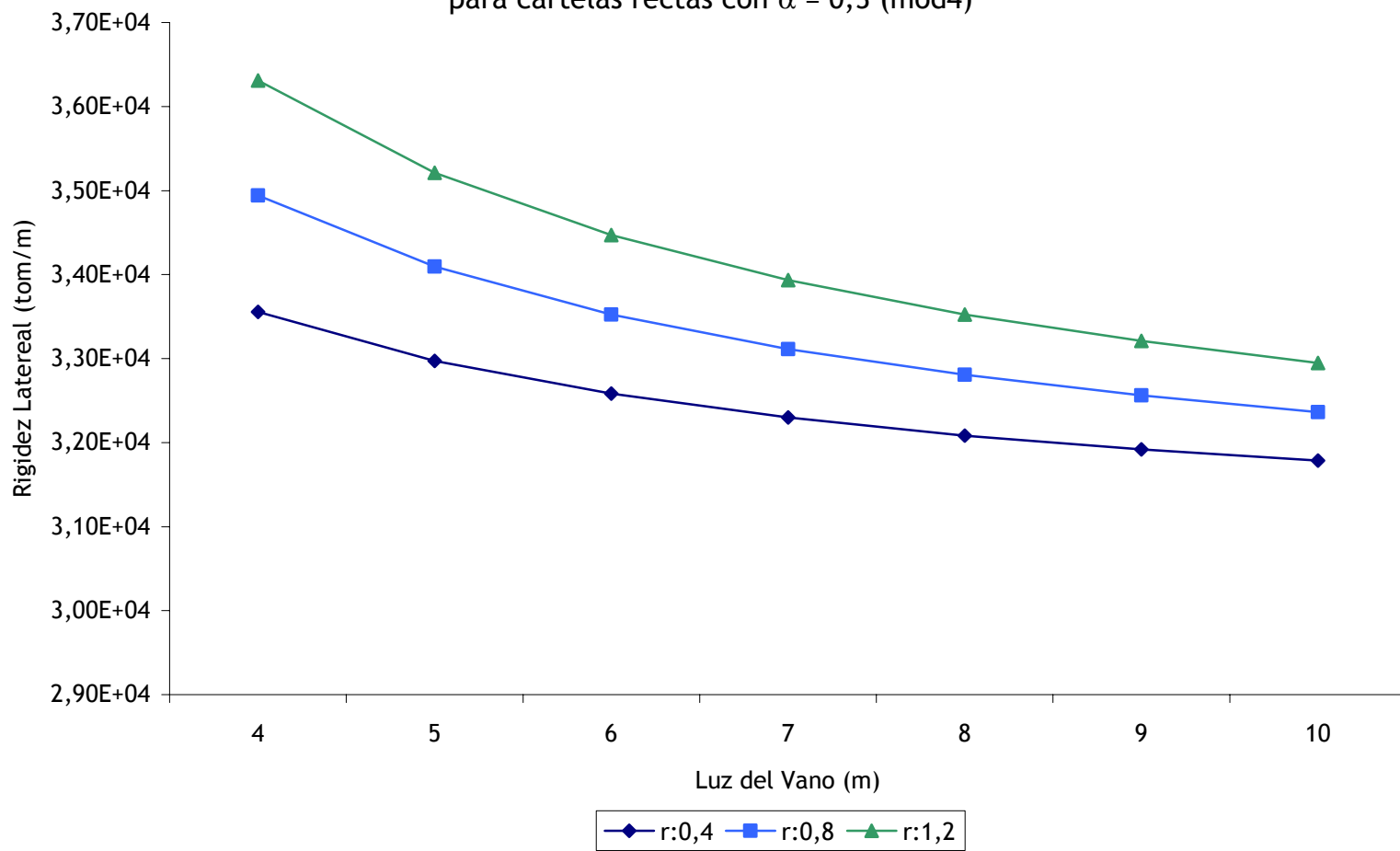
**Gráfico 2.21**  
**Rigidez Lateral Vs. Luz del Vano**  
para cartelas rectas con  $\alpha = 0,1$  (mod4)



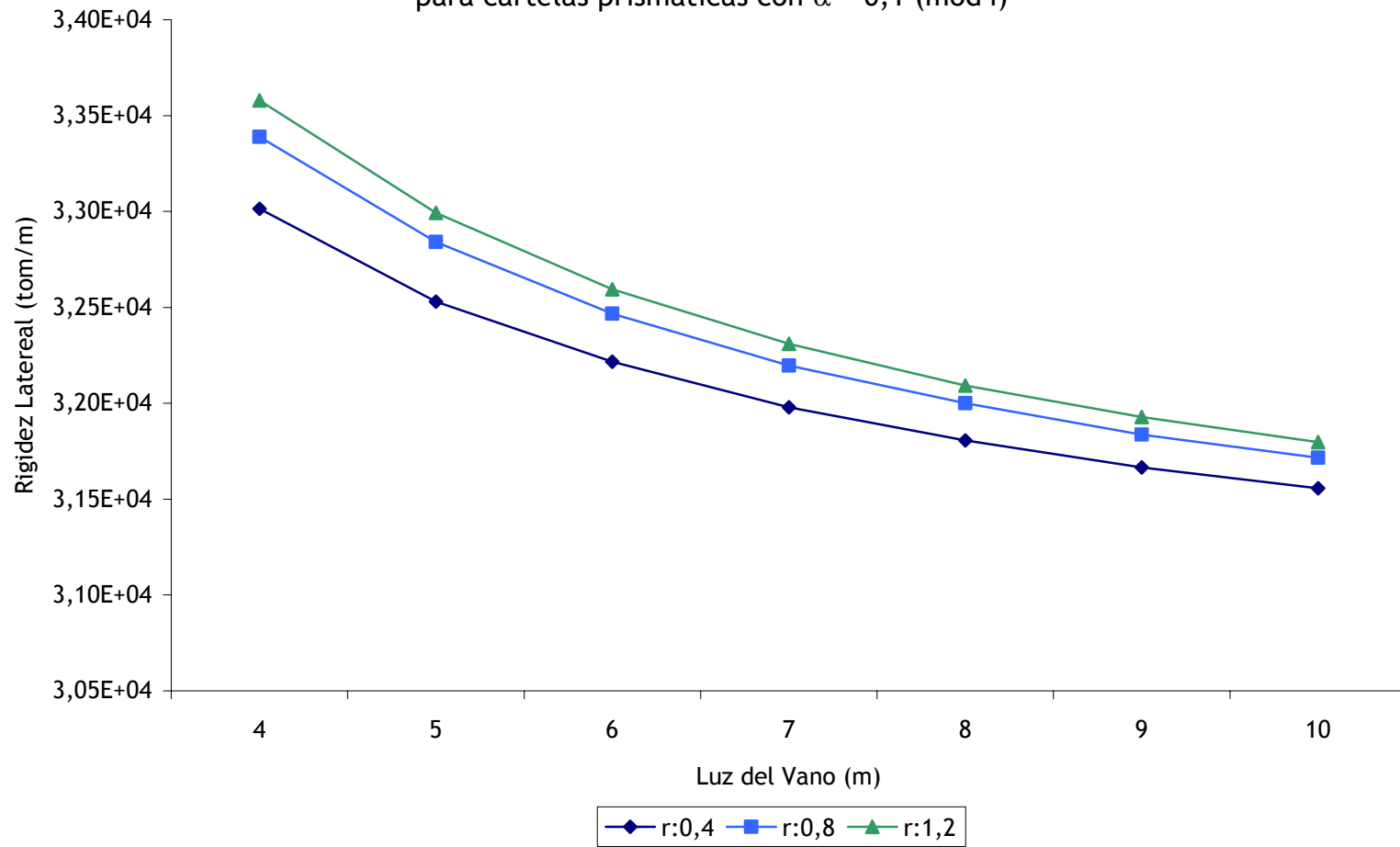
**Gráfico 2.22**  
**Rigidez Lateral Vs. Luz del Vano**  
para cartelas rectas con  $\alpha = 0,2$  (mod4)



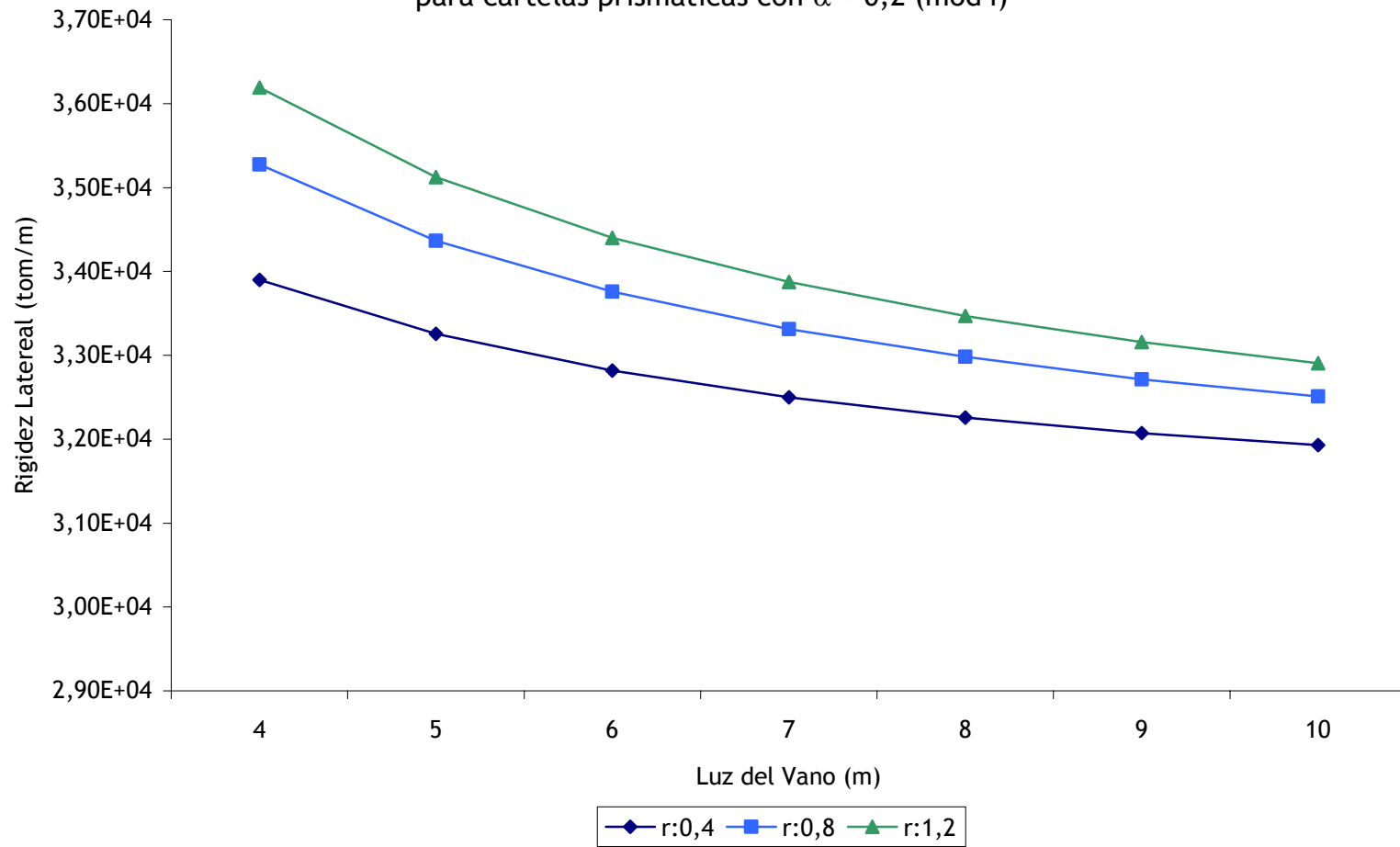
**Gráfico 2.23**  
**Rigidez Lateral Vs. Luz del Vano**  
para cartelas rectas con  $\alpha = 0,3$  (mod4)



**Gráfico 2.24**  
**Rigidez Lateral Vs. Luz del Vano**  
para cartelas prismáticas con  $\alpha = 0,1$  (mod4)

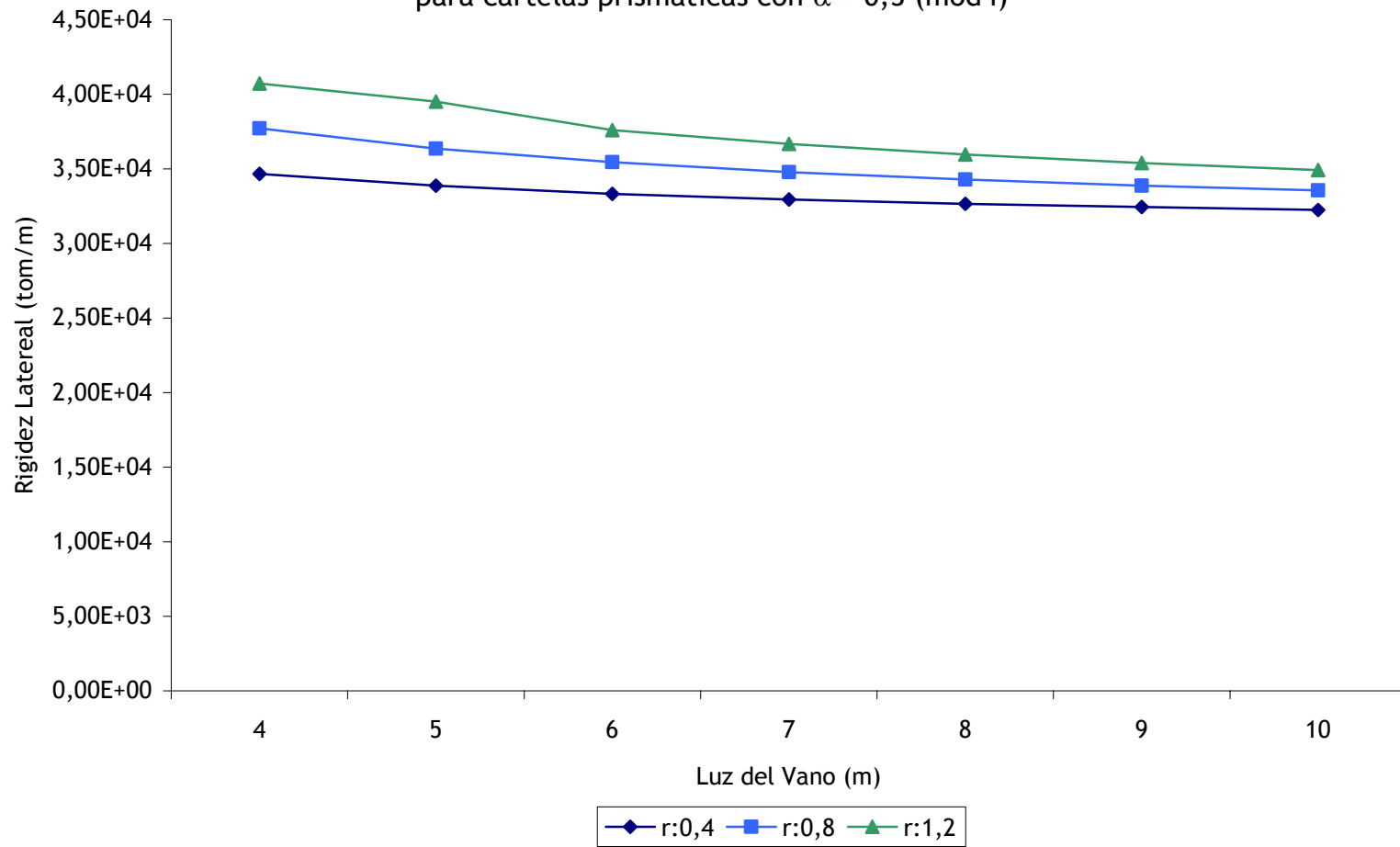


**Gráfico 2.25**  
**Rigidez Lateral Vs. Luz del Vano**  
para cartelas prismáticas con  $\alpha = 0,2$  (mod4)





**Gráfico 2.26**  
**Rigidez Lateral Vs. Luz del Vano**  
para cartelas prismáticas con  $\alpha = 0,3$  (mod4)



**Pórtico Plano de un Vano sin Cartelas**

Carga Lateral Unitaria		Sin cartelas				Tabla 3.6			
Distancia del vano (m)	Altura entrepiso (m)	MODELO 5				Desplazamiento Lateral (m)	Rigidez Lateral (Ton/m)	Momento en los nodos (Ton-m)	$\Sigma(Ic/Lc)/(Iv/Lv)$
		Dimension Columna		Dimension Viga					
		Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)				
4	2,5	0,4	0,4	0,3	0,6	1,60E-04	6,25E+03	-0,560	1,26
5						1,72E-04	5,80E+03	-0,556	1,58
6						1,80E-04	5,55E+03	-0,541	1,90
7						1,88E-04	5,33E+03	-0,530	2,21
8						1,95E-04	5,14E+03	-0,512	2,53
9						2,01E-04	4,97E+03	-0,507	2,84
10						2,08E-04	4,81E+03	-0,495	3,16

**Pórtico Plano de un Vano con Vigas Acarteladas Rectas**

Cartelas Rectas		Altura entre piso 2,5 m				Momento en los nodos (Ton-m)	Desplazamiento Lateral (m)	Rigidez Lateral (Ton/m)	Rotacion nodos (rad)	
al	rh	Distancia del vano (m)	Dimension Columna		Dimension Viga					
			Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)				
0,1	0,4	4	0,4	0,4	0,3	0,6	-0,58	1,58E-04	6,34E+03	-2,40E-05
	0,8						-0,572	1,55E-04	6,47E+03	-2,10E-05
	1,2						-0,585	1,53E-04	6,54E+03	-2,00E-05
0,2	0,4						-0,588	1,53E-04	6,55E+03	-2,00E-05
	0,8						-0,608	1,47E-04	6,79E+03	-1,60E-05
	1,2						-0,586	1,44E-04	6,92E+03	-1,30E-05
0,3	0,4						-0,585	1,49E-04	6,70E+03	-1,70E-05
	0,8						-0,613	1,43E-04	7,01E+03	-1,20E-05
	1,2						-0,613	1,39E-04	7,19E+03	-9,00E-06

**Pórtico Plano de un Vano con Vigas Acarteladas Rectas**

Cartelas Rectas		Altura entre piso 2,5 m				Momento en los nodos (Ton-m)	Desplazamiento Lateral (m)	Rigidez Lateral (Ton/m)	Rotacion nodos (rad)	
al	rh	Distancia del vano (m)	Dimension Columna		Dimension Viga					
			Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)				
0,1	0,4	5	0,4	0,4	0,3	0,6	-0,56	1,64E-04	6,08E+03	-2,90E-05
	0,8						-0,566	1,61E-04	6,23E+03	-2,60E-05
	1,2						-0,586	1,59E-04	6,31E+03	-2,50E-05
0,2	0,4						-0,564	1,58E-04	6,31E+03	-2,40E-05
	0,8						-0,578	1,52E-04	6,58E+03	-1,90E-05
	1,2						-0,577	1,48E-04	6,74E+03	-1,60E-05
0,3	0,4						-0,578	1,54E-04	6,48E+03	-2,10E-05
	0,8						-0,613	1,46E-04	6,85E+03	-1,50E-05
	1,2						-0,599	1,42E-04	7,06E+03	-1,10E-05

**Pórtico Plano de un Vano con Vigas Acarteladas Rectas**

**Tabla 3.6.3**

Cartelas Rectas		Altura entre piso 2,5 m					Momento en los nodos (Ton-m)	Desplazamiento Lateral (m)	Rigidez Lateral (Ton/m)	Rotacion nodos (rad)
cl	rh	Distancia del vano (m)	Dimension Columna		Dimension Viga					
			Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)				
0,1	0,4	6	0,4	0,4	0,3	0,6	-0,548	1,71E-04	5,85E+03	-3,40E-05
	0,8						-0,563	1,67E-04	6,01E+03	-3,10E-05
	1,2						-0,566	1,64E-04	6,10E+03	-2,90E-05
0,2	0,4						-0,568	1,64E-04	6,10E+03	-2,90E-05
	0,8						-0,583	1,56E-04	6,40E+03	-2,30E-05
	1,2						-0,571	1,52E-04	6,57E+03	-1,90E-05
0,3	0,4						-0,574	1,59E-04	6,29E+03	-2,50E-05
	0,8						-0,579	1,49E-04	6,69E+03	-1,70E-05
	1,2						-0,59	1,44E-04	6,93E+03	-1,30E-05

**Pórtico Plano de un Vano con Vigas Acarteladas Rectas**

**Tabla 3.6.4**

Cartelas Rectas		Altura entre piso 2,5 m					Momento en los nodos (Ton-m)	Desplazamiento Lateral (m)	Rigidez Lateral (Ton/m)	Rotacion nodos (rad)
cl	rh	Distancia del vano (m)	Dimension Columna		Dimension Viga					
			Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)				
0,1	0,4	7	0,4	0,4	0,3	0,6	-0,538	1,77E-04	5,65E+03	-3,90E-05
	0,8						-0,545	1,72E-04	5,81E+03	-3,50E-05
	1,2						-0,552	1,69E-04	5,90E+03	-3,30E-05
0,2	0,4						-0,554	1,69E-04	5,91E+03	-3,30E-05
	0,8						-0,565	1,61E-04	6,22E+03	-2,60E-05
	1,2						-0,567	1,56E-04	6,41E+03	-2,20E-05
0,3	0,4						-0,57	1,64E-04	6,11E+03	-2,90E-05
	0,8						-0,584	1,53E-04	6,54E+03	-2,00E-05
	1,2						-0,584	1,47E-04	6,81E+03	-1,50E-05

**Pórtico Plano de un Vano con Vigas Acarteladas Rectas**

**Tabla 3.6.5**

Cartelas Rectas		Altura entre piso 2,5 m					Momento en los nodos (Ton-m)	Desplazamiento Lateral (m)	Rigidez Lateral (Ton/m)	Rotacion nodos (rad)
cl	rh	Distancia del vano (m)	Dimension Columna		Dimension Viga					
			Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)				
0,1	0,4	8	0,4	0,4	0,3	0,6	-0,532	1,83E-04	5,46E+03	-4,40E-05
	0,8						-0,545	1,78E-04	5,63E+03	-4,00E-05
	1,2						-0,542	1,75E-04	5,73E+03	-3,70E-05
0,2	0,4						-0,544	1,74E-04	5,73E+03	-3,70E-05
	0,8						-0,57	1,65E-04	6,06E+03	-3,00E-05
	1,2						-0,564	1,60E-04	6,27E+03	-2,50E-05
0,3	0,4						-0,551	1,68E-04	5,94E+03	-3,20E-05
	0,8						-0,588	1,56E-04	6,40E+03	-2,30E-05
	1,2						-0,579	1,49E-04	6,69E+03	-1,70E-05

**Pórtico Plano de un Vano con Vigas Acarteladas Rectas**

**Tabla 3.6.6**

Cartelas Rectas		Altura entre piso 2,5 m					Momento en los nodos (Ton-m)	Desplazamiento Lateral (m)	Rigidez Lateral (Ton/m)	Rotacion nodos (rad)
al	rh	Distancia del vano (m)	Dimension Columna		Dimension Viga					
				Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)			
0,1	0,4	9	0,4	0,4	0,3	0,6	-0,526	1,89E-04	5,29E+03	-4,90E-05
	0,8						-0,533	1,83E-04	5,46E+03	-4,40E-05
	1,2						-0,546	1,80E-04	5,56E+03	-4,20E-05
0,2	0,4						-0,536	1,80E-04	5,57E+03	-4,10E-05
	0,8						-0,558	1,69E-04	5,92E+03	-3,30E-05
	1,2						-0,561	1,63E-04	6,13E+03	-2,80E-05
0,3	0,4						-0,551	1,73E-04	5,79E+03	-3,60E-05
	0,8						-0,568	1,59E-04	6,27E+03	-2,50E-05
	1,2						-0,575	1,52E-04	6,58E+03	-1,90E-05

**Pórtico Plano de un Vano con Vigas Acarteladas Rectas**

**Tabla 3.6.7**

Cartelas Rectas		Altura entre piso 2,5 m					Momento en los nodos (Ton-m)	Desplazamiento Lateral (m)	Rigidez Lateral (Ton/m)	Rotacion nodos (rad)
al	rh	Distancia del vano (m)	Dimension Columna		Dimension Viga					
				Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)			
0,1	0,4	10	0,4	0,4	0,3	0,6	-0,512	1,95E-04	5,14E+03	5,30E-05
	0,8						-0,523	1,88E-04	5,31E+03	-4,80E-05
	1,2						-0,527	1,85E-04	5,42E+03	-4,50E-05
0,2	0,4						-0,529	1,84E-04	5,42E+03	-4,50E-05
	0,8						-0,547	1,73E-04	5,78E+03	-3,60E-05
	1,2						-0,559	1,67E-04	6,00E+03	-3,10E-05
0,3	0,4						-0,551	1,77E-04	5,64E+03	-4,00E-05
	0,8						-0,573	1,66E-04	6,01E+03	-2,80E-05
	1,2						-0,572	1,54E-04	6,47E+03	-2,10E-05

**Pórtico Plano de un Vano con Vigas Acarteladas Prismáticas**

**Tabla 3.6.8**

Cartelas Prismáticas		Altura entre piso 2,5 m					Momento en los nodos (Ton-m)	Desplazamiento Lateral (m)	Rigidez Lateral (Ton/m)	Rotacion nodos (rad)
al	rh	Distancia del vano	Dimension Columna		Dimension Viga					
				Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)			
0,1	0,4	4	0,4	0,4	0,3	0,6	-0,51	1,54E-04	6,50E+03	-2,10E-05
	0,8						-0,584	1,51E-04	6,64E+03	-1,80E-05
	1,2						-0,589	1,49E-04	6,70E+03	-1,70E-05
0,2	0,4						-0,578	1,47E-04	6,80E+03	-1,50E-05
	0,8						-0,607	1,42E-04	7,07E+03	-1,10E-05
	1,2						-0,601	1,39E-04	7,18E+03	-9,00E-06
0,3	0,4						-0,621	1,44E-04	6,96E+03	-1,30E-05
	0,8						-0,603	1,34E-04	7,47E+03	-7,00E-06
	1,2						-0,637	1,34E-04	7,48E+03	-5,00E-06

**Pórtico Plano de un Vano con Vigas Acarteladas Prismáticas**

**Tabla 3.6.9**

Cartelas Prismáticas		Altura entre piso 2,5 m					Momento en los nodos (Ton-m)	Desplazamiento Lateral (m)	Rigidez Lateral (Ton/m)	Rotacion nodos (rad)
al	rh	Distancia del vano	Dimension Columna		Dimension Viga					
				Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)			
0,1	0,4	5	0,4	0,4	0,3	0,6	-0,583	1,60E-04	6,26E+03	-2,60E-05
	0,8						-0,571	1,56E-04	6,42E+03	-2,20E-05
	1,2						-0,582	1,54E-04	6,49E+03	-2,10E-05
0,2	0,4						-0,586	1,52E-04	6,60E+03	-1,90E-05
	0,8						-0,618	1,45E-04	6,91E+03	-1,40E-05
	1,2						-0,588	1,42E-04	7,05E+03	-1,10E-05
0,3	0,4						-0,611	1,47E-04	6,79E+03	-1,60E-05
	0,8						-0,62	1,39E-04	7,20E+03	-9,00E-06
	1,2						-0,611	1,35E-04	7,39E+03	-6,00E-06

**Pórtico Plano de un Vano con Vigas Acarteladas Prismáticas**

**Tabla 3.6.10**

Cartelas Prismáticas		Altura entre piso 2,5 m					Momento en los nodos (Ton-m)	Desplazamiento Lateral (m)	Rigidez Lateral (Ton/m)	Rotacion nodos (rad)
al	rh	Distancia del vano	Dimension Columna		Dimension Viga					
				Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)			
0,1	0,4	6	0,4	0,4	0,3	0,6	-0,561	1,66E-04	6,04E+03	-3,00E-05
	0,8						-0,563	1,61E-04	6,22E+03	-2,60E-05
	1,2						-0,578	1,59E-04	6,29E+03	-2,50E-05
0,2	0,4						-0,591	1,56E-04	6,41E+03	-2,30E-05
	0,8						-0,589	1,48E-04	6,76E+03	-1,60E-05
	1,2						-0,579	1,45E-04	6,91E+03	-1,30E-05
0,3	0,4						-0,573	1,51E-04	6,63E+03	-1,80E-05
	0,8						-0,632	1,41E-04	7,09E+03	-1,10E-05
	1,2						-0,594	1,37E-04	7,31E+03	-7,00E-06

**Pórtico Plano de un Vano con Vigas Acarteladas Prismáticas**

**Tabla 3.6.11**

Cartelas Prismáticas		Altura entre piso 2,5 m					Momento en los nodos (Ton-m)	Desplazamiento Lateral (m)	Rigidez Lateral (Ton/m)	Rotacion nodos (rad)
al	rh	Distancia del vano	Dimension Columna		Dimension Viga					
				Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)			
0,1	0,4	7	0,4	0,4	0,3	0,6	-0,561	1,71E-04	5,84E+03	-3,50E-05
	0,8						-0,557	1,66E-04	6,03E+03	-3,00E-05
	1,2						-0,574	1,64E-04	6,11E+03	-2,90E-05
0,2	0,4						-0,573	1,60E-04	6,24E+03	-2,60E-05
	0,8						-0,599	1,51E-04	6,62E+03	-1,90E-05
	1,2						-0,61	1,47E-04	6,79E+03	-1,60E-05
0,3	0,4						-0,573	1,54E-04	6,47E+03	-2,10E-05
	0,8						-0,591	1,43E-04	6,99E+03	-1,20E-05
	1,2						-0,582	1,38E-04	7,23E+03	-8,00E-06

**Pórtico Plano de un Vano con Vigas Acarteladas Prismáticas**

**Tabla 3.6.12**

Cartelas Prismáticas		Altura entre piso 2,5 m					Momento en los nodos (Ton-m)	Desplazamiento Lateral (m)	Rigidez Lateral (Ton/m)	Rotacion nodos (rad)
al	rh	Distancia del vano	Dimension Columna		Dimension Viga					
				Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)			
0,1	0,4	8	0,4	0,4	0,3	0,6	-0,547	1,76E-04	5,67E+03	-3,90E-05
	0,8						-0,552	1,71E-04	5,86E+03	-3,40E-05
	1,2						-0,555	1,68E-04	5,95E+03	-3,20E-05
0,2	0,4						-0,559	1,64E-04	6,08E+03	-2,90E-05
	0,8						-0,569	1,54E-04	6,49E+03	-2,10E-05
	1,2						-0,601	1,50E-04	6,67E+03	-1,80E-05
0,3	0,4						-0,573	1,58E-04	6,33E+03	-2,40E-05
	0,8						-0,603	1,45E-04	6,89E+03	-1,40E-05
	1,2						-0,637	1,40E-04	7,16E+03	-1,00E-05

**Pórtico Plano de un Vano con Vigas Acarteladas Prismáticas**

**Tabla 3.6.13**

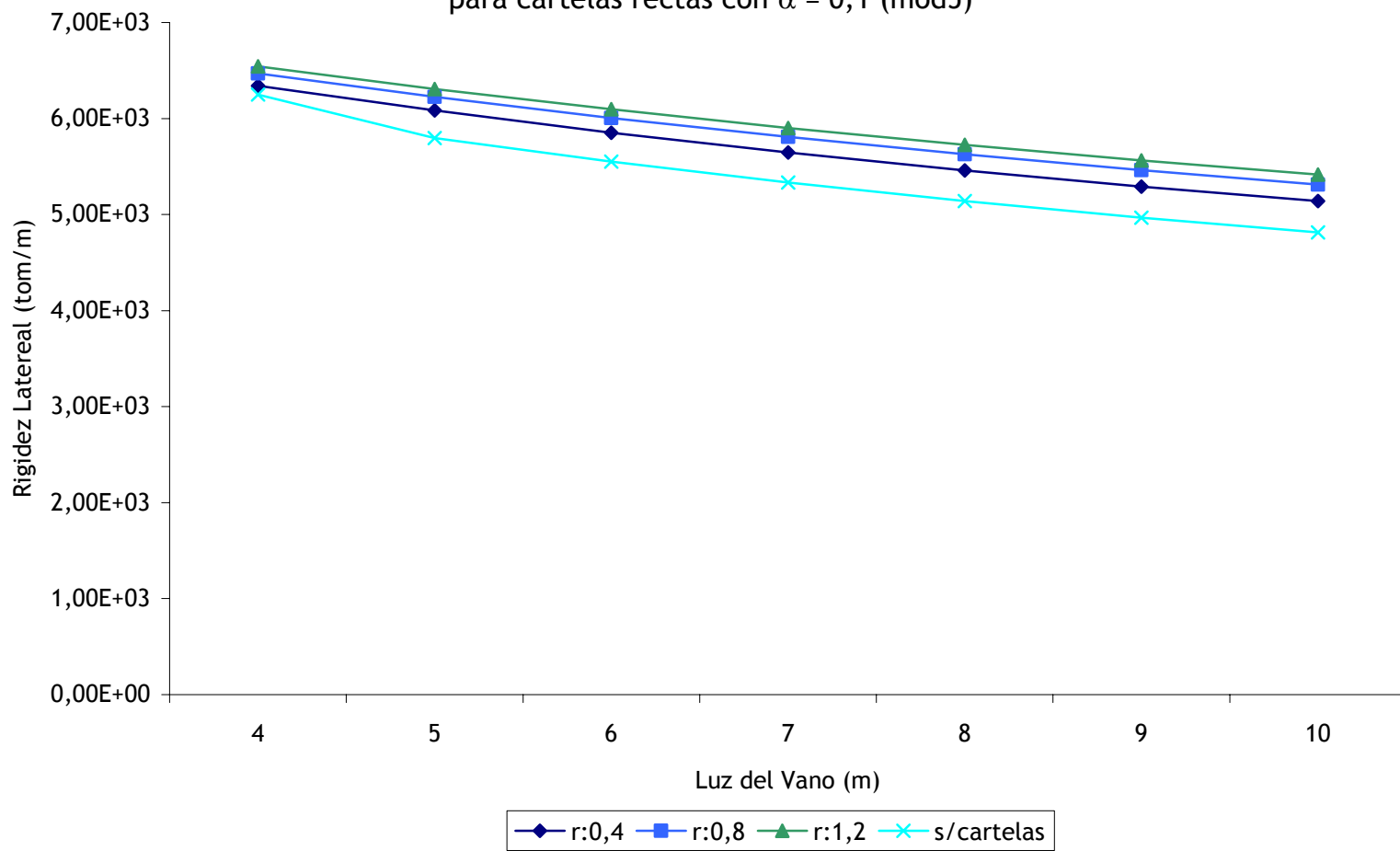
Cartelas Prismáticas		Altura entre piso 2,5 m					Momento en los nodos (Ton-m)	Desplazamiento Lateral (m)	Rigidez Lateral (Ton/m)	Rotacion nodos (rad)
al	rh	Distancia del vano	Dimension Columna		Dimension Viga					
				Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)			
0,1	0,4	9	0,4	0,4	0,3	0,6	-0,536	1,82E-04	5,50E+03	-4,30E-05
	0,8						-0,548	1,75E-04	5,71E+03	-3,80E-05
	1,2						-0,555	1,73E-04	5,79E+03	-3,60E-05
0,2	0,4						-0,565	1,69E-04	5,93E+03	-3,30E-05
	0,8						-0,589	1,57E-04	6,36E+03	-2,40E-05
	1,2						-0,594	1,52E-04	6,56E+03	-2,00E-05
0,3	0,4						-0,573	1,61E-04	6,20E+03	-2,70E-05
	0,8						-0,613	1,47E-04	6,79E+03	-1,60E-05
	1,2						-0,622	1,41E-04	7,08E+03	-1,10E-05

**Pórtico Plano de un Vano con Vigas Acarteladas Prismáticas**

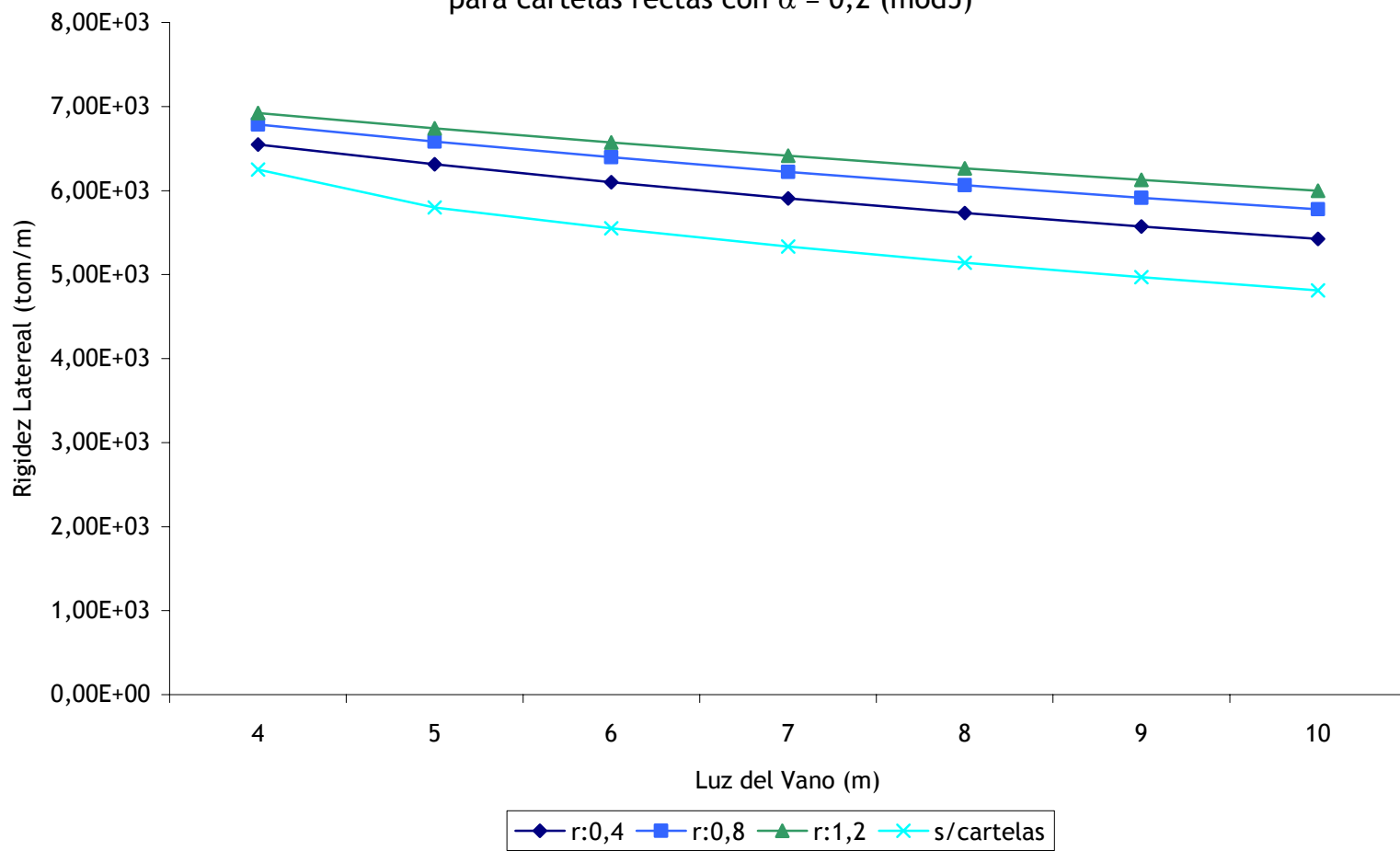
**Tabla 3.6.14**

Cartelas Prismáticas		Altura entre piso 2,5 m					Momento en los nodos (Ton-m)	Desplazamiento Lateral (m)	Rigidez Lateral (Ton/m)	Rotacion nodos (rad)
al	rh	Distancia del vano	Dimension Columna		Dimension Viga					
				Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)			
0,1	0,4	10	0,4	0,4	0,3	0,6	-0,527	1,87E-04	5,35E+03	-4,70E-05
	0,8						-0,545	1,80E-04	5,56E+03	-4,20E-05
	1,2						-0,541	1,77E-04	5,65E+03	-3,90E-05
0,2	0,4						-0,555	1,73E-04	5,79E+03	-3,60E-05
	0,8						-0,574	1,60E-04	6,24E+03	-2,60E-05
	1,2						-0,588	1,55E-04	6,45E+03	-2,20E-05
0,3	0,4						-0,573	1,65E-04	6,07E+03	-3,00E-05
	0,8						-0,586	1,49E-04	6,70E+03	-1,70E-05
	1,2						-0,611	1,43E-04	7,01E+03	-1,20E-05

**Gráfico 2.27**  
**Rigidez Lateral Vs. Luz del Vano**  
para cartelas rectas con  $\alpha = 0,1$  (mod5)

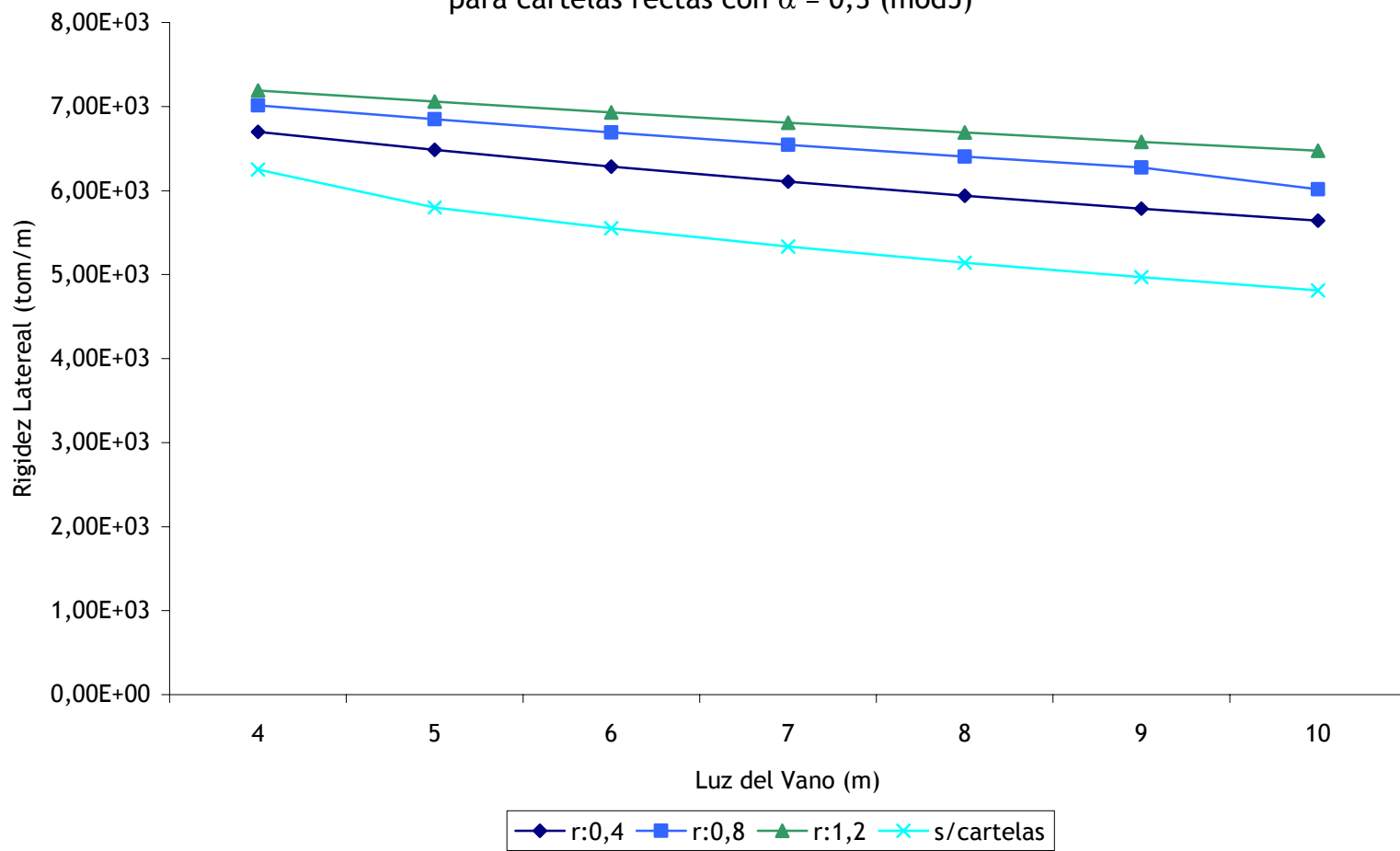


**Gráfico 2.28**  
**Rigidez Lateral Vs. Luz del Vano**  
para cartelas rectas con  $\alpha = 0,2$  (mod5)

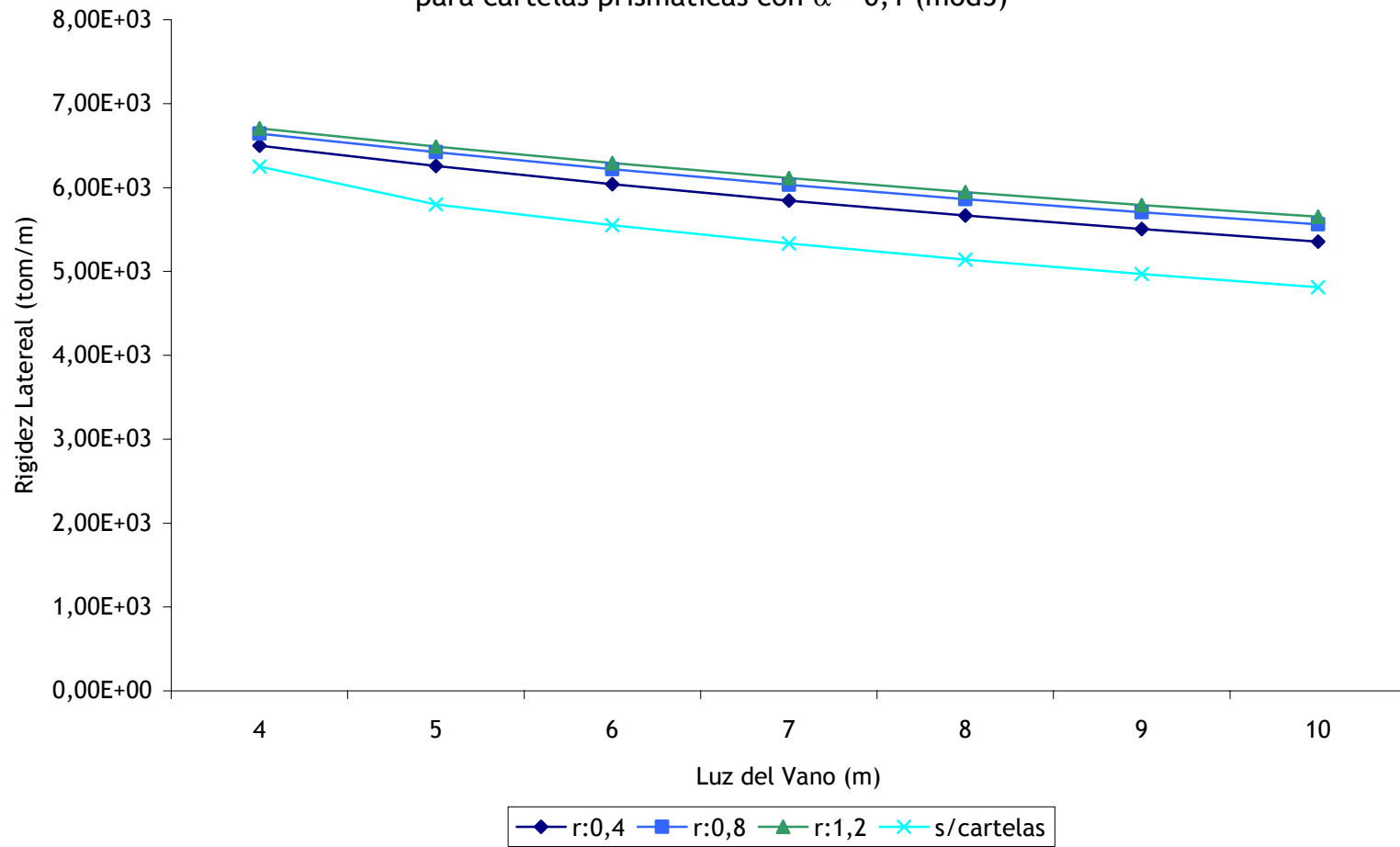




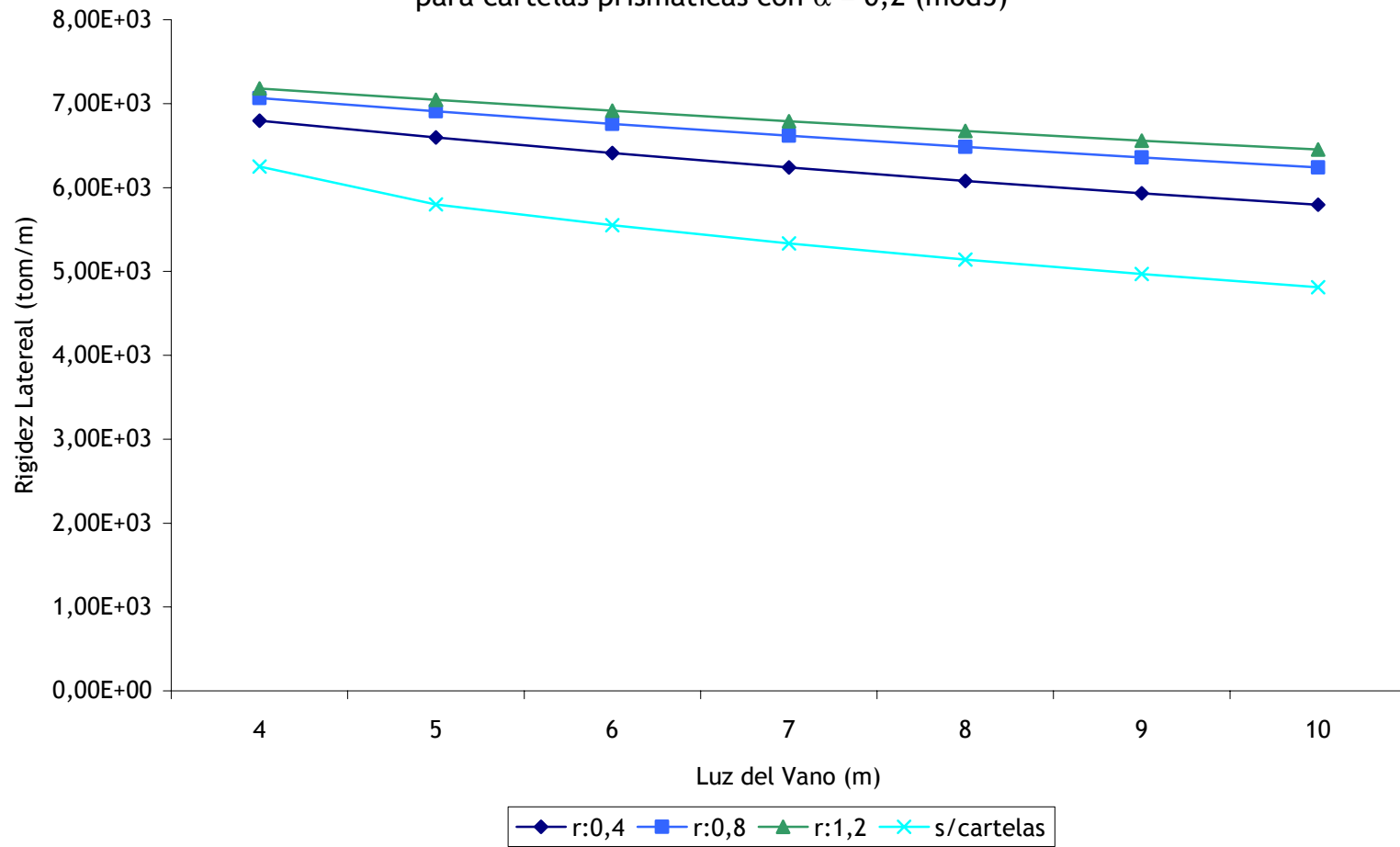
**Gráfico 2.29**  
**Rigidez Lateral Vs. Luz del Vano**  
para cartelas rectas con  $\alpha = 0,3$  (mod5)



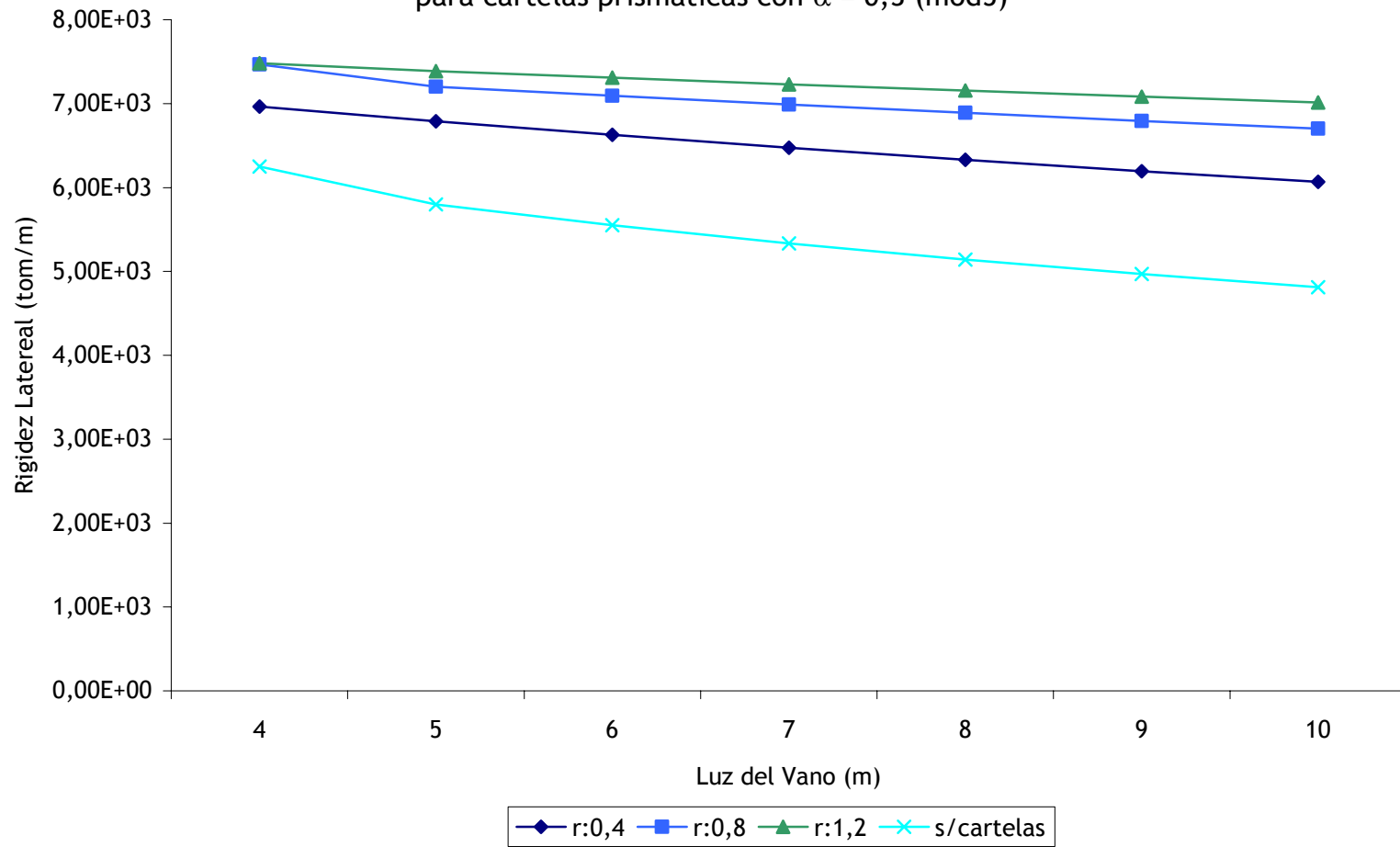
**Gráfico 2.30**  
**Rigidez Lateral Vs. Luz del Vano**  
para cartelas prismáticas con  $\alpha = 0,1$  (mod5)



**Gráfico 2.31**  
**Rigidez Lateral Vs. Luz del Vano**  
para cartelas prismáticas con  $\alpha = 0,2$  (mod5)



**Gráfico 2.32**  
**Rigidez Lateral Vs. Luz del Vano**  
para cartelas prismáticas con  $\alpha = 0,3$  (mod5)



**Pórtico Plano de un Vano sin Cartelas**

Carga Lateral Unitaria

Sin cartelas

**Tabla 3.7**

Distancia del vano (m)	Altura entrepiso (m)	MODELO 6				Desplazamiento Lateral (m)	Rigidez Lateral (Ton/m)	Momento en los nodos (Ton-m)	$\Sigma(Ic/Lc)/(Iv/Lv)$
		Dimension Columna		Dimension Viga					
		Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)				
4	2,5	0,4	0,4	0,3	0,8	1,44E-04	6,93E+03	-0,596	0,53
5						1,48E-04	6,76E+03	-0,586	0,67
6						1,52E-04	6,59E+03	-0,580	0,80
7						1,56E-04	6,43E+03	-0,576	0,93
8						1,59E-04	6,28E+03	-0,573	1,07
9						1,63E-04	6,15E+03	-0,570	1,20
10						1,66E-04	6,02E+03	-0,568	1,33

**Pórtico Plano de un Vano con Vigas Acarteladas Rectas**

**Tabla 3.7.1**

Cartelas Rectas		Altura entre piso 2,5 m					Momento en los nodos (Ton-m)	Desplazamiento Lateral (m)	Rigidez Lateral (Ton/m)	Rotacion nodos (rad)
cl	rh	Distancia del vano (m)	Dimension Columna		Dimension Viga					
			Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)				
0,1	0,4	4	0,4	0,4	0,3	0,8	-0,63	1,41E-04	7,09E+03	-1,10E-05
	0,8						-0,581	1,40E-04	7,16E+03	-9,00E-06
	1,2						-0,625	1,39E-04	7,20E+03	-9,00E-06
0,2	0,4						-0,627	1,39E-04	7,21E+03	-9,00E-06
	0,8						-0,631	1,36E-04	7,33E+03	-7,00E-06
	1,2						-0,641	1,35E-04	7,40E+03	-6,00E-06
0,3	0,4						-0,652	1,37E-04	7,29E+03	-8,00E-06
	0,8						-0,606	1,34E-04	7,45E+03	-5,00E-06
	1,2						-0,646	1,33E-04	7,54E+03	-4,00E-06

**Pórtico Plano de un Vano con Vigas Acarteladas Rectas**

**Tabla 3.7.2**

Cartelas Rectas		Altura entre piso 2,5 m					Momento en los nodos (Ton-m)	Desplazamiento Lateral (m)	Rigidez Lateral (Ton/m)	Rotacion nodos (rad)
cl	rh	Distancia del vano (m)	Dimension Columna		Dimension Viga					
			Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)				
0,1	0,4	5	0,4	0,4	0,3	0,8	-0,596	1,44E-04	6,94E+03	-1,30E-05
	0,8						-0,62	1,42E-04	7,02E+03	-1,20E-05
	1,2						-0,611	1,41E-04	7,07E+03	-1,10E-05
0,2	0,4						-0,613	1,41E-04	7,07E+03	-1,10E-05
	0,8						-0,577	1,38E-04	7,23E+03	-8,00E-06
	1,2						-0,598	1,37E-04	7,31E+03	-7,00E-06
0,3	0,4						-0,587	1,39E-04	7,17E+03	-9,00E-06
	0,8						-0,581	1,36E-04	7,37E+03	-6,00E-06
	1,2						-0,646	1,34E-04	7,47E+03	-5,00E-06

**Pórtico Plano de un Vano con Vigas Acarteladas Rectas**

**Tabla 3.7.3**

Cartelas Rectas		Altura entre piso 2,5 m					Momento en los nodos (Ton-m)	Desplazamiento Lateral (m)	Rigidez Lateral (Ton/m)	Rotacion nodos (rad)
cl	rh	Distancia del vano (m)	Dimension Columna		Dimension Viga					
			Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)				
0,1	0,4	6	0,4	0,4	0,3	0,8	-0,611	1,47E-04	6,79E+03	-1,60E-05
	0,8						-0,602	1,45E-04	6,89E+03	-1,40E-05
	1,2						-0,601	1,44E-04	6,94E+03	-1,30E-05
0,2	0,4						-0,604	1,44E-04	6,95E+03	-1,30E-05
	0,8						-0,601	1,40E-04	7,12E+03	-1,00E-05
	1,2						-0,641	1,38E-04	7,22E+03	-9,00E-06
0,3	0,4						-0,598	1,42E-04	7,06E+03	-1,10E-05
	0,8						-0,646	1,37E-04	7,28E+03	-8,00E-06
	1,2						-0,646	1,35E-04	7,41E+03	-6,00E-06

**Pórtico Plano de un Vano con Vigas Acarteladas Rectas**

**Tabla 3.7.4**

Cartelas Rectas		Altura entre piso 2,5 m					Momento en los nodos (Ton-m)	Desplazamiento Lateral (m)	Rigidez Lateral (Ton/m)	Rotacion nodos (rad)
cl	rh	Distancia del vano (m)	Dimension Columna		Dimension Viga					
			Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)				
0,1	0,4	7	0,4	0,4	0,3	0,8	-0,589	1,50E-04	6,65E+03	-1,80E-05
	0,8						-0,59	1,48E-04	6,76E+03	-1,60E-05
	1,2						-0,595	1,47E-04	6,82E+03	-1,50E-05
0,2	0,4						-0,597	1,46E-04	6,83E+03	-1,50E-05
	0,8						-0,618	1,42E-04	7,02E+03	-1,20E-05
	1,2						-0,61	1,40E-04	7,13E+03	-1,00E-05
0,3	0,4						-0,606	1,44E-04	6,95E+03	-1,30E-05
	0,8						-0,623	1,39E-04	7,21E+03	-9,00E-06
	1,2						-0,646	1,36E-04	7,35E+03	-7,00E-06

**Pórtico Plano de un Vano con Vigas Acarteladas Rectas**

**Tabla 3.7.5**

Cartelas Rectas		Altura entre piso 2,5 m					Momento en los nodos (Ton-m)	Desplazamiento Lateral (m)	Rigidez Lateral (Ton/m)	Rotacion nodos (rad)
cl	rh	Distancia del vano (m)	Dimension Columna		Dimension Viga					
			Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)				
0,1	0,4	8	0,4	0,4	0,3	0,8	-0,573	1,53E-04	6,52E+03	-2,00E-05
	0,8						-0,581	1,51E-04	6,64E+03	-1,80E-05
	1,2						-0,59	1,49E-04	6,71E+03	-1,70E-05
0,2	0,4						-0,592	1,49E-04	6,71E+03	-1,70E-05
	0,8						-0,586	1,44E-04	6,93E+03	-1,30E-05
	1,2						-0,588	1,42E-04	7,05E+03	-1,10E-05
0,3	0,4						-0,612	1,46E-04	6,85E+03	-1,50E-05
	0,8						-0,606	1,40E-04	7,13E+03	-1,00E-05
	1,2						-0,646	1,37E-04	7,29E+03	-8,00E-06

**Pórtico Plano de un Vano con Vigas Acarteladas Rectas**

**Tabla 3.7.6**

Cartelas Rectas		Altura entre piso 2,5 m					Momento en los nodos (Ton-m)	Desplazamiento Lateral (m)	Rigidez Lateral (Ton/m)	Rotacion nodos (rad)
al	rh	Distancia del vano (m)	Dimension Columna		Dimension Viga					
				Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)			
0,1	0,4	9	0,4	0,4	0,3	0,8	-0,585	1,56E-04	6,40E+03	-2,30E-05
	0,8						-0,574	1,53E-04	6,53E+03	-2,00E-05
	1,2						-0,586	1,52E-04	6,60E+03	-1,90E-05
0,2	0,4						-0,588	1,51E-04	6,60E+03	-1,90E-05
	0,8						-0,601	1,46E-04	6,83E+03	-1,50E-05
	1,2						-0,617	1,44E-04	6,96E+03	-1,30E-05
0,3	0,4						-0,58	1,48E-04	6,75E+03	-1,60E-05
	0,8						-0,592	1,42E-04	7,05E+03	-1,10E-05
	1,2						-0,574	1,38E-04	7,22E+03	-8,00E-06

**Pórtico Plano de un Vano con Vigas Acarteladas Rectas**

**Tabla 3.7.7**

Cartelas Rectas		Altura entre piso 2,5 m					Momento en los nodos (Ton-m)	Desplazamiento Lateral (m)	Rigidez Lateral (Ton/m)	Rotacion nodos (rad)
al	rh	Distancia del vano (m)	Dimension Columna		Dimension Viga					
				Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)			
0,1	0,4	10	0,4	0,4	0,3	0,8	-0,573	1,59E-04	6,28E+03	-2,50E-05
	0,8						-0,568	1,56E-04	6,42E+03	-2,20E-05
	1,2						-0,583	1,54E-04	6,49E+03	-2,10E-05
0,2	0,4						-0,585	1,54E-04	6,50E+03	-2,10E-05
	0,8						-0,567	1,48E-04	6,74E+03	-1,60E-05
	1,2						-0,598	1,45E-04	6,88E+03	-1,40E-05
0,3	0,4						-0,588	1,50E-04	6,65E+03	-1,80E-05
	0,8						-0,581	1,43E-04	6,98E+03	-1,20E-05
	1,2						-0,581	1,40E-04	7,17E+03	-9,00E-06

**Pórtico Plano de un Vano con Vigas Acarteladas Prismáticas**

**Tabla 3.7.8**

Cartelas Prismáticas		Altura entre piso 2,5 m					Momento en los nodos (Ton-m)	Desplazamiento Lateral (m)	Rigidez Lateral (Ton/m)	Rotacion nodos (rad)
al	rh	Distancia del vano	Dimension Columna		Dimension Viga					
				Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)			
0,1	0,4	4	0,4	0,4	0,3	0,8	-0,598	1,39E-04	7,18E+03	-9,00E-06
	0,8						-0,616	1,38E-04	7,26E+03	-8,00E-06
	1,2						-0,575	1,37E-04	7,29E+03	-7,00E-06
0,2	0,4						-0,64	1,36E-04	7,34E+03	-7,00E-06
	0,8						-0,654	1,34E-04	7,48E+03	-5,00E-06
	1,2						-0,633	1,33E-04	7,53E+03	-4,00E-06
0,3	0,4						-0,566	1,35E-04	7,43E+03	-5,00E-06
	0,8						-0,613	1,32E-04	7,59E+03	-3,00E-06
	1,2						-0,604	1,30E-04	7,67E+03	-2,00E-06

**Pórtico Plano de un Vano con Vigas Acarteladas Prismáticas**

**Tabla 3.7.9**

Cartelas Prismáticas		Altura entre piso 2,5 m					Momento en los nodos (Ton-m)	Desplazamiento Lateral (m)	Rigidez Lateral (Ton/m)	Rotacion nodos (rad)
al	rh	Distancia del vano	Dimension Columna		Dimension Viga					
				Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)			
0,1	0,4	5	0,4	0,4	0,3	0,8	-0,585	1,42E-04	7,04E+03	-1,10E-05
	0,8						-0,677	1,40E-04	7,14E+03	-1,00E-05
	1,2						-0,592	1,39E-04	7,17E+03	-9,00E-06
0,2	0,4						-0,585	1,38E-04	7,23E+03	-8,00E-06
	0,8						-0,628	1,35E-04	7,40E+03	-6,00E-06
	1,2						-0,633	1,34E-04	7,47E+03	-5,00E-06
0,3	0,4						-0,634	1,36E-04	7,34E+03	-7,00E-06
	0,8						-0,653	1,33E-04	7,54E+03	-4,00E-06
	1,2						-0,724	1,31E-04	7,66E+03	-3,00E-06

**Pórtico Plano de un Vano con Vigas Acarteladas Prismáticas**

**Tabla 3.7.10**

Cartelas Prismáticas		Altura entre piso 2,5 m					Momento en los nodos (Ton-m)	Desplazamiento Lateral (m)	Rigidez Lateral (Ton/m)	Rotacion nodos (rad)
al	rh	Distancia del vano	Dimension Columna		Dimension Viga					
				Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)			
0,1	0,4	6	0,4	0,4	0,3	0,8	-0,576	1,45E-04	6,91E+03	-1,30E-05
	0,8						-0,616	1,42E-04	7,02E+03	-1,20E-05
	1,2						-0,603	1,42E-04	7,06E+03	-1,10E-05
0,2	0,4						-0,609	1,40E-04	7,13E+03	-1,00E-05
	0,8						-0,61	1,37E-04	7,32E+03	-7,00E-06
	1,2						-0,633	1,35E-04	7,40E+03	-6,00E-06
0,3	0,4						-0,603	1,38E-04	7,25E+03	-8,00E-06
	0,8						-0,681	1,33E-04	7,49E+03	-5,00E-06
	1,2						-0,604	1,32E-04	7,59E+03	-3,00E-06

**Pórtico Plano de un Vano con Vigas Acarteladas Prismáticas**

**Tabla 3.7.11**

Cartelas Prismáticas		Altura entre piso 2,5 m					Momento en los nodos (Ton-m)	Desplazamiento Lateral (m)	Rigidez Lateral (Ton/m)	Rotacion nodos (rad)
al	rh	Distancia del vano	Dimension Columna		Dimension Viga					
				Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)			
0,1	0,4	7	0,4	0,4	0,3	0,8	-0,608	1,47E-04	6,79E+03	-1,60E-05
	0,8						-0,616	1,45E-04	6,91E+03	-1,40E-05
	1,2						-0,61	1,44E-04	6,96E+03	-1,30E-05
0,2	0,4						-0,627	1,42E-04	7,03E+03	-1,20E-05
	0,8						-0,598	1,38E-04	7,25E+03	-8,00E-06
	1,2						-0,633	1,36E-04	7,34E+03	-7,00E-06
0,3	0,4						-0,582	1,40E-04	7,17E+03	-9,00E-06
	0,8						-0,583	1,34E-04	7,44E+03	-5,00E-06
	1,2						-0,69	1,32E-04	7,56E+03	-4,00E-06



**Pórtico Plano de un Vano con Vigas Acarteladas Prismáticas**

**Tabla 3.7.12**

Cartelas Prismáticas		Altura entre piso 2,5 m					Momento en los nodos (Ton-m)	Desplazamiento Lateral (m)	Rigidez Lateral (Ton/m)	Rotacion nodos (rad)
al	rh	Distancia del vano	Dimension Columna		Dimension Viga					
			Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)				
0,1	0,4	8	0,4	0,4	0,3	0,8	-0,598	1,50E-04	6,67E+03	-1,80E-05
	0,8						-0,577	1,47E-04	6,80E+03	-1,50E-05
	1,2						-0,575	1,46E-04	6,85E+03	-1,40E-05
0,2	0,4						-0,594	1,44E-04	6,93E+03	-1,30E-05
	0,8						-0,589	1,39E-04	7,17E+03	-9,00E-06
	1,2						-0,633	1,37E-04	7,28E+03	-8,00E-06
0,3	0,4						-0,622	1,41E-04	7,08E+03	-1,10E-05
	0,8						-0,613	1,35E-04	7,39E+03	-6,00E-06
	1,2						-0,604	1,33E-04	7,52E+03	-4,00E-06

**Pórtico Plano de un Vano con Vigas Acarteladas Prismáticas**

**Tabla 3.7.13**

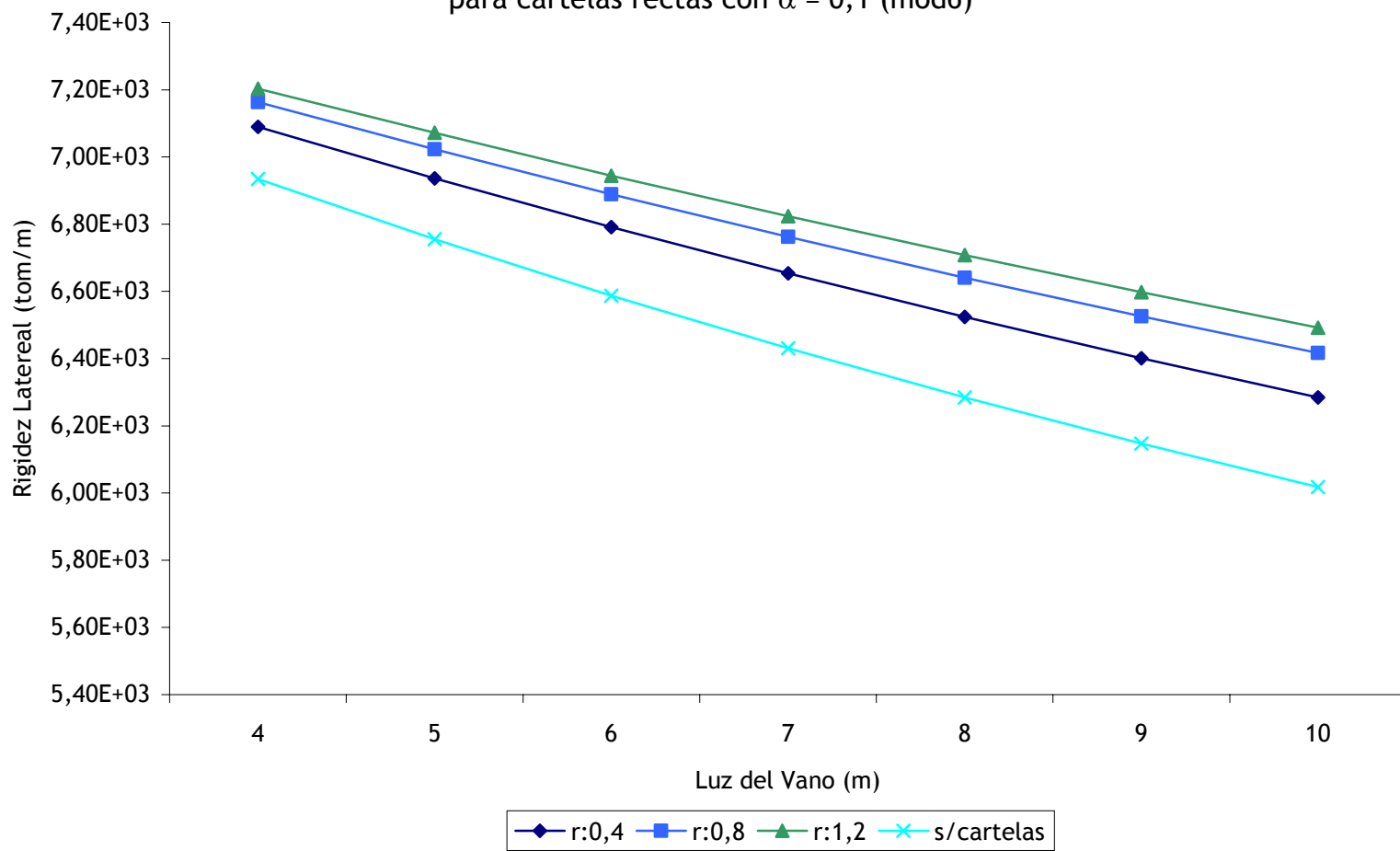
Cartelas Prismáticas		Altura entre piso 2,5 m					Momento en los nodos (Ton-m)	Desplazamiento Lateral (m)	Rigidez Lateral (Ton/m)	Rotacion nodos (rad)
al	rh	Distancia del vano	Dimension Columna		Dimension Viga					
			Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)				
0,1	0,4	9	0,4	0,4	0,3	0,8	-0,591	1,53E-04	6,55E+03	-2,20E-05
	0,8						-0,581	1,49E-04	6,69E+03	-1,70E-05
	1,2						-0,584	1,48E-04	6,75E+03	-1,60E-05
0,2	0,4						-0,609	1,46E-04	6,84E+03	-1,50E-05
	0,8						-0,581	1,41E-04	7,10E+03	-1,00E-05
	1,2						-0,633	1,39E-04	7,21E+03	-9,00E-06
0,3	0,4						-0,603	1,43E-04	7,01E+03	-1,20E-05
	0,8						-0,635	1,36E-04	7,34E+03	-7,00E-06
	1,2						-0,671	1,34E-04	7,49E+03	-5,00E-06

**Pórtico Plano de un Vano con Vigas Acarteladas Prismáticas**

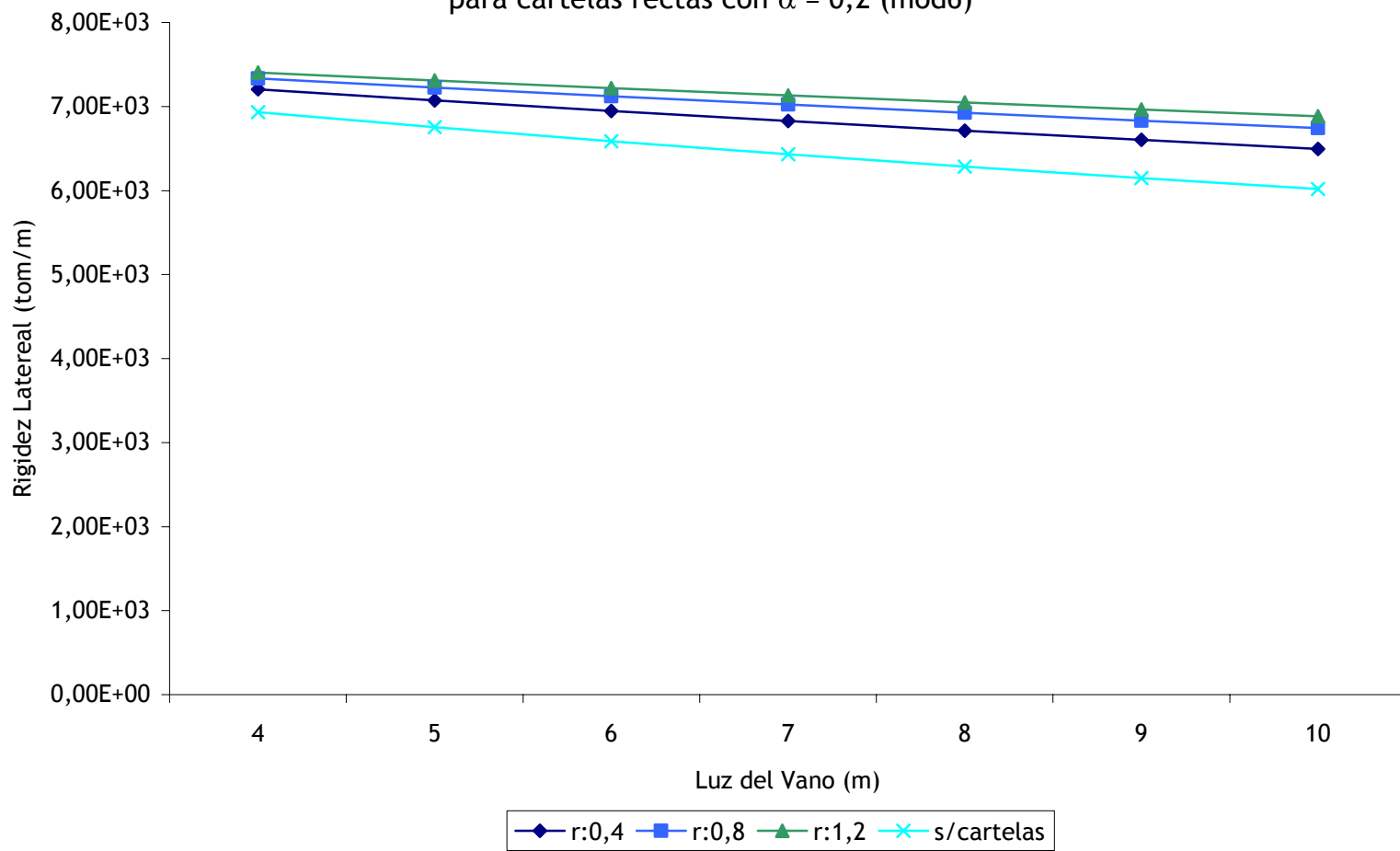
**Tabla 3.7.14**

Cartelas Prismáticas		Altura entre piso 2,5 m					Momento en los nodos (Ton-m)	Desplazamiento Lateral (m)	Rigidez Lateral (Ton/m)	Rotacion nodos (rad)
al	rh	Distancia del vano	Dimension Columna		Dimension Viga					
			Base (m)	Altura (m)	Base (m)	Altura (m)				
0,1	0,4	10	0,4	0,4	0,3	0,8	-0,585	1,55E-04	6,45E+03	-2,20E-05
	0,8						-0,585	1,52E-04	6,60E+03	-1,90E-05
	1,2						-0,592	1,50E-04	6,66E+03	-1,80E-05
0,2	0,4						-0,585	1,48E-04	6,75E+03	-1,60E-05
	0,8						-0,576	1,42E-04	7,03E+03	-1,10E-05
	1,2						-0,633	1,40E-04	7,15E+03	-1,00E-05
0,3	0,4						-0,588	1,44E-04	6,93E+03	-1,30E-05
	0,8						-0,572	1,37E-04	7,29E+03	-7,00E-06
	1,2						-0,604	1,34E-04	7,45E+03	-5,00E-06

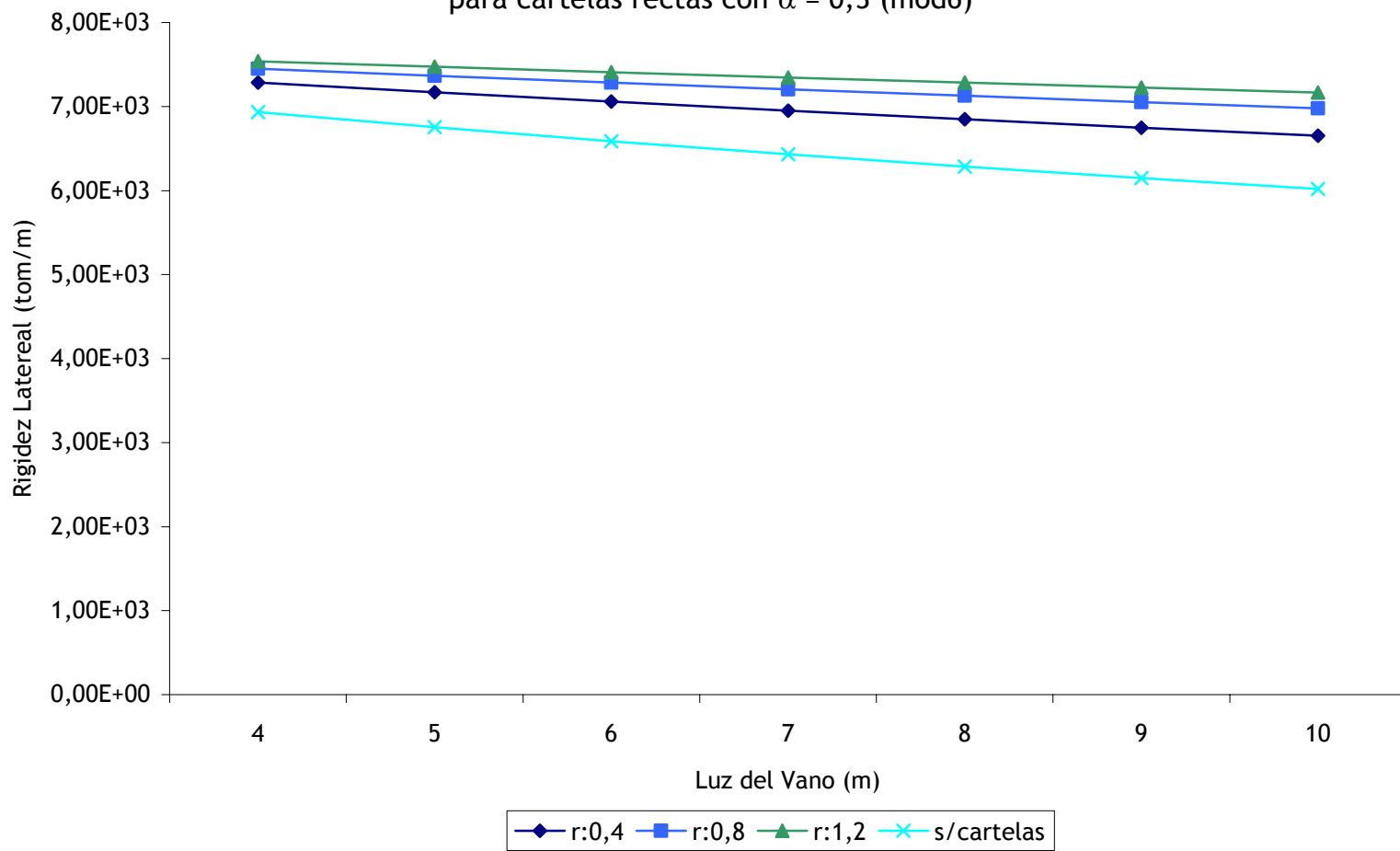
**Gráfico 2.33**  
**Rigidez Lateral Vs. Luz del Vano**  
para cartelas rectas con  $\alpha = 0,1$  (mod6)



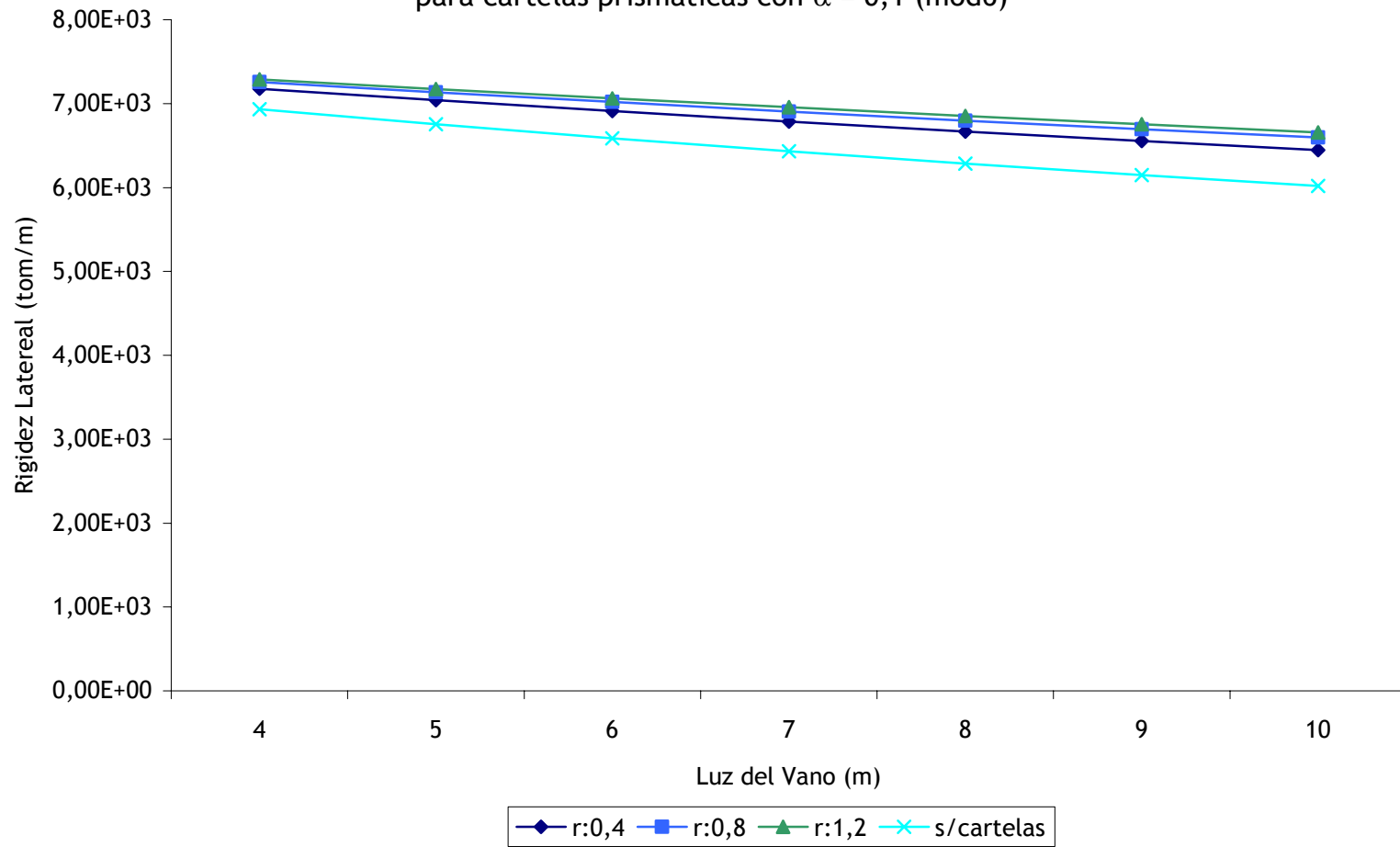
**Gráfico 2.34**  
**Rigidez Lateral Vs. Luz del Vano**  
para cartelas rectas con  $\alpha = 0,2$  (mod6)



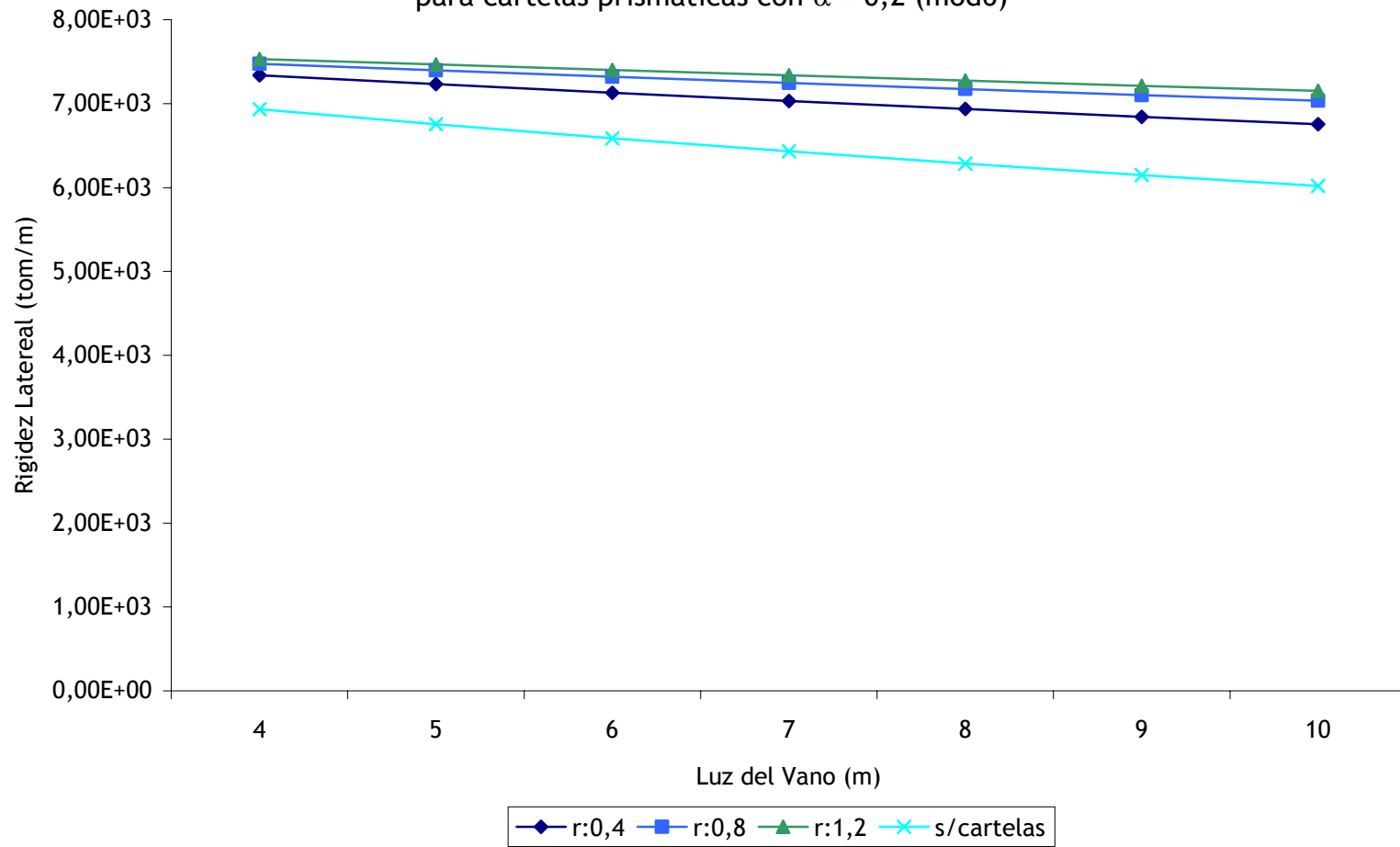
**Gráfico 2.35**  
**Rigidez Lateral Vs. Luz del Vano**  
para cartelas rectas con  $\alpha = 0,3$  (mod6)



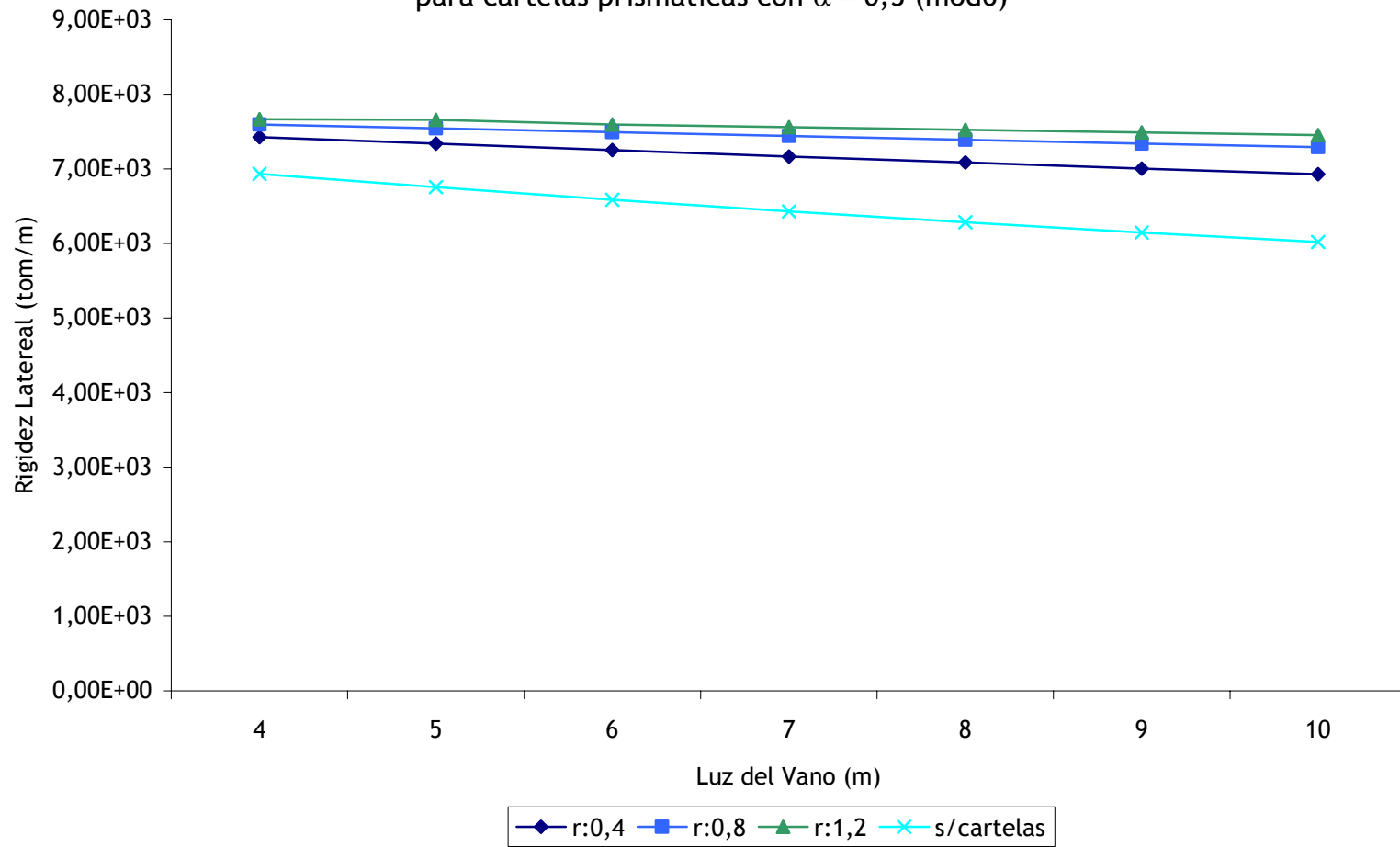
**Gráfico 2.36**  
**Rigidez Lateral Vs. Luz del Vano**  
para cartelas prismáticas con  $\alpha = 0,1$  (mod6)



**Gráfico 2.37**  
**Rigidez Lateral Vs. Luz del Vano**  
para cartelas prismáticas con  $\alpha = 0,2$  (mod6)



**Gráfico 2.38**  
**Rigidez Lateral Vs. Luz del Vano**  
para cartelas prismáticas con  $\alpha = 0,3$  (mod6)



Considerando las relaciones entre las rigideces laterales al evaluar la variación en las dimensiones de los elementos en los modelos 1, 2, 3, 4, 5 y 6 resultan:

Aumento de Rigidez Lateral (%)							
Tabla 4.1		Cartela Recta			Cartela Prismática		
$\Sigma(l_c/L_c)/(l_v/L_v)$	rh αL	0,4	0,8	1,2	0,4	0,8	1,2
0,53	0,1	2,24	3,29	3,88	3,52	4,67	5,13
	0,2	3,92	5,76	6,77	5,84	7,80	8,62
	0,3	5,09	7,43	8,71	7,08	9,52	10,55
0,67	0,1	2,68	3,96	4,68	4,25	5,64	6,21
	0,2	4,72	6,97	8,23	7,07	9,51	10,54
	0,3	6,15	9,05	10,64	8,61	11,66	13,35
0,80	0,1	3,09	4,57	5,42	4,91	6,54	7,22
	0,2	5,47	8,12	9,61	8,24	11,14	12,36
	0,3	7,15	10,58	12,48	10,06	13,72	15,28
0,93	0,1	3,47	5,15	6,11	5,52	7,38	8,16
	0,2	6,16	9,19	10,91	9,33	12,68	14,10
	0,3	8,08	12,04	14,25	11,44	15,69	17,53
1,07	0,1	3,82	5,68	6,74	6,10	8,17	9,04
	0,2	6,81	10,20	12,14	10,35	14,15	15,77
	0,3	8,96	13,42	15,93	12,74	17,59	19,71
1,20	0,1	4,14	6,17	7,33	6,63	8,90	9,86
	0,2	7,40	11,14	13,29	11,32	15,53	17,36
	0,3	9,76	14,72	17,53	13,96	19,41	21,80
1,26	0,1	1,47	3,52	4,70	3,99	6,29	7,26
	0,2	4,77	8,57	10,76	8,74	13,05	14,91
	0,3	7,17	12,22	15,09	11,43	19,47	19,70
1,33	0,1	4,43	6,62	7,88	7,12	9,59	10,63
	0,2	7,96	12,03	14,39	12,22	16,86	18,88
	0,3	10,53	15,97	19,08	15,12	21,15	23,83
1,58	0,1	4,92	7,38	8,80	7,94	10,74	11,93
	0,2	8,89	13,53	16,23	13,76	19,13	21,51
	0,3	11,81	18,10	21,74	17,11	24,20	27,41

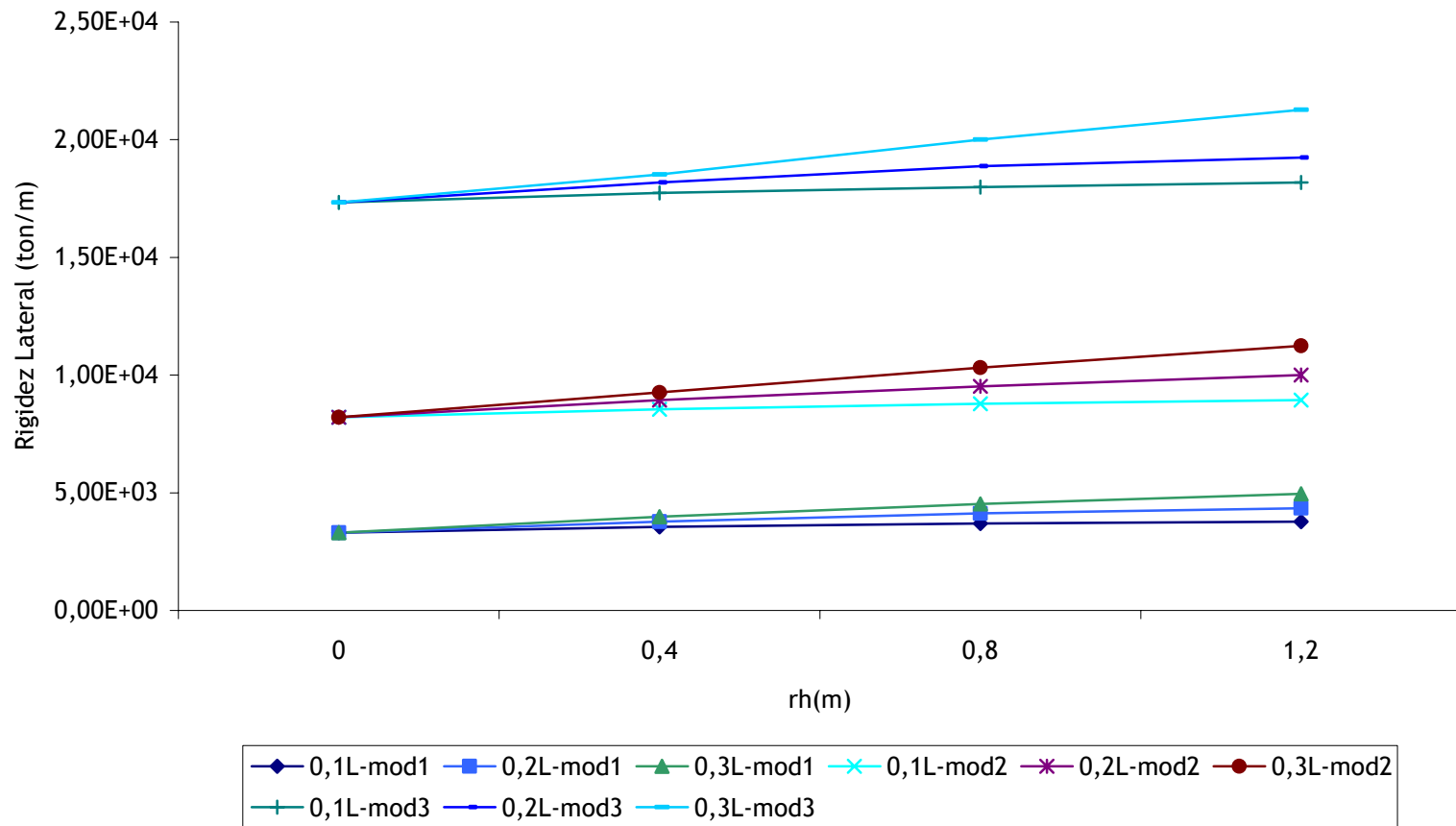


Aumento de Rigidez Lateral (%)							
Tabla 4.2		Cartela Recta			Cartela Prismática		
$\Sigma(l_c/L_c)/(l_v/L_v)$	$\frac{r_h}{\alpha}$	0,4	0,8	1,2	0,4	0,8	1,2
1,90	0,1	5,44	8,20	9,82	8,84	12,03	13,38
	0,2	9,91	15,24	18,39	15,49	21,77	24,57
	0,3	13,25	20,54	24,86	19,38	27,80	31,68
2,21	0,1	5,88	8,90	10,68	9,60	13,12	14,63
	0,2	10,78	16,70	20,27	16,99	24,10	27,33
	0,3	14,49	22,71	27,65	21,39	31,07	35,61
2,53	0,1	6,24	9,49	11,40	10,24	14,05	15,70
	0,2	11,51	17,97	21,90	18,28	26,18	29,81
	0,3	15,54	24,61	30,18	23,15	34,05	39,25
2,84	0,1	6,54	9,98	12,02	10,78	14,85	16,62
	0,2	12,14	19,07	23,35	19,41	28,03	32,03
	0,3	16,45	26,31	32,44	24,71	36,75	42,61
3,16	0,1	6,80	10,39	12,54	11,23	15,54	17,42
	0,2	12,66	20,02	24,61	20,38	29,67	34,04
	0,3	17,23	24,96	34,48	26,08	39,22	45,72
10,11	0,1	7,52	11,89	14,42	12,72	18,45	21,29
	0,2	14,42	24,78	31,83	25,30	41,03	49,37
	0,3	20,80	37,20	50,11	34,76	60,43	77,32
12,64	0,1	7,26	11,30	14,04	12,46	17,75	20,37
	0,2	14,04	24,05	31,58	25,00	40,69	49,77
	0,3	20,37	37,13	50,46	33,74	61,69	79,56
15,17	0,1	6,54	10,68	13,25	11,76	16,72	19,58
	0,2	13,25	23,02	30,04	23,47	39,02	48,05
	0,3	19,16	35,71	49,34	32,56	60,56	80,00
17,70	0,1	6,27	9,88	12,30	10,90	15,96	18,27
	0,2	12,30	21,92	28,99	22,34	37,98	46,50
	0,3	17,88	34,34	47,72	31,37	59,64	79,80
20,23	0,1	6,03	9,50	11,82	10,48	15,31	17,52
	0,2	12,16	20,98	27,68	22,16	36,67	45,28
	0,3	17,52	33,21	46,43	30,39	58,37	79,13
22,76	0,1	5,57	8,91	11,14	9,86	14,50	16,62
	0,2	11,14	19,94	26,33	20,32	34,88	43,56
	0,3	16,26	31,60	44,66	28,91	56,61	77,10

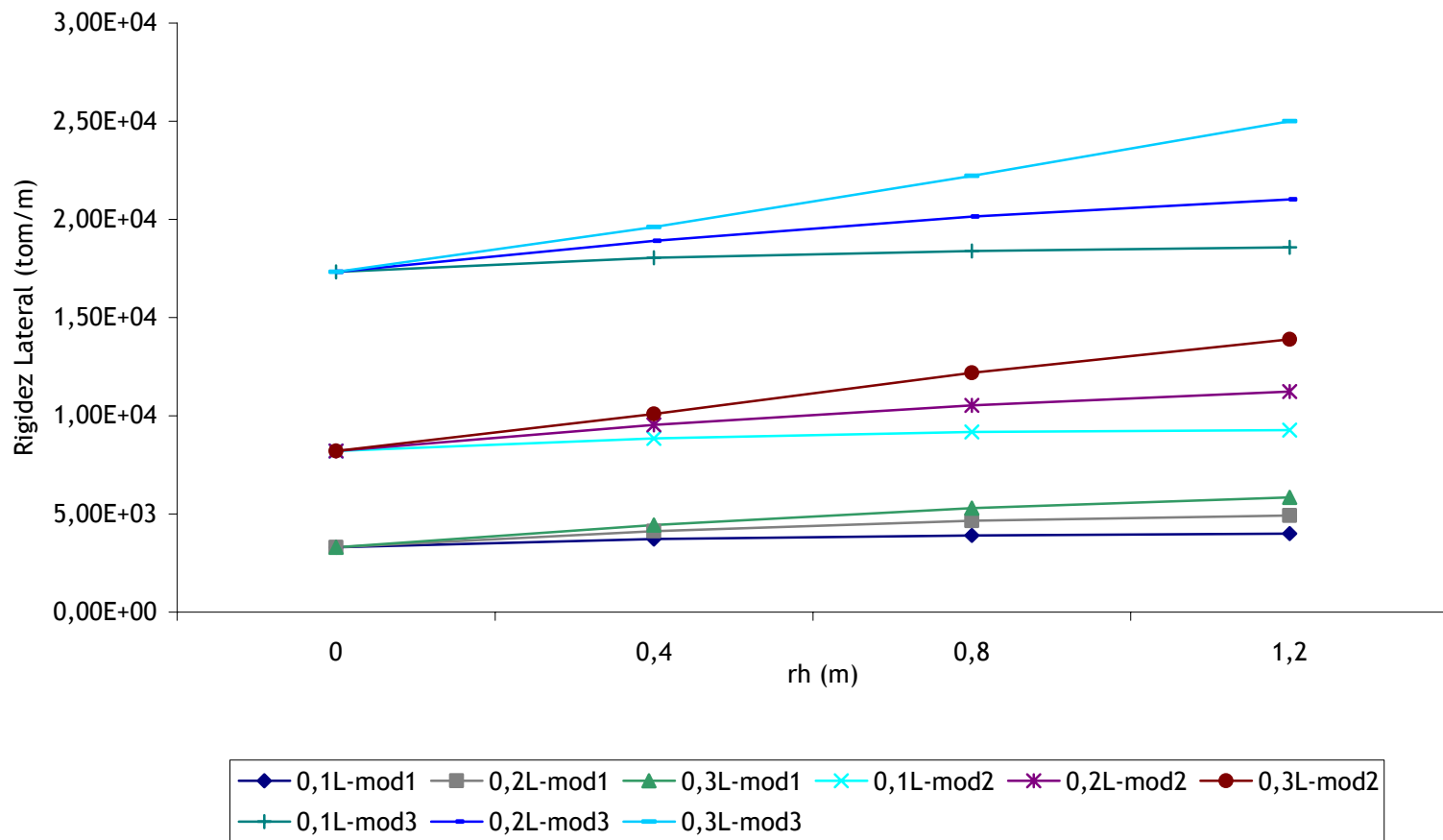
Aumento de Rigidez Lateral (%)							
Tabla 4.3		Cartela Recta			Cartela Prismática		
$\Sigma(l_c/L_c)/(l_v/L_v)$	$\frac{r_h}{\alpha L}$	0,4	0,8	1,2	0,4	0,8	1,2
25,28	0,1	5,43	8,38	10,54	9,30	13,78	15,82
	0,2	10,86	19,02	25,16	19,38	33,33	42,12
	0,3	15,48	30,20	43,17	27,63	54,58	75,57
34,13	0,1	4,27	7,02	8,93	7,96	11,93	12,96
	0,2	8,93	16,19	22,00	16,19	28,42	37,08
	0,3	12,96	25,77	37,08	23,23	48,78	69,44
42,67	0,1	3,69	6,30	7,20	6,30	10,00	11,95
	0,2	8,12	13,96	19,34	13,96	25,25	31,77
	0,3	10,96	22,82	33,16	20,48	43,75	62,18
51,20	0,1	3,36	5,39	6,74	5,63	9,18	10,10
	0,2	6,49	12,00	17,05	12,97	22,57	28,63
	0,3	10,10	20,30	29,92	18,11	39,70	56,53
59,73	0,1	2,96	4,80	6,01	5,15	7,72	9,50
	0,2	5,99	11,34	15,21	11,34	20,45	26,18
	0,3	8,60	18,29	27,39	16,22	35,19	52,29
68,27	0,1	2,66	4,27	5,09	5,09	6,75	8,48
	0,2	5,09	10,25	13,99	10,25	17,99	23,40
	0,3	8,48	16,97	24,55	14,97	31,87	47,81
76,80	0,1	2,42	3,92	4,72	4,31	6,53	7,20
	0,2	4,72	8,91	12,51	8,91	17,36	21,55
	0,3	7,20	15,37	22,65	13,45	29,66	44,83
80,91	0,1	2,30	3,78	4,91	4,10	6,14	7,17
	0,2	4,91	8,87	10,96	9,07	16,19	21,22
	0,3	6,85	15,40	22,77	13,14	28,22	44,25
85,33	0,1	2,22	3,60	4,15	3,95	5,75	6,57
	0,2	4,95	8,25	11,77	8,25	15,53	20,60
	0,3	6,57	13,62	20,60	12,69	27,30	41,73
101,14	0,1	1,92	3,14	3,92	3,21	5,05	5,05
	0,2	3,98	6,96	8,94	6,96	13,13	17,66
	0,3	5,05	13,13	17,66	11,00	25,17	36,81
121,36	0,1	1,64	2,67	3,35	2,94	4,40	5,13
	0,2	3,40	6,24	8,50	6,39	11,69	15,26
	0,3	5,06	10,41	15,66	9,34	21,02	32,42

Aumento de Rigidez Lateral (%)							
Tabla 4.4		Cartela Recta			Cartela Prismática		
$\Sigma(l_c/L_c)/(l_v/L_v)$	$\frac{r_h}{\alpha L}$	0,4	0,8	1,2	0,4	0,8	1,2
141,59	0,1	1,43	2,33	2,93	2,56	3,85	4,48
	0,2	2,96	5,45	7,45	5,60	10,24	13,40
	0,3	4,43	9,12	13,76	8,18	18,51	28,71
158,02	0,1	1,31	2,11	2,65	2,31	3,47	4,06
	0,2	2,68	4,94	6,75	5,05	9,31	12,16
	0,3	3,99	8,28	12,53	7,42	16,86	26,23
161,82	0,1	1,27	2,05	2,59	2,26	3,41	3,96
	0,2	2,62	4,83	6,62	4,95	9,11	11,93
	0,3	3,91	8,12	12,26	7,28	16,52	25,75
182,04	0,1	1,15	1,85	2,33	2,04	3,08	3,57
	0,2	2,37	4,35	5,96	4,47	8,22	10,78
	0,3	3,53	7,31	11,06	6,56	14,93	23,36
197,53	0,1	1,06	1,72	2,19	1,89	2,86	3,33
	0,2	2,19	4,05	5,53	4,16	7,63	10,01
	0,3	3,26	6,78	10,28	6,10	13,89	23,75
202,27	0,1	1,04	1,69	2,12	1,86	2,79	3,25
	0,2	2,15	3,96	5,42	4,06	7,48	9,81
	0,3	3,20	6,65	10,09	5,95	13,62	21,37
237,04	0,1	0,90	1,45	1,84	1,61	2,40	2,80
	0,2	1,84	3,41	4,68	3,51	6,48	8,50
	0,3	2,77	5,73	8,72	5,13	11,80	18,62
276,54	0,1	0,76	1,25	1,57	1,38	2,06	2,42
	0,2	1,60	2,96	4,04	3,02	5,60	7,38
	0,3	2,39	4,97	7,57	4,45	10,26	16,24
316,05	0,1	0,66	1,08	1,37	1,21	1,82	2,12
	0,2	1,40	2,58	3,55	2,65	4,95	6,49
	0,3	2,09	4,40	6,67	3,92	9,08	14,42
355,56	0,1	0,60	0,98	1,24	1,08	1,62	1,92
	0,2	1,27	2,34	3,20	2,37	4,42	5,84
	0,3	1,88	3,94	6,01	3,54	8,17	12,95
395,06	0,1	0,57	0,91	1,14	0,98	1,49	1,75
	0,2	1,14	2,11	2,89	2,17	4,03	5,30
	0,3	1,72	3,56	5,44	3,19	7,38	11,77

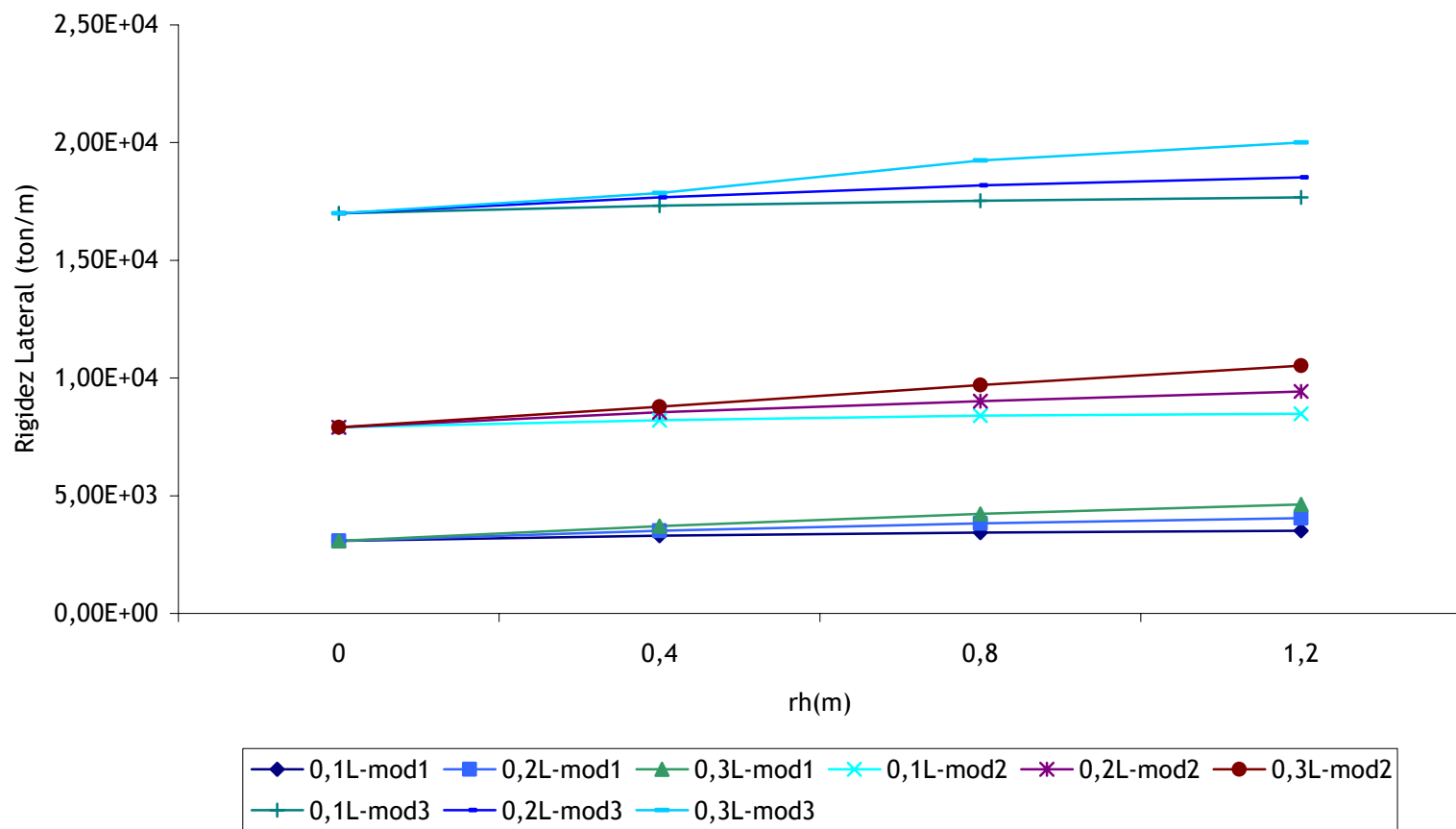
**Gráfico 2.39**  
**Rigidez Lateral Vs. Tamaño de la cartela recta**  
 para un Vano de 4 m y variando la dimensión de las columnas



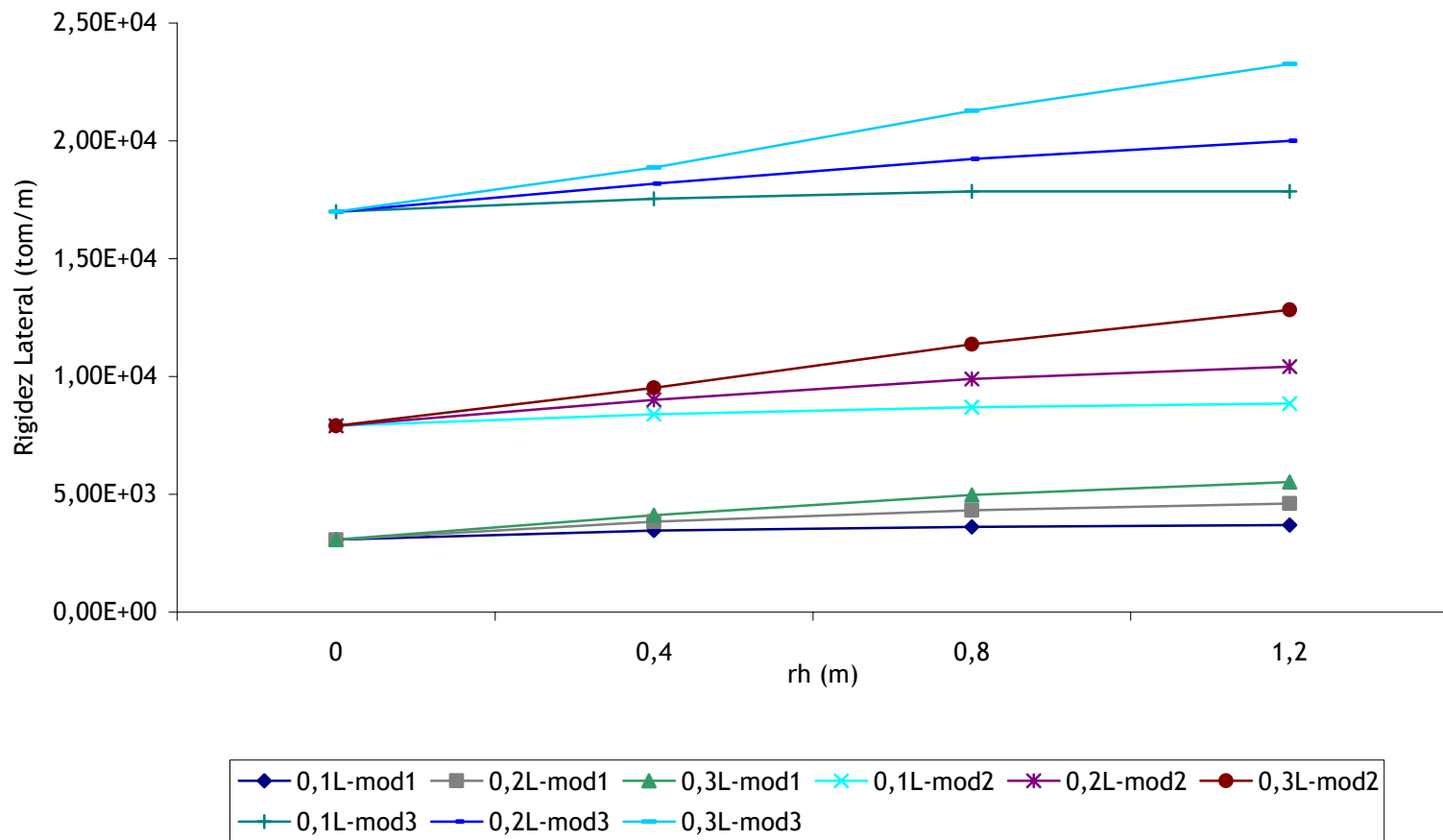
**Gráfico 2.40**  
**Rigidez Lateral Vs. Tamaño de la cartela prismática**  
 para un Vano de 4 m y variando la dimensión de las columnas



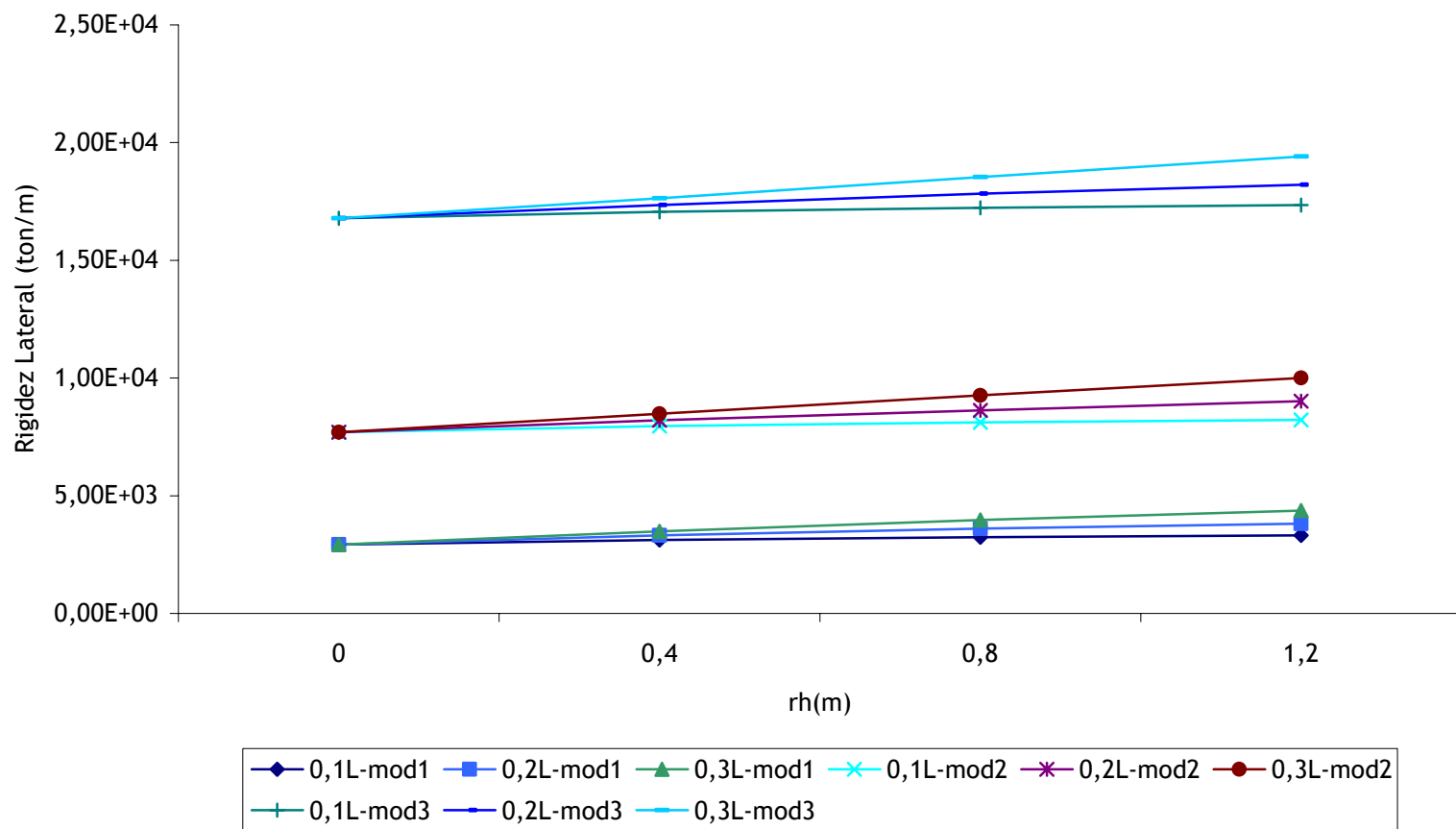
**Gráfico 2.41**  
**Rigidez Lateral Vs. Tamaño de la cartela recta**  
 para un Vano de 5 m y variando la dimensión de las columnas



**Gráfico 2.42**  
**Rigidez Lateral Vs. Tamaño de la cartela prismática**  
 para un Vano de 5 m y variando la dimensión de las columnas

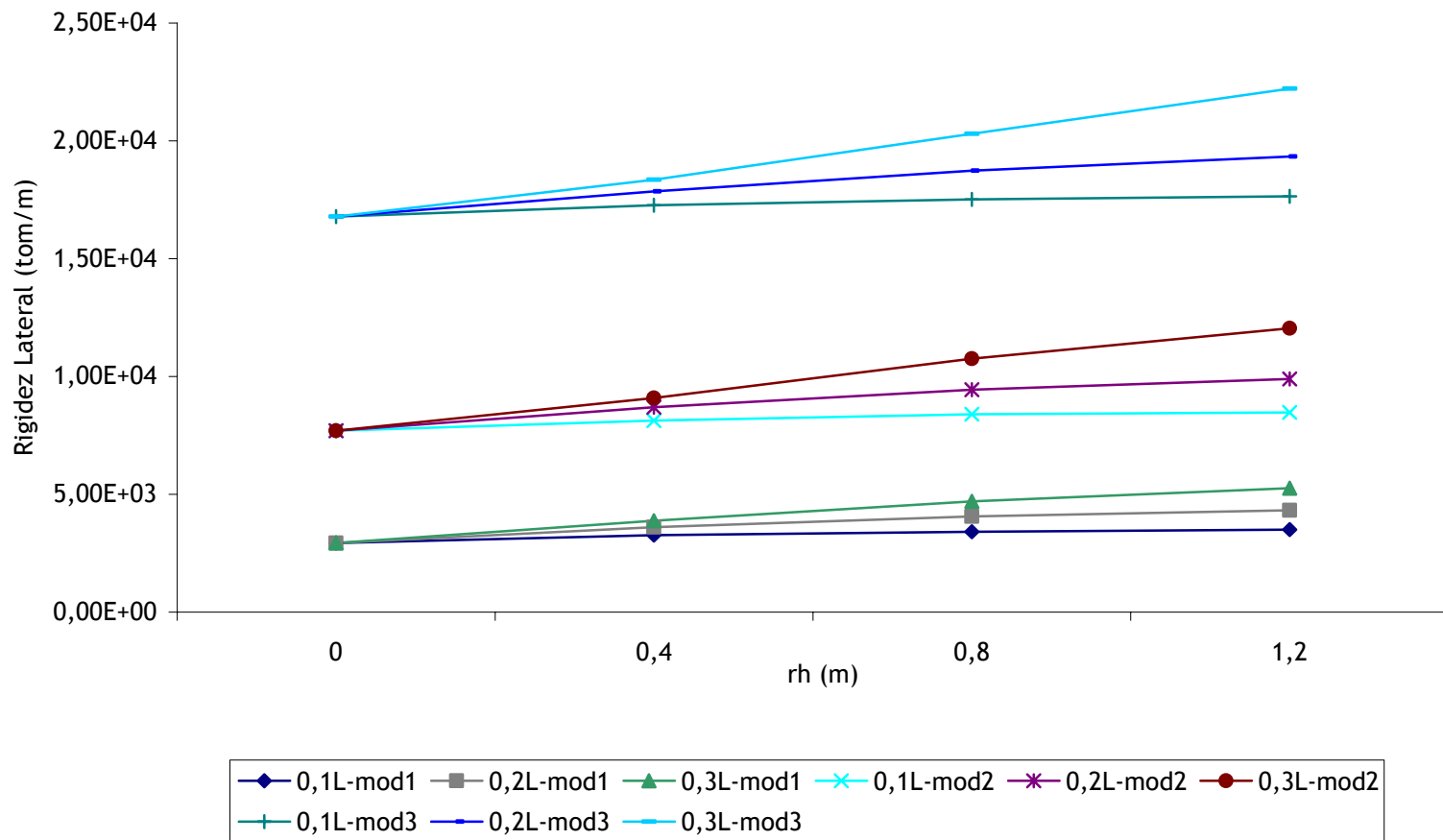


**Gráfico 2.43**  
**Rigidez Lateral Vs. Tamaño de la cartela recta**  
 para un Vano de 6 m y variando la dimensión de las columnas

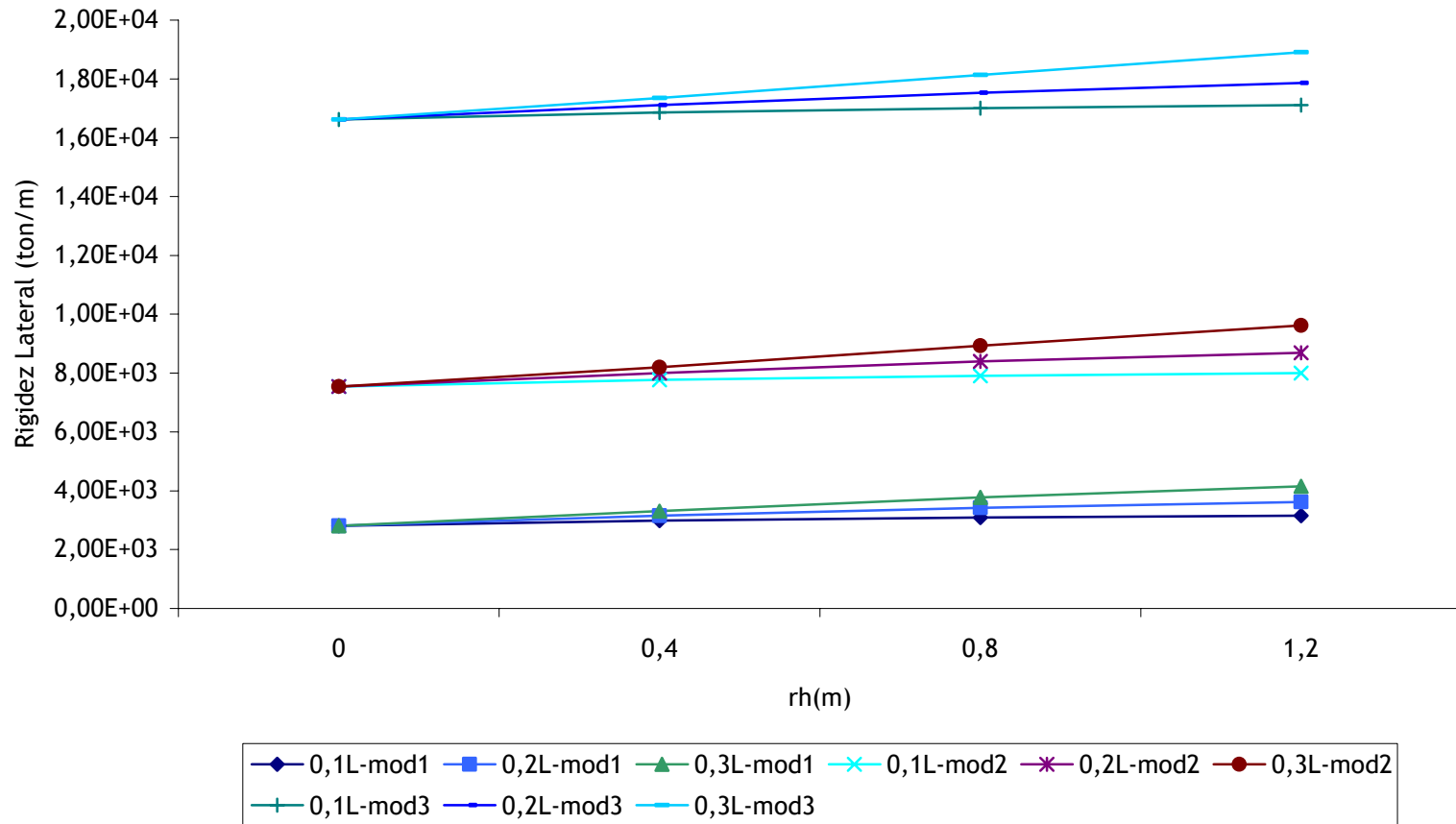




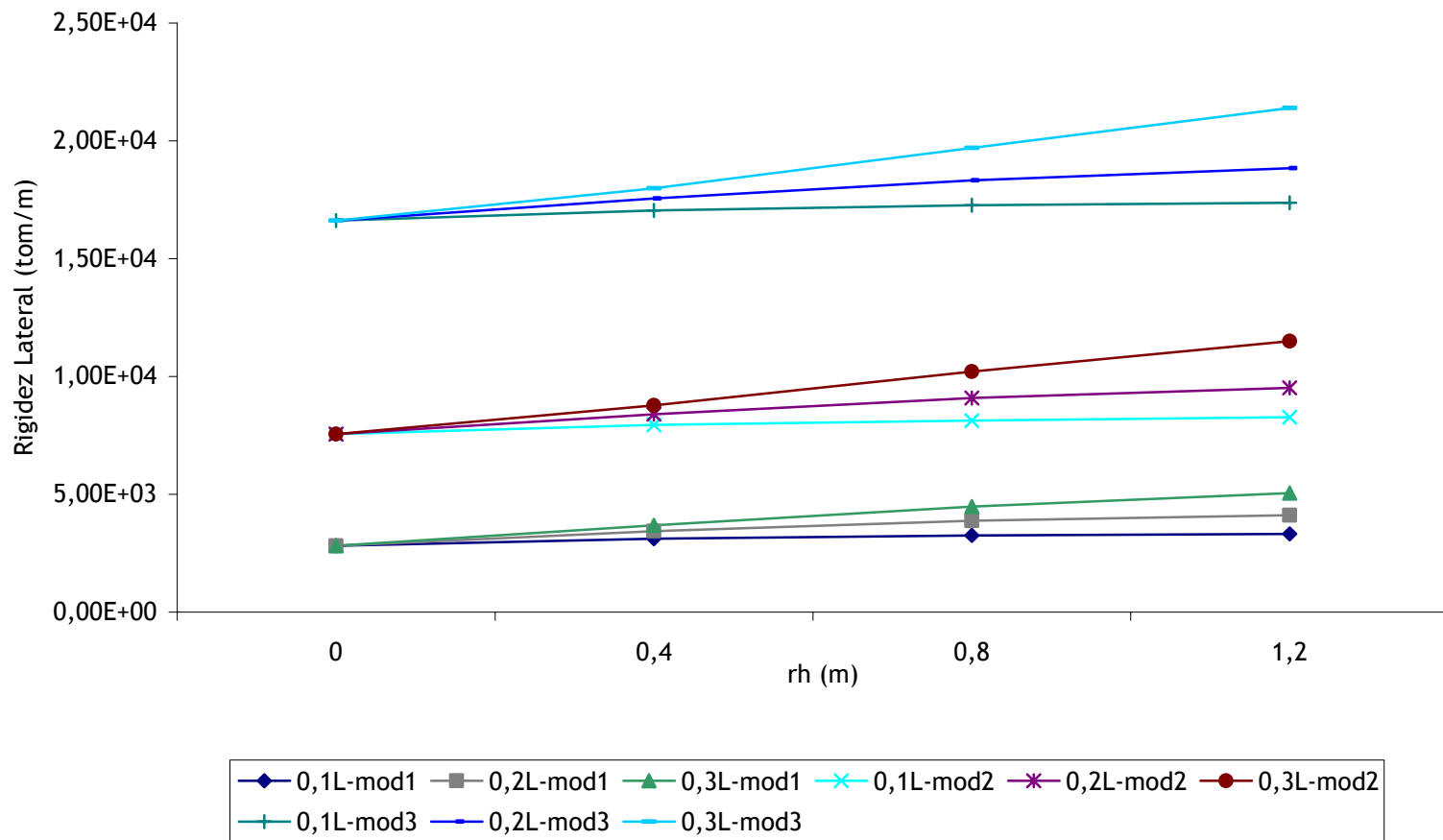
**Gráfico 2.44**  
**Rigidez Lateral Vs. Tamaño de la cartela prismática**  
 para un Vano de 6 m y variando la dimensión de las columnas



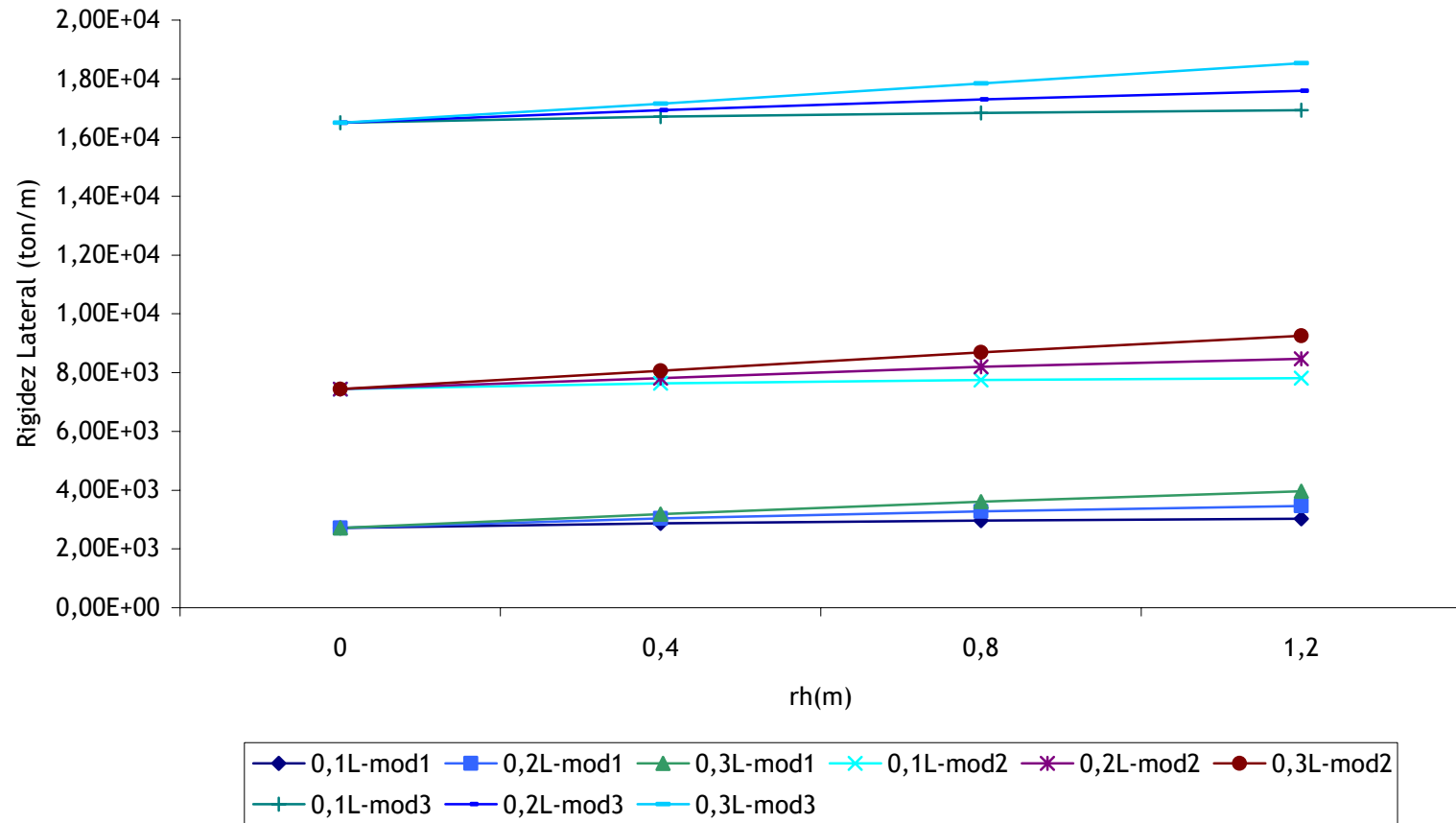
**Gráfico 2.45**  
**Rigidez Lateral Vs. Tamaño de la cartela recta**  
 para un Vano de 7 m y variando la dimensión de las columnas



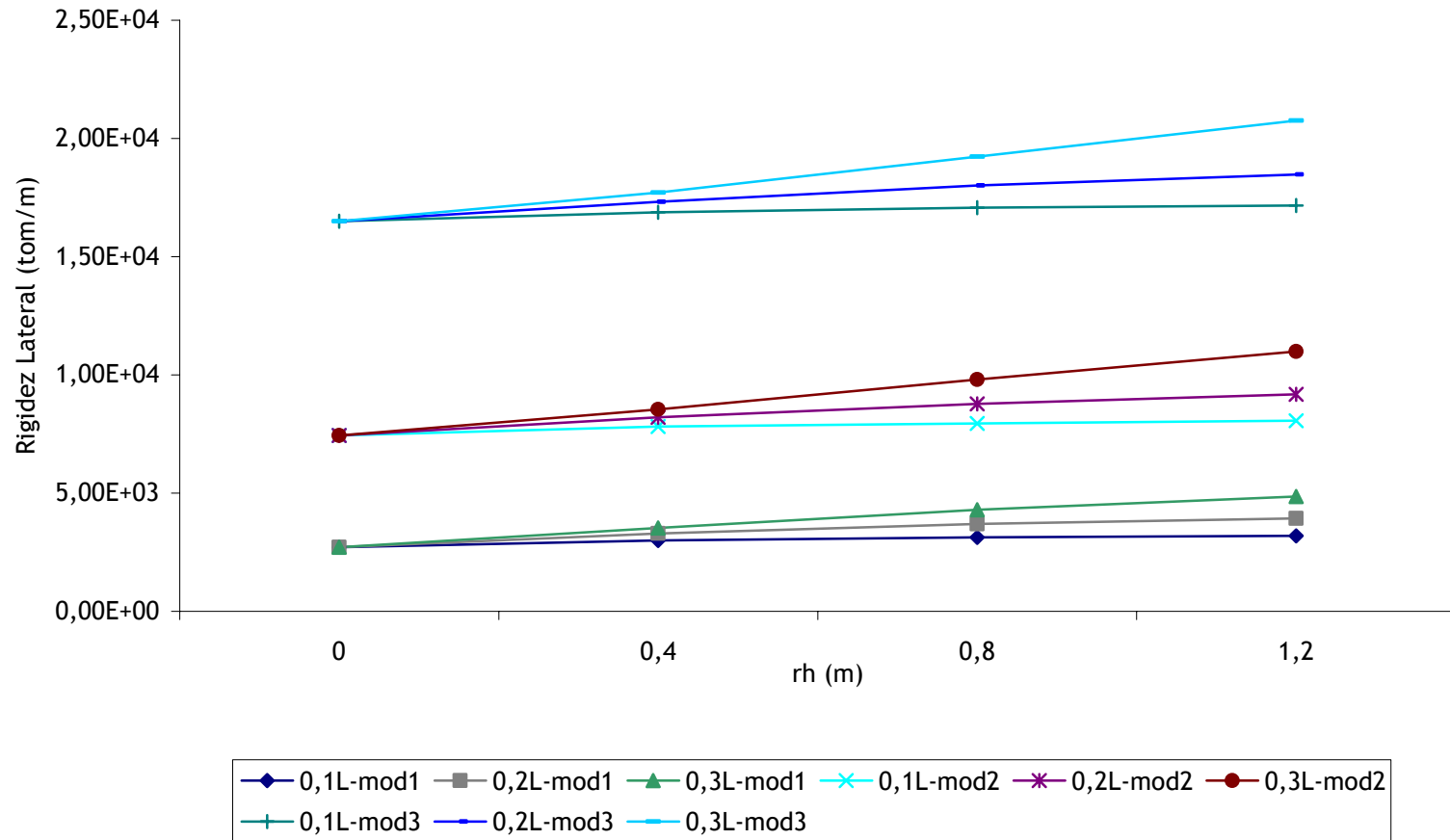
**Gráfico 2.46**  
**Rigidez Lateral Vs. Tamaño de la cartela prismática**  
 para un Vano de 7 m y variando la dimensión de las columnas



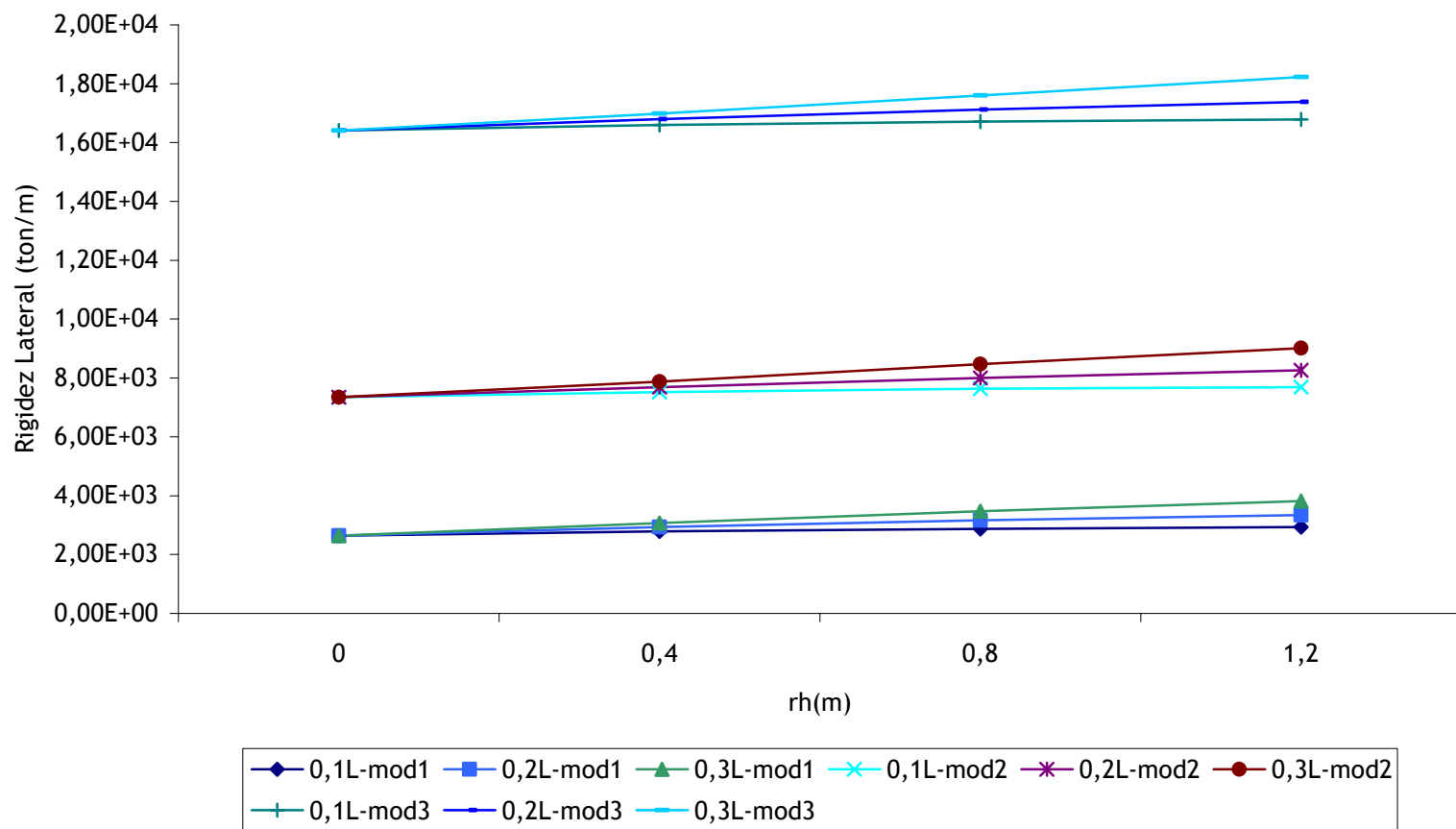
**Gráfico 2.47**  
**Rigidez Lateral Vs. Tamaño de la cartela recta**  
 para un Vano de 8 m y variando la dimensión de las columnas



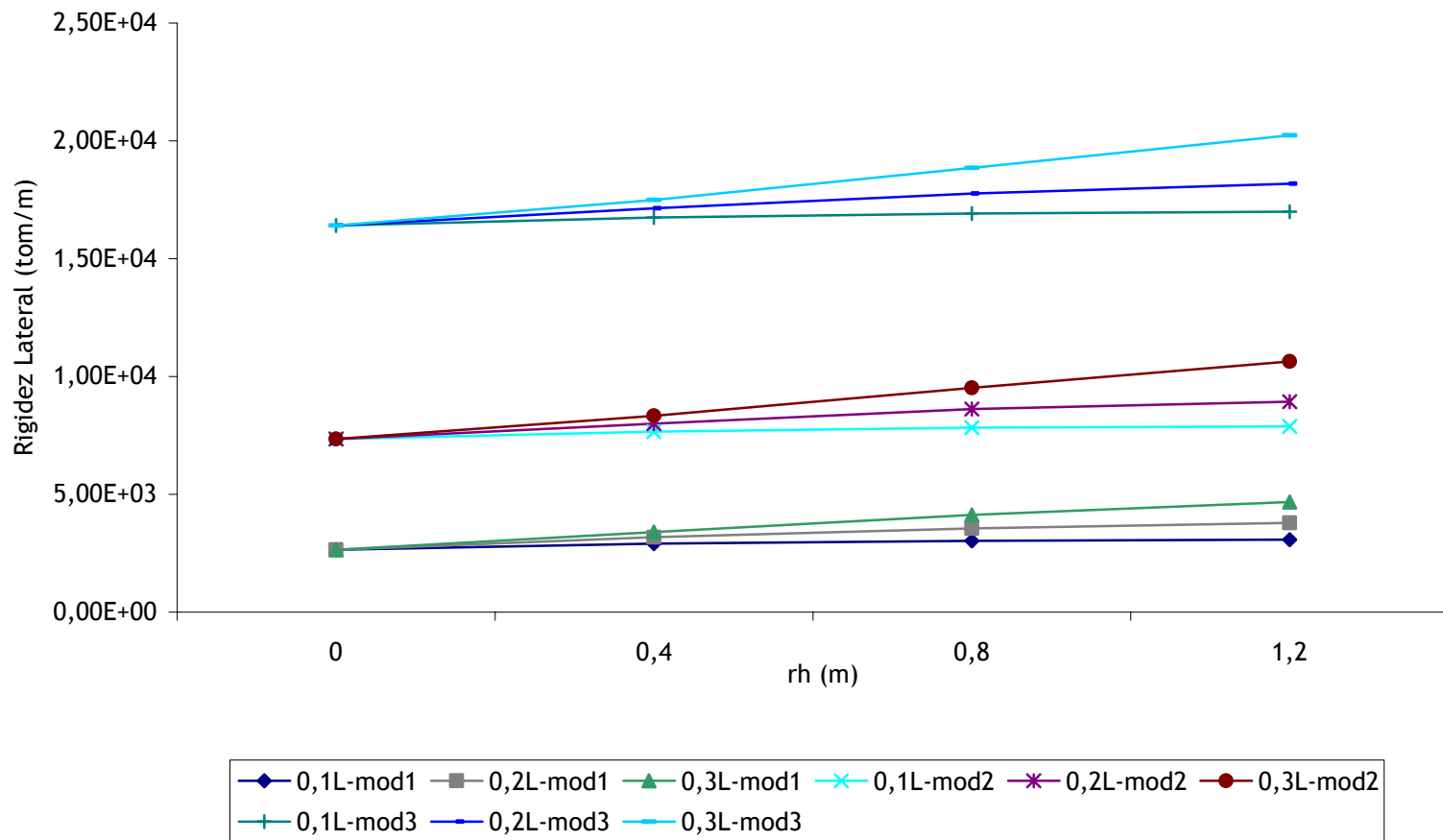
**Gráfico 2.48**  
**Rigidez Lateral Vs. Tamaño de la cartela prismática**  
 para un Vano de 8 m y variando la dimensión de las columnas



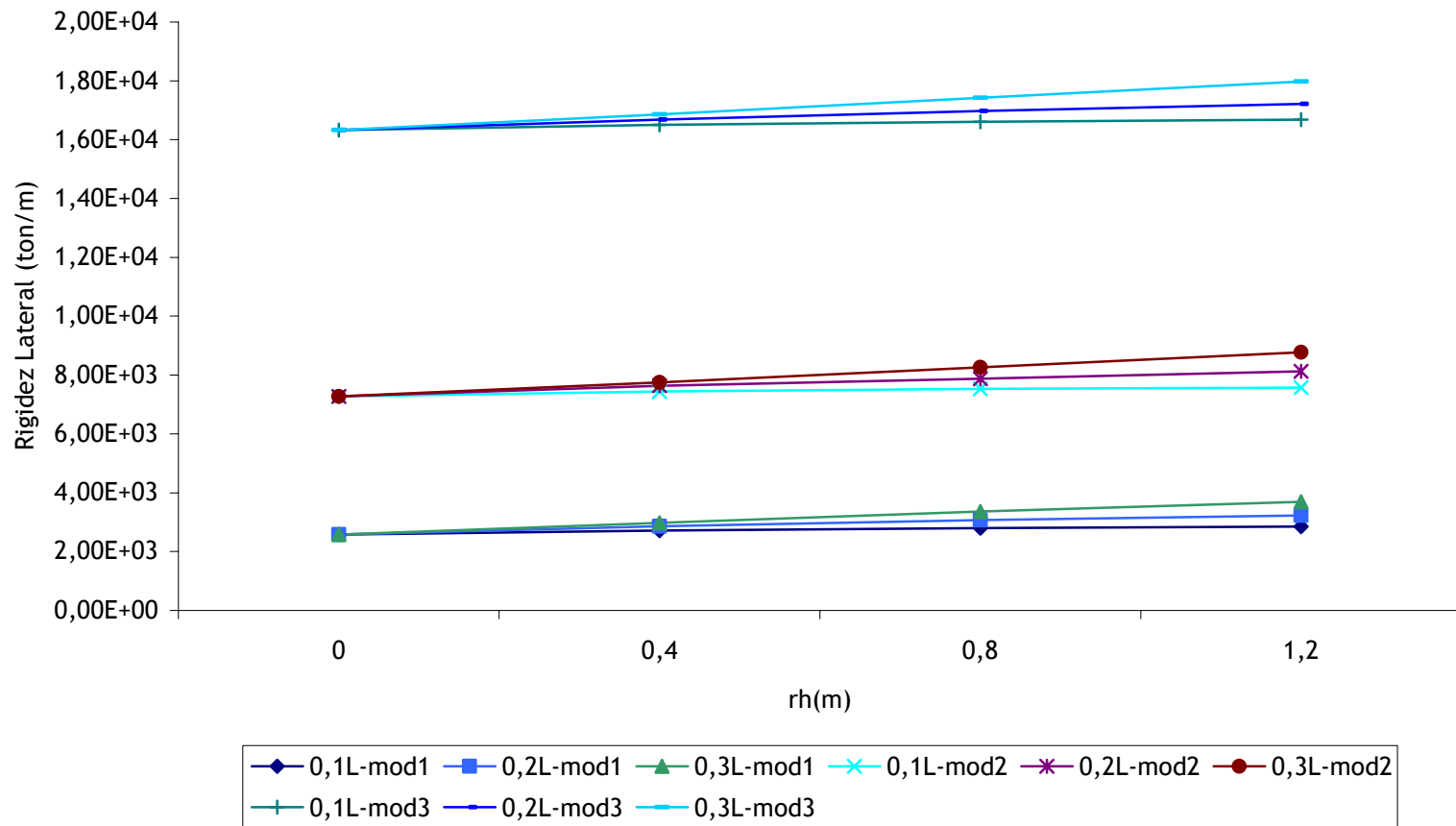
**Gráfico 2.49**  
**Rigidez Lateral Vs. Tamaño de la cartela recta**  
 para un Vano de 9 m y variando la dimensión de las columnas



**Gráfico 2.50**  
**Rigidez Lateral Vs. Tamaño de la cartela prismática**  
 para un Vano de 9 m y variando la dimensión de las columnas

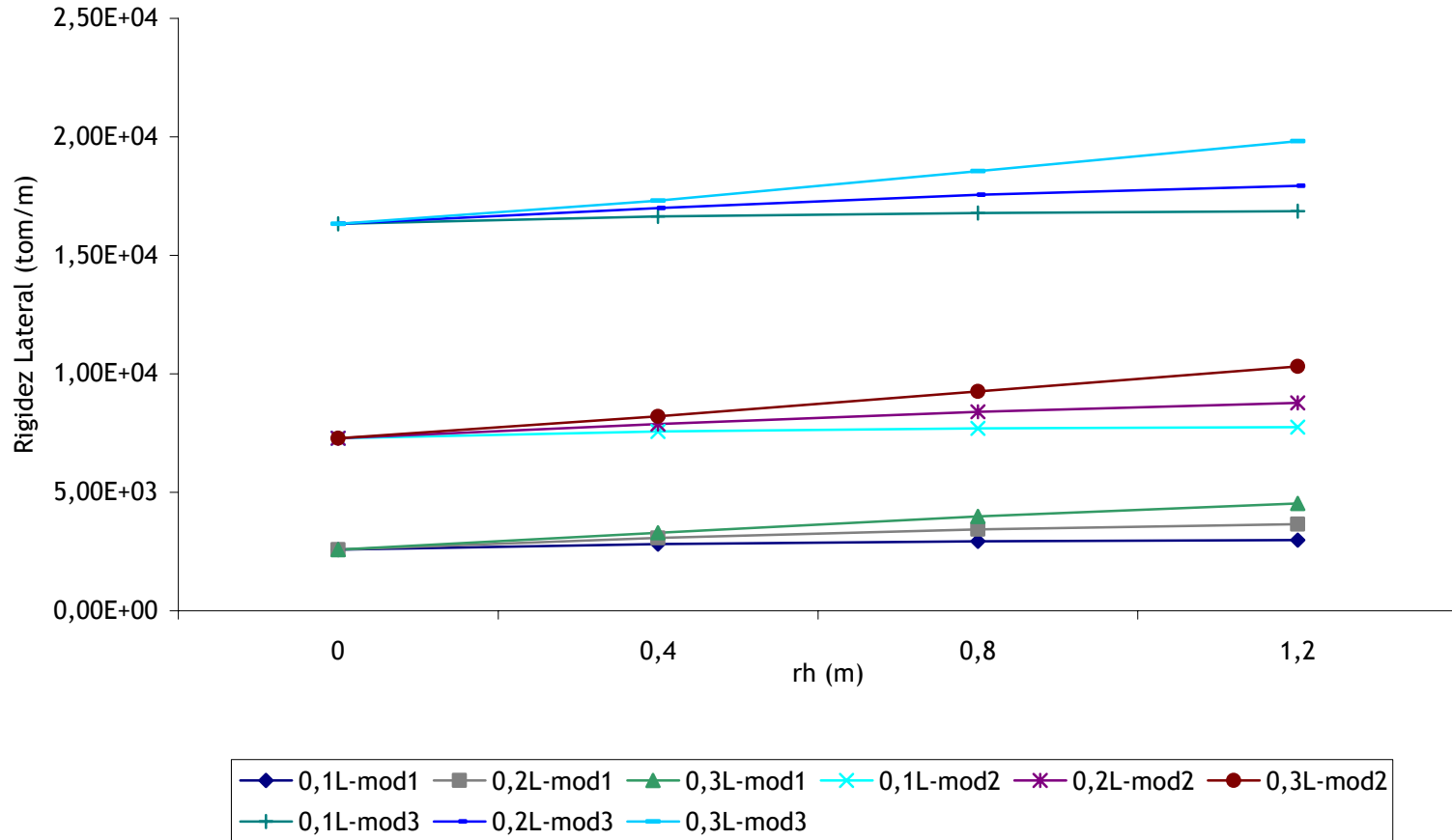


**Gráfico 2.51**  
**Rigidez Lateral Vs. Tamaño de la cartela recta**  
 para un Vano de 10 m y variando la dimensión de las columnas

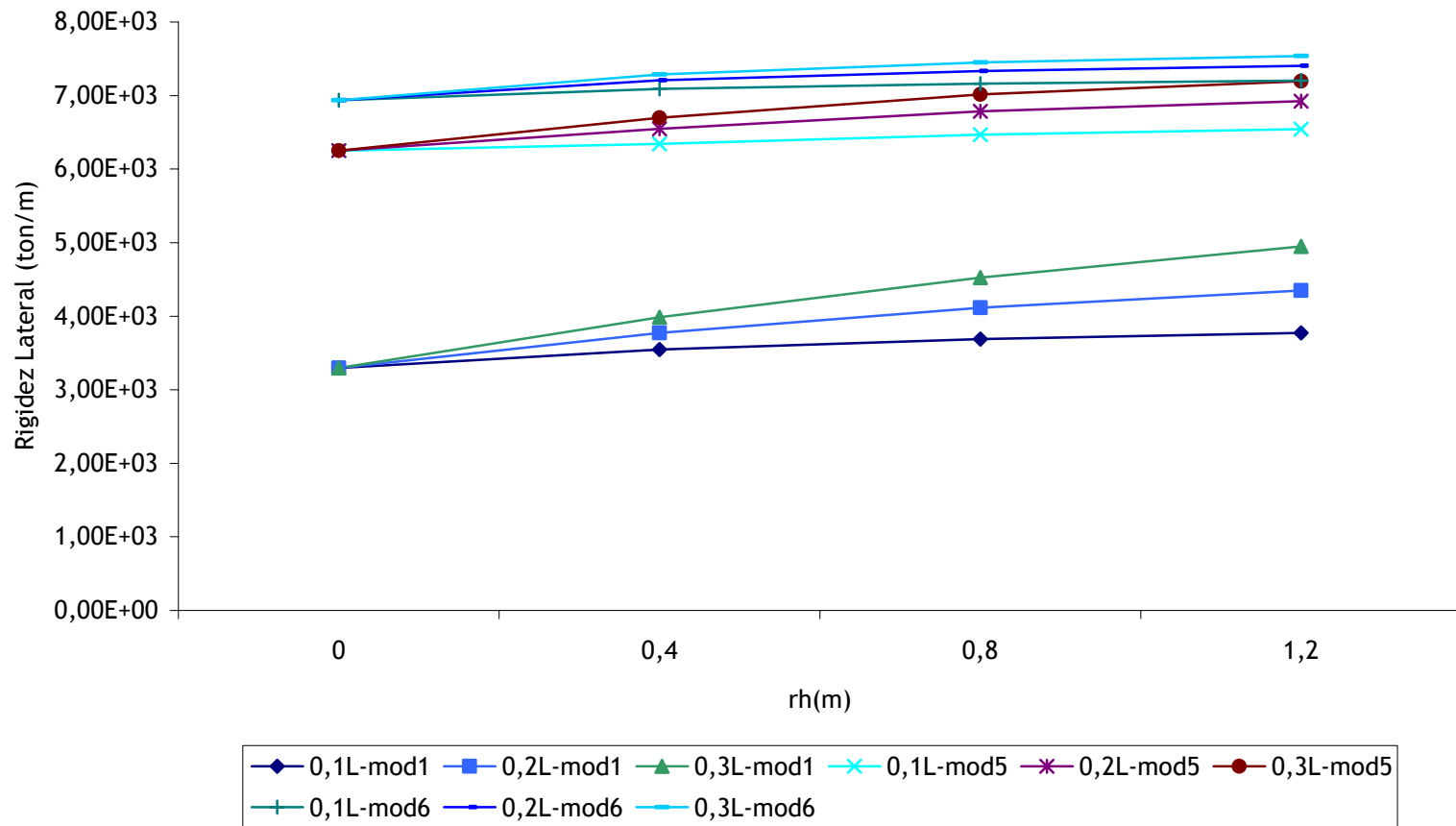




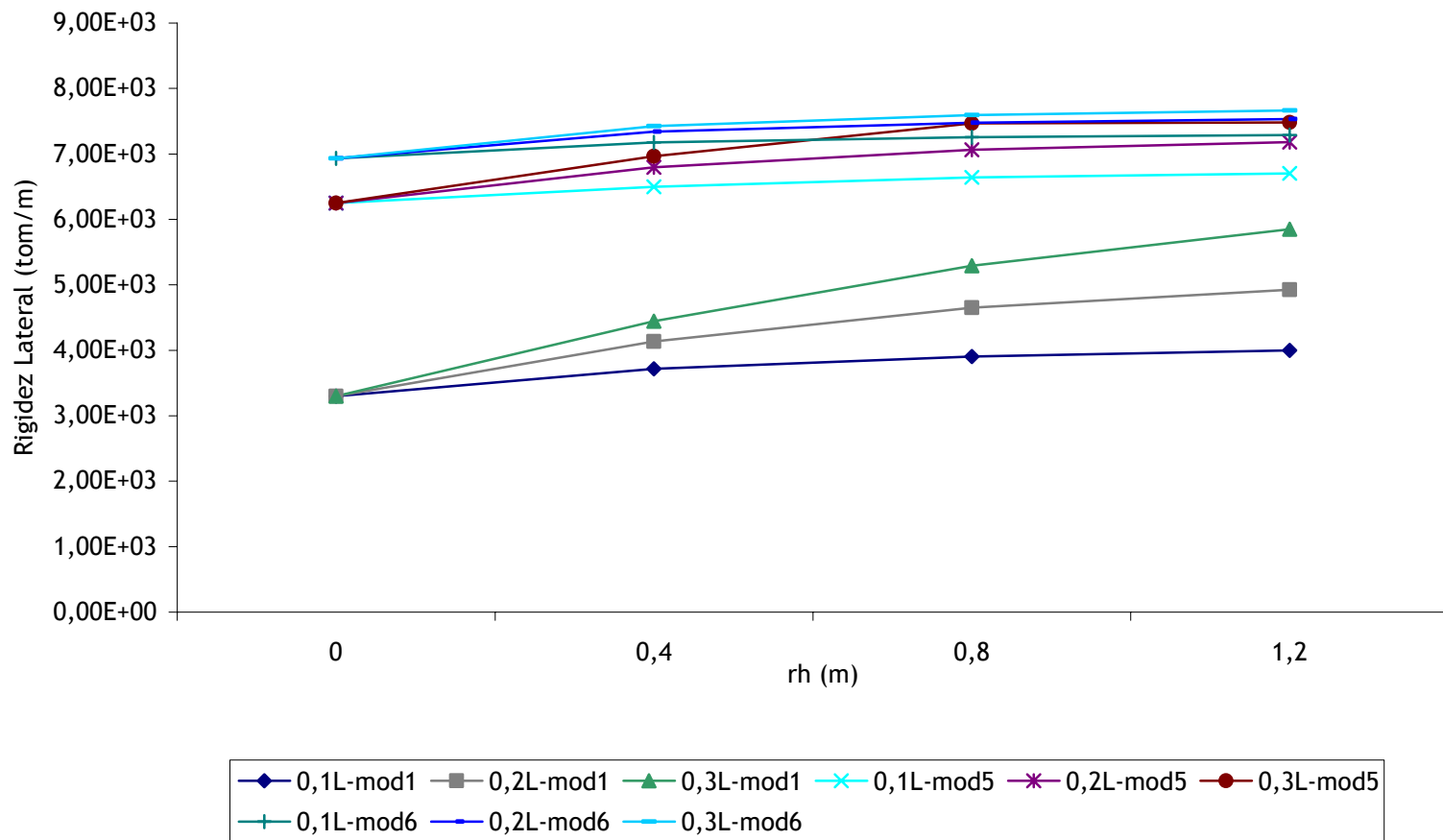
**Gráfico 2.52**  
**Rigidez Lateral Vs. Tamaño de la cartela prismática**  
 para un Vano de 10 m y variando la dimensión de las columnas



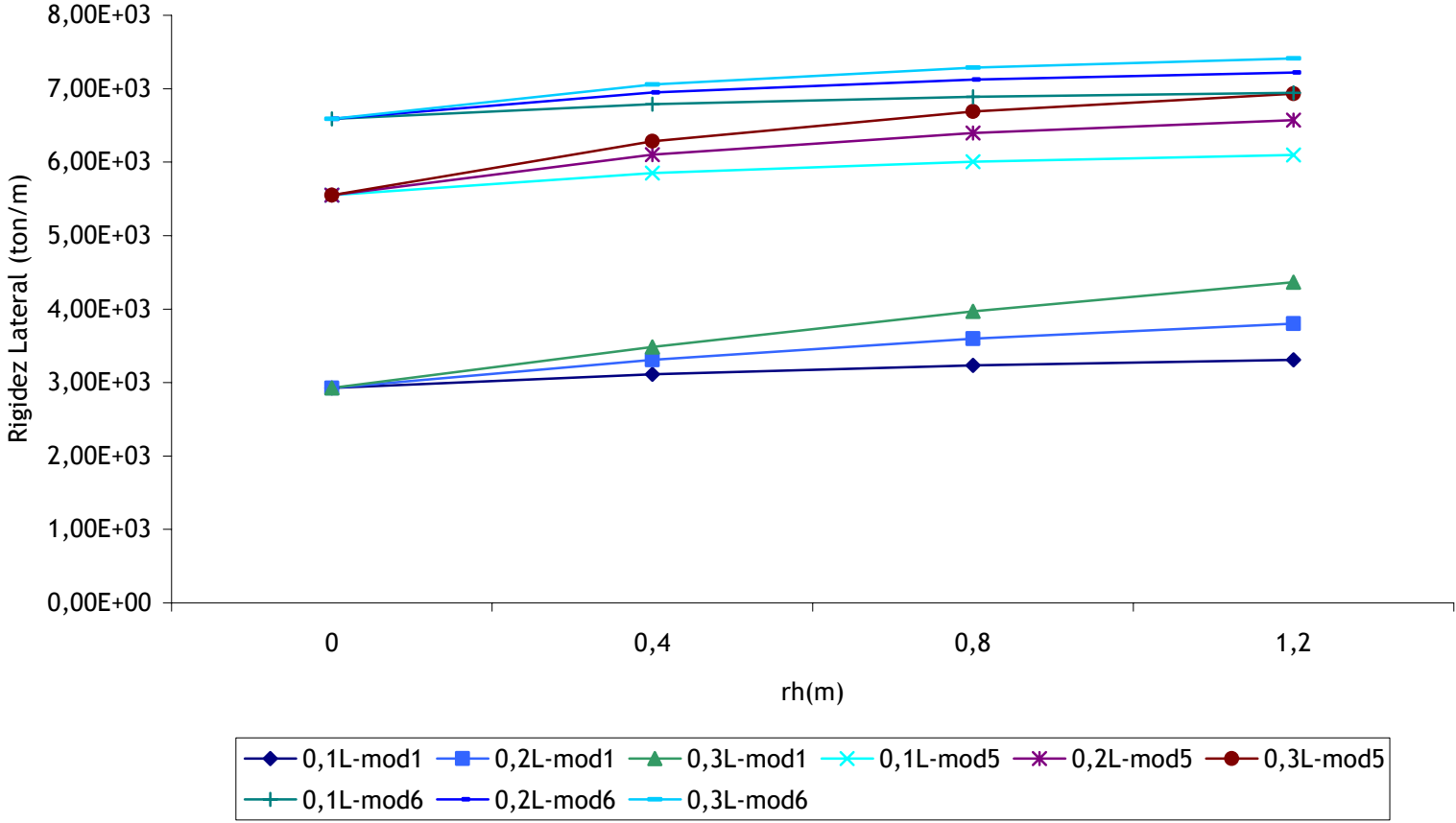
**Gráfico 2.53**  
**Rigidez Lateral Vs. Tamaño de la cartela recta**  
 para un Vano de 4 m y variando la dimensión de la vigas



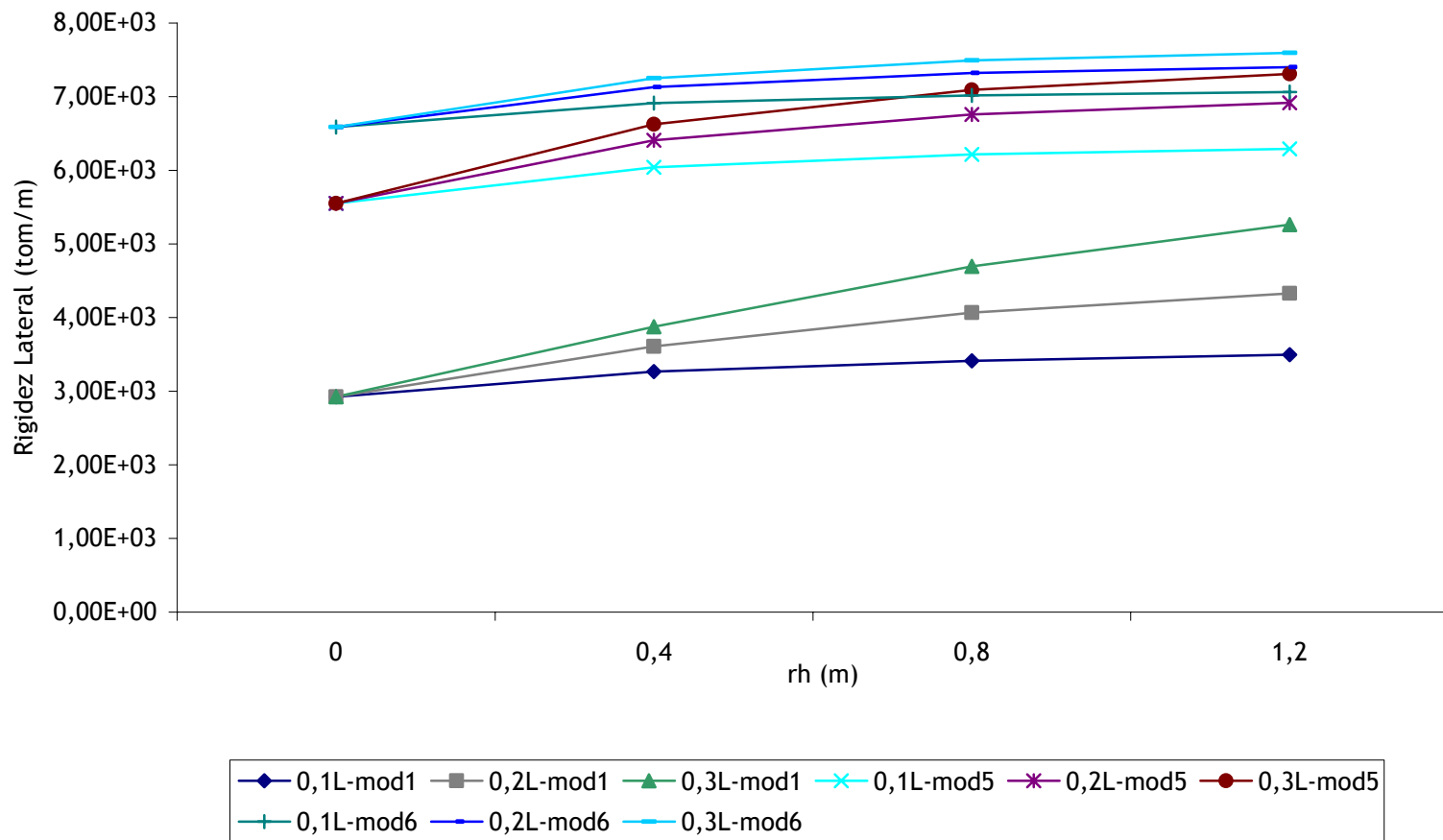
**Gráfico 2.54**  
**Rigidez Lateral Vs. Tamaño de la cartela prismática**  
 para un Vano de 4 m y variando la dimensión de la viga



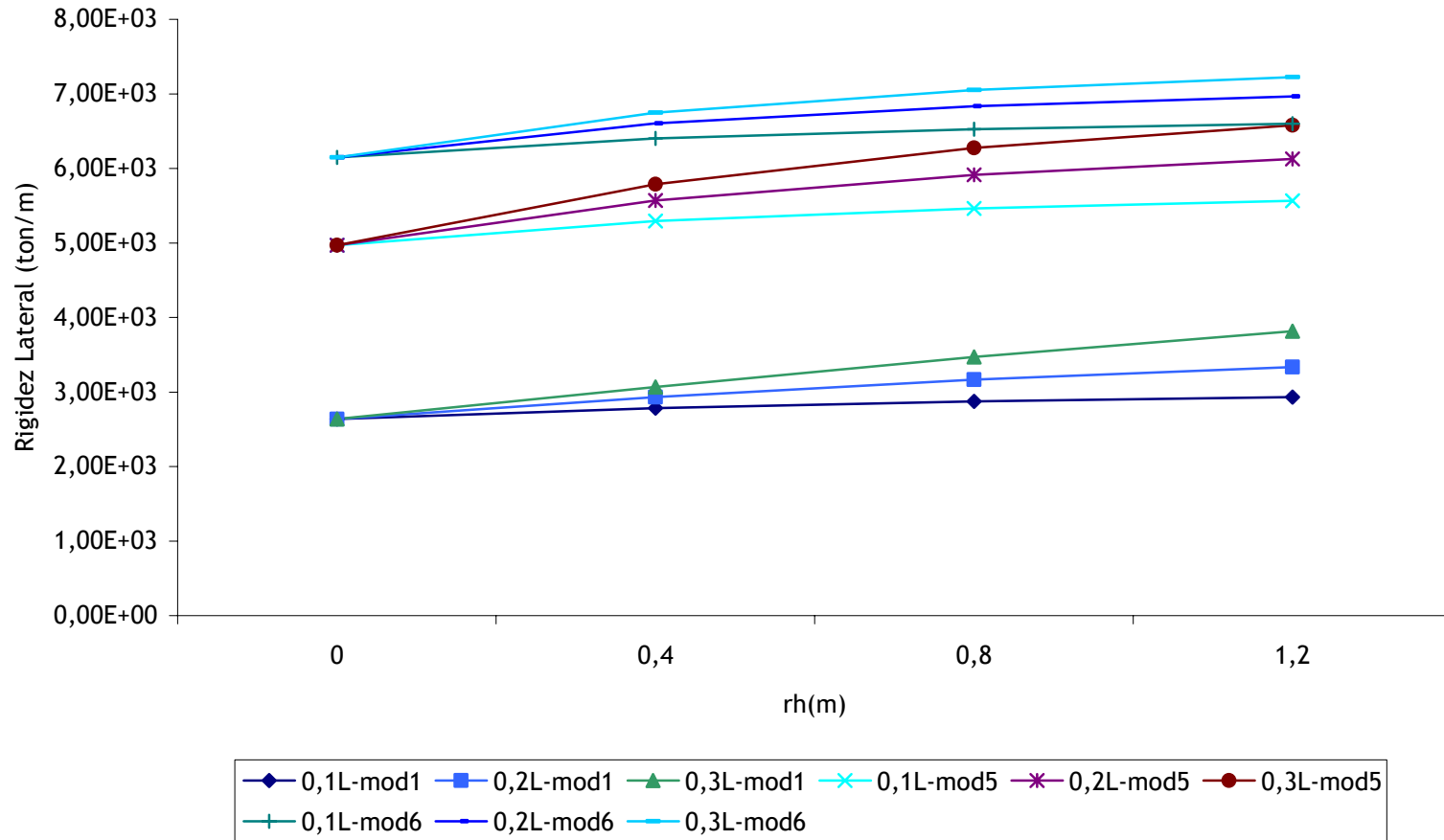
**Gráfico 2.55**  
**Rigidez Lateral Vs. Tamaño de la cartela recta**  
 para un Vano de 6 m y variando la dimensión de la viga



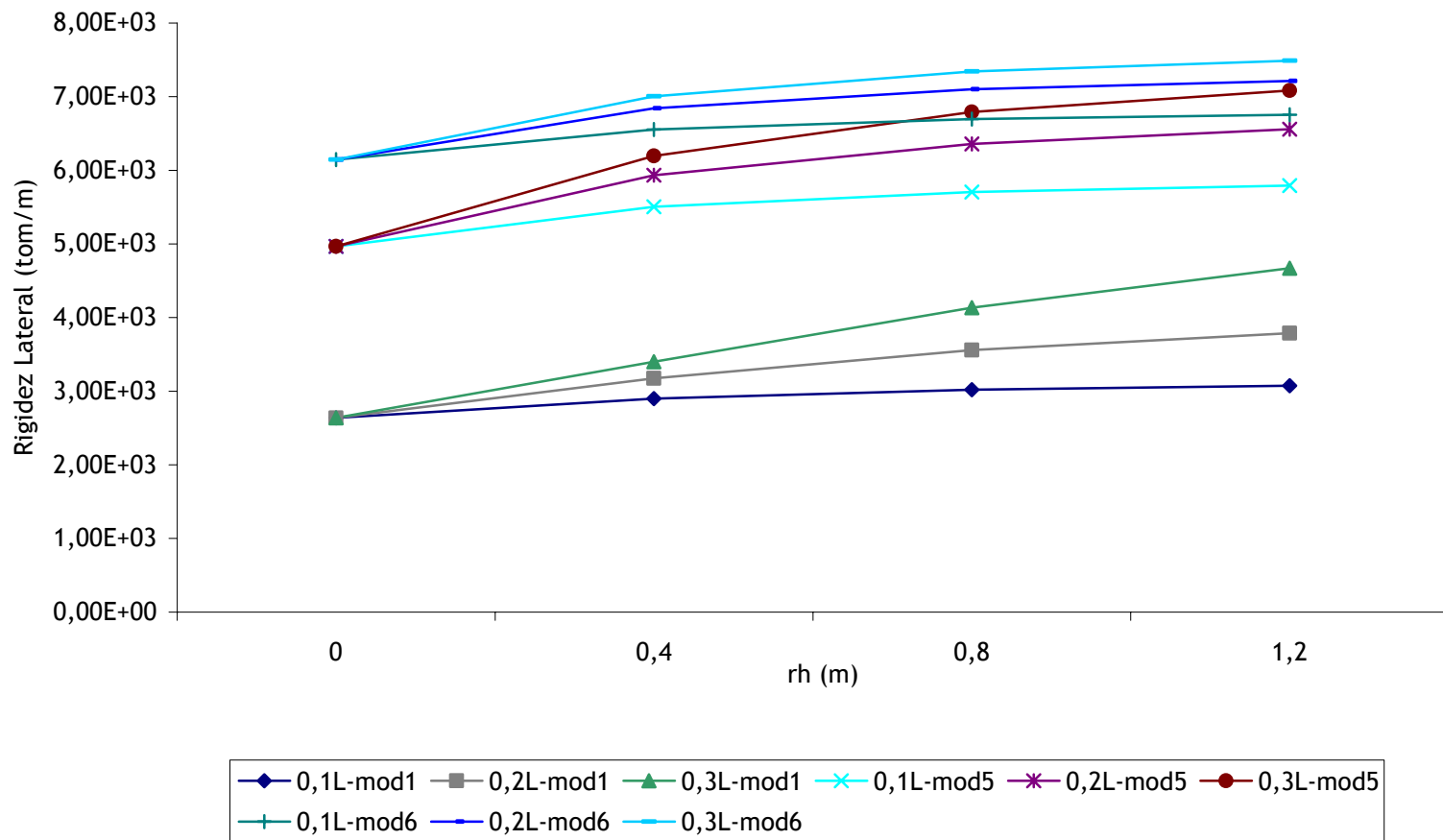
**Gráfico 2.56**  
**Rigidez Lateral Vs. Tamaño de la cartela prismática**  
 para un Vano de 6 m y variando la dimensión de la viga



**Gráfico 2.57**  
**Rigidez Lateral Vs. Tamaño de la cartela recta**  
 para un Vano de 9 m y variando la dimensión de la viga



**Gráfico 2.58**  
**Rigidez Lateral Vs. Tamaño de la cartela prismática**  
 para un Vano de 9 m y variando la dimensión de la viga



En los gráficos 2.1 y 2.2 se presenta una comparación entre el método de estudio propuesto para la obtención del desplazamiento lateral de un pórtico con el programa comercial (SAP 2000) donde se puede observar que la diferencia entre ambos es del 2 %, esto se puede acreditar debido a que el procedimiento empleado desprecia las fuerzas axiales de la estructura.

Desde del grafico 2.3 al 2.5 se ilustra la rigidez lateral del pórtico del Modelo 1 en función de la longitud de cartela Recta y en los gráficos del 2.6 al 2.8 para cartelas Prismáticas variando la altura de estas; en este conjunto de gráficos se obtuvo que cuando se tiene un mismo modelo de pórtico y a este se le va incrementando la luz del vano su influencia al desplazamiento lateral es mas notable, es decir, la cartela aporta mayor rigidez a la estructura, disminuyendo así el desplazamiento lateral de ésta cuando la rigidez de la viga disminuye con respecto a la de la columna.

De igual manera ocurre con los modelos 2, 3, 4, 5 y 6 (desde el Grafico 2.9 al 2.38), donde el comportamiento conserva la misma tendencia que para el modelo 1, mas las diferencias entre los aportes al desplazamiento lateral se ven reflejadas en los modelos donde las relaciones de rigideces entre los elementos (las columnas y vigas) que componen al sistema están en el orden de 11 (valor adimensional). Entiéndase la relación de rigideces de los elementos como la división entre



la sumatoria de las rigideces de las columnas que integran el nivel del pórtico entre las sumatoria de las rigideces de vigas del mismo nivel y del mismo sistema.

De las tablas 4.1 a la 4.4 se observa la variación de la influencia de las cartelas bajo combinaciones de rigideces entre columna y viga para el rango comprendido desde 0,53 a 395,06. De estas se aprecia que a medida que las dimensiones de la columna aumentan el aporte de rigidez de la cartela (prismática o recta) al desplazamiento lateral va disminuyendo a tal punto que pudiese considerarse nulo. Por otro lado, al ir aumentando la rigidez de la viga también se llega a un punto donde las mismas dimensiones de esta son las que otorgan la resistencia al desplazamiento lateral del pórtico debido a que las rigideces que aporta las cartelas pueden considerarse despreciables. Se consideran nulos o despreciables aquellos valores donde el aumento de la rigidez lateral (porcentual), producto de la influencia de las cartelas, gire alrededor del 4 %, debido a que un aumento de las inercias de los elementos que componen al pórtico refleja un mayor incremento de la rigidez lateral que la misma integración de cartelas al sistema. Considerando lo ultimo y estableciendo un nivel optimo de relación de rigideces entre columnas y vigas de 11, bajo el cual las cartelas tienen su mayor aporte para evitar el desplazamiento lateral, se puede hacer

referencia de los resultados obtenidos en las tablas 4.1, 4.2, 4.3 y 4.4 para delimitar los valores de relaciones de Rigideces de los elementos que en combinación con los diferentes tamaños de cartelas no superan el aumento del establecido como mínimo.

Todo esto se ve mas detalladamente en los gráficos 2.39 al 2.57, donde la variación del desplazamiento lateral es influenciado por la variación de la altura de la cartela en una viga de un pórtico, en las mismas se puede observar que las variaciones entre cada una de las líneas de tendencia expuestas mantienen un patrón de separación entre ellas constante, lo que indica que para una misma luz este tipo de cartela no afecta de manera directa la rigidez lateral del pórtico, ya que esto es influenciado mas aún por el tamaño de los elementos que conforman el sistema estructural.

## Conclusiones

- A través de las ecuaciones de Bresse se puede conseguir, en conjunto con el método de las Rotaciones, los coeficientes que componen la matriz de rigidez del elemento de cualquier forma y dirección.
- Con los coeficientes de rigidez del elemento discretizado y la aplicación del análisis matricial se obtiene el comportamiento del sistema estructural bajo cualquier tipo de sollicitación.
- Los factores de distribución son mayores en los lados opuestos de la viga donde las cartelas tienen mayor dimensión, y a medida que aumentan los tamaños de estas el factor distribución también lo hace.
- Con las cartelas, la distribución de carga en dirección gravitacional produce mayor concentración de los momentos en los nodos, de esta manera se reduce el momento en la parte central de la viga.
- El aporte de rigidez lateral a la estructura con cartelas es función de la dimensión de estas y de su longitud.
- Para relaciones de rigidez columna-viga menores a 0.5 y mayores a 350 las cartelas no aportan tanta rigidez lateral como sería aumentando las dimensiones de los elementos.

- El aporte de rigidez de la cartela es óptimo cuando la relación de rigidez viga-columna está en torno al valor de 11.

## **7. Bibliografía**

1. Abreu O. Oswaldo D. y González B. Gerardo B. (1985). “Archivo de Matrices de Flexibilidad y Rigidez para Miembros de Cualquier Directriz Contenidos en Estructuras Planas Sometidas a Cargas Normales”. Trabajo Especial de Grado, Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil, Caracas.
2. Arias Albán, Gustavo (1984). “Análisis Sísmico Estático de Edificios con aplicación a microcomputadores”. Ediciones Vega, Caracas, 275 pág.
3. Charón, P. (1962). “El Método de Cross”, Aguilar, Madrid, 347 pág.
4. C.K. Wang (1979). “Introducción al Análisis Estructural con Métodos Matriciales”, Prentice Hall
5. Cross and Morgan (1932). “Continuous Frames of Reinforced Concrete”. John Wiley and Sons, New York, 343 pág.

6. Edificaciones Sismorresistentes, Parte: I (articulado) (Norma Venezolana COVENIN 1756-1:2001). (2001, Marzo). FUNVISIS, MINISTERIO DE INFRAESTRUCTURA, FONDONORMA.
  
7. Portland Cement Association (1958).” Handbook of Frame Constants, Beam Factors and Moment Coefficients for Members of Variable Section”. Chicago, Illinois 60610.