

DISEÑO DE LOS SISTEMAS RESISTENTES A CARGAS HORIZONTALES EN EDIFICIOS ALTOS EDIFICIO DE PLANTA CIRCULAR

De Virgiliis, Marcos
Ingeniero Civil
mdevir@sinectis.com.ar

RESUMEN

Una de las cargas dimensionantes en edificios altos es la acción del viento y a efectos de resistir esta acción lateral y mantener los desplazamientos horizontales en determinados límites se diseñan sistemas estructurales específicos constituidos por elementos de distintas tipologías y variadas formas de vinculación entre ellos.

En este trabajo se presentan distintas variantes destinadas al sistema resistente a cargas horizontales de un edificio alto de planta circular. A partir de métodos simplificados se realizan los diseños del sistema resistente y posteriormente se resuelven mediante un programa de cálculo distintos modelos numéricos que incorporan las variantes analizadas.

Finalmente se comparan los sistemas resistentes, valorando su incidencia en el conjunto del proyecto. Una de las variables a acotar en el proyecto son los desplazamientos a nivel remate del edificio por lo cual se estudia la sensibilidad de éstos en los distintos modelos.

ABSTRACT

One of the design loads on tall buildings is the wind load. With the purpose of resist lateral loading and control the horizontal displacements are designed special structural systems consist of different structural elements.

In this work are presented different variants to resist lateral loads in a tall building with circular floor. Simplified methods are used first, and subsequently a numerical model is performed in the set.

Finally a comparison is made of resistant systems and their impact on the overall project. A variable limit in the project is the horizontal displacement at the top of the building for which it was analyzed the sensitivity of the different models.

INTRODUCCIÓN

En este trabajo se presenta un análisis de distintas variantes de sistemas resistentes a cargas laterales, en particular la acción del viento, en un edificio alto de planta circular.

Las características del diseño tenderán a minimizar el desplazamiento horizontal en el nivel de coronamiento de la torre, por tratarse de un condicionante prioritario del proyecto. En la evaluación de las variantes incorporadas se utilizará dicho desplazamiento como variable de comparación.

Los primeros resultados aproximados se obtuvieron de modelos sencillos de barras en el plano. Posteriormente se realizó una segunda aproximación a través de un modelo numérico del conjunto de la estructura en elementos finitos para poder incorporar la variedad de características propias del edificio y sus condiciones de borde, dejando los primeros modelos con el objetivo de comparar resultados.

Dada la ubicación de la edificación en zona "0" o de acción sísmica muy reducida, la geometría del edificio y la distribución de las masas, la fuerza horizontal dimensionante es la producida por las presiones de viento.

La acción del viento fue estimada en base al reglamento Cirsoc 102-2005. En este estudio es aplicada en dos direcciones, X e Y.

DESCRIPCIÓN DE LA TORRE

El edificio en torre analizado en los siguientes párrafos presenta una planta circular de 45 metros de diámetro, constante en toda una altura de 265 metros. Consta de 45 pisos de altura variable entre 4.50m y 9.00m según el destino de la planta.

La estructura básicamente se encuentra formada por un conjunto de cuatro núcleos de hormigón armado ubicados en el centro de la planta y un conjunto de 24 columnas perimetrales de hormigón armado en una disposición de simetría radial. Los núcleos mantienen la verticalidad en toda la altura con cambios en espesores de tabiques y en la ubicación de pases para circulación y conductos. Las columnas en cambio se apartan de su eje vertical a través de un desplazamiento del mismo en una planta de transición ubicados a dos tercios de la altura y también en las plantas inferiores, donde dan lugar a columnas perimetrales inclinadas formando cruces. Las plantas están formadas por entrepisos de estructura mixta de acero y hormigón, con vigas metálicas y losa con chapa inferior tipo steel-deck.

Los núcleos y columnas apoyan y se consideran empotrados en un cabezal que comprende toda la proyección en planta de la torre y que unifica los pilotes de fundación.

Un arreglo general de la planta se indica en la figura 1. En la figura 2 se indica un esquema en elevación de la estructura.

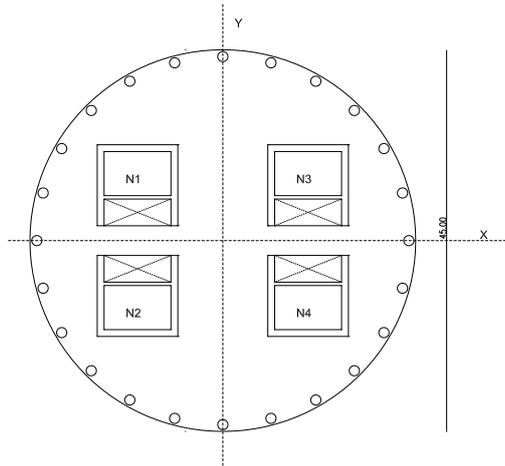


Figura 1. Planta de estructura típica

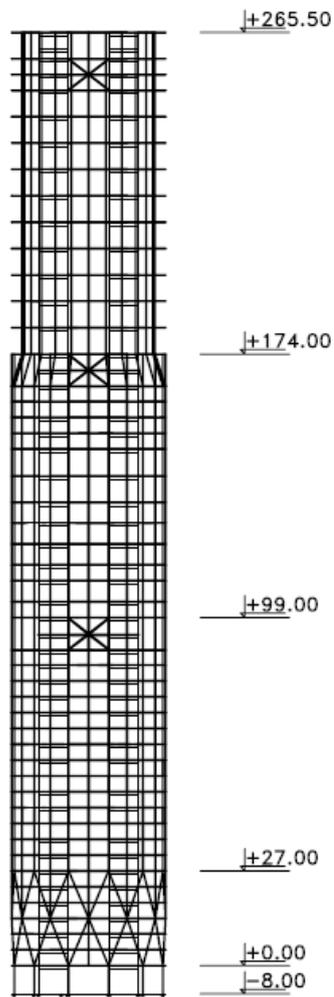


Figura 2. Elevación

Como sistema resistente a cargas horizontales se asumen los núcleos centrales

en primer lugar, vinculados de a dos en la dirección Y a través de vigas de conexión de hormigón armado a nivel de cada planta. En la dirección del eje X los núcleos son vinculados de a pares por estructuras metálicas de arriostramiento ubicadas en tres niveles distribuidos en la altura de la torre. Estos niveles coinciden con las ubicaciones de las plantas técnicas del edificio que permiten ocupar espacios con elementos estructurales que cruzan locales y algunas circulaciones.

VINCULACIÓN DE LOS NÚCLEOS CENTRALES

La forma resistente de los núcleos de hormigón actuando en forma aislada frente a cargas horizontales presenta el mecanismo conocido de ménsula y mantiene el mismo comportamiento para el conjunto de los 4 núcleos en caso que éstos se mantengan un funcionamiento individual o, como en el caso en estudio, vinculados a través de las estructuras de piso las cuales presentan rigidez apreciable solamente en su plano (Figura 3).

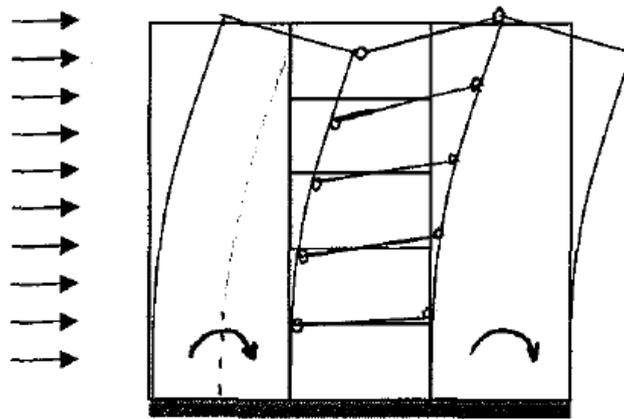
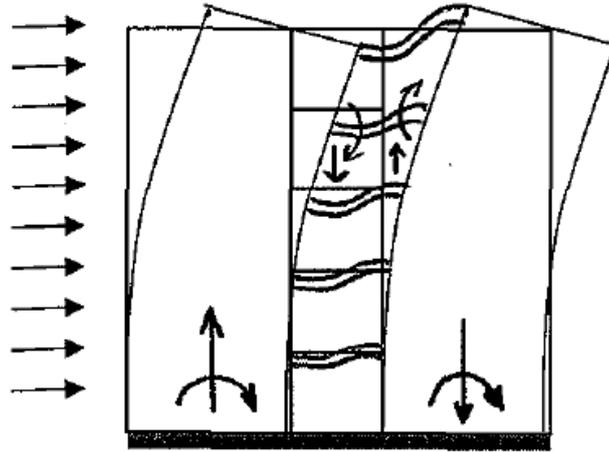


Figura 3

En el caso de núcleos (o tabiques que los constituyen) ubicados próximos entre sí, la vinculación entre ellos se materializa por vigas conectoras en cada piso de manera de obtener un funcionamiento acoplado, aumentando la eficiencia de ambos núcleos. Este caso se presenta entre núcleos en la dirección Y, cuya separación entre bordes es de 4.0 m. Las vigas conectoras vinculan los núcleos N1-N2 y los núcleos N3-N4 resistiendo solicitaciones de corte y flexión principalmente (Figura 4).



Dirección Y

Figura 4

La rigidez flexional de estas vigas conectoras se redujo en un 30% en el modelo de cálculo a efectos de considerar un módulo de inercia menor por fisuración de la sección.

La variación del desplazamiento en el coronamiento del edificio en dirección Y se indica en función de la rigidez relativa entre las vigas conectoras y los tabiques adyacentes. (Figura 5)

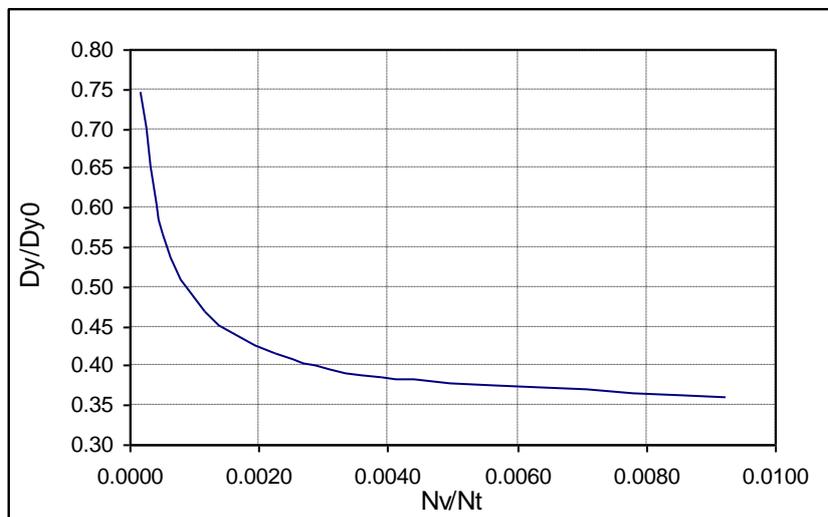


Figura 5

Donde:

Dyo: desplazamiento horizontal en el tope del edificio considerando los núcleos individualmente.

Dy: desplazamiento considerando los núcleos acoplados.

N_v : rigidez flexional de la viga conectora.

N_t : rigidez flexional de los tabiques vinculados en el plano de la viga.

Este sistema de acoplamiento se realiza en la dirección Y mediante 4 vigas conectoras que cruzan sobre el palier de ascensores en cada planta. De esta manera quedan acoplados de a dos los núcleos N1-N2 y N3-N4.

Este sistema de conexión es posible introducirlo a nivel de cada piso, cuyas alturas varían en el desarrollo de la torre según los usos destinados a cada planta. Ocupan los extremos de palier entre grupos de ascensores y no superan la altura del cielorraso. Pequeños pases en estas vigas conectoras son provistos para el paso de conductos.

En la dirección X los núcleos se encuentran con una separación entre bordes de 11.0 m, dando lugar a un espacio libre central de la planta. La vinculación entre pares de núcleos se realiza en forma más espaciada, a nivel de cada planta técnica, aproximadamente en los tercios de la altura. La conexión es a través de 4 estructuras reticuladas metálicas que ocupan la parte central de cada una de las plantas técnicas y contribuyen a un funcionamiento en conjunto de los pares de núcleos N1-N2 y N3-N4. Un esquema de la ubicación de estas estructuras se indica en la figura 6 mientras que un esquema en vista en la figura 7.

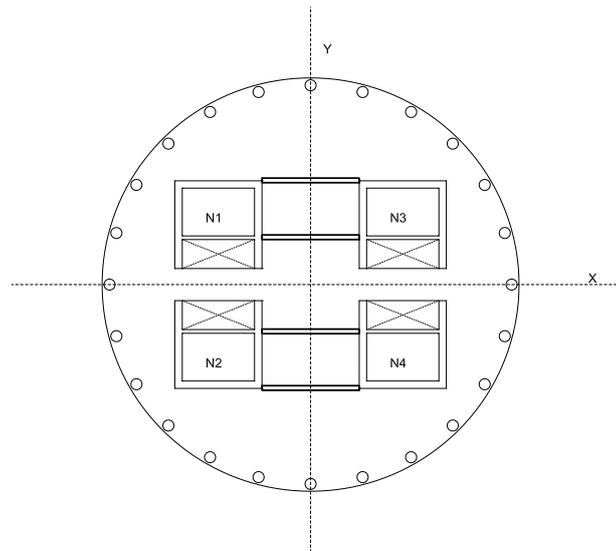


Figura 6

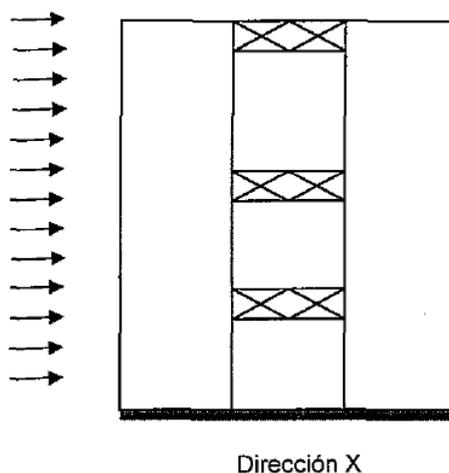


Figura 7

La introducción de estas estructuras de vinculación resulta esencial en la rigidización de la torre en la dirección X y el consecuente control de desplazamientos horizontales en el nivel superior de la torre. Sin embargo implica el uso de un espacio importante dentro del edificio, por lo cual los pisos destinados a su ubicación son las plantas técnicas, ubicadas en los pisos 20, 30 y 45.

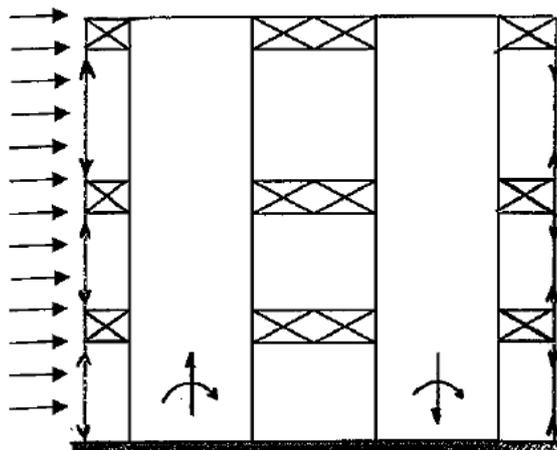
La reducción del desplazamiento horizontal en dirección X se reduce en un 47% al incorporar estas estructuras metálicas de vinculación entre pares de núcleos.

La materialización por medio de reticulados metálicos cumple requisitos de proyecto en cuanto a ventilación e iluminación de las plantas técnicas, descartando de esta manera la construcción de tabiques de hormigón armado.

VINCULACIÓN DE LOS NÚCLEOS CENTRALES Y LAS COLUMNAS PERIMETRALES

En el sistema estructural anterior, las columnas perimetrales no tienen participación apreciable en el mecanismo resistente a cargas horizontales, utilizándose solo para la transmisión de las cargas gravitatorias.

La pequeña rigidez a la flexión en las estructuras de piso no permiten un trabajo en conjunto apreciable de núcleos centrales y columnas perimetrales. Es por esto que se analiza la vinculación entre núcleos y columnas a través de estructuras reticuladas metálicas ubicadas en los pisos técnicos. La conexión permite la colaboración de las columnas mediante la sollicitación axial de las mismas. (Figura 8)



Dirección X

Figura 8

La disposición de las 24 columnas perimetrales en simetría radial hace que las estructuras de vinculación presenten direcciones y ubicaciones diversas dentro de las plantas que ocupan, reduciendo espacios para la instalación de equipos necesarios en el funcionamiento del edificio. Por esto se plantea la vinculación de núcleos y columnas a través de 8 estructuras reticuladas que conectan los núcleos con las columnas perimetrales, que a su vez forman parte de un anillo de rigidez perimetral materializado por un reticulado en toda la altura de piso.

Si bien este sistema de rigidización es ampliamente utilizado en estructuras en altura, la disposición geométrica de núcleos y columnas en el caso estudiado hace poco eficiente la colaboración de estas estructuras al control de desplazamientos buscado.

Debido a que el eje de las columnas no mantiene la vertical en toda la altura del edificio, las sobrecargas por viento transferidas a las columnas provocan mayores esfuerzos de desvío a nivel de la segunda planta técnica y en las columnas inclinadas en la parte inferior de la torre.

La ubicación de las estructuras de vinculación núcleo-columnas se indica en la figura 9.

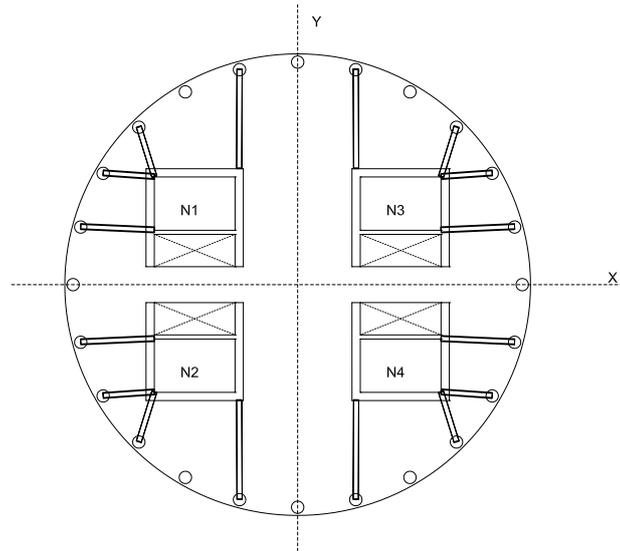


Figura 9.

La disposición de los elementos verticales genera estructuras de vinculación que ocupan grandes sectores de la planta, impidiendo la colocación del equipamiento necesario en el proyecto. Los desplazamientos horizontales resultantes en el modelo, medidos en el tope del edificio, disminuyen un 7% en la dirección X y un 13% en la dirección Y por la introducción de estas estructuras en las 3 plantas técnicas.

ENTRAMADO DE VIGAS Y COLUMNAS PERIMETRALES

Las columnas y vigas de borde de eje curvo en cada planta forman estructuras aporticadas en el perímetro de la torre que contribuyen al sistema resistente a cargas lateral al aproximarse a una tipología tubular. Las vigas perimetrales tienen la función de apoyo de las estructuras mixtas de piso, el arriostramiento de columnas y el apoyo y fijación del cerramiento doble de vidrio. Se analiza la incidencia de las vigas perimetrales de hormigón armado en el conjunto de la torre al variar su geometría.

Esta forma resistente se presenta a partir del nivel +27.00m en donde las columnas son verticales. El sector inferior al nivel mencionado contiene un arreglo de columnas diagonales y vigas anillo que resultan en una estructura tubular de gran rigidez.

En la figura 9 se indica la incidencia de la rigidez de la viga perimetral en los desplazamientos en el tope de la torre. El valor del desplazamiento de comparación resulta de considerar solamente la losa como elemento rigidizador entre columnas.

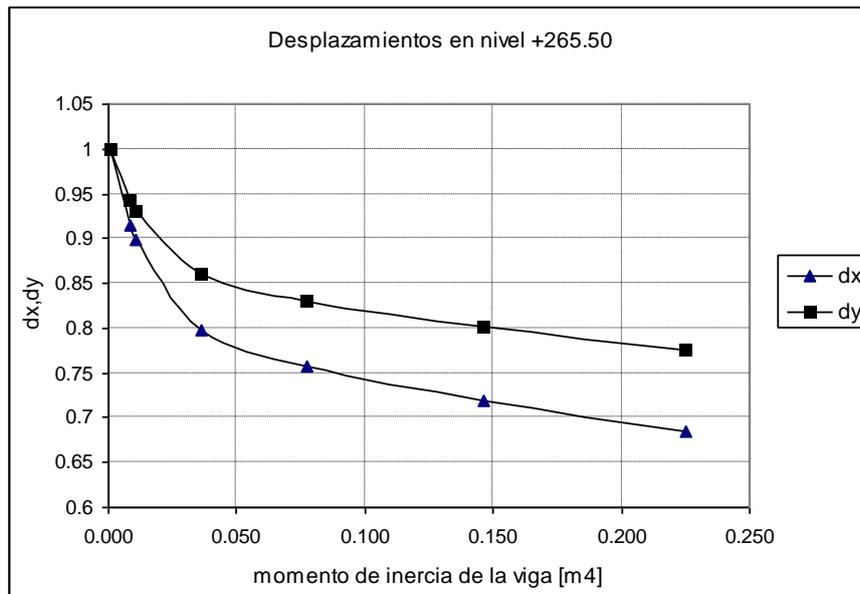


Figura 10

CONCLUSIONES

Se ha realizado una aplicación de distintas sub-estructuras conocidas y utilizadas en estructuras resistentes a cargas laterales en edificios de altura al caso de una torre de planta circular. Por condicionantes de proyecto se requiere el control de desplazamientos horizontales. Esto llevó a adoptar como variable de comparación los desplazamientos en el remate del edificio en las direcciones X e Y.

Dada la importancia relativa de la rigidez del conjunto de núcleos, las estructuras de rigidización más eficientes resultan aquellas que colaboran en el acoplamiento de los 4 núcleos centrales, ocupando menos espacios útiles, acompañando el diseño general de arquitectura y logrando una mayor economía de materiales y tiempos de ejecución.