

CAPÍTULO V

CURVA DE CAPACIDAD SÍSMICA RESISTENTE CONSIDERANDO INTERACCIÓN SUELO-ESTRUCTURA

RESUMEN

Después de obtener las curvas de capacidad sísmica resistente de 84 estructuras con vigas banda y 120 con vigas descolgadas, considerando su interacción con diferentes tipos de suelo cuyas rigideces varían para “i” de 5 a 25 y “j” de 5 a 50, se analiza su influencia en los resultados finales de cortante basal y desplazamiento de fluencia de las estructuras en función de la rigidez rotacional y traslacional del suelo, se presentan graficas comparativas, mostrando los resultados de cada caso, y finalmente se comparan las curvas de las medias de todos los casos de cada estructura.

5.1 VARIACIÓN DEL CORTANTE DE FLUENCIA

El cortante de fluencia de una estructura analizada por los métodos tradicionales (sin considerar interacción) se lo considera en la base de la estructura como la figura 5.1.1 muestra. Si no se considerara la acción del suelo sobre la estructura, el modelo de análisis sería como el indicado en la figura 5.1.2

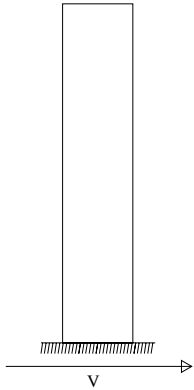


Figura 5.1.1 Modelo de estructura con base empotrada

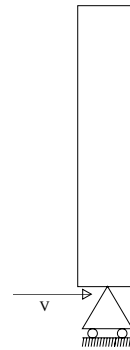


Figura 5.1.2 Modelo de estructura con base libre

Como en este análisis se considerará la acción del suelo sobre la estructura se supondría que el modelo de análisis es el mostrado en la figura 5.2, en el que el cortante actúa bajo el suelo de cimentación y que habría una masa definida de este que se considera en el estudio.

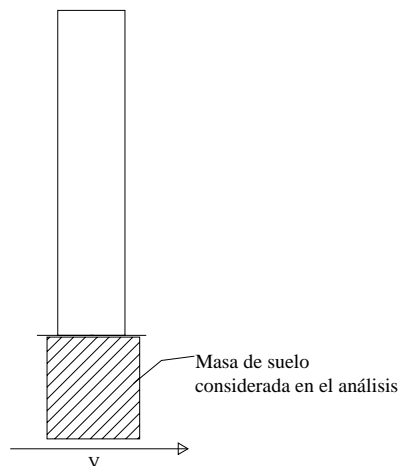


Figura 5.2 Modelo de estructura considerando interacción

Pero el modelo que se emplea en el análisis simula al suelo considerando la base libre, pero limitada por dos resortes que restringen el desplazamiento horizontal y el giro, como se indica en la figura 5.3, de tal manera que el cortante de la estructura es analizado en la base de la misma.

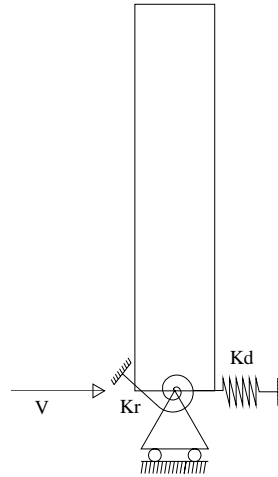


Figura 5.3 Modelo de análisis

A continuación se muestra la variación del cortante de fluencia para las estructuras con vigas banda y vigas descolgadas, cuyos resultados fueron obtenidos del programa PUSHUELO, Aguiar (2005).

5.1.1 Estructura con vigas banda

A continuación se analiza el cortante de fluencia de las estructuras de vigas banda de 3 vanos en X por 3 vanos en Y, cuyas características fueron descritas en el capítulo II de esta tesis. Los resultados mostrados corresponden al modelo analizado para una velocidad de aplicación del sismo de $\beta=1$ y una carga axial P cuyos valores corresponden a los mostrados en la tabla 4.1.

En la figura 5.3, para todos los casos analizados de cada estructura, se muestra la variación del cortante de fluencia en función de la rigidez traslacional del suelo, para una rigidez rotacional $i=5$.

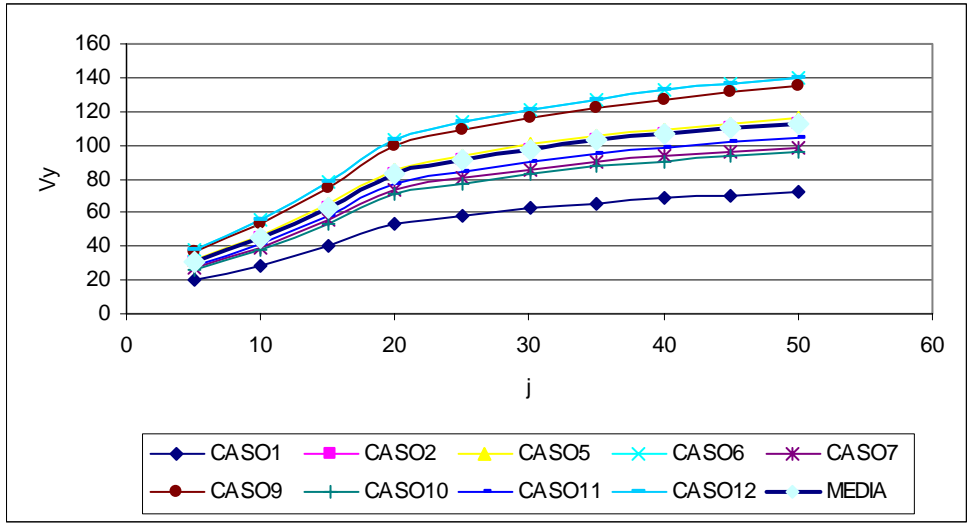


Figura 5.3.1 Estructura vigas banda de 1 piso $i=5$

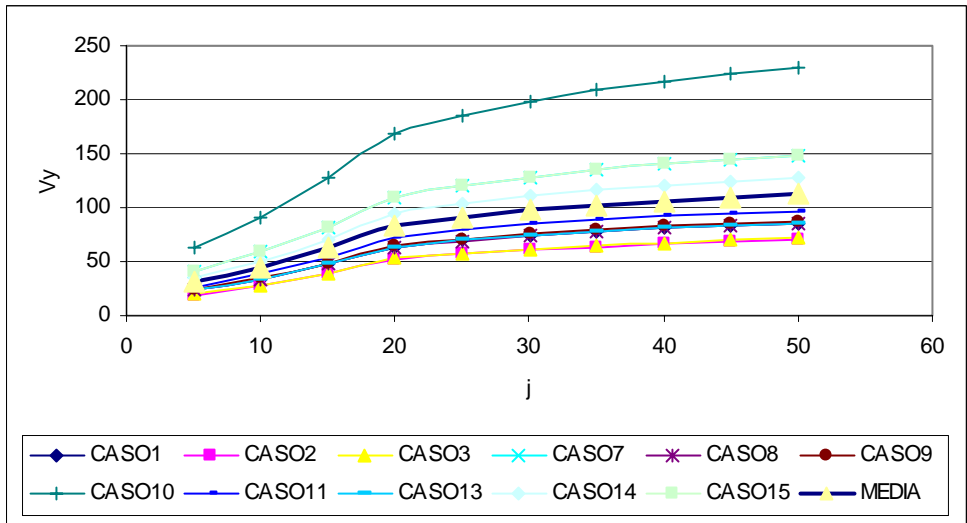


Figura 5.3.2 Estructura vigas banda de 2 pisos $i=5$

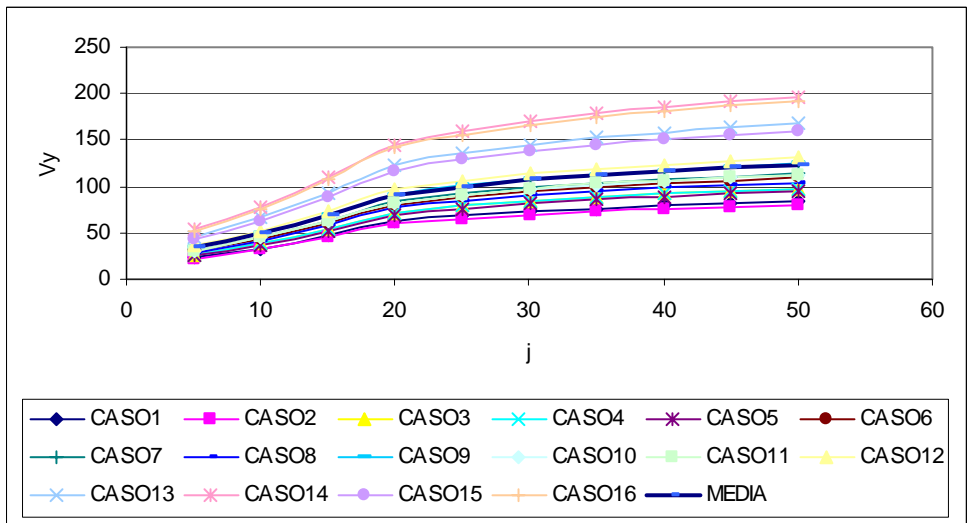


Figura 5.3.3 Estructura vigas banda de 3 pisos $i=5$

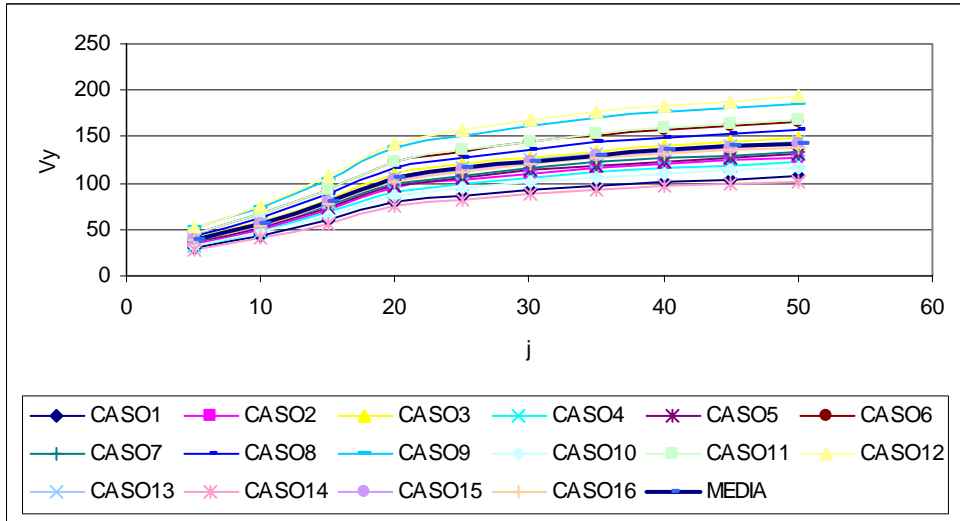


Figura 5.3.4 Estructura vigas banda de 4 pisos i=5

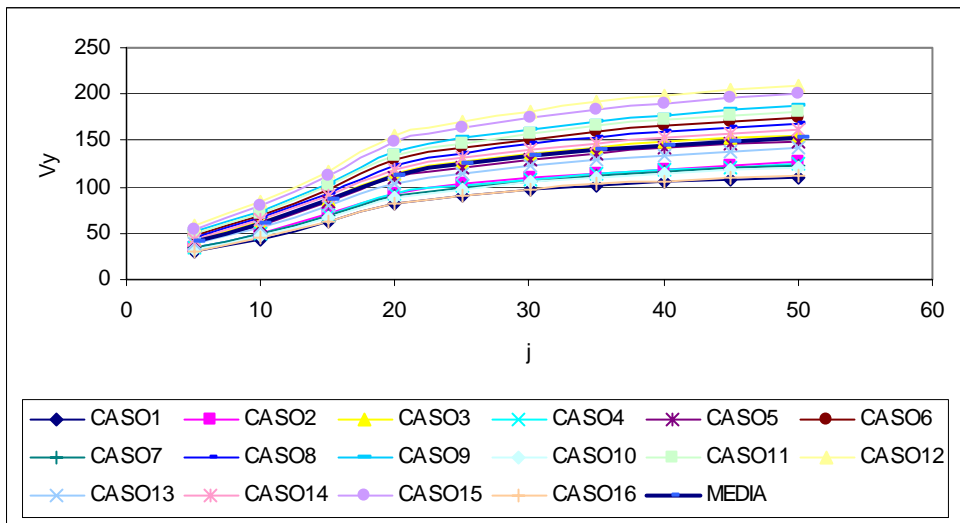


Figura 5.3.5 Estructura vigas banda de 5 pisos i=5

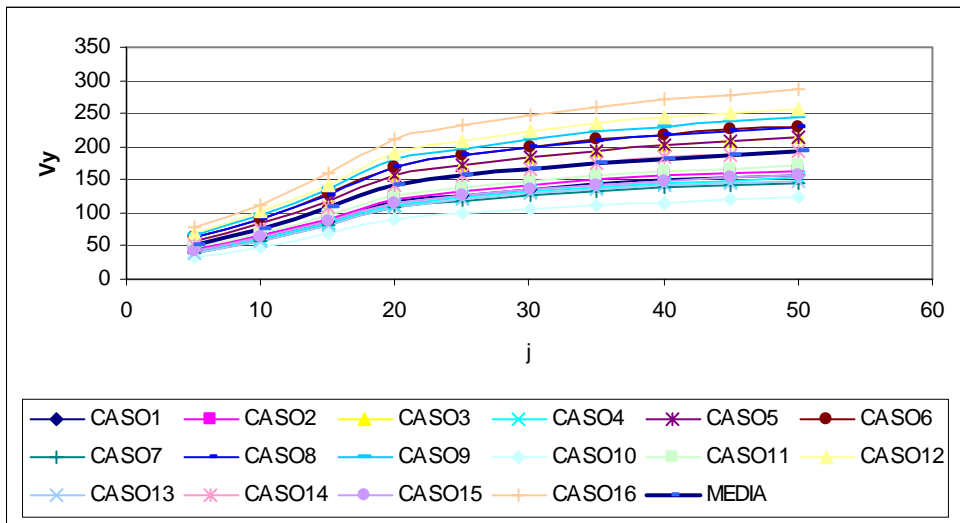


Figura 5.3.6 Estructura vigas banda de 6 pisos i=5

En la figura 5.4, para todos los casos analizados de cada estructura, se muestra la variación del cortante de fluencia en función de la rigidez traslacional del suelo, para una rigidez rotacional $i=15$.

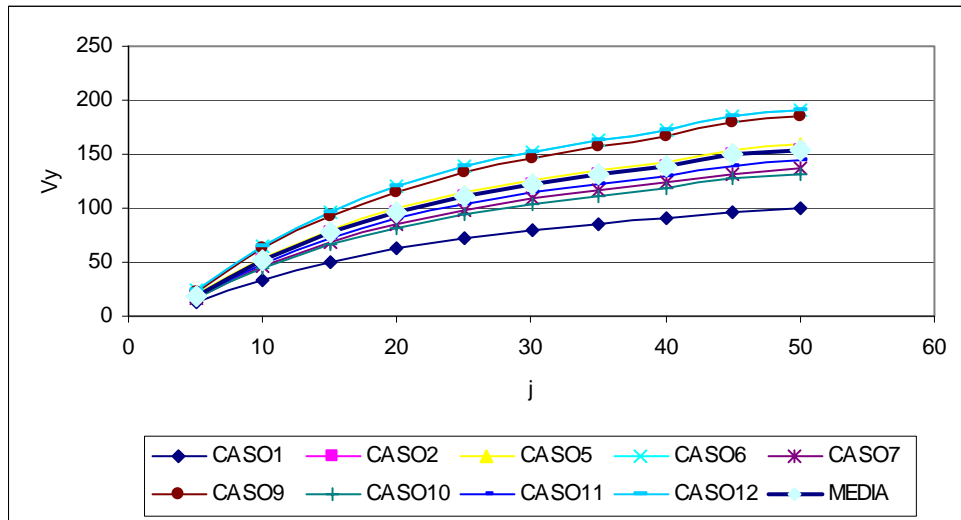


Figura 5.4.1 Estructura vigas banda de 1 piso $i=15$

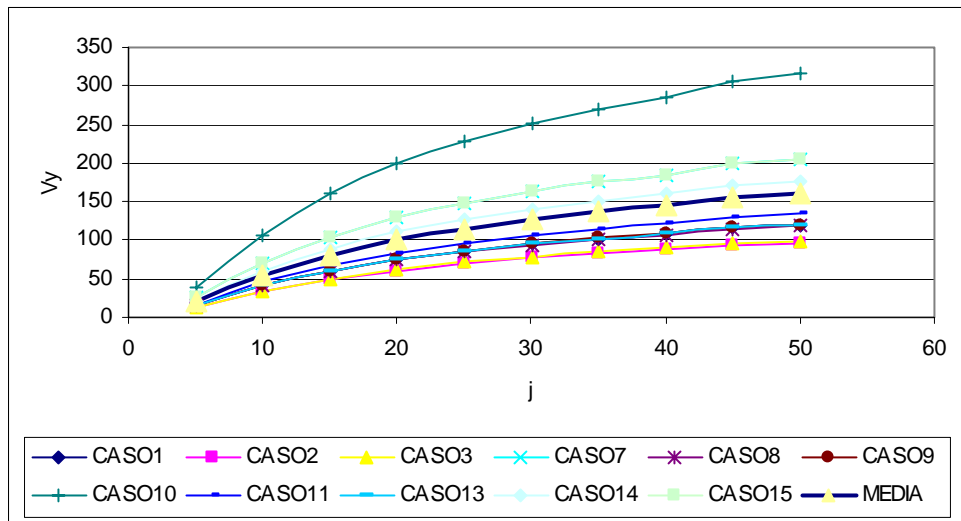


Figura 5.4.2 Estructura vigas banda de 2 piso $i=15$

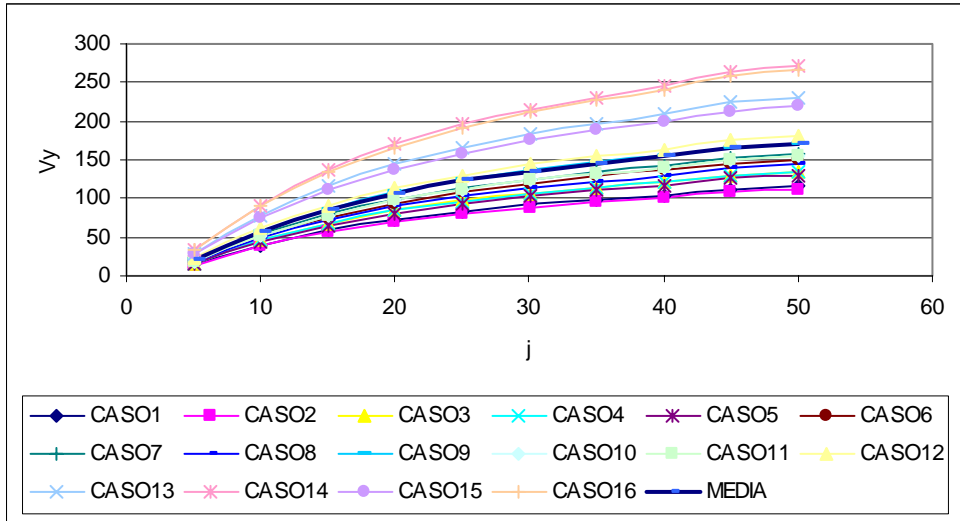


Figura 5.4.3 Estructura vigas banda de 3 pisos $i=15$

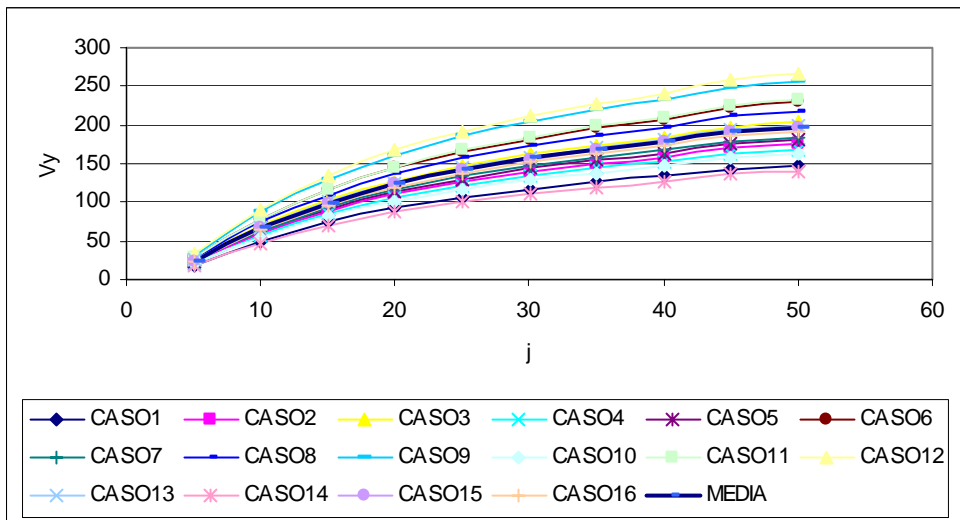


Figura 5.4.4 Estructura vigas banda de 4 pisos $i=15$

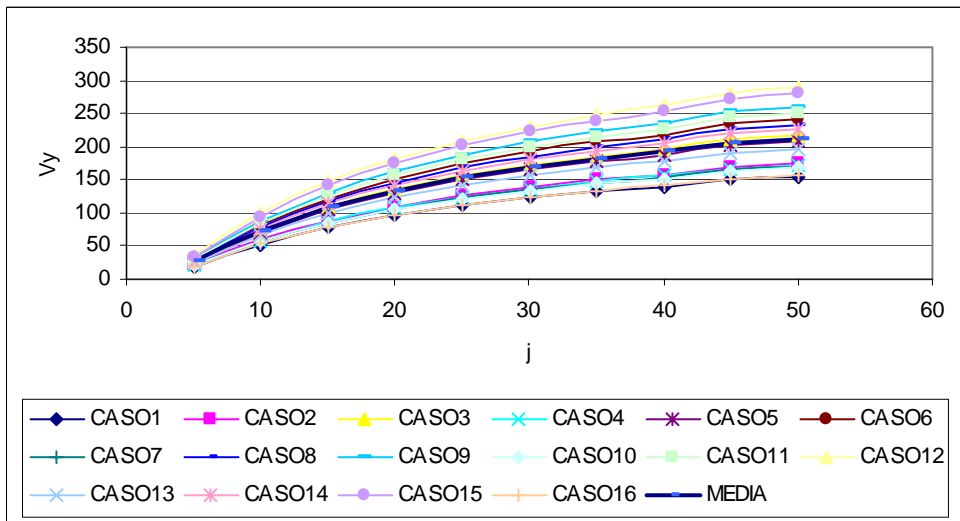


Figura 5.4.5 Estructura vigas banda de 5 pisos $i=15$

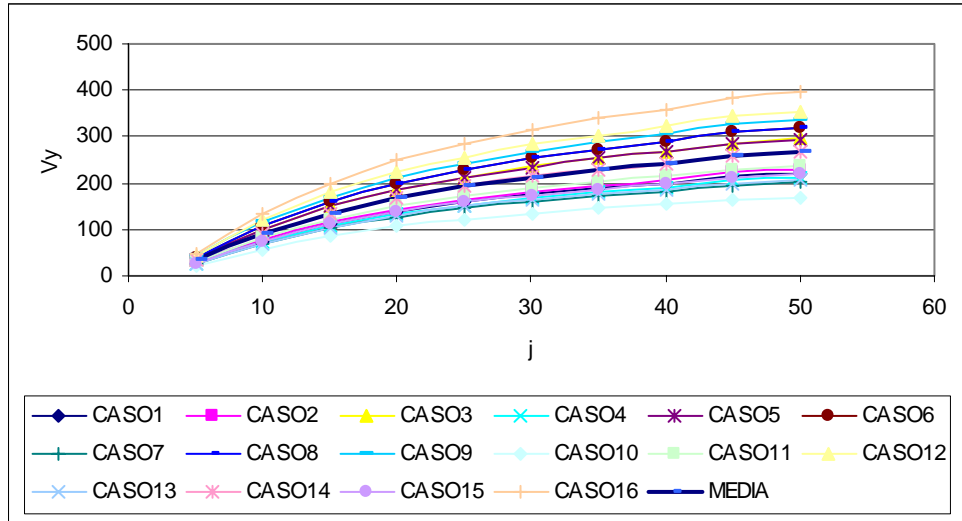


Figura 5.4.6 Estructura vigas banda de 6 pisos $i=15$

En la figura 5.5, para todos los casos analizados de cada estructura, se muestra la variación del cortante de fluencia en función de la rigidez traslacional del suelo, para una rigidez rotacional $i=25$.

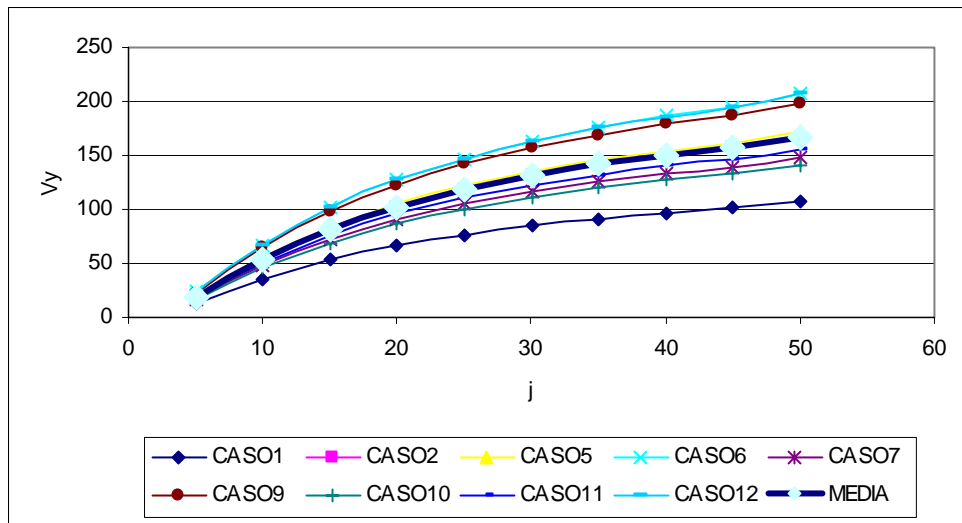


Figura 5.5.1 Estructura vigas banda de 1 pisos $i=25$

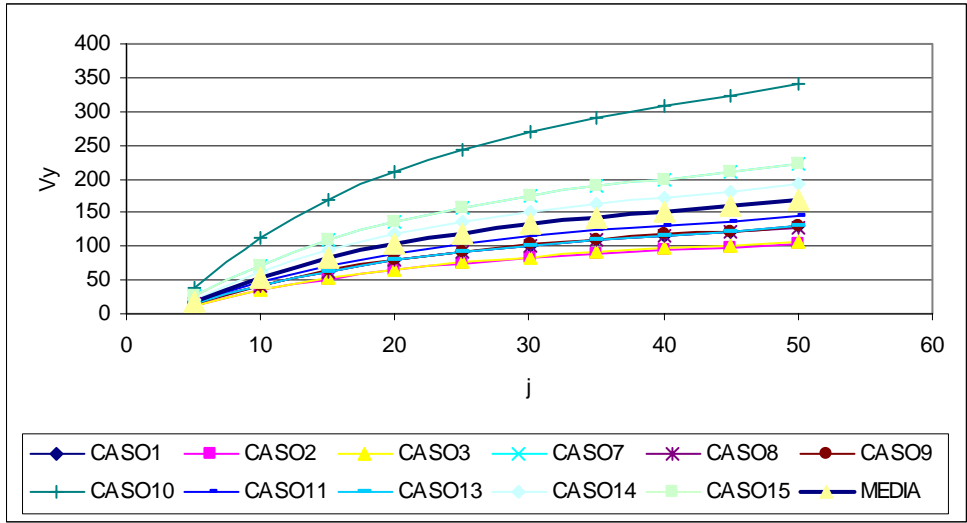


Figura 5.5.2 Estructura vigas banda de 2 pisos $i=25$

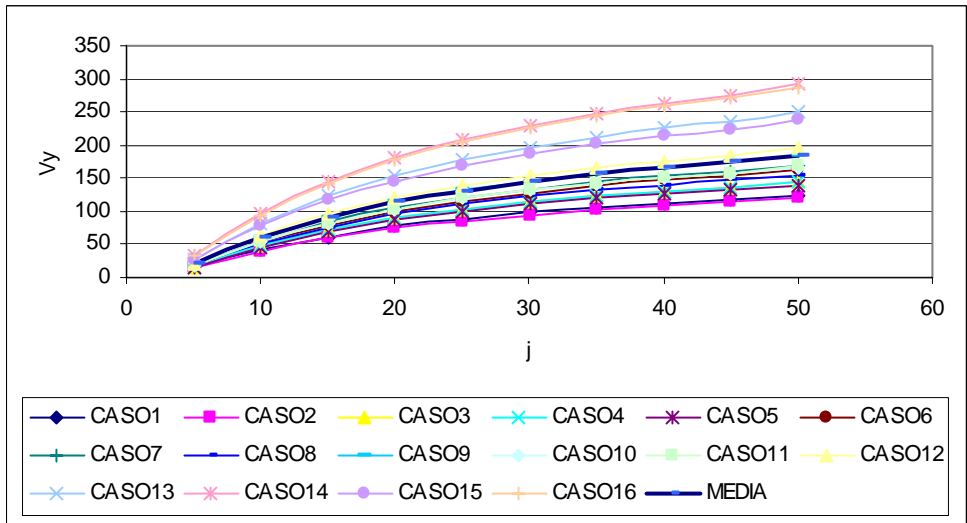


Figura 5.5.3 Estructura vigas banda de 3 pisos $i=25$

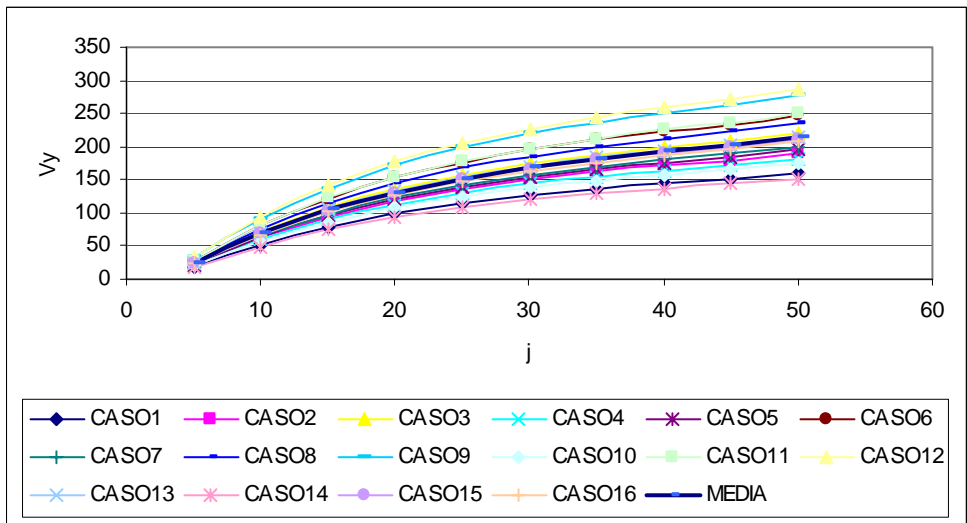


Figura 5.5.4 Estructura vigas banda de 4 pisos $i=25$

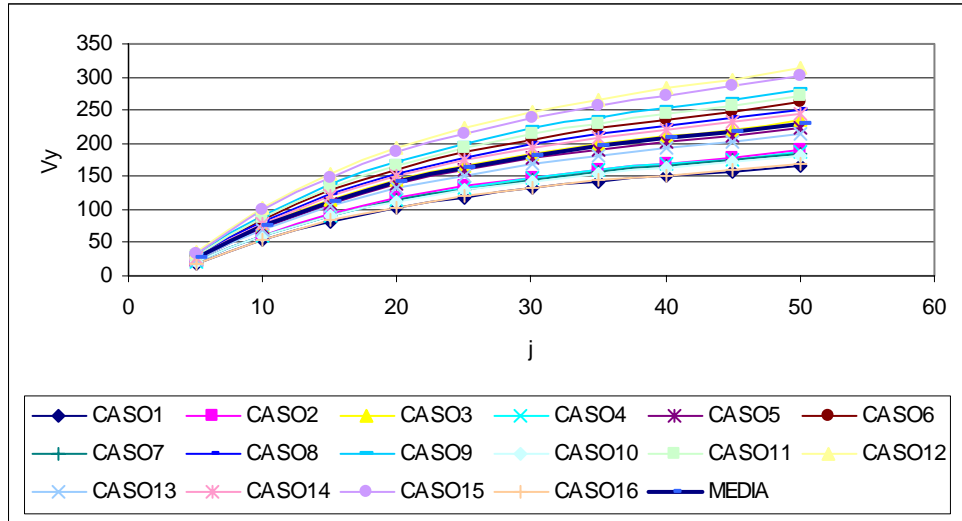


Figura 5.5.5 Estructura vigas banda de 5 pisos $i=25$

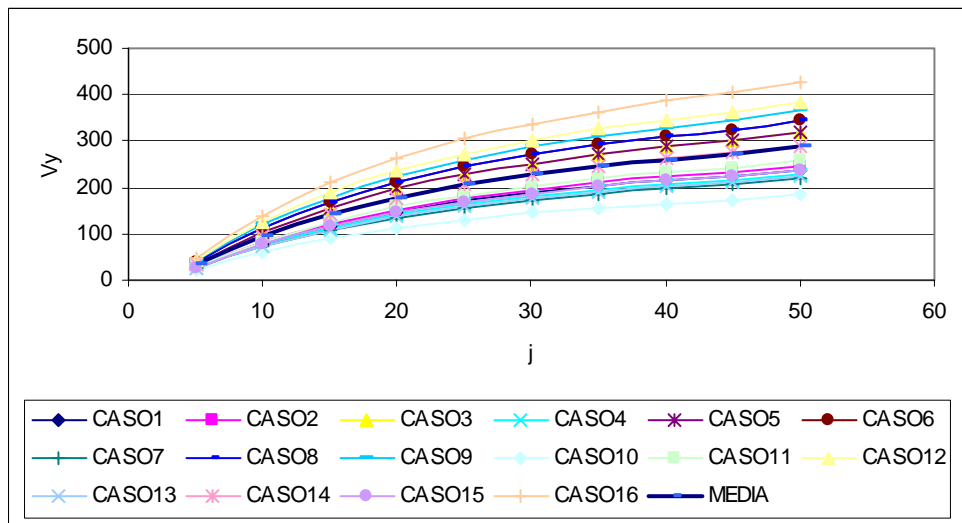


Figura 5.5.6 Estructura vigas banda de 6 pisos $i=25$

En las figuras 5.6 se describe la variación de la media del cortante de fluencia en estructuras con vigas banda de 1 a 6 pisos para rigideces rotacionales del suelo de $i= 5, 15$ y 25.

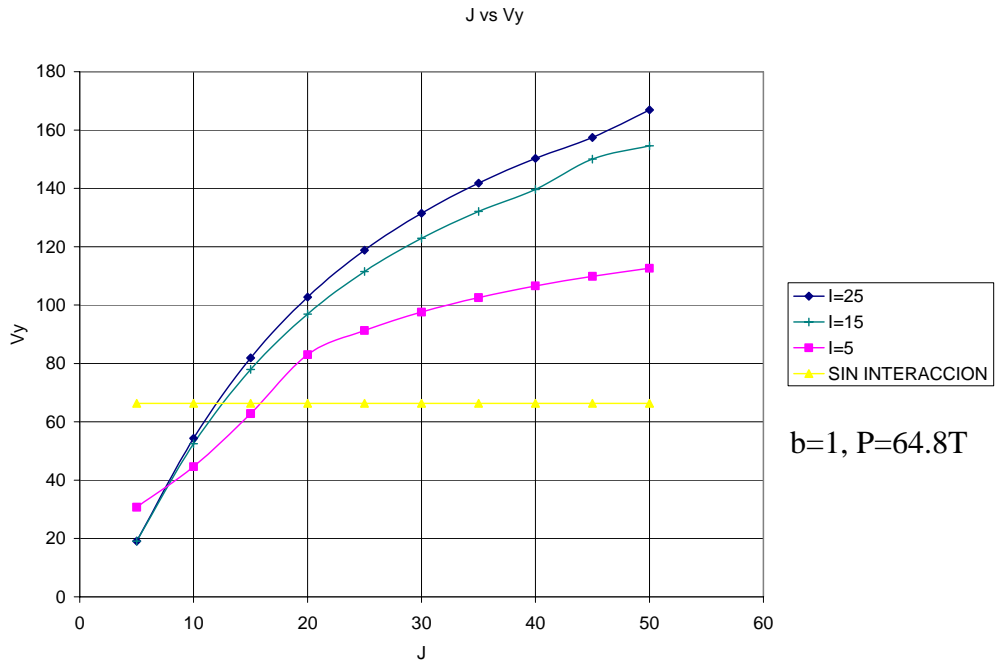


Figura 5.6.1 Estructura vigas banda de 1 piso

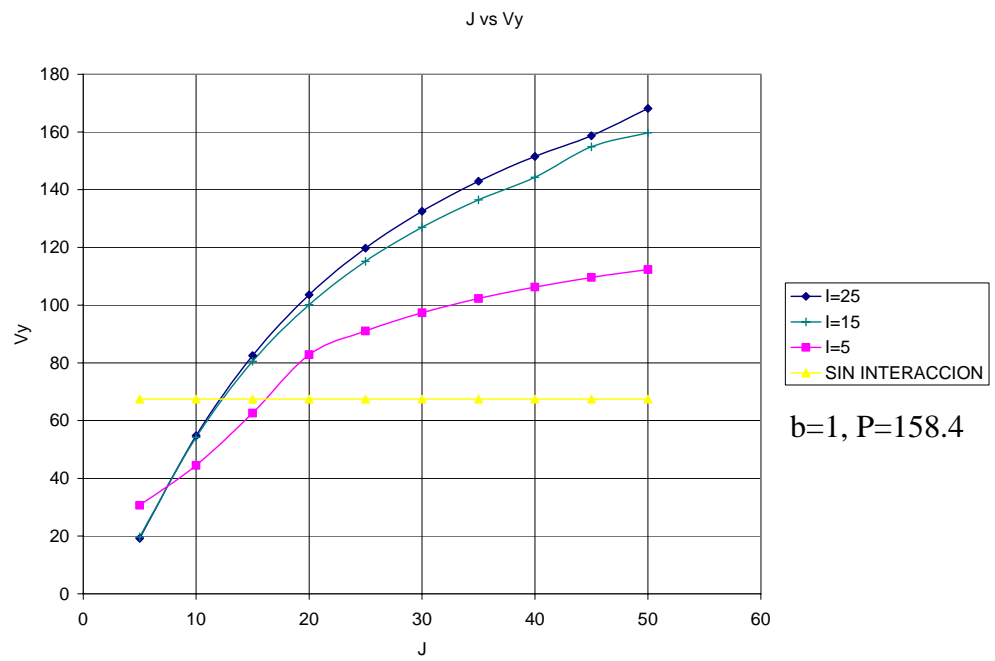


Figura 5.6.2 Estructura vigas banda de 2 pisos

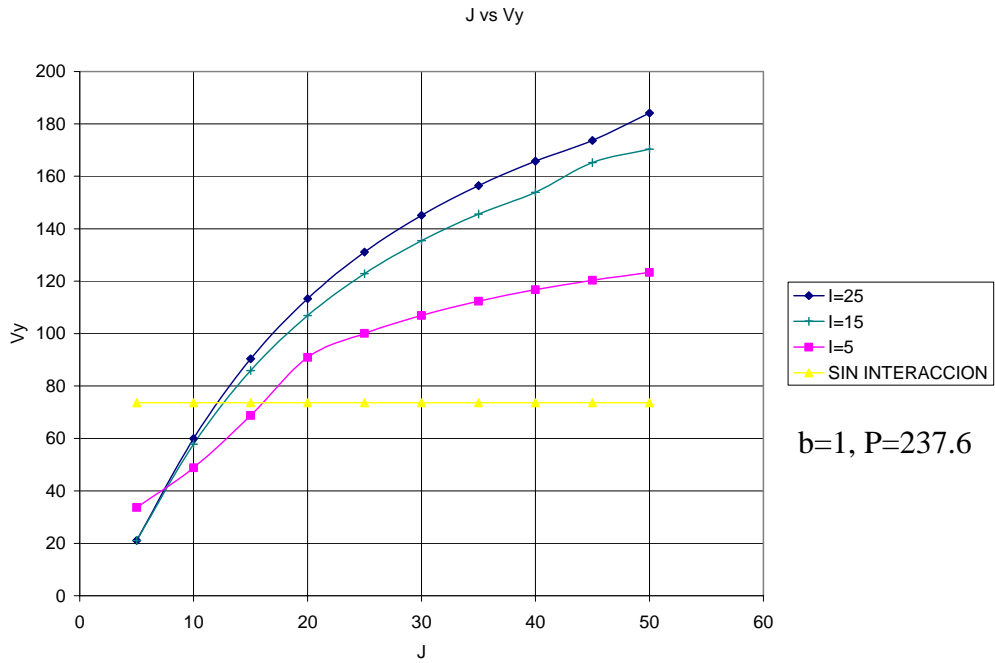


Figura 5.6.3 Estructura vigas banda de 3 pisos

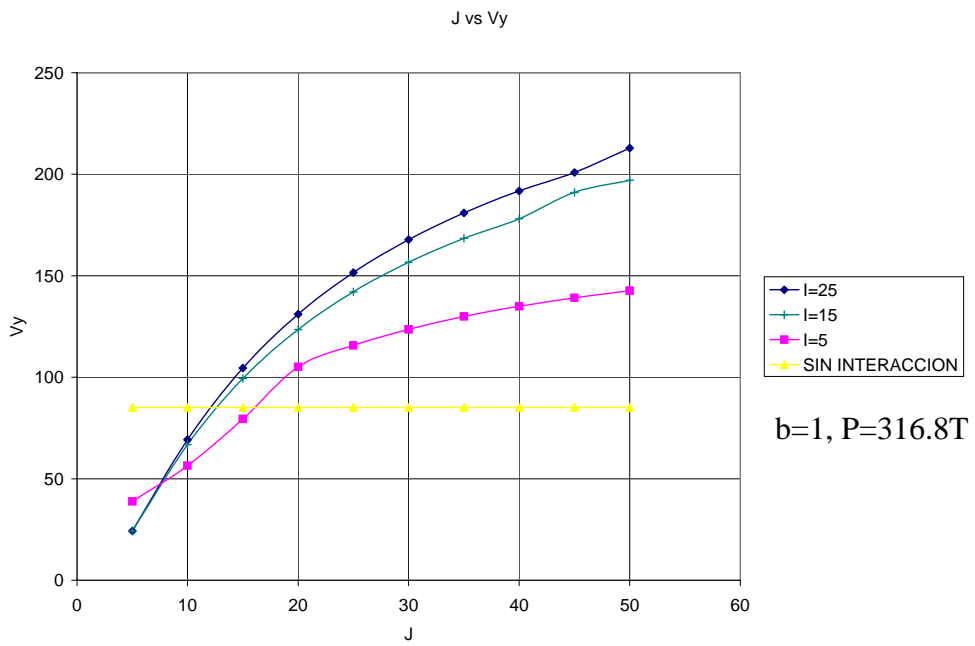


Figura 5.6.4 Estructura vigas banda de 4 pisos

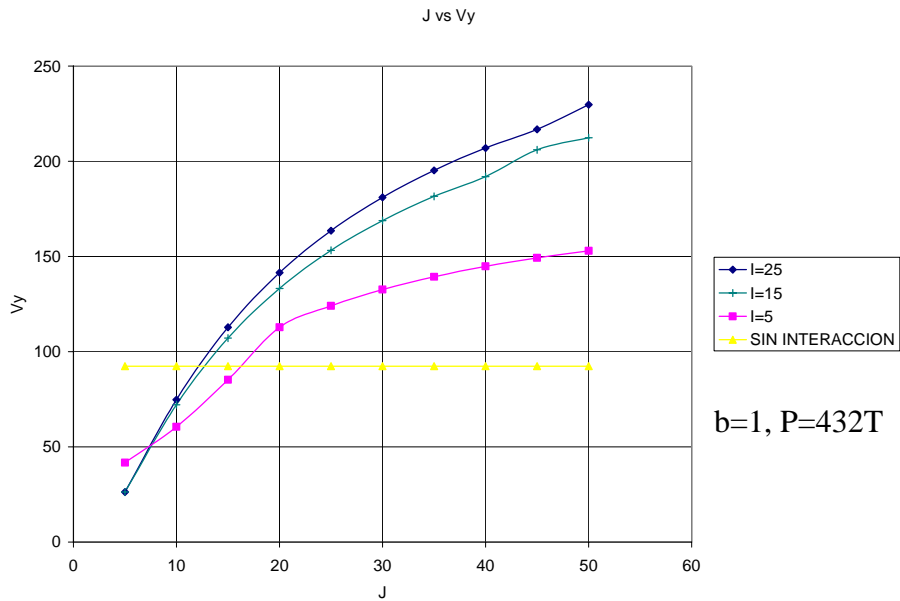


Figura 5.6.5 Estructura vigas banda de 5 pisos

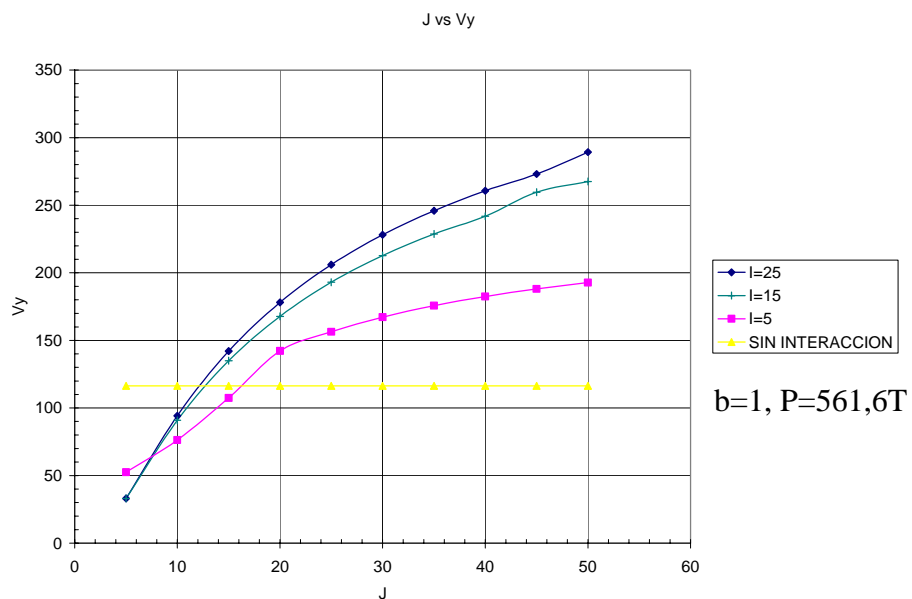


Figura 5.6.6 Estructura vigas banda de 6 pisos

5.1.2 Estructura con vigas descolgadas

A continuación se analiza el cortante de fluencia de las estructuras de vigas descolgadas de 2 vanos en X por 2 vanos en Y, cuyas características fueron descritas en el capítulo II de esta tesis.

En la figura 5.7, para todos los casos analizados de cada estructura, se muestra la variación del cortante de fluencia en función de la rigidez traslacional del suelo, para una rigidez rotacional $i=5$.

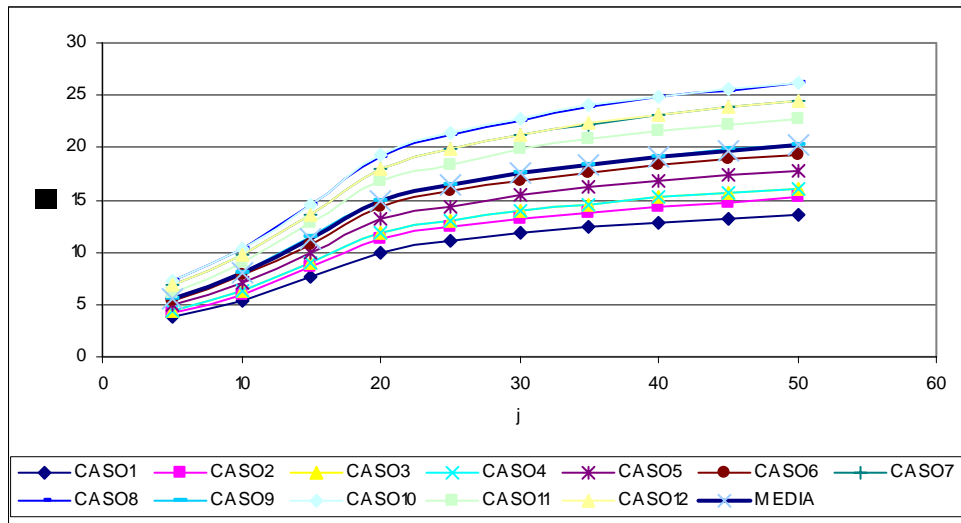


Figura 5.7.1 Estructura vigas descolgadas 1 piso. $i=5$

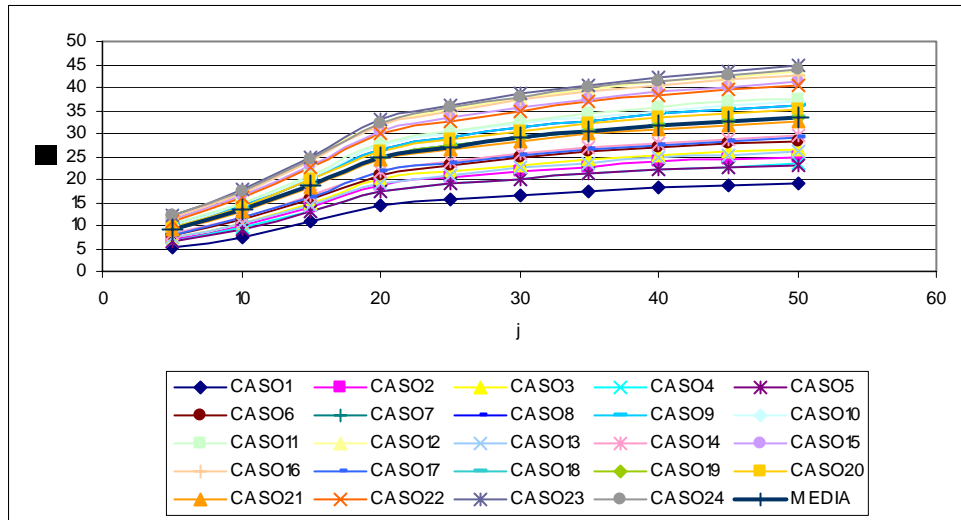


Figura 5.7.2 Estructura vigas descolgadas 2 pisos. $i=5$

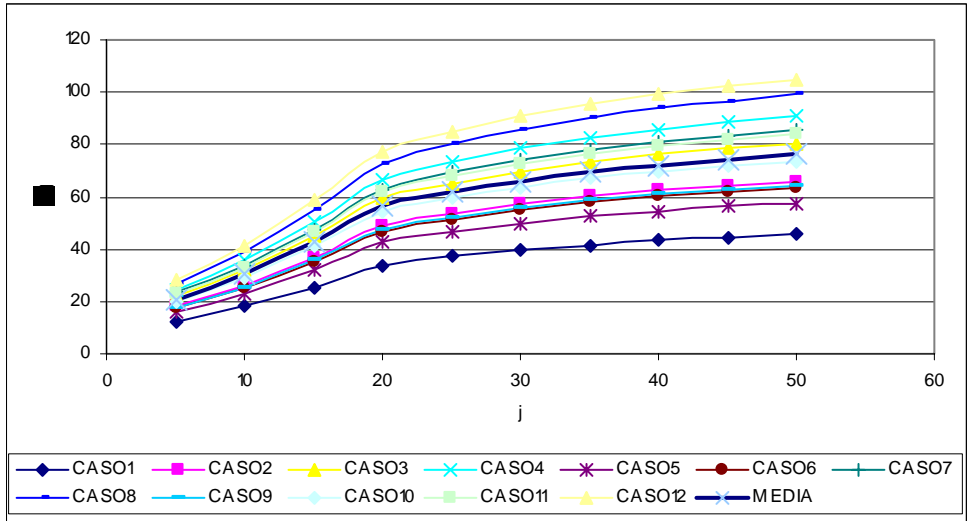


Figura 5.7.3 Estructura vigas descolgadas 3 pisos. i=5

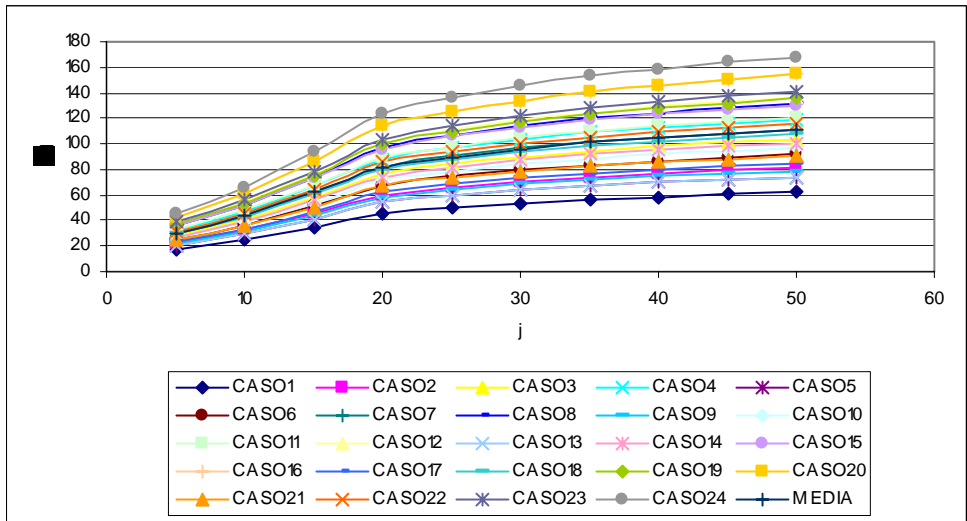


Figura 5.7.4 Estructura vigas descolgadas 4 pisos. i=5

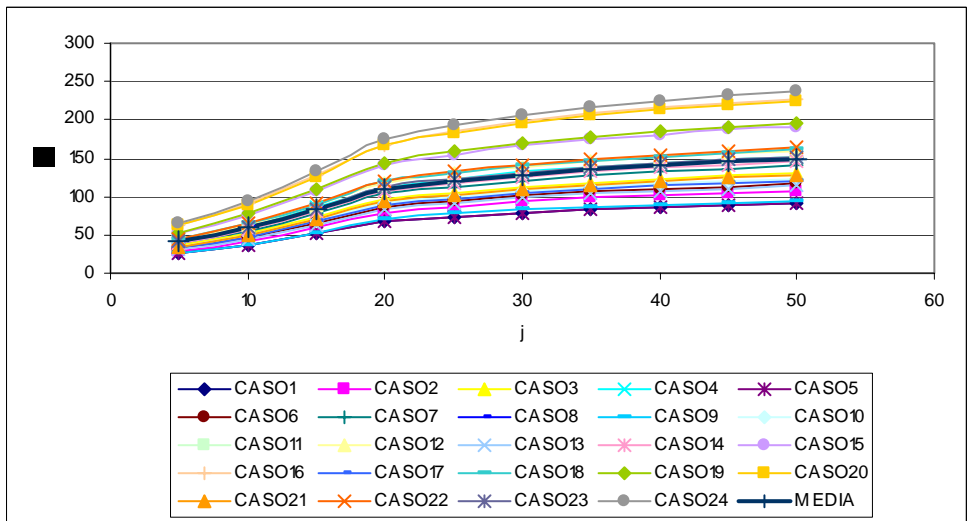


Figura 5.7.5 Estructura vigas descolgadas 5 pisos. i=5

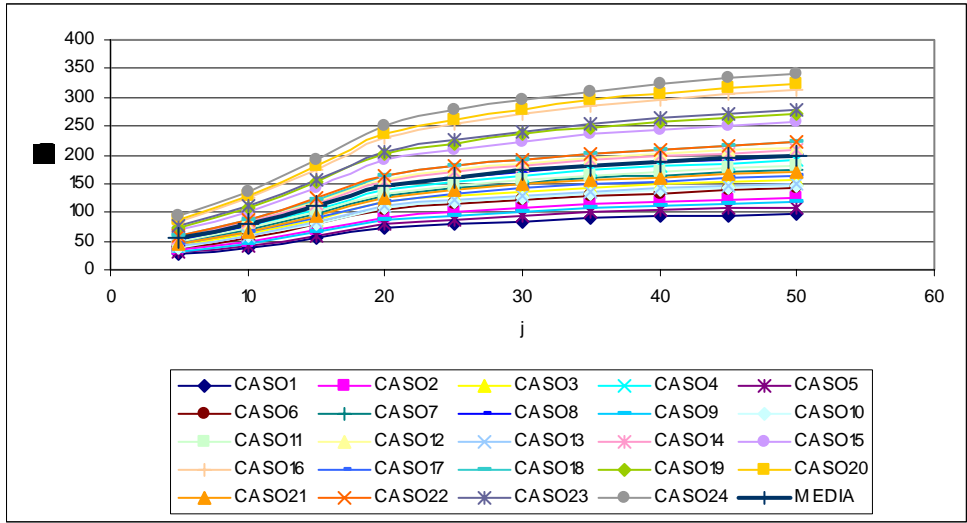


Figura 5.7.6 Estructura vigas descolgadas 6 pisos. $i=5$

En la figura 5.8, para todos los casos analizados de cada estructura, se muestra la variación del cortante de fluencia en función de la rigidez traslacional del suelo, para una rigidez rotacional $i=15$.

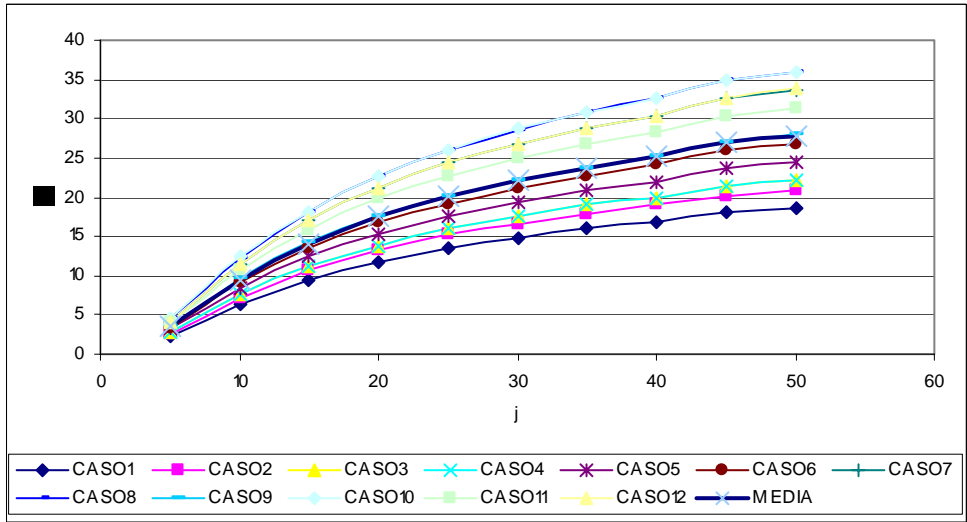


Figura 5.8.1 Estructura vigas descolgadas 1 piso. $i=15$

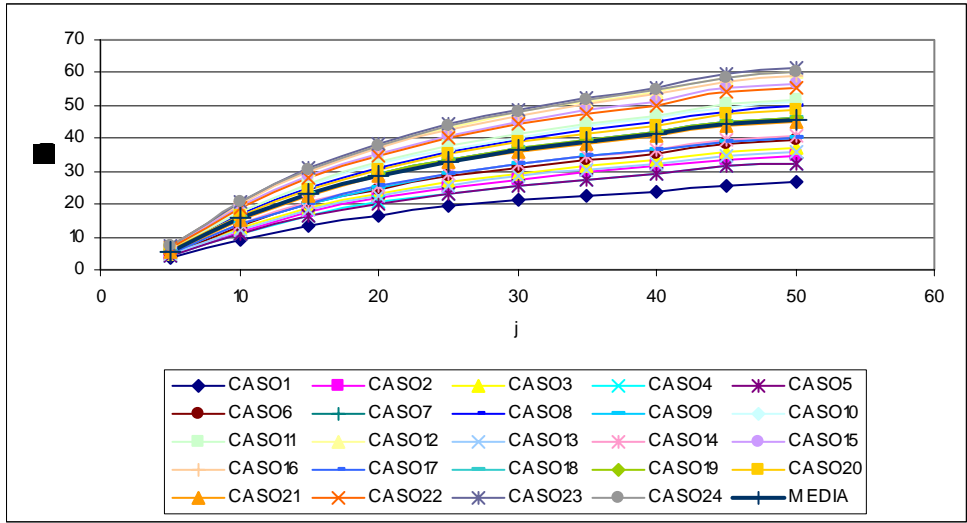


Figura 5.8.2 Estructura vigas descolgadas 2 pisos. $i=15$

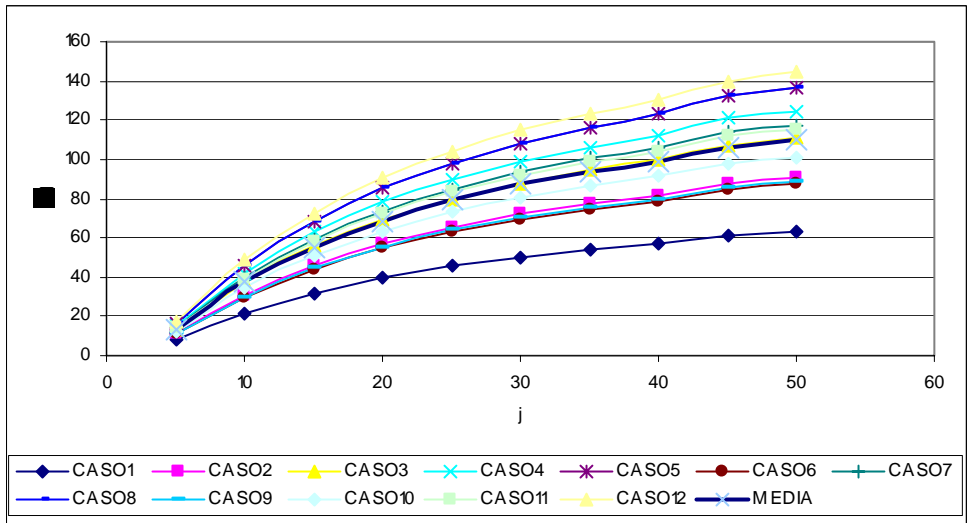


Figura 5.8.3 Estructura vigas descolgadas 3 pisos. $i=15$

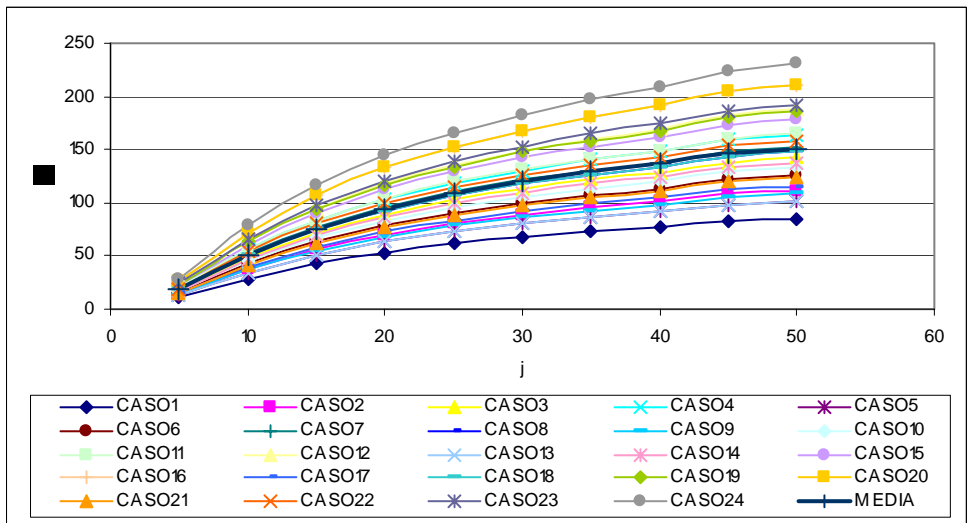


Figura 5.8.4 Estructura vigas descolgadas 4 pisos. $i=15$

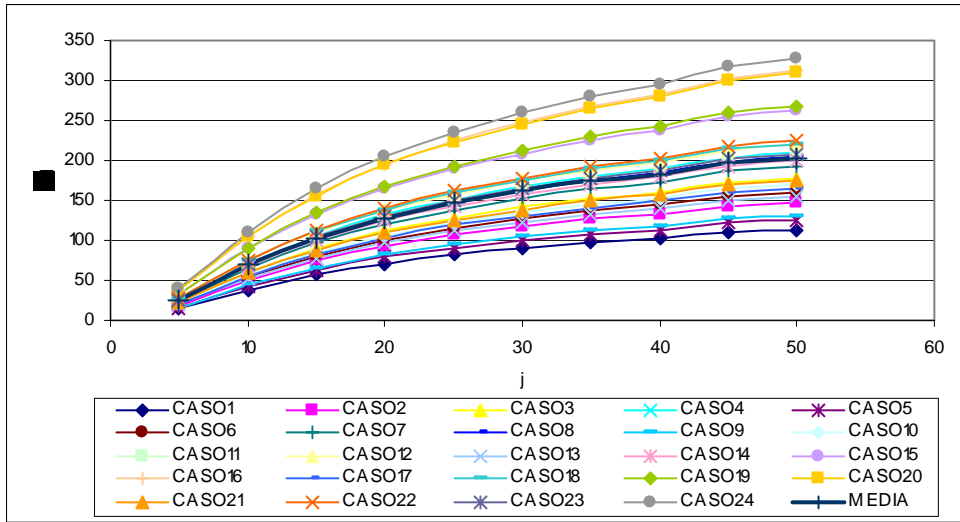


Figura 5.8.5 Estructura vigas descolgadas 5 pisos. $i=15$

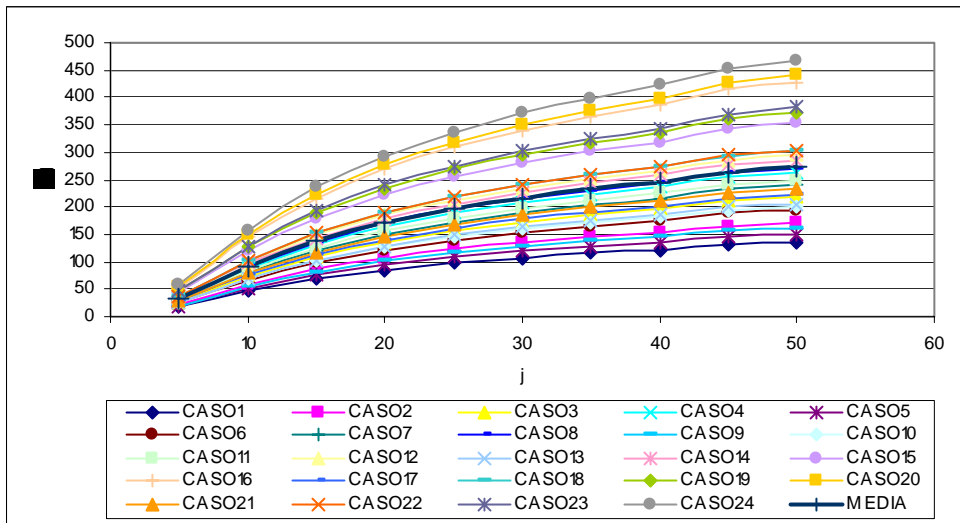


Figura 5.8.6 Estructura vigas descolgadas 6 pisos. $i=15$

En la figura 5.9, para todos los casos analizados de cada estructura, se muestra la variación del cortante de fluencia en función de la rigidez traslacional del suelo, para una rigidez rotacional $i=25$.

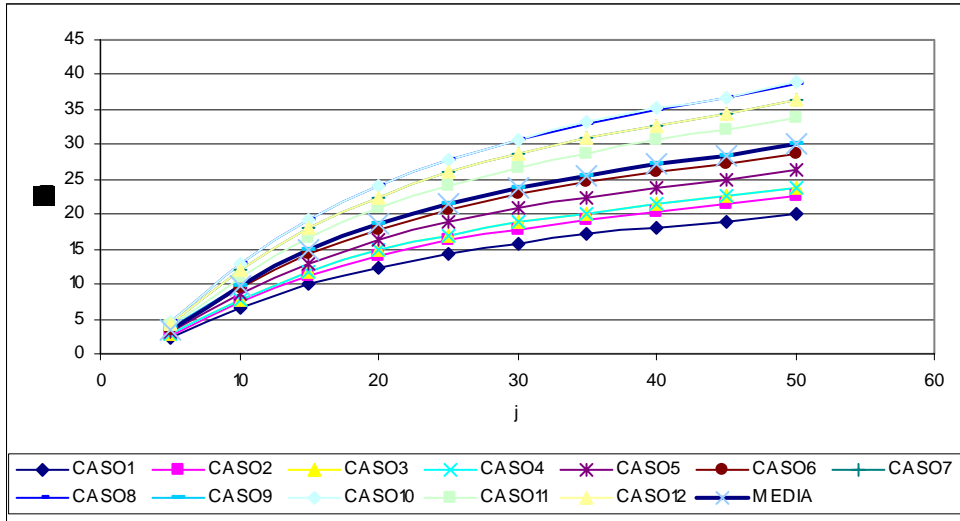


Figura 5.9.1 Estructura vigas descolgadas 1 piso. i=25

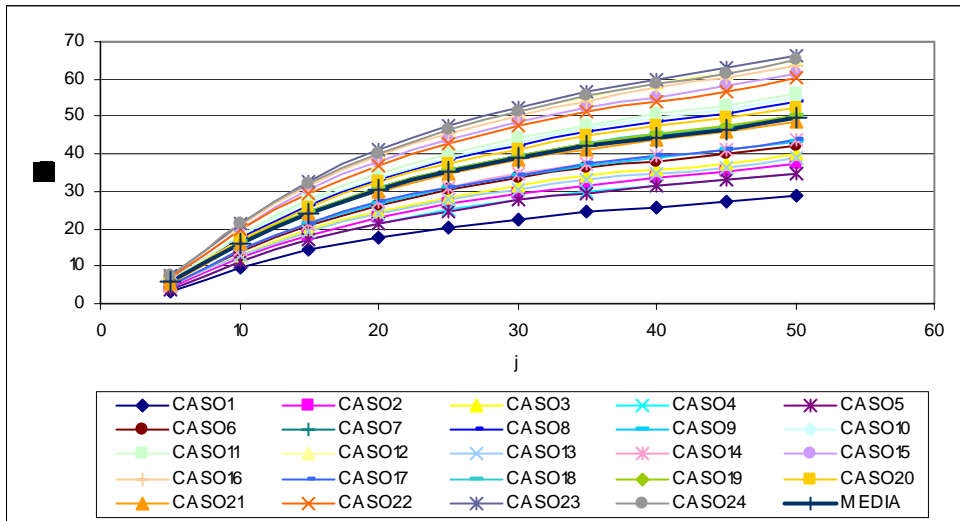


Figura 5.9.2 Estructura vigas descolgadas 2 pisos. i=25

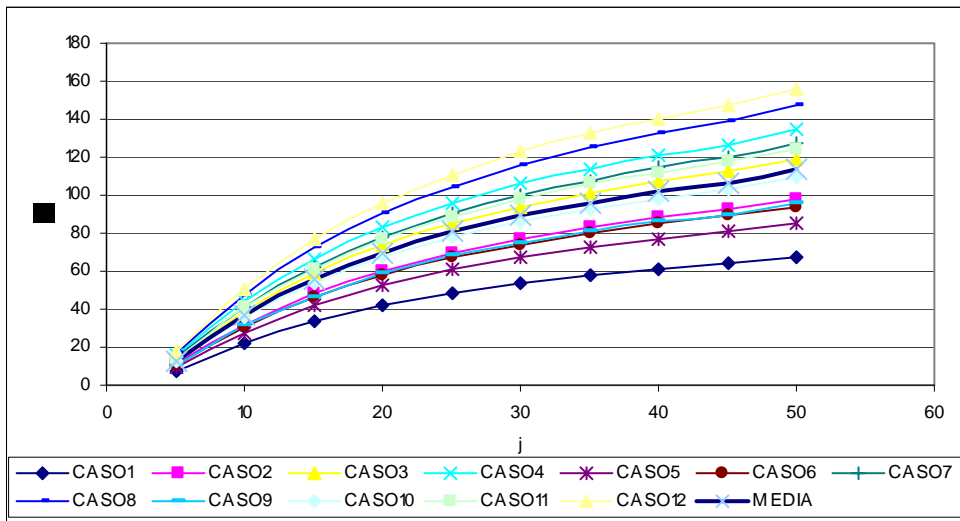


Figura 5.9.3 Estructura vigas descolgadas 3 pisos. i=25

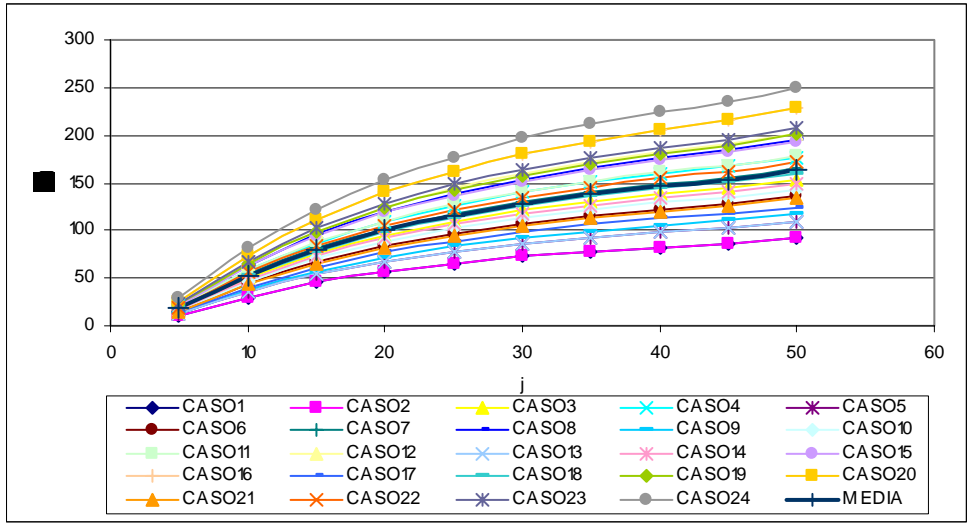


Figura 5.9.4 Estructura vigas descolgadas 4 pisos. i=25

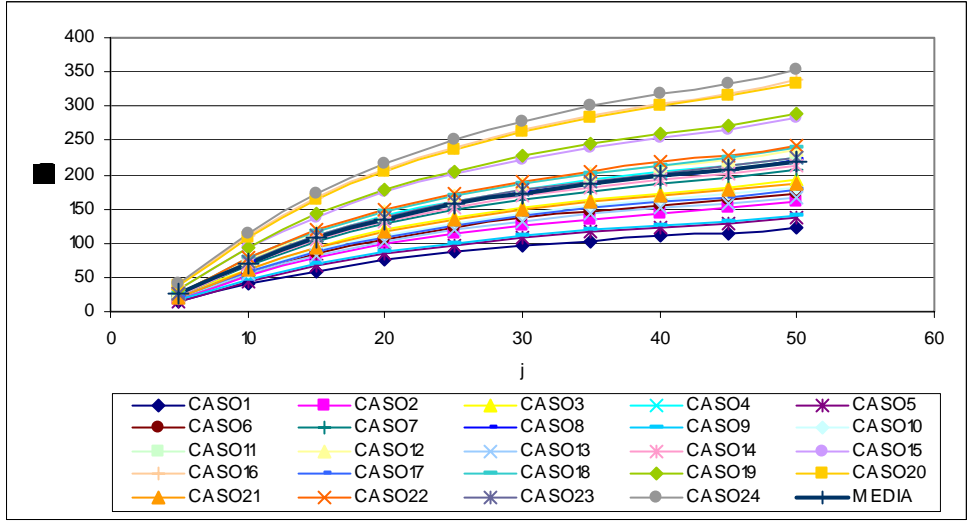


Figura 5.9.5 Estructura vigas descolgadas 5 pisos. i=25

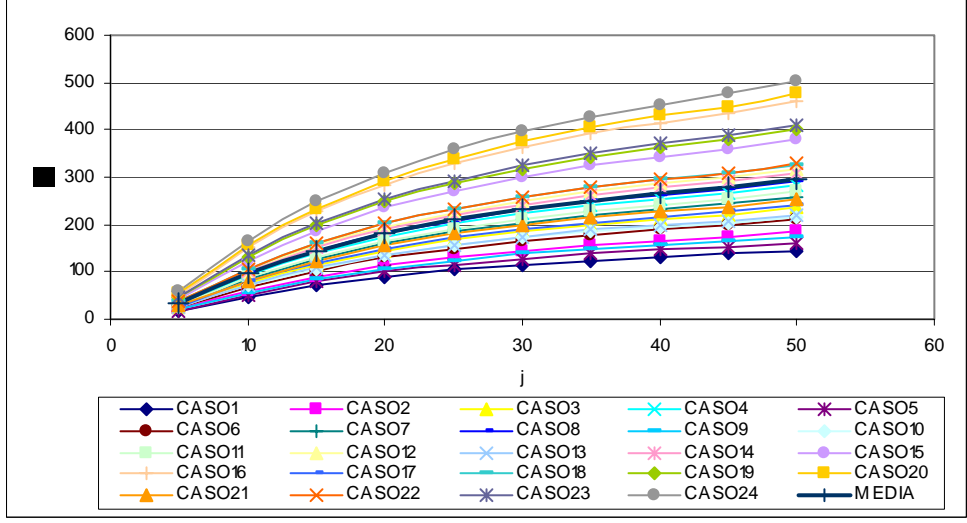


Figura 5.9.6 Estructura vigas descolgadas 6 pisos. i=25

En las figuras 5.10 se compara la variación de la media del periodo elástico en estructuras con vigas descolgadas de 1 a 6 pisos para $i= 5, 15$ y 25 .

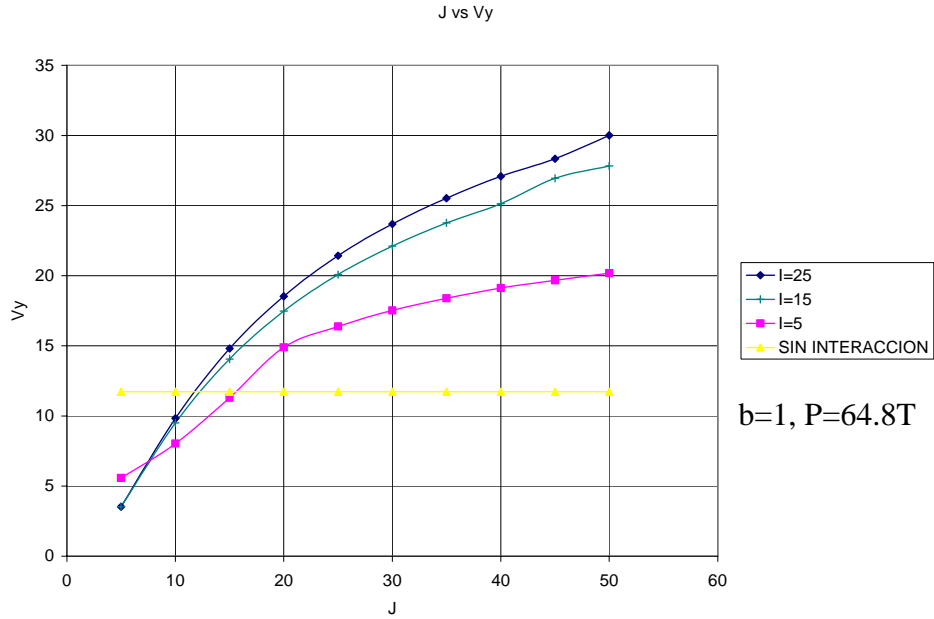


Figura 5.10.1 Estructura vigas descolgadas 1 piso

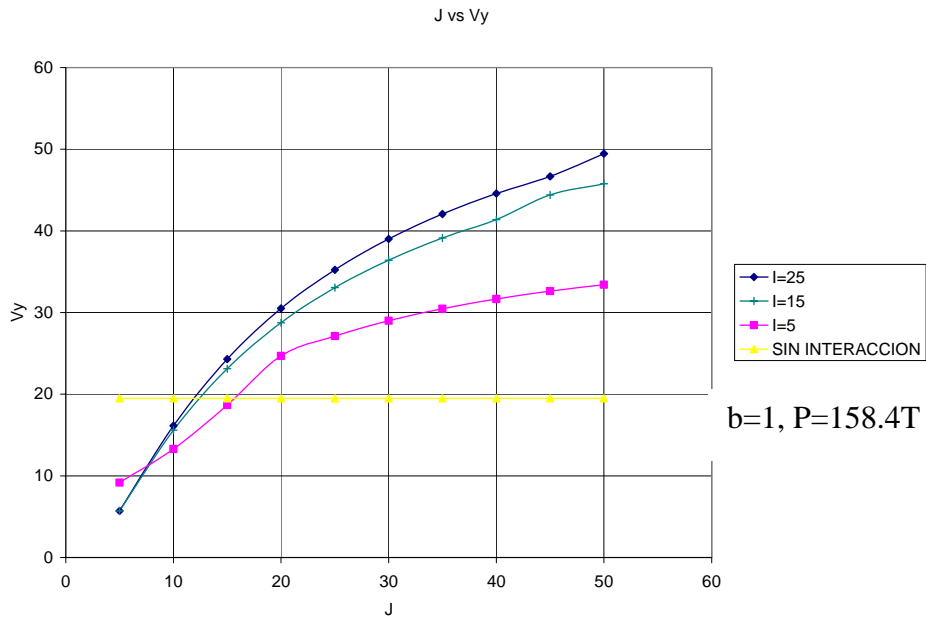


Figura 5.10.2 Estructura vigas descolgadas 2 pisos

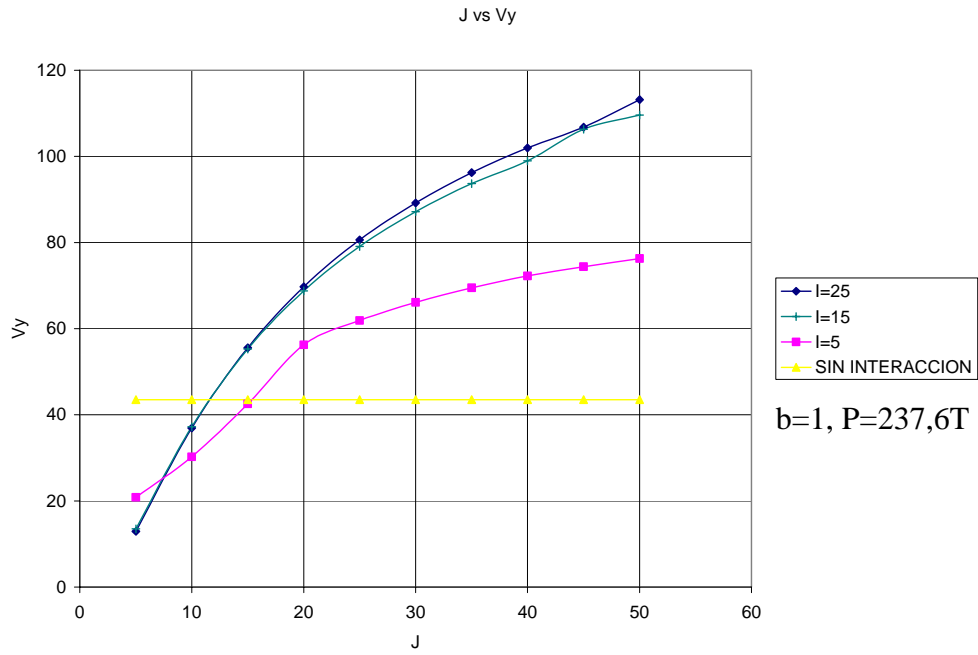


Figura 5.10.3 Estructura vigas descolgadas 3 pisos

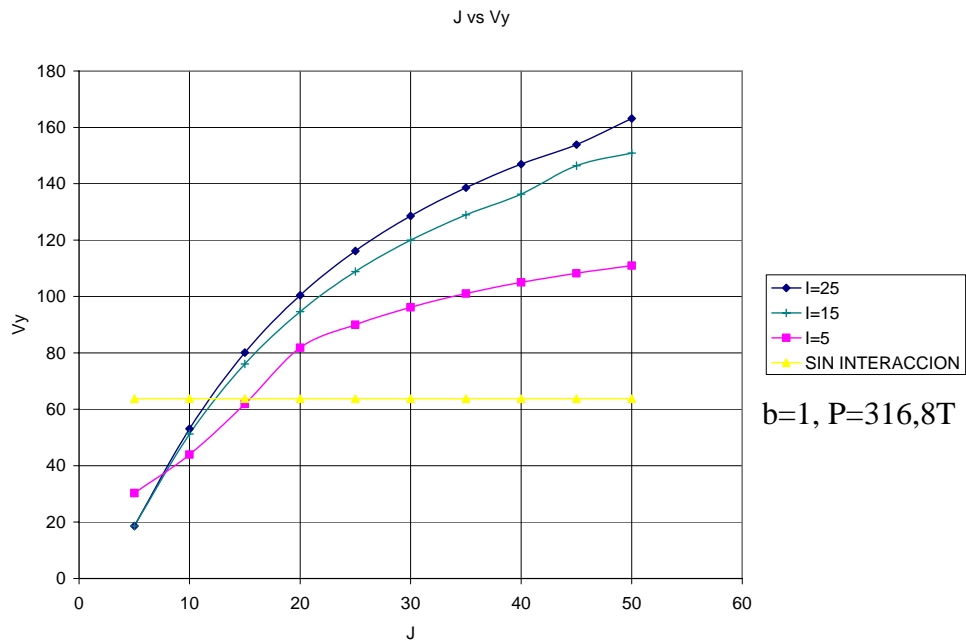


Figura 5.10.4 Estructura vigas descolgadas 4 pisos

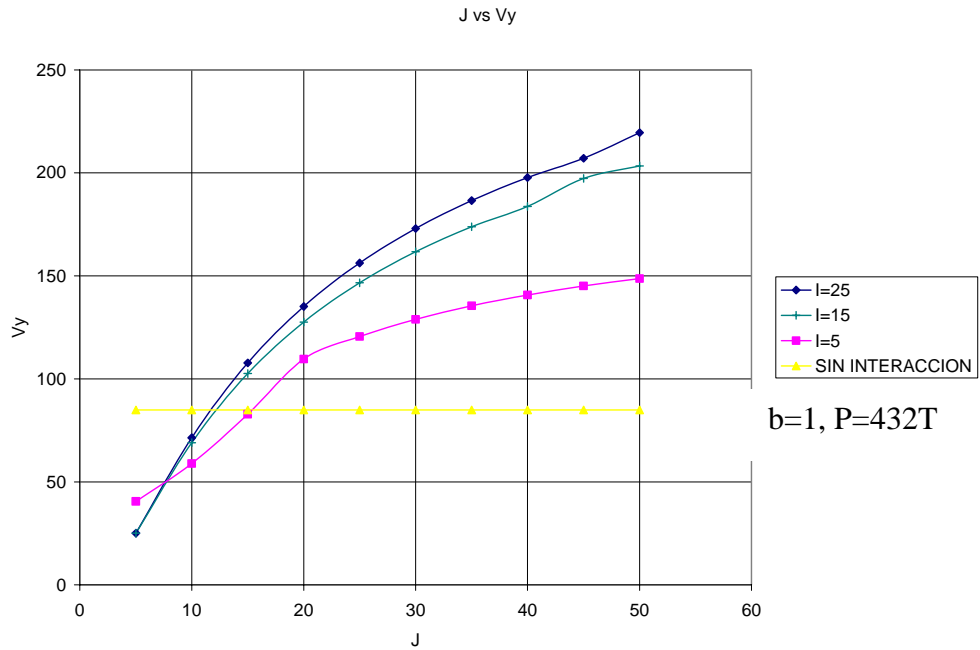


Figura 5.10.5 Estructura vigas descolgadas 5 pisos

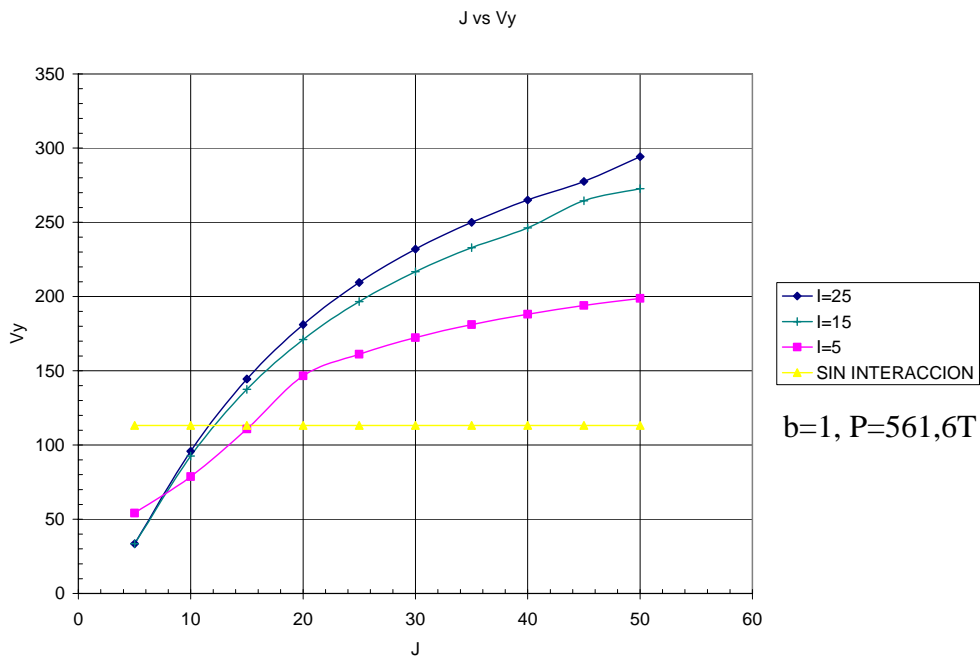


Figura 5.10.6 Estructura vigas descolgadas 6 pisos

5.2 VARIACIÓN DEL DESPLAZAMIENTO DE FLUENCIA

A continuación se muestra la variación del desplazamiento de fluencia para las estructuras con vigas banda y vigas descolgadas, cuyos resultados fueron obtenidos del programa PUSHUELO, Aguiar (2005).

5.2.1 Estructura con vigas banda

A continuación se analiza el desplazamiento de fluencia de las estructuras de vigas banda de 3 vanos en X por 3 vanos en Y, cuyas características fueron descritas en el capítulo II de esta tesis. Los resultados corresponden a modelos en los que la velocidad de aplicación del sismo ha sido de $\beta=1$ y a la carga axial mostrada en la tabla 4.1.

En la figura 5.11, para todos los casos analizados de cada estructura, se muestra la variación del desplazamiento de fluencia en función de la rigidez traslacional del suelo, para una rigidez rotacional $i=5$.

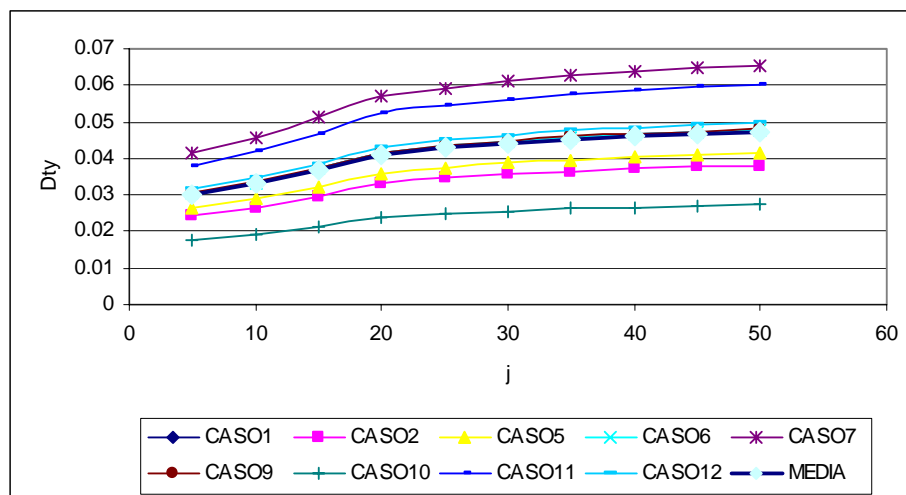


Figura 5.11.1 Estructura vigas banda 1 piso. $i=5$

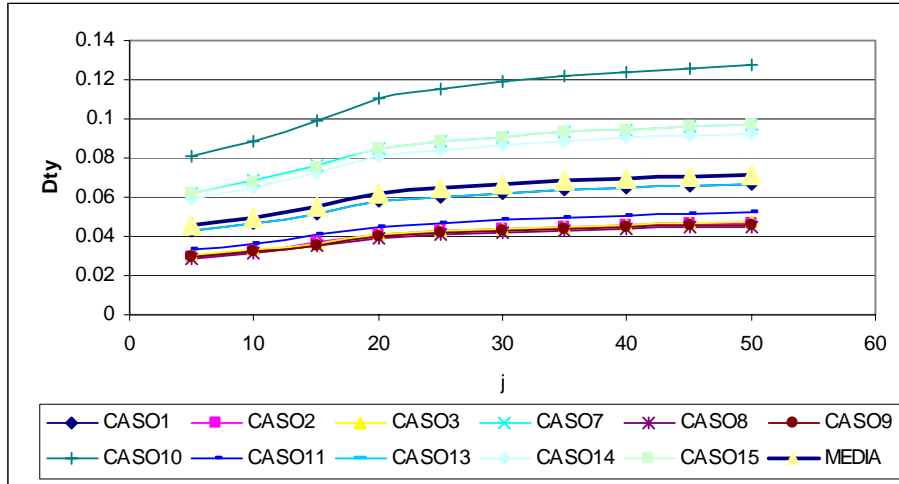


Figura 5.11.2 Estructura vigas banda 2 pisos. $i=5$

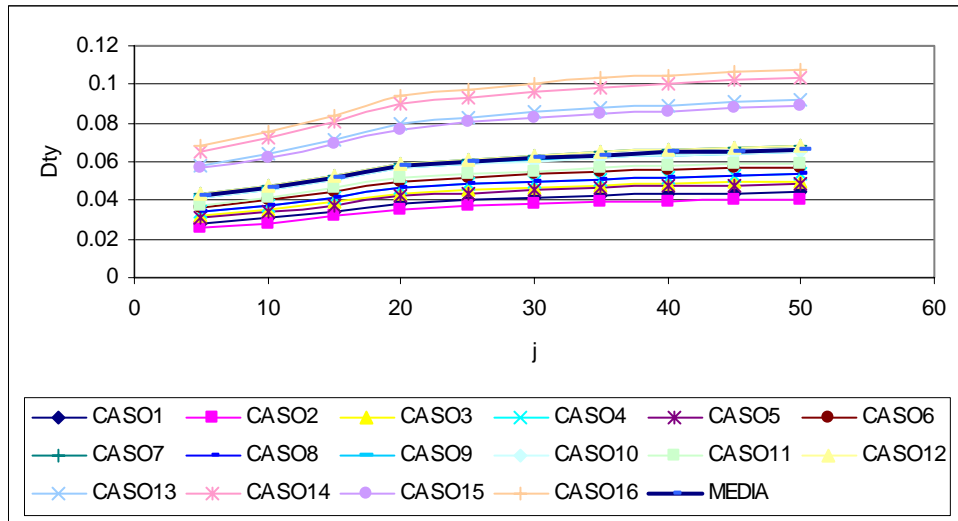


Figura 5.11.3 Estructura vigas banda 3 pisos. $i=5$

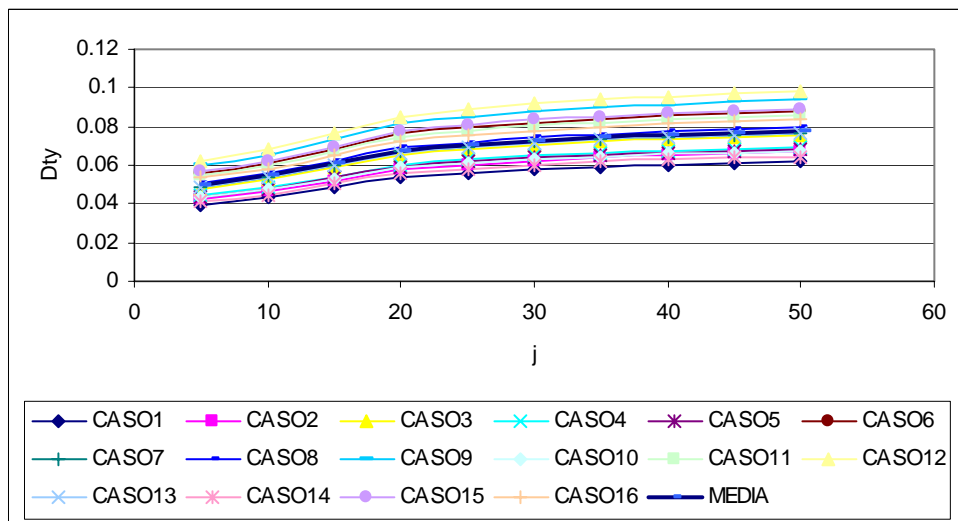


Figura 5.11.4 Estructura vigas banda 4 pisos. $i=5$

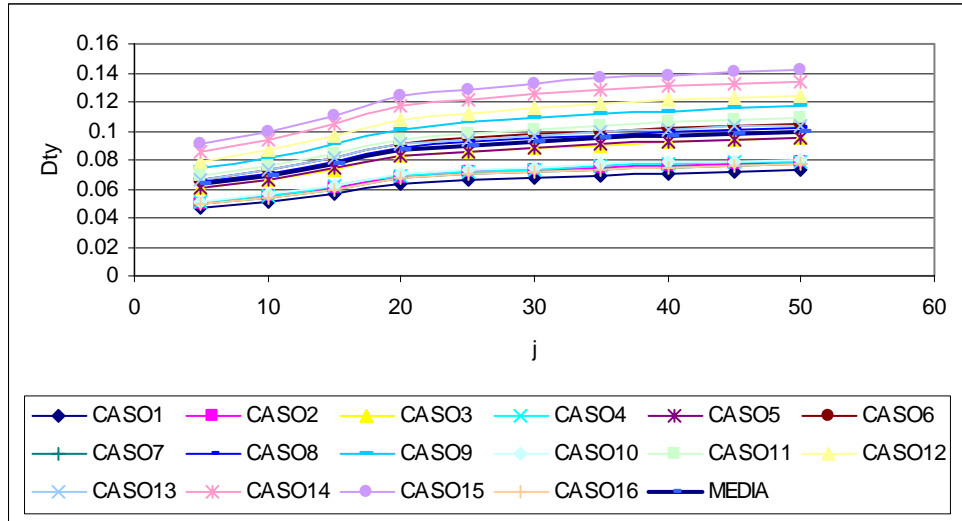


Figura 5.11.5 Estructura vigas banda 5 pisos. $i=5$

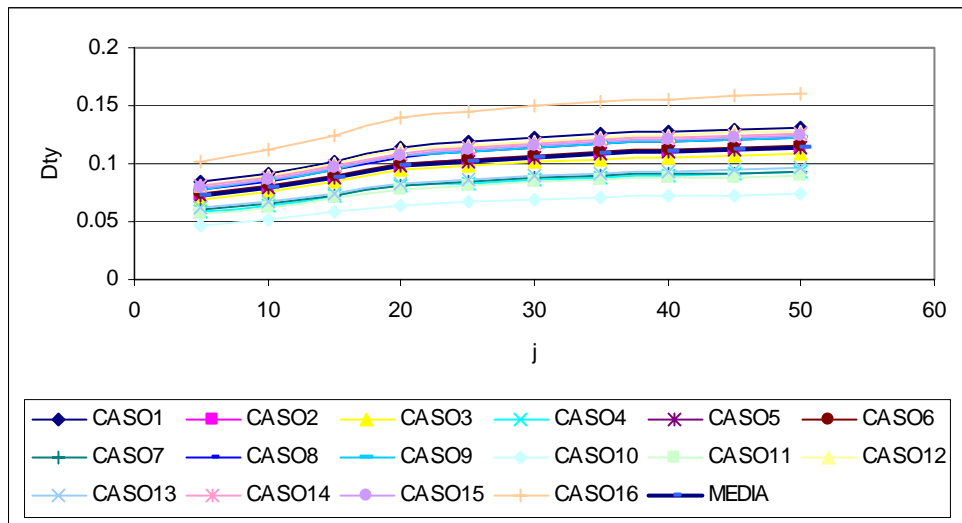


Figura 5.11.6 Estructura vigas banda 6 pisos. $i=5$

En la figura 5.12, para todos los casos analizados de cada estructura, se muestra la variación del desplazamiento de fluencia en función de la rigidez traslacional del suelo, para una rigidez rotacional $i=15$.

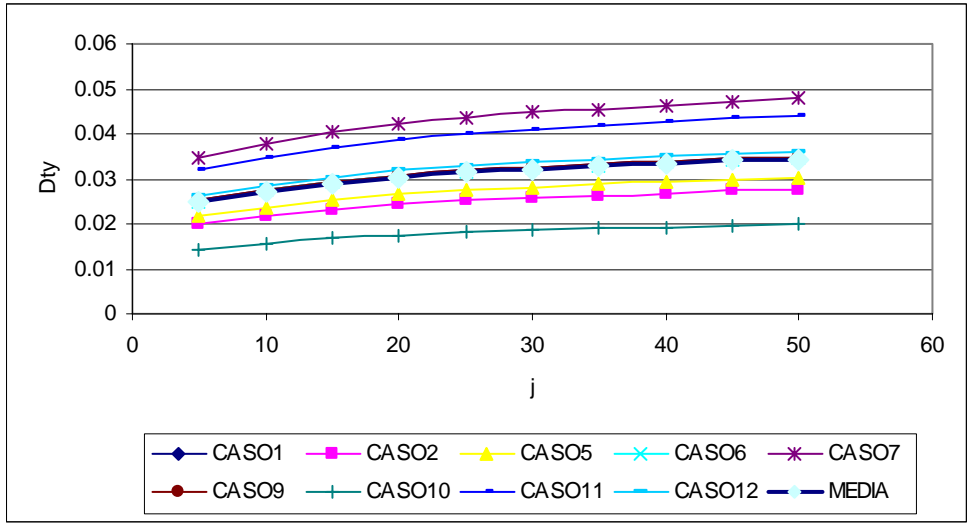


Figura 5.12.1 Estructura vigas banda 1 piso. $i=15$

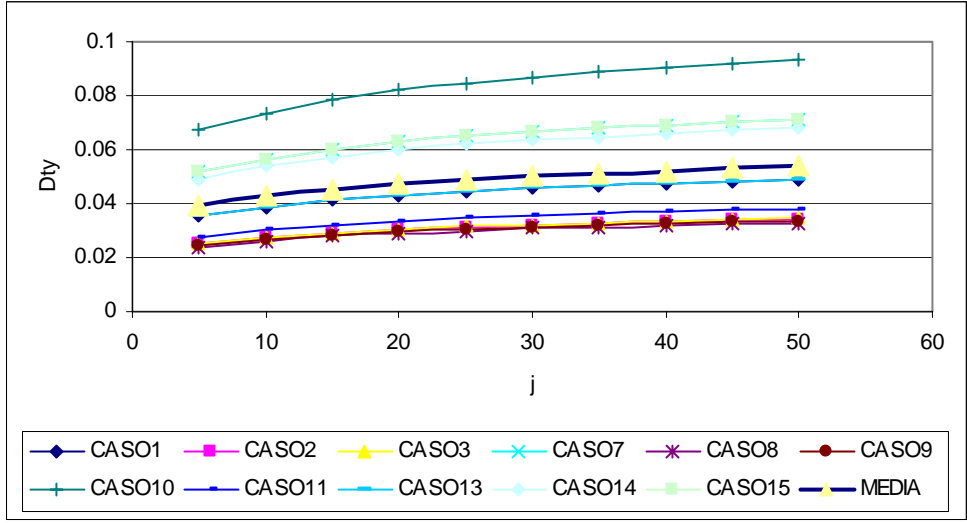


Figura 5.12.2 Estructura vigas banda 2 pisos. $i=15$

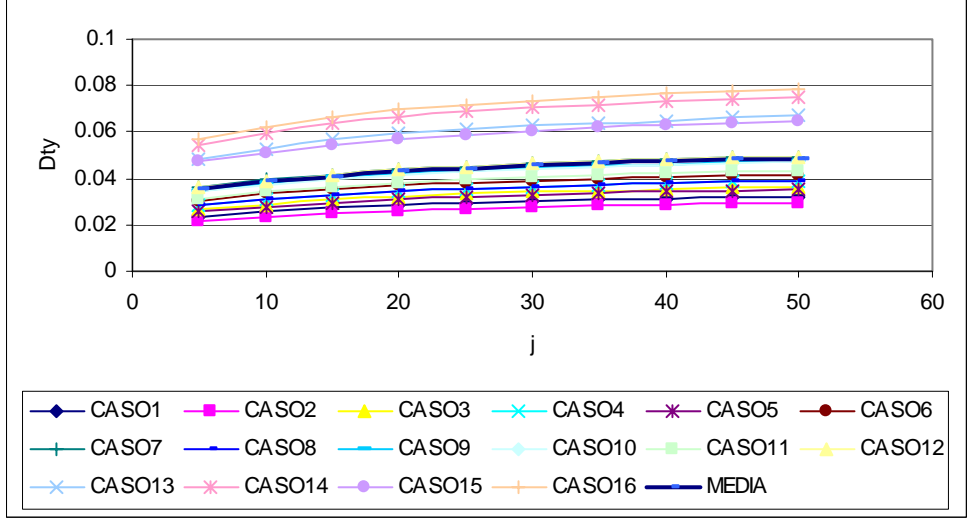


Figura 5.12.3 Estructura vigas banda 3 pisos. $i=15$

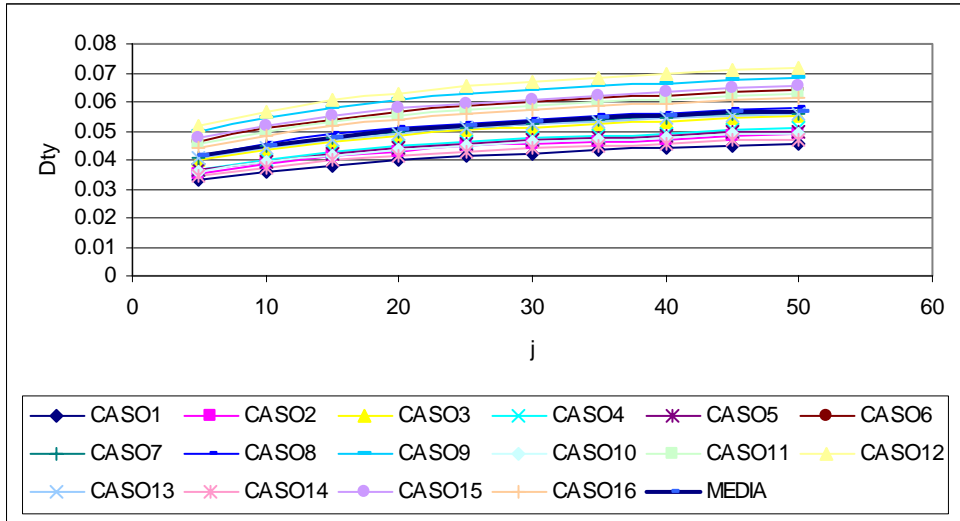


Figura 5.12.4 Estructura vigas banda 4 pisos. i=15

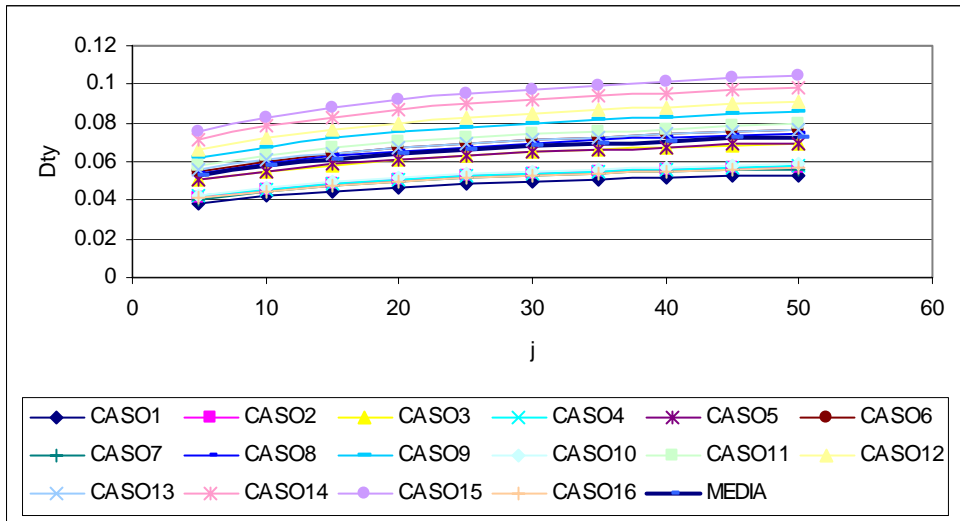


Figura 5.12.5 Estructura vigas banda 5 pisos. i=15

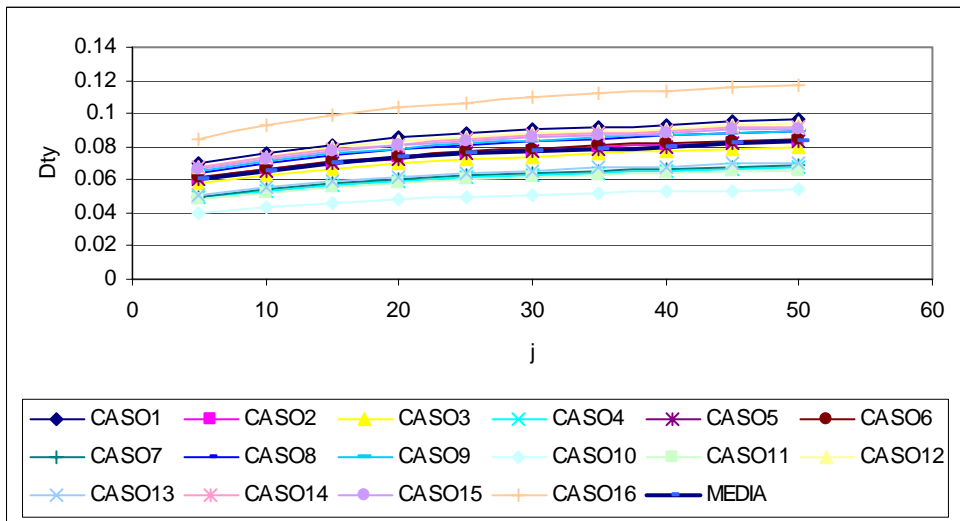


Figura 5.12.6 Estructura vigas banda 6 pisos. i=15

En la figura 5.13, para todos los casos analizados de cada estructura, se muestra la variación del desplazamiento de fluencia en función de la rigidez traslacional del suelo, para una rigidez rotacional $i=25$.

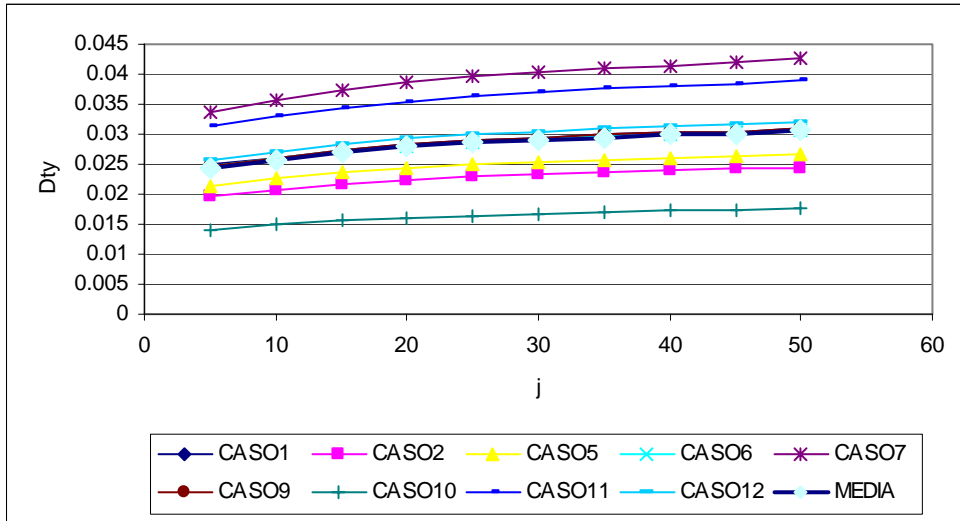


Figura 5.13.1 Estructura vigas banda 1 piso. $i=25$

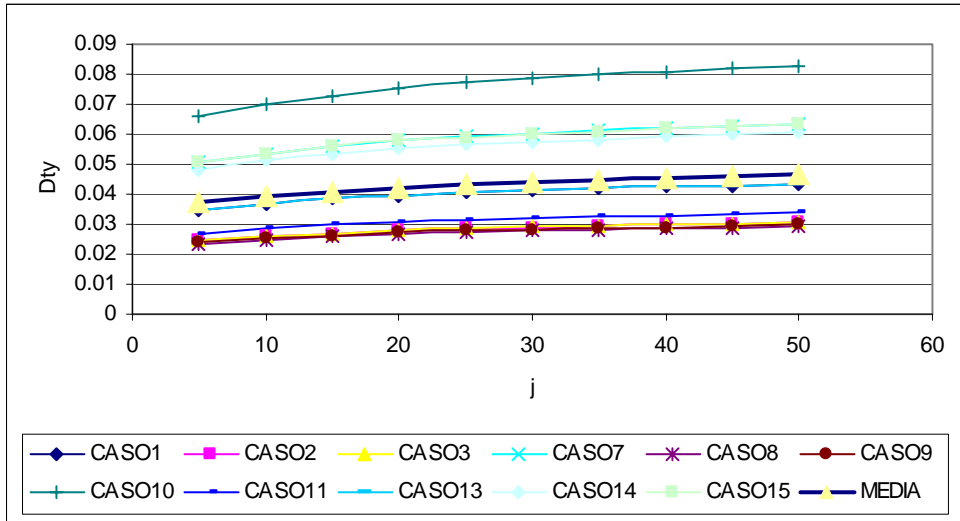


Figura 5.13.2 Estructura vigas banda 2 pisos. $i=25$

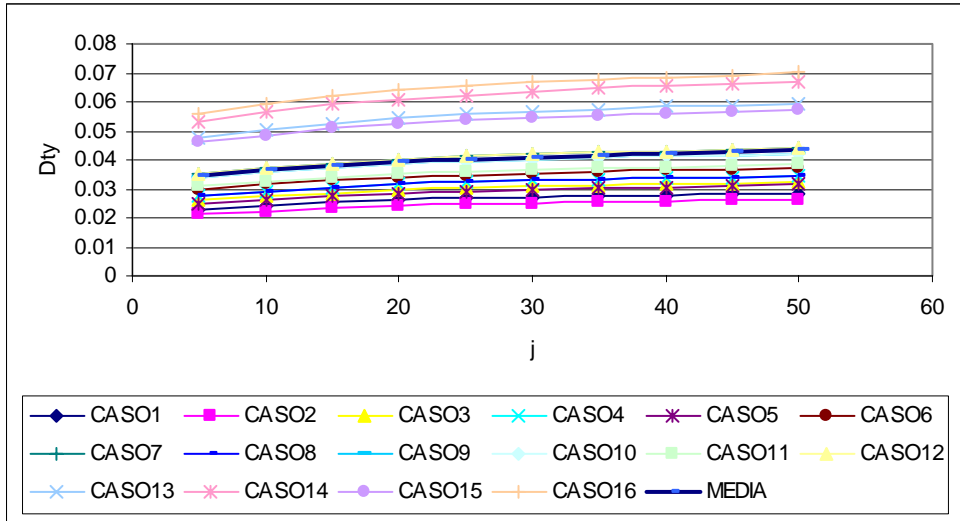


Figura 5.13.3 Estructura vigas banda 3 pisos. i=25

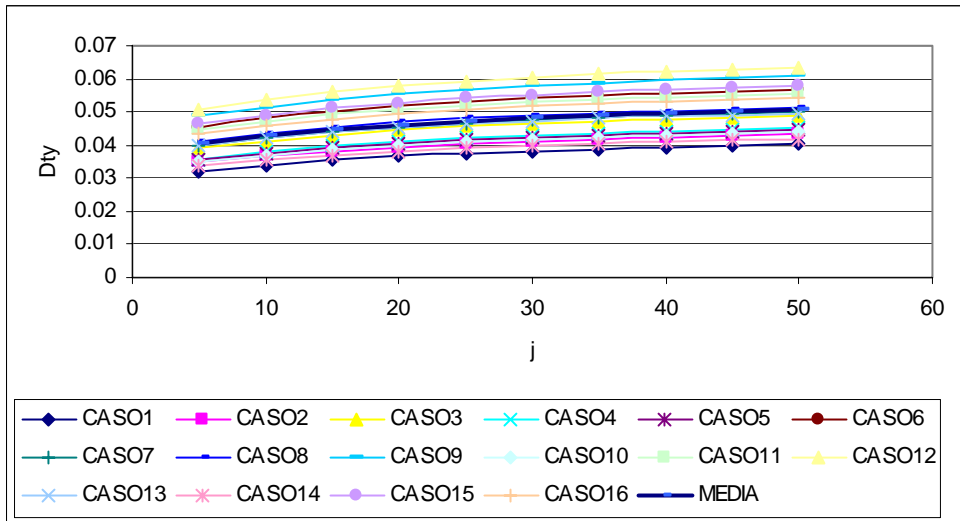


Figura 5.13.4 Estructura vigas banda 4 pisos. i=25

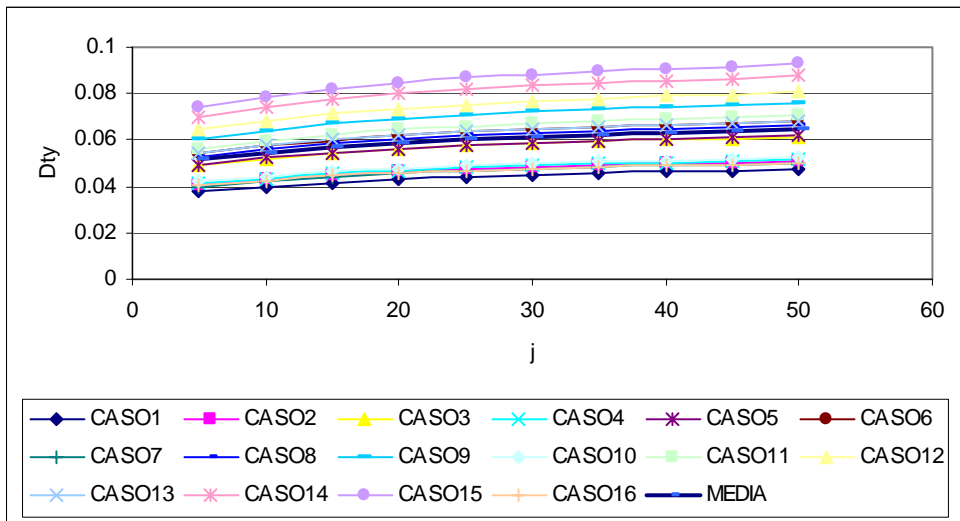


Figura 5.13.5 Estructura vigas banda 5 pisos. i=25

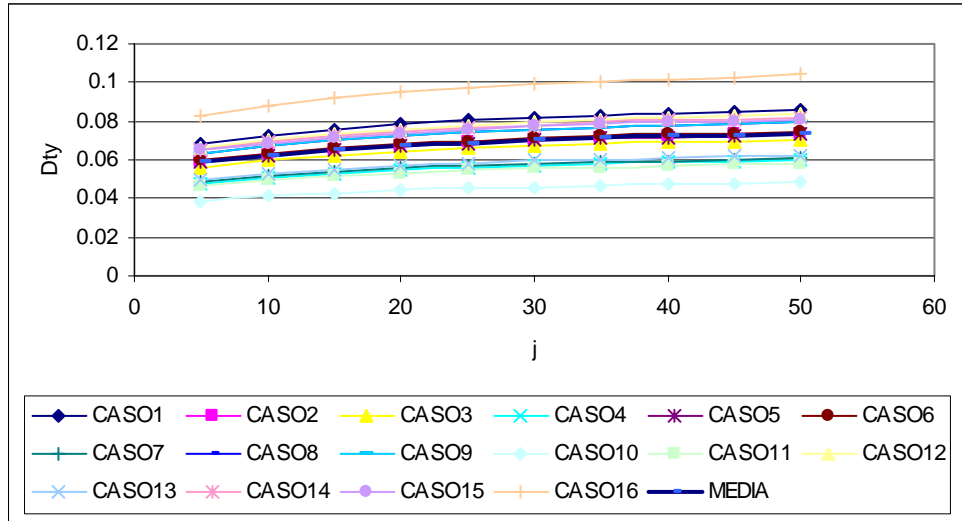


Figura 5.13.6 Estructura vigas banda 6 pisos. $i=25$

En las figuras 5.14 se describe la variación de la media del desplazamiento de fluencia en estructuras con vigas banda de 1 a 6 pisos para las rigideces rotacionales del suelo iguales a $i=5, 15$ y 25 .

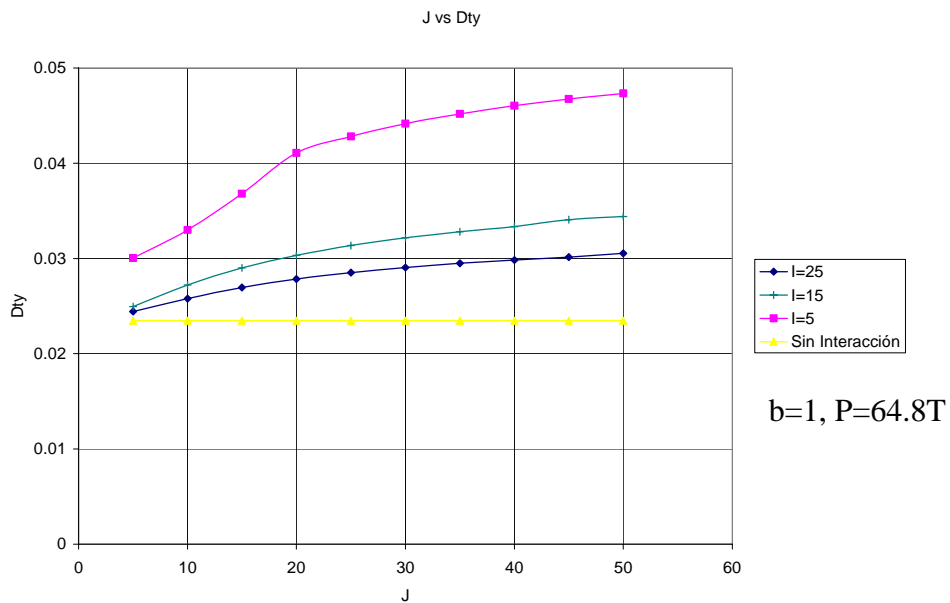


Figura 5.14.1 Estructura vigas banda 1 piso

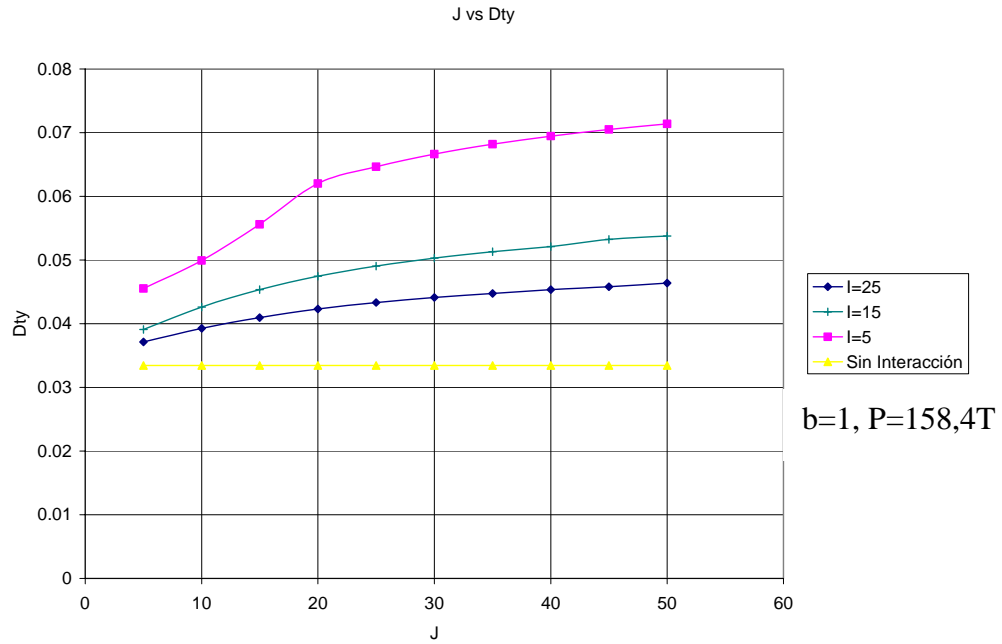


Figura 5.14.2 Estructura vigas banda 2 pisos

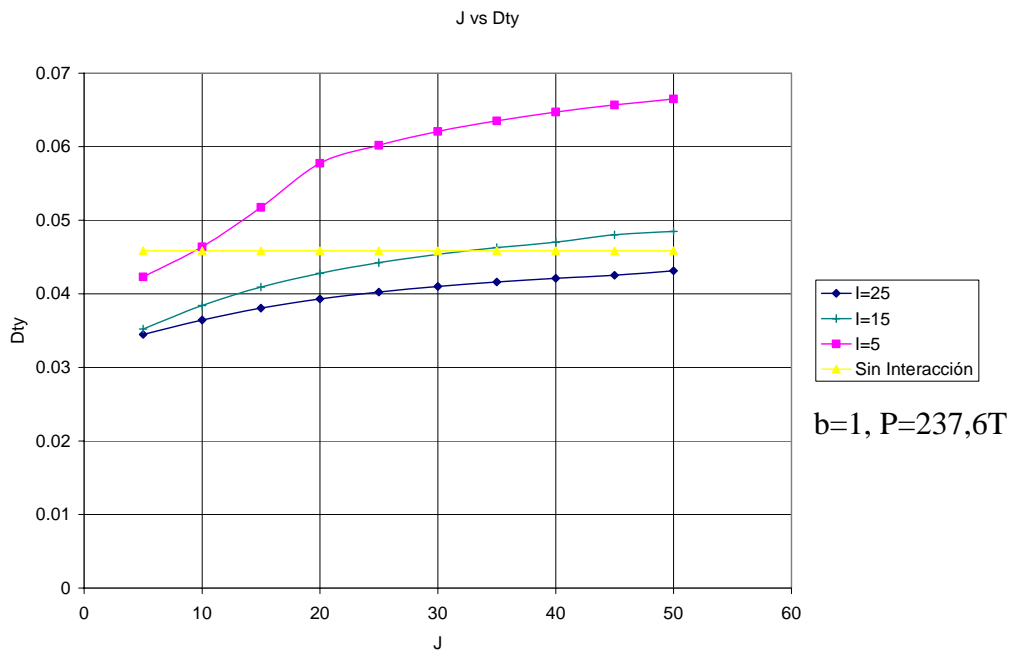


Figura 5.14.3 Estructura vigas banda 3 pisos

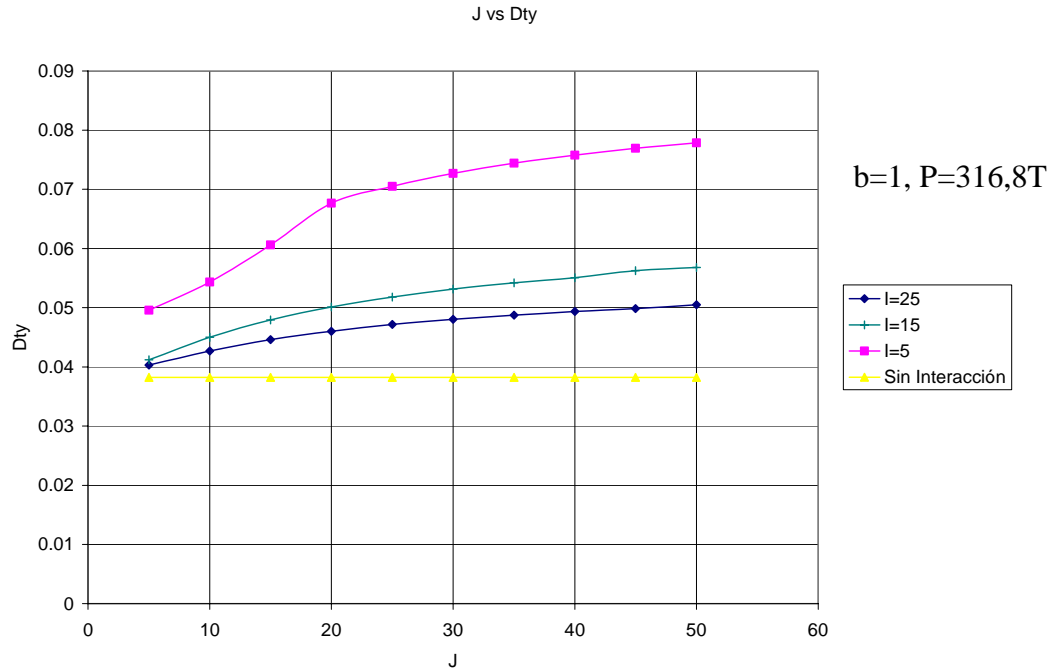


Figura 5.14.4 Estructura vigas banda 4 pisos

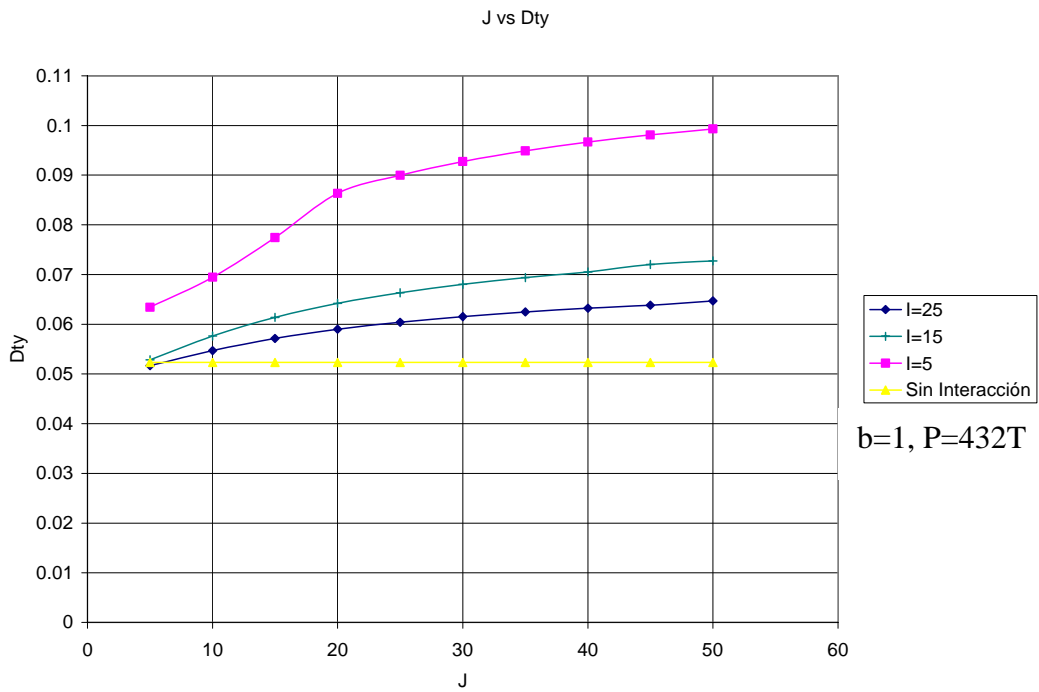


Figura 5.14.5 Estructura vigas banda 5 pisos

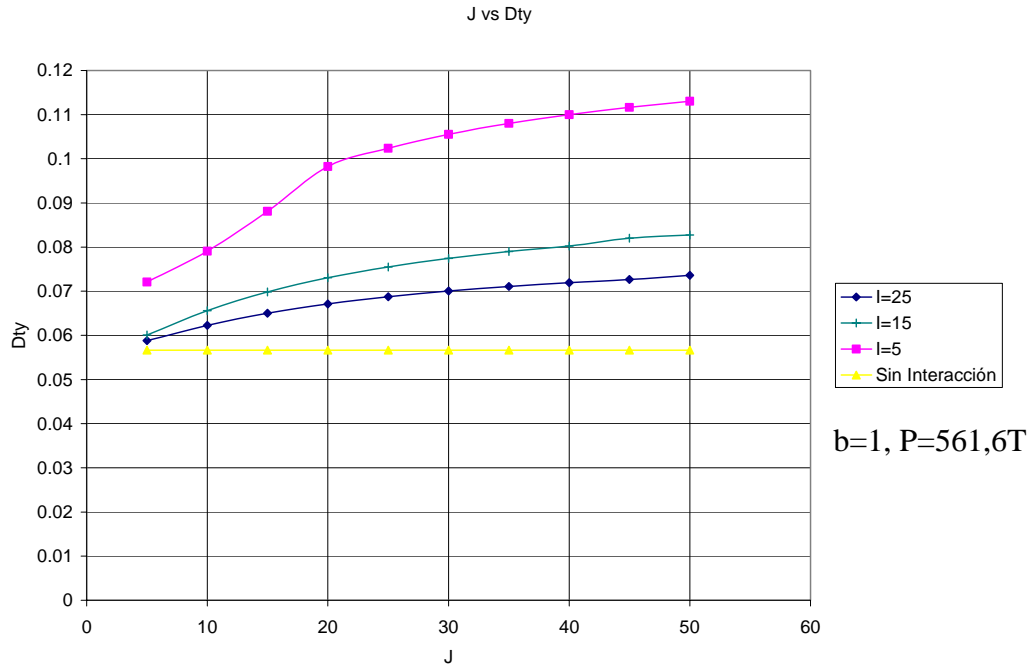


Figura 5.14.6 Estructura vigas banda 6 pisos

5.2.2 Estructura con vigas descolgadas

A continuación se analiza el desplazamiento de fluencia de las estructuras de vigas banda de 2 vanos en X por 2 vanos en Y, cuyas características fueron descritas en el capítulo II de esta tesis.

En la figura 5.15, para todos los casos analizados de cada estructura, se muestra la variación del desplazamiento de fluencia en función de la rigidez traslacional del suelo, para una rigidez rotacional $i=5$.

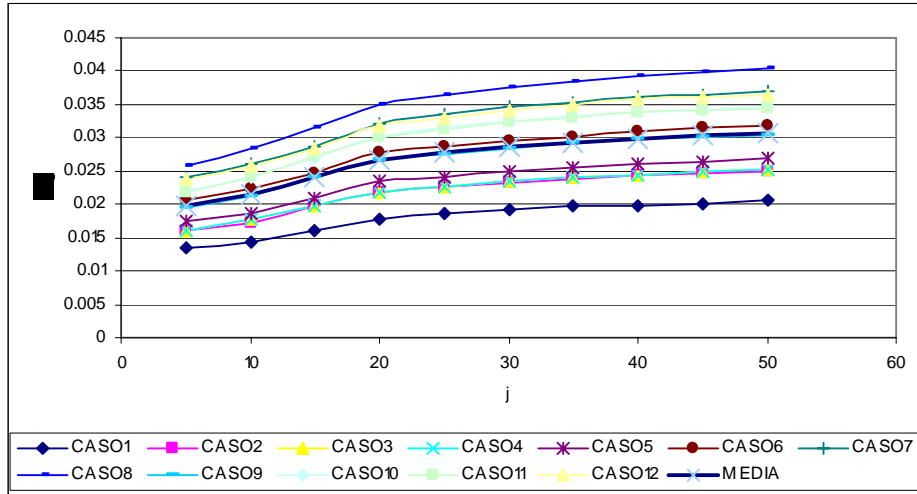


Figura 5.15.1 Estructura vigas descolgadas 1 piso. $i=5$

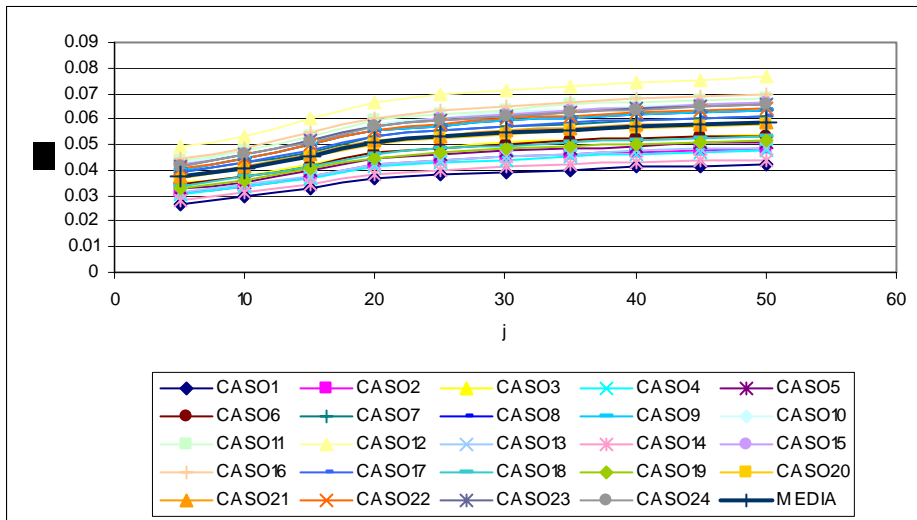


Figura 5.15.2 Estructura vigas descolgadas 2 pisos. $i=5$

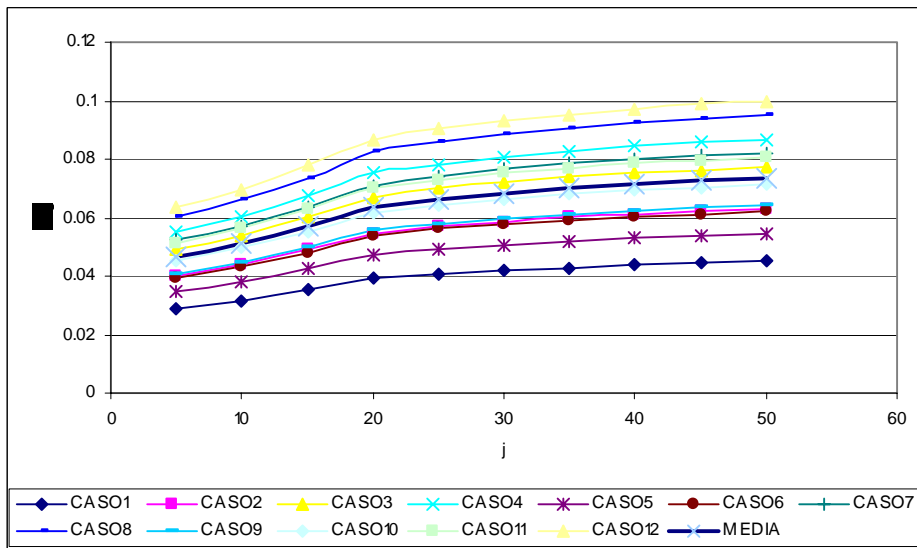


Figura 5.15.3 Estructura vigas descolgadas 3 pisos. $i=5$

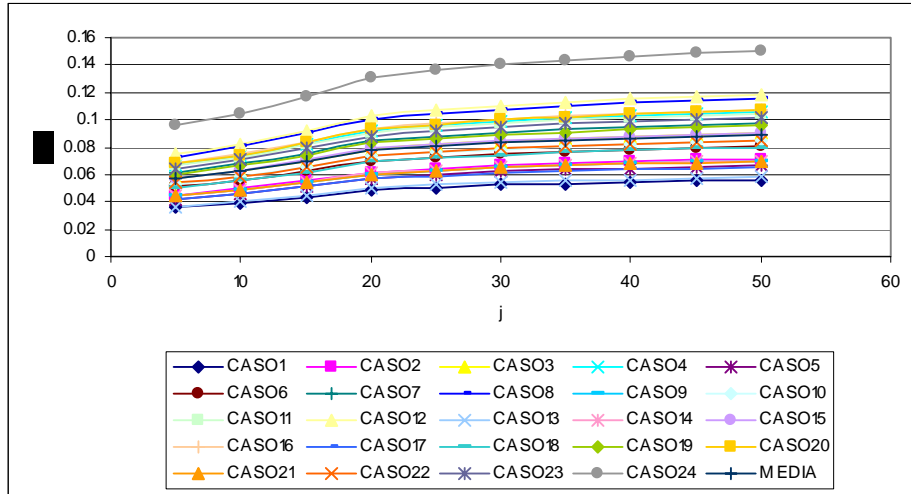


Figura 5.15.4 Estructura vigas descolgadas 4 pisos. $i=5$

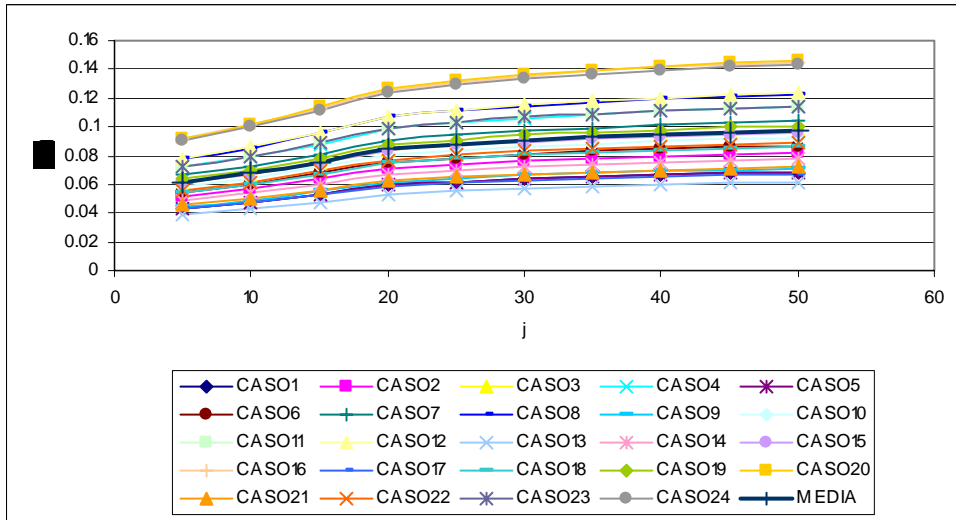


Figura 5.15.5 Estructura vigas descolgadas 5 pisos. $i=5$

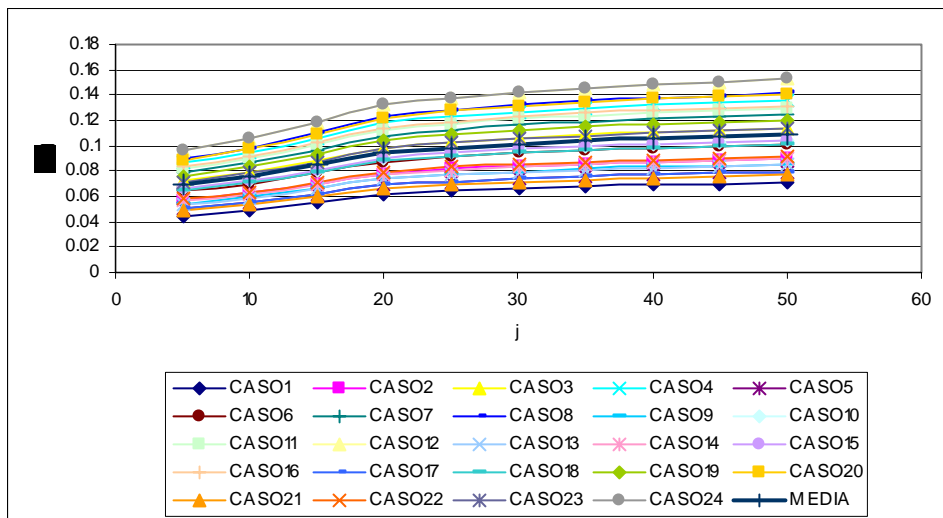


Figura 5.15.6 Estructura vigas descolgadas 6 pisos. $i=5$

En la figura 5.16, para todos los casos analizados de cada estructura, se muestra la variación del desplazamiento de fluencia en función de la rigidez traslacional del suelo, para una rigidez rotacional $i=15$.

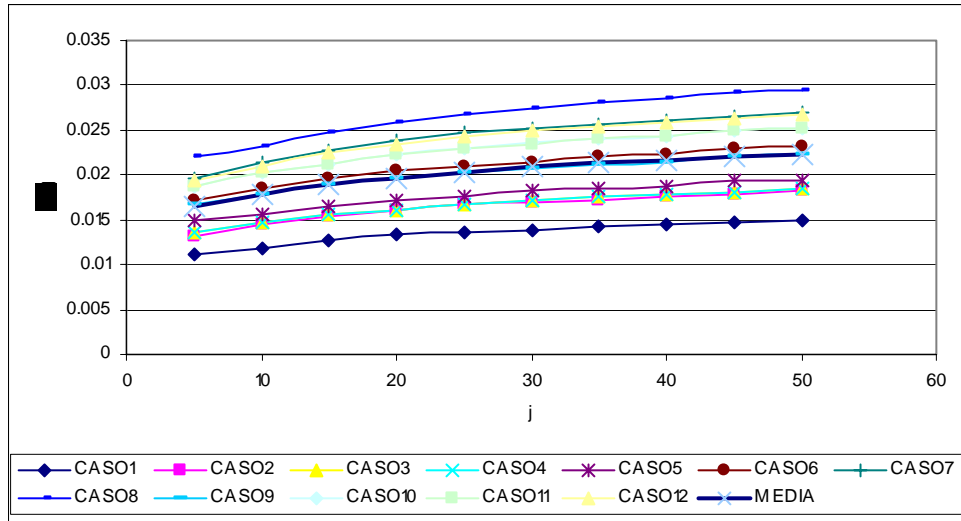


Figura 5.16.1 Estructura vigas descolgadas 1 piso. $i=15$

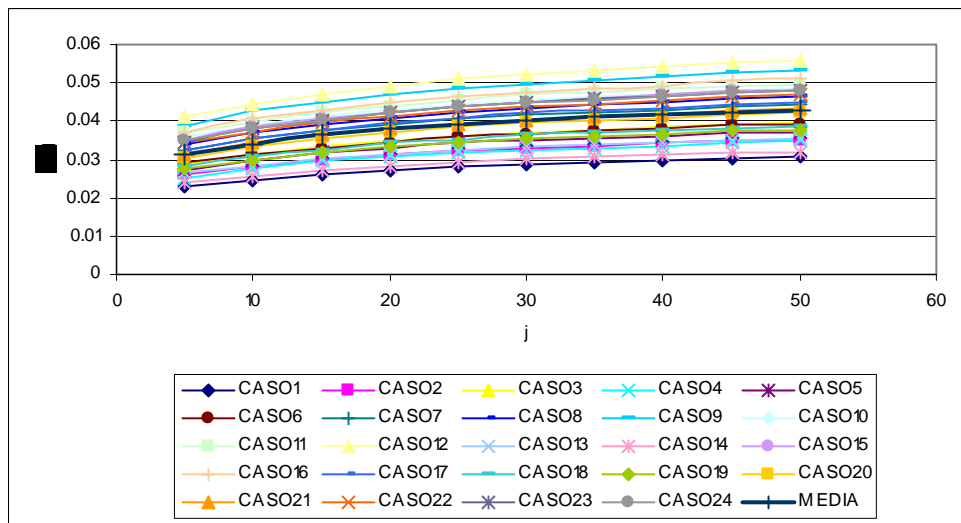


Figura 5.16.2 Estructura vigas descolgadas 2 pisos. $i=15$

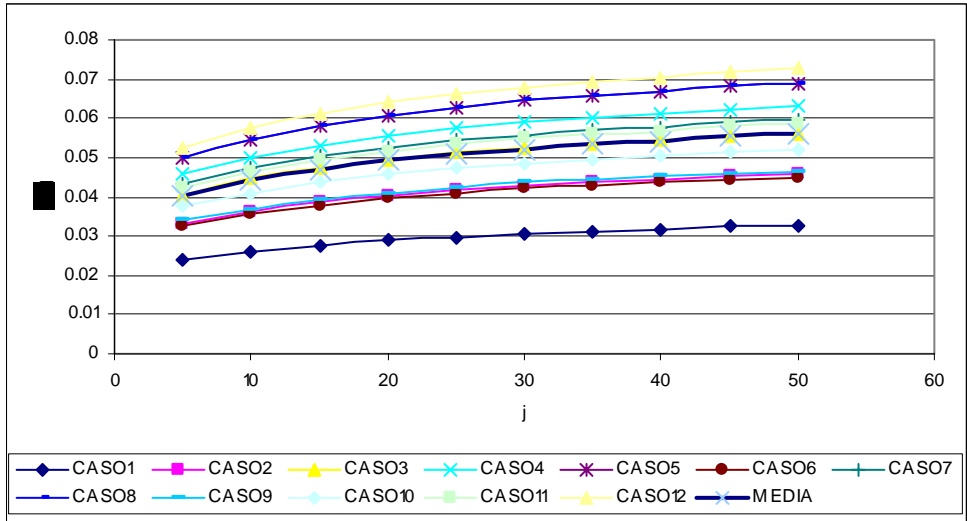


Figura 5.16.3 Estructura vigas descolgadas 3 pisos. i=15

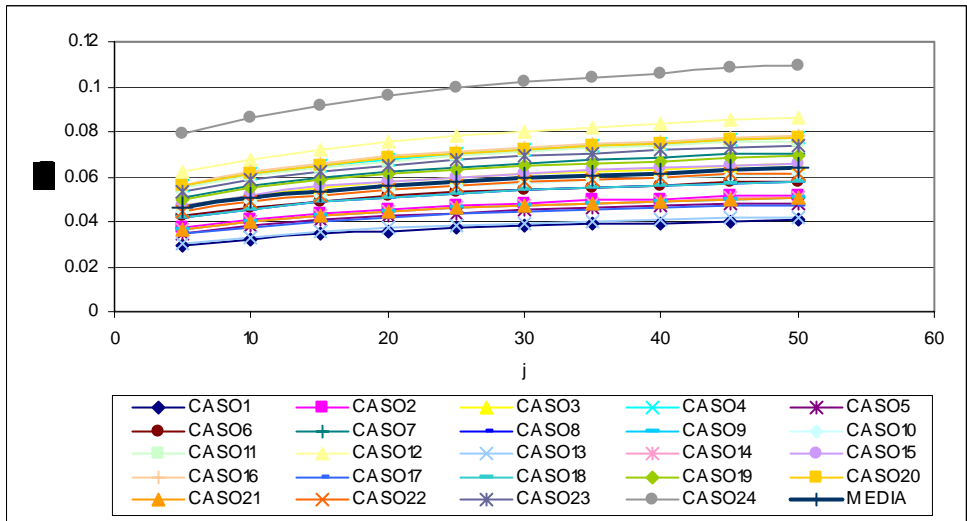


Figura 5.16.4 Estructura vigas descolgadas 4 pisos. i=15

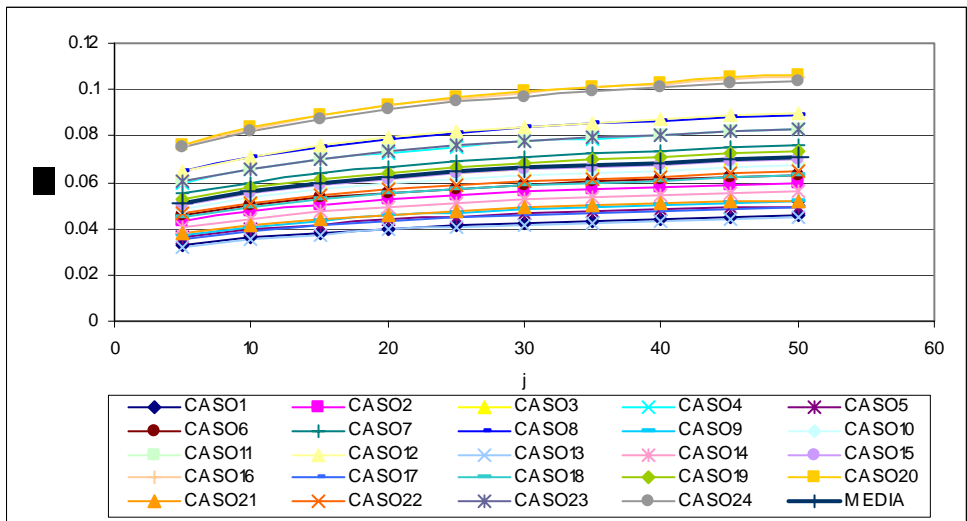


Figura 5.16.5 Estructura vigas descolgadas 5 pisos. i=15

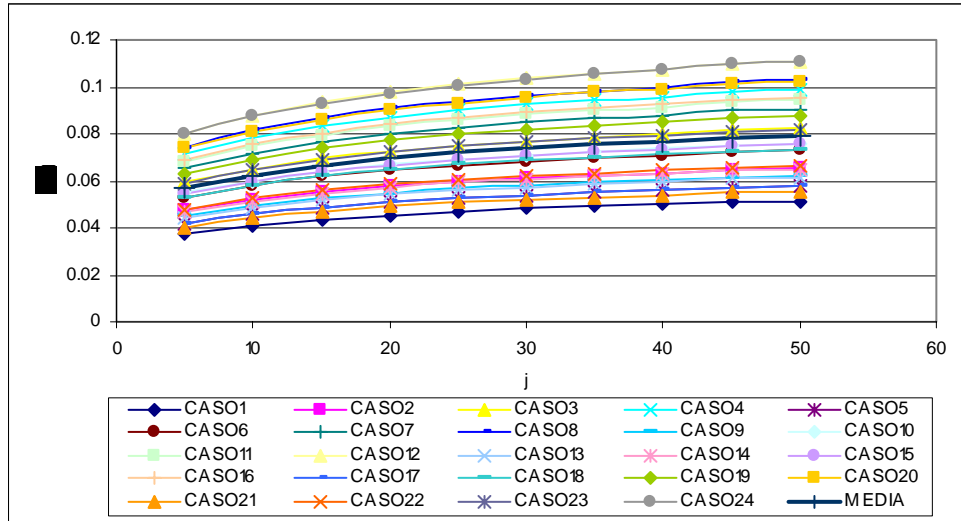


Figura 5.16.6 Estructura vigas descolgadas 6 pisos. $i=15$

En la figura 5.17, para todos los casos analizados de cada estructura, se muestra la variación del desplazamiento de fluencia en función de la rigidez traslacional del suelo, para una rigidez rotacional $i=25$.

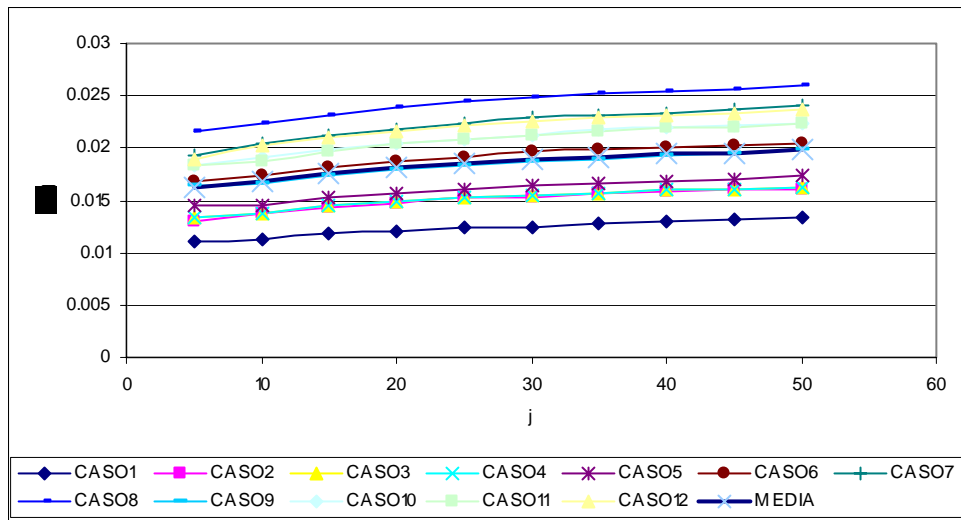


Figura 5.17.1 Estructura vigas descolgadas 1 piso. $i=25$

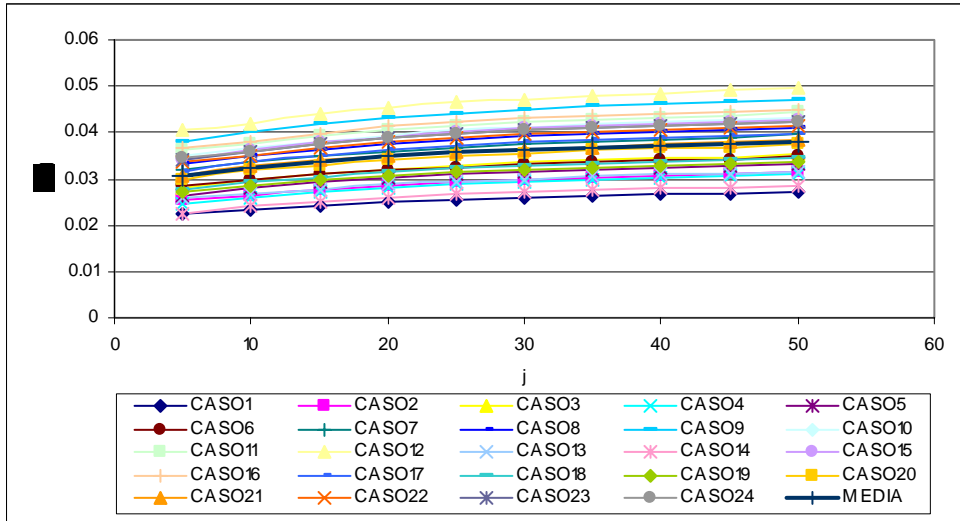


Figura 5.17.2 Estructura vigas descolgadas 2 pisos. $i=25$

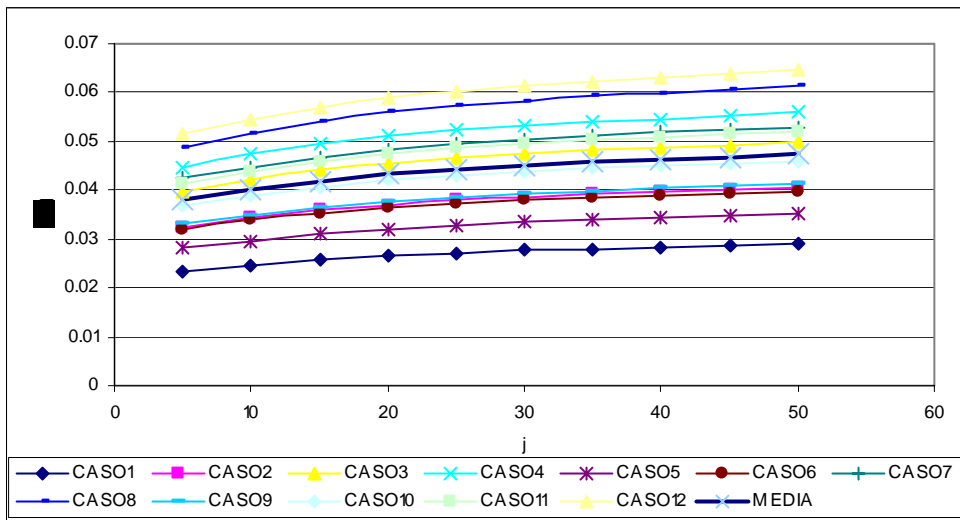


Figura 5.17.3 Estructura vigas descolgadas 3 pisos. $i=25$

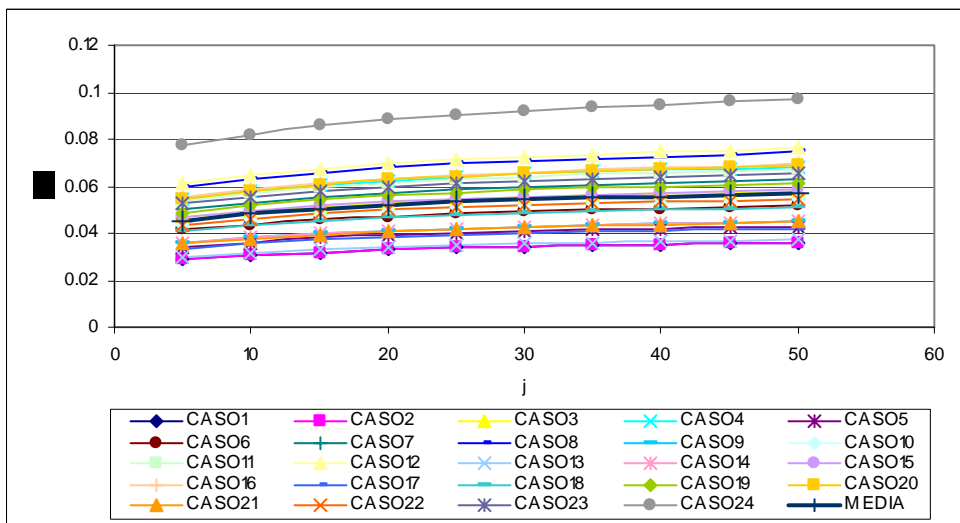


Figura 5.17.4 Estructura vigas descolgadas 4 pisos. $i=25$

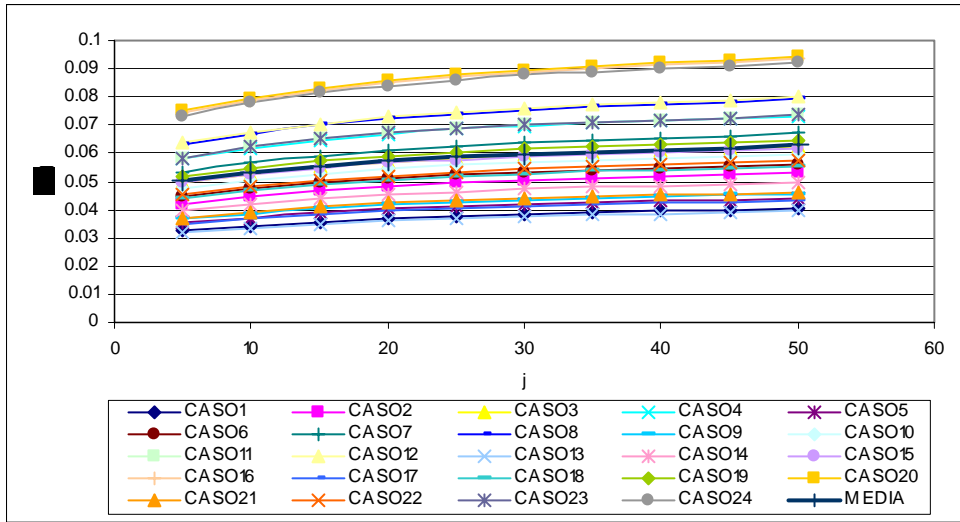


Figura 5.17.5 Estructura vigas descolgadas 5 pisos. $i=25$

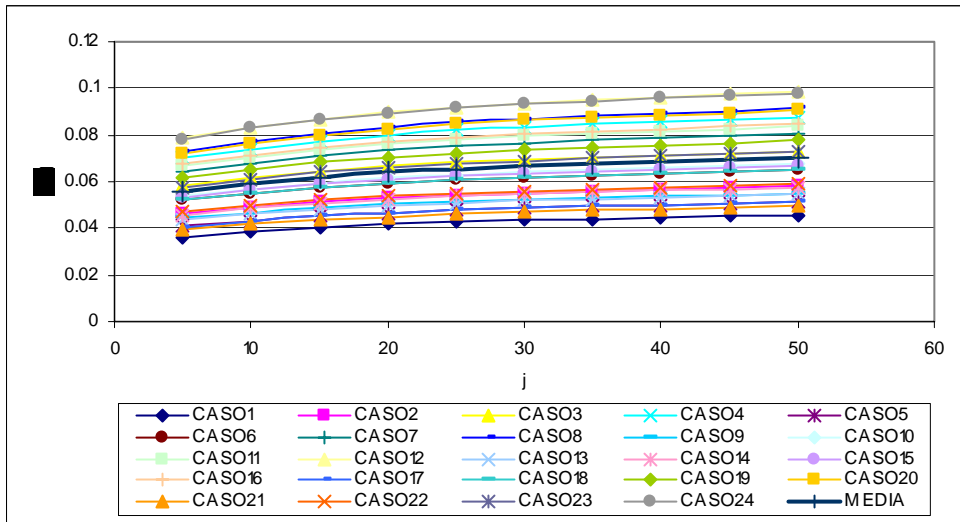


Figura 5.17.6 Estructura vigas descolgadas 6 pisos. $i=25$

En las figuras 5.18 se describe la variación de la media del desplazamiento de fluencia en estructuras con vigas descolgadas de 1 a 6 pisos para $i= 5, 15$ y 25 .

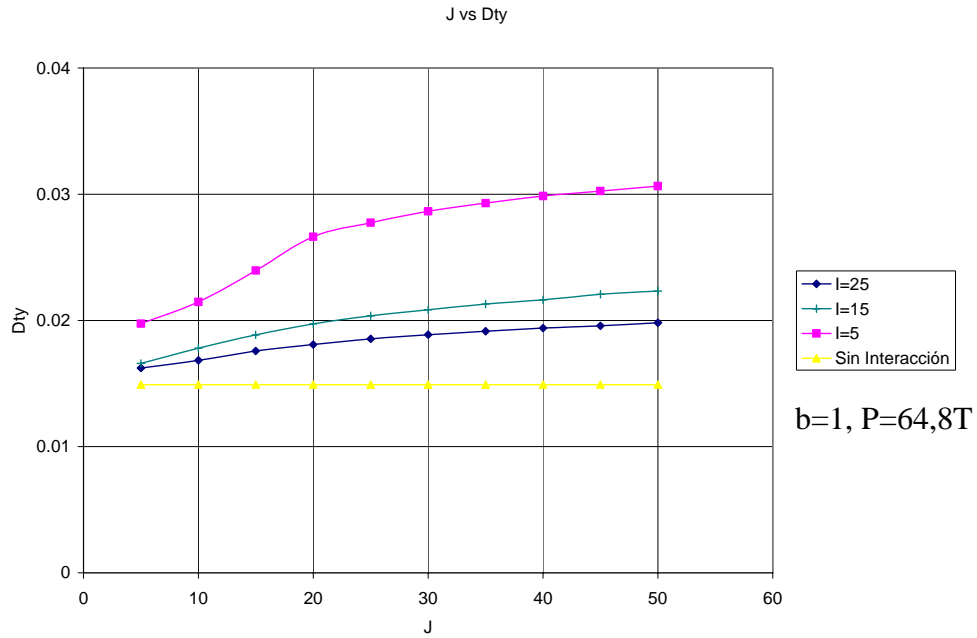


Figura 5.18.1 Estructura vigas descolgadas 1 piso

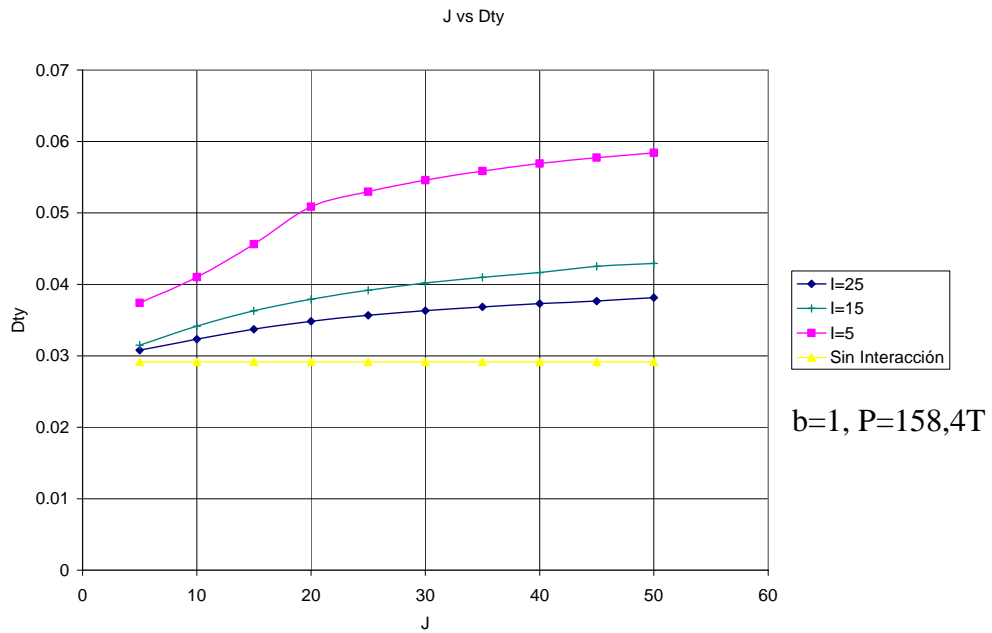


Figura 5.18.2 Estructura vigas descolgadas 2 piso

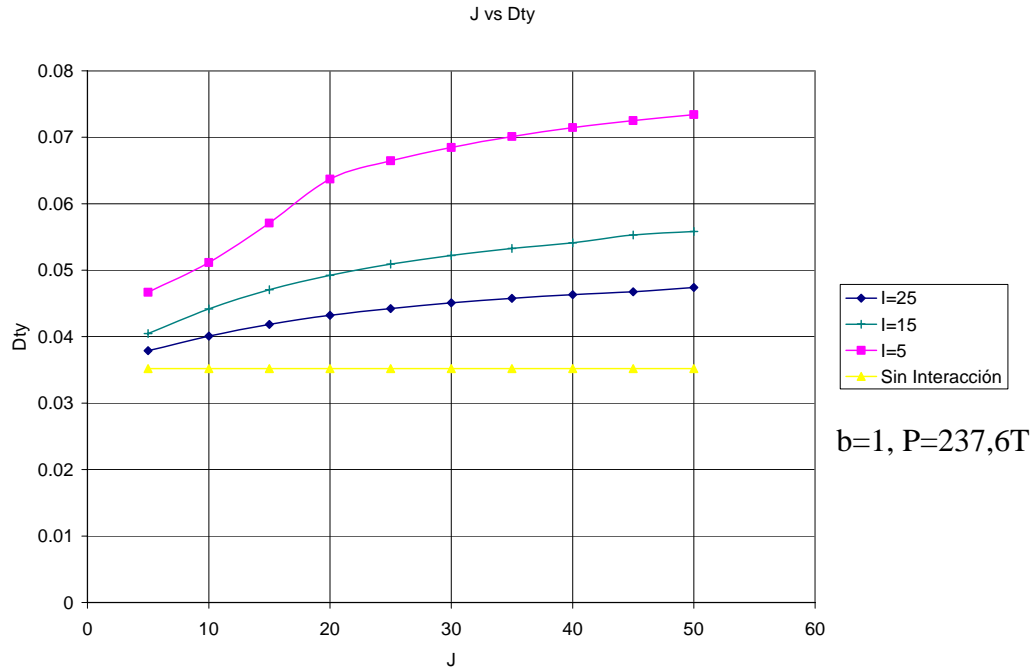


Figura 5.18.3 Estructura vigas descolgadas 3 piso

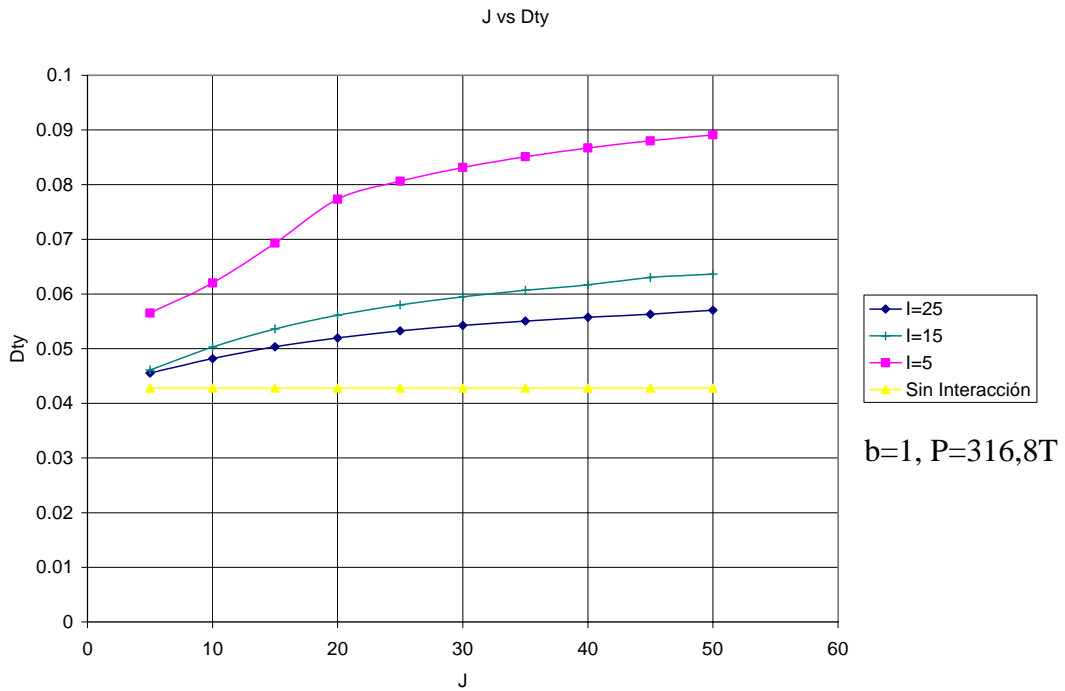


Figura 5.18.4 Estructura vigas descolgadas 4 pisos

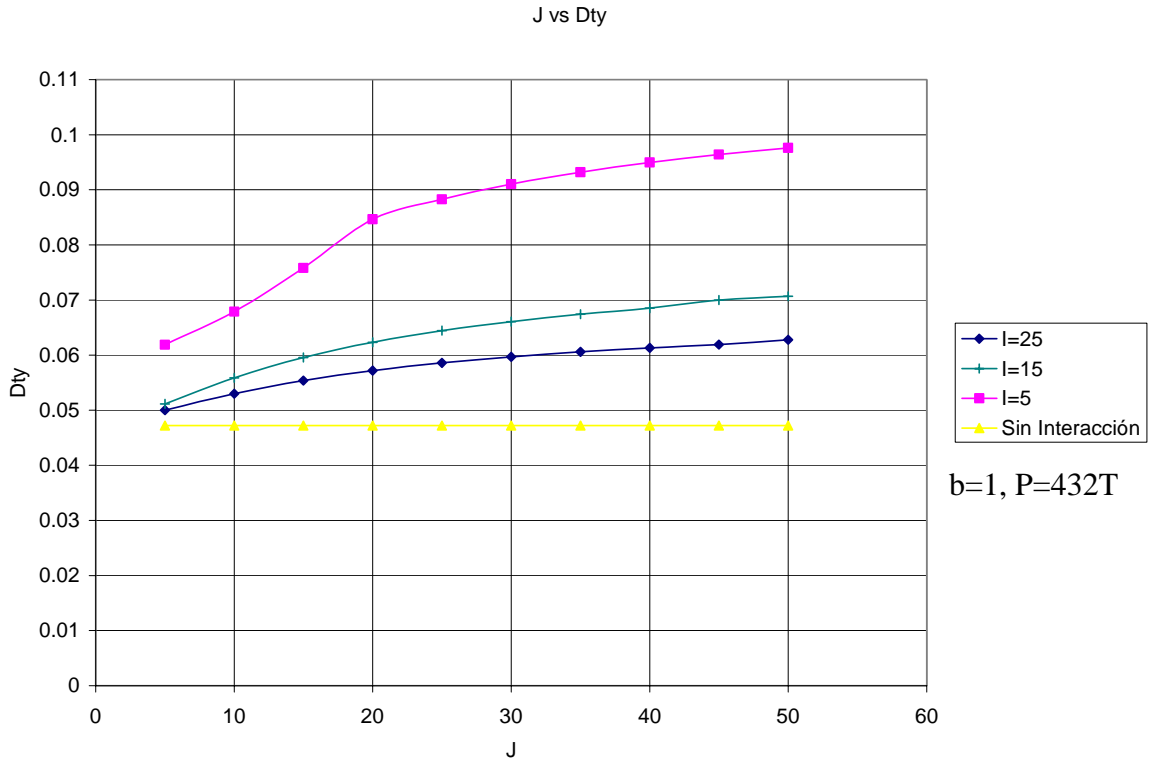


Figura 5.18.5 Estructura vigas descolgadas 5 pisos

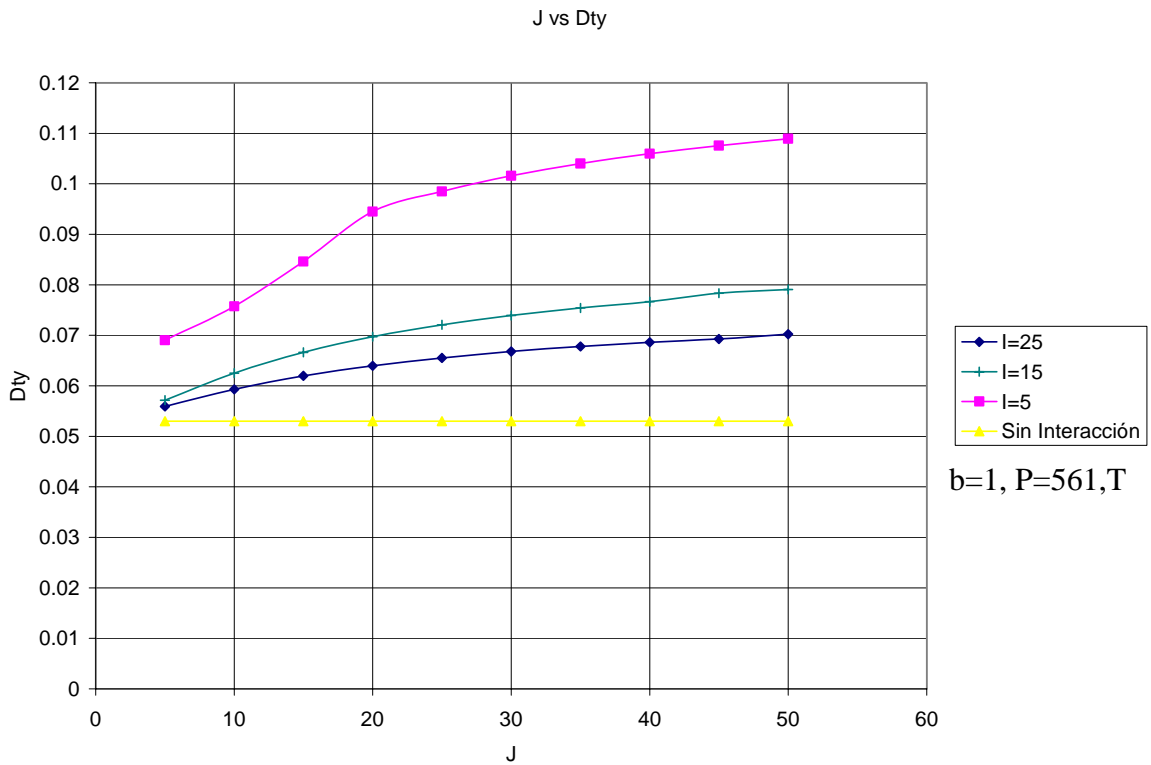


Figura 5.18.6 Estructura vigas descolgadas 6 pisos

5.3 COMENTARIOS DE RESULTADOS OBTENIDOS.

5.3.1 CORTANTE DE FLUENCIA V_y

En base al modelo numérico de cálculo y al analizar los resultados de las gráficas 5.6 y 5.10 se concluye:

- ◆ La rigidez del suelo y el cortante de fluencia son directamente proporcionales, lo que significa que a mayor rigidez tanto rotacional (i) y traslacional (j) la estructura soportará mayor corte.
- ◆ Las curvas de los resultados que consideran interacción se cruzan con las que no lo hacen para valores de $i=15$ e $i=25$, cuando $j=12$ y para $i=5$ cuando $j = 15$ (aproximadamente).
- ◆ Para suelos malos el cortante de fluencia reporta resultados más bajos al considerar interacción que cuando no se lo hace, lo que significa que el análisis tradicional (sin interacción) sobreestima la capacidad de la estructura.
- ◆ A medida que mejora el suelo, el cortante de fluencia aumenta, es decir la estructura soporta más y al no considerar interacción subestimamos la capacidad de la estructura para cuando j es mayor a 12 y 15 dependiendo del valor de i.

5.3.2 DESPLAZAMIENTO DE FLUENCIA D_{ty}

El modelo considerado para el análisis indica que la inercia rotacional sobre la traslacional, es mandatoria en cuanto al desplazamiento en el punto de fluencia se refiere, tal como la figura 5.19 indica. Cuando existe un desplazamiento en la base, el desplazamiento en la parte superior de la estructura no es tan significativo que cuando existe rotación.

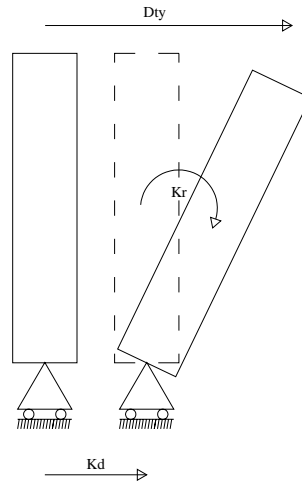


Figura 5.19 Desplazamiento de la estructura

Según las gráficas 5.14 y 5.18, a medida que la rigidez rotacional crece, el desplazamiento se acerca a la curva que grafica el corrimiento de la estructura considerando base empotrada. Para $i=5$ el desplazamiento de la estructura es mucho mayor que para $i=15$ o $i=25$, es decir que a medida que el suelo presenta mejores características mecánicas el corrimiento de la estructura es menor.