



Renato Miranda I.

Ingeniero, MBA, CEM.

Licencia de Constructor en la Florida, USA

Miembro de ASHRAE, ASHE y AEE.

Desafío para la Edificación en Altura: Adiós a los "Rasca"cielos

La escasa distancia existente entre piso y cielo en cada una de las plantas que componen los edificios de mayor altura de nuestro país genera ineficiencias y mayores costos. Además, la reducida superficie de sus plantas provoca menores niveles de seguridad y aumenta el gasto de energía.

A fines del Siglo XIX, en los Estados Unidos, se acuñó la palabra rascacielos (*skyscrapers*, que en realidad significa raspacielos), como resultado del asombro popular que generaba la construcción de edificios cada vez más altos, los que tuvieron su obra cumbre con el Empire State Building de Nueva York, construido en 1930. Este se mantuvo por largos años como soberano indiscutible de las alturas y símbolo del progreso norteamericano, hasta que fue reemplazado por las Torres Gemelas del World Trade Center (WTC), destruidas por un atentado terrorista en septiembre del 2001. En esta zona, hoy denominada Nivel Cero (Ground Cero), se ha empezado a planificar y construir el nuevo edificio de WTC de 1.776 pies (541 metros), que se convertirá en el más alto del mundo. Sin embargo, proyectos en la India y en la China se proponen superar el proyecto del WTC.

La lista de los doce edificios más altos del mundo (tabla 1) está encabezada por el recién terminado Taipei 101, de 509 metros y 101 pisos, equivalente a una altura promedio de cinco metros entre piso y cielo, con suficiente espacio para incluir en el cielo o piso falso todas las instalaciones necesarias, estableciendo así la primera gran diferencia con los rascacielos nacionales.

El edificio más alto de Sudamérica, Torre Este del Parque Central, se ubica en Caracas, cuenta con 221 metros y 56 pisos, con un promedio de casi 4 metros entre piso y cielo. En Argentina, en la zona de Puerto Madero, el edificio Ciudad de Buenos Aires no califica como rascacielos por su poca altura, pero fue proyectado por Cesar Pelli, arquitecto argentino residente en Estados Unidos, autor de las Torres Petronas en Malasia, Kuala Lumpur, con 452 metros de altura y 88 pisos, el más alto del mundo... por ahora. El edificio Ciudad de Buenos Aires posee un sistema de Control Centralizado de alta calidad y la calefacción, por *fan coils*, sistema de equipos de aire acondicionado basada en resistencias eléctricas moduladas por *dimmers* para lograr una temperatura interior con poca variación.

En la lista parcial de los rascacielos chilenos (tabla 2), a excepción del Edificio de Telefónica (4 metros), todos presentan alturas menores para cada piso complicando las instalaciones, las que se coordinan en terreno -sobre la base de hechos consumados- dando lugar a modificaciones que pueden afectar el funcionamiento y las posibilidades de mantención futuras.

La situación es tan familiar que todos los involucrados piensan que debe ser así. Por lo tanto, resulta sencillo cambiar el término rascacielos por el de "rasca" cielos, más apropiado para nuestra exagerada visión economicista de muy corto plazo, con que los chilenos enfrentamos todas las decisiones.





El Edificio

Para analizar los rascacielos nacionales empezamos por su tamaño. La mayoría tiene de 400 a 800 m² de superficie por piso, mientras que los norteamericanos, nuestros socios comerciales y cuyas construcciones sirven de base a nuestros diseños, cuentan con plantas de 2.000 a 4.000 m² y en algunos casos superan estas superficies. En todos los edificios se reconocen dos zonas de tipo general: la periférica y la interior. Ambas tienen exigencias muy distintas en cuanto a instalaciones. Para una zona periférica de unos 5 metros de influencia tenemos el siguiente resultado, en porcentaje por planta, para un edificio casi cuadrado (en plantas rectangulares la diferencia es aún mayor):

Edificio de 500 m ² por piso	Periferia: 70 %	Interior: 30 %
Edificio de 750 m ² por piso	Periferia: 60 %	Interior: 40 %
Edificio de 2.000 m ² por piso	Periferia: 40 %	Interior: 60 %
Edificio de 4.000 m ² por piso	Periferia: 30 %	Interior: 70 %

Hay que recordar que el interior contiene la mayoría de las áreas comunes y los baños, que ocupan entre un 15% y un 20% de cada piso. Cuando agregamos dos cajas de escalas, una batería de ascensores y los shafts de instalaciones (eléctricas, de ventilación y tuberías de agua), el espacio realmente disponible en la zona interior es muy escaso en los edificios de planta con poca superficie.

En numerosos casos se observa en estos edificios ascensores que dan a un hall de reducidas dimensiones, encerrado por las puertas de acceso a las oficinas o a los departamentos. Esta disposición de las plantas afecta a las instalaciones y a la seguridad de los ocupantes, como se analizará más adelante.

Cabe recordar que la acción solar en la fachada es la mayor carga térmica de un edificio y puede llegar a ser un 25 % del total, usando vidrios especiales, y hasta el 50% con vidrios estándar. Esta carga afecta solamente a las oficinas periféricas encareciendo los sistemas de climatización, aumentando el tamaño de los equipos y los ductos de aire, agravando la falta de espacios adecuados para su instalación. Un edificio con plantas de grandes superficies resulta más económico de construir y mucho más barato de operar. El hecho de que en rascacielos que usan *sprinklers* o rociadores, se pueda prescindir de los antepechos (parte inferior de una ventana), agrava el problema de mayor carga debido a los cristales y aumenta el precio del edificio,

además de los riesgos por la propagación de incendios: los *sprinklers* fallan, los antepechos no.

Las Rasantes y Planificación

Las rasantes, responsables del adelgazamiento del edificio en sus pisos más altos, acentúan la falta de espacio, llegando a plantas superiores que sólo albergan una o dos oficinas, se transforman en verdaderos paneles de captación solar, rodeadas de vidrio por dos o tres de las fachadas. Estos ambientes resultan muy costosos y prácticamente imposibles de climatizar adecuadamente.

Si asignáramos los precios del espacio común al respectivo piso, los espacios de las últimas plantas serían, por lejos, los más caros del edificio. Son vendibles sólo porque están siendo bonificados en su precio de venta por los compradores del resto de los espacios comunes. Este solo análisis de la asignación de los gastos comunes debería bastar para limitar la altura de los edificios hasta donde fuera económicamente justificable.

Otro de los problemas en la ocupación de los edificios es la falta de planificación del uso de los espacios. En general, cuando se trata de instituciones, el último piso es para el presidente;

Tabla 1

Los rascacielos más altos del mundo

Edificio	Ciudad	Altura	Pisos
1. Taipei 101	Taipei	509 m	101
2. Petronas Tower 1	Kuala Lumpur	452 m	88
3. Petronas Tower 2	Kuala Lumpur	452 m	88
4. Sears Tower	Chicago	442 m	108
5. Jin Mao Tower	Shanghai	421 m	89
6. Two International Fin.	Hong Kong	415 m	90
7. CITIC Plaza	Guangzhou	391 m	80
8. Shun Hing Square	Shenzhen	384 m	69
9. Empire State Building	New York City	381 m	102
10. Central Plaza	Hong Kong	374 m	78
11. Bank of China Tower	Hong Kong	367 m	72
12. Emirates Office Tower	Dubai	355 m	54





Tabla 2

Los 25 edificios más altos de Chile

	Edificio	Altura	Pisos
1.	Edificio Corporativo CTC	143 m	34
2.	Marriott Santiago Hotel	130 m	42
3.	Edificio De La Industria	110 m	32
4.	Edificio Las Americas	106 m	31
5.	Edificio Simon Bolivar	90 m	24
6.	Building B, Santiago Central	82 m	24
7.	Edificio Manantiales	57 m	17
8.	Edificio Millenium	—	30
9.	Torre Alameda	—	30
10.	Torre Centenario	—	30
11.	Torre Los Andes	—	28
12.	Edificio Fundación	—	27
13.	Parque Los Angeles	—	26
14.	Edificio del Pacífico	—	26
15.	Torre de la Costanera	—	26
16.	Sheraton Cristobal Tower Hotel	—	25
17.	Bosque 500	—	24
18.	Torre Interamericana	—	24
19.	Edificio Plaza del Mar	—	24
20.	Cámara de Comercio	—	24
21.	Edificio Terrasol	—	24
22.	Golda Meir 180	—	24
23.	Hyatt Regency Santiago	—	24
24.	Torre de Vitacura	—	23
25.	Torre Puerto Pacifico I	—	23

Lista Oficial facilitada por la empresa norteamericana Emporis Corp. l:

Las Instalaciones: Electricidad

Las zonas periféricas permiten aprovechar muy bien la luz de día y disminuir el gasto de energía por concepto de iluminación. Para esto deben colocarse en sus cielos lámparas de tres tubos, en lo posible, con dos circuitos de alimentación, de modo que se pueda apagar o encender un tubo con el primer circuito, dos tubos con el segundo y los tres tubos con ambos circuitos. La instalación de sensores de luminosidad y el control centralizado permite mantener el nivel deseado de iluminación. Otra posibilidad es utilizar transformadores electrónicos o *ballast* electrónicos con *dimmers* para lograr los mismos efectos a mayor costo.

El exceso de luz solar produce deslumbramiento en los ocupantes cercanos a las ventanas por lo que se debe instalar persianas que redirijan la luz hacia el interior. Cumplen una función similar los cielos inclinados de colores muy claros, usados como reflectores. Otra técnica, que requiere cielos más altos, consiste en usar cielos curvos cóncavos que distribuyen la luz en zonas más amplias y convexas que la concentran en lugares precisos, según el foco de la curva.

Para llevar luz a las zonas interiores se usan ductos, similares a los de aire acondicionado pero que están forrados interiormente con espejos capaces de llevar la luz captada en la parte alta de las ventanas. Ductos verticales con concentradores solares en el techo envían luz hacia el centro del edificio, con limitaciones propias del tamaño y el número de pisos.

La vida útil de los tubos fluorescente aumenta cuatro o cinco veces si estos, además de estar dotados de *ballast* electrónicos, no se apagan. Esto permite aprovechar el calor de las luces durante el invierno y ahorrar no sólo energía sino disminuir drásticamente el costo de la mano de obra de recambio.

Los pisos falsos entregan una perfecta trinchera para distribuir electricidad a cualquier punto con facilidad. En el mercado se observan cables especiales blindados que no requieren de tuberías, ni bandejas o escalerillas. Habrá que plantear a la autoridad las modificaciones pertinentes en los reglamentos que permitan su utilización.

El grupo eléctrico debe tener capacidad para mantener la ventilación en las horas de punta y no afectar la calidad del aire, además de los servicios básicos y algunos ascensores. Durante el invierno, el uso del empalme de los equipos productores de agua fría para la calefacción, a través de resistencias eléctricas, provee energía a costo reducido comparable al 65% del valor del petróleo diesel. Puede incluso generarse agua caliente en calderas de inducción para el uso de cocinas o baños cuando se requiera. De nuevo es imperativo el uso de un sistema automático de control centralizado para obtener el máximo beneficio.

el penúltimo para los vicepresidentes y, los siguientes para las distintas gerencias. Resultan escasas las ocasiones en que se reúnen los máximos ejecutivos, mientras los gerentes tienen intenso contacto con sus subordinados. Evaluando este aspecto, se puede evitar la sobrecarga de instalaciones como ascensores, cajas de escalas y sistemas de control de accesos, entre otras.

En edificios con poblaciones de varios cientos de empleados debe existir una buena planificación antes de la selección de la velocidad de los ascensores. Por ejemplo, cuando en la planta del casino, hay cientos de personas se dirigen para almorzar, en turnos de media hora, colapsando los ascensores. Asimismo, hay que tener presente la ubicación y trazado de la extracción de las campanas de la cocina que constituyen un peligro inminente de incendios. Los servicios externos de almuerzo resultan una alternativa más económica y, a menudo, menos estresante para los empleados.



El Aire Acondicionado

En edificios de muro cortina o de fachada es imprescindible la utilización de aire acondicionado. Los cristales deben ser de alta calidad, del tipo termopanel con capas de baja emisividad en su centro, altamente permeables a la luz solar, impermeables a los rayos infrarrojos y a la luz ultravioleta, selectiva y de seguridad en la planta baja. El impacto de los cristales en la climatización es tal que cuanto mejor sea su coeficiente de sombra (CS) es más conveniente utilizarlos, sabiendo que el precio se eleva cuando el CS baja. La gran disminución de la carga térmica que permite instalar equipos centrales y ductos más pequeños, provoca que la instalación de aire acondicionado disminuya de precio al punto que anule el mayor valor de los vidrios, generando un beneficio inmediato. Para este cálculo no se requiere estudios de costos de operación, basta sumar el costo inicial de los vidrios más el sistema de climatización.

Los ventiladores resultan otro punto importante. Estos equipos funcionando en un edificio las 24 horas tienen un gasto igual o superior que los equipos especiales para la refrigeración de agua, conocidos como *chillers*. Es importante que los ductos sean grandes y sin largos recorridos para ahorrar ener-

gía. Los ventiladores encendidos durante la noche en verano enfrían el edificio y ahorran energía al permitir que los *chillers* partan más tarde o con menos carga. Además, ventilan el edificio y mejoran la calidad del aire.

Los sistemas modernos de climatización por el piso falso utilizan temperaturas de inyección más elevadas (18°C) que los sistemas convencionales (13°C) y permiten el *free-cooling*, es decir que enfrían el edificio durante más horas sin emplear energía para enfriar el aire, logrando importantes ahorros.

Los equipos *fan coils* en los cielos falsos, con agua helada y calefactor eléctrico, siguen siendo el caballo de batalla en los edificios locales con muy buenos resultados. Esta es una de las pocas partes del mundo donde se emplean sistemas de este tipo, con equipos que originalmente fueron diseñados para hoteles y sin ductos. Hay que resolver problemas de presión estática del ventilador y el correcto desagüe de condensados para lograr un funcionamiento óptimo. No hay que emplear *fan coils* de 60 ciclos adaptados a los 50 ciclos de nuestra energía eléctrica, pues los rendimientos disminuyen a la mitad.

El uso de sistemas computarizados de control posibilita el proyecto de edificios de mediana altura con aire acondicionado por el piso falso para aprovechar el *free cooling* y poder abrir





ventanas, sin afectar al resto del edificio climatizado. Al abrirlas, un detector detiene en esa zona el aire acondicionado. Este sistema no sólo resulta más "natural" y mejora la calidad de vida, sino que sus costos de operación son más razonables.

Los Sistemas de Seguridad

La acción más segura que se puede adoptar en un edificio en altura ante cualquier siniestro, con excepción de los temblores, es abandonarlo rápidamente y para esto se requieren vías de escape expeditas. El humo se reparte rápidamente y confunde a las personas.

Todo el mundo recuerda las 3.000 personas que murieron por la destrucción de las Torres Gemelas en Nueva York, pero pocas personas se han detenido a pensar que los sistemas de evacuación del edificio permitieron que más de 25.000 seres humanos salvaran sus vidas. Y habrían sido más si los guardias de seguridad hubiesen alentado a la gente a salir del edificio en lugar de afirmar que no era necesario. Primera lección: entrenar al personal y a los encargados en hacer abandonar rápidamente el rascacielos y practicarlo reiteradamente. Segunda lección: mejorar los sistemas de escape. En el interior de edificios tan pequeños, como los nuestros, las cajas de escalas están muy cercanas y a veces sólo una está presurizada. Debe proveerse escalas libres de humo, de fácil acceso y bien ventiladas. No hay ninguna razón que impida diseñar los ascensores para que sean empleados en el abandono del edificio, disminuyendo drásticamente los tiempos de salida.

La presurización de las cajas de escalas debe ser hecha a conciencia, sin concesiones en cuanto a lugares de donde se aspira el aire fresco, sin limitar el tamaño de los ductos ni los ventiladores. Sobredimensione si tiene dudas. Invierta en un motor más grande que el necesario para que el sistema se ponga en marcha más rápido y más fácil. Tenga al menos dos alimentaciones eléctricas para cada motor.

Maneje la presión al interior de la caja de escalas a la antigua, o sea con una abertura de al menos un metro cuadrado al exterior, con damper gravitacional (persiana metálica) y contrapeso para mantener 12 mm C.A. con las puertas cerradas. Es decir, aumentar el peso necesario para abrir la persiana descrita hasta el equivalente a 12 milímetros de columna de agua, que equivale a 25 kg de fuerza por puerta. Si casualmente ingresa humo a la escalera, al cerrar las puertas el humo subirá y saldrá por arriba dejando la vía limpia. Para mayor garantía, colocar un extractor en la parte superior para evacuar el humo, además del ventilador de inyección. No use un variador de frecuencia para regular la presión interior porque sin persiana no podrá evacuar el humo que haya ingresado accidentalmente.

Los sistemas de rociadores contra incendios o *sprinklers* resultan vitales para proteger a las personas y a la inversión hecha en el edificio. Además, permiten instalar muros vidriados sin antepechos resistentes al fuego, mejorando la estética. Hay estadísticas que indican que un 95% de los principios de incendio en los edificios con *sprinklers* se apagan por acción de un sólo rociador y el 98% ó 99% se extingue con cinco equipos abiertos. La política de

diseño es colocarlos en todos los espacios de más de 4,5 m² del edificio, independientemente si tienen o no materiales combustibles en su interior, como lo establece la norma NFPA 13.

El Premio Mayor: Aumento de Productividad

Si se diseña para ahorrar energía, también se logra aumentar la productividad de las personas que trabajan en el edificio. El transporte rápido, la planificación de los espacios, la calidad del aire, la mejor iluminación, la climatización personalizada, los pasillos anchos, las escaleras cómodas y el status que da un edificio *Top of the Line*, son elementos que permiten alcanzar este objetivo.

Hay que tener a mano las siguientes cifras: se gasta en sueldos de personal entre 50 a 100 veces del costo de la energía al año. Esto significa que cuando los empleados aumentan en 2% su productividad se cubre el gasto anual de energía y la operación del edificio es sin costo. Y se puede ir más allá, ya que hay estudios europeos que demuestran importantes aumentos de productividad superiores al 15%.

Cuando se paga un sueldo promedio anual a los empleados del orden de 450 UF, ocupando 20 m² de oficinas cada uno, se puede decir que se les paga 22.5 UF por m². Un 10% de aumento de productividad genera 2.25 UF por m² equivalentes al costo del sistema de aire acondicionado completo para todo el edificio. Esto es una rentabilidad de 10% en un monto de inversión similar al costo anual de las remuneraciones de este ejemplo. Es una enorme cantidad de dinero que se puede aprovechar. No hay ningún instrumento de inversión en nuestra economía actual que ofrezca esa rentabilidad.

El tema no es menor, si consideramos que el crecimiento de la economía en los Estados Unidos se basa en el sostenido aumento de la productividad como país. Y los norteamericanos descubrieron hace mucho tiempo las ventajas de construir edificios de altísima calidad.

No construyamos "rasca" cielos en Chile, no vale la pena. Menos ahora que estamos en el club de los Acuerdos de Libre Comercio, que promoverá la instalación de todo tipo de empresas en nuestro país, orientadas al mercado local y sudamericano. Como si esto fuera poco, el futuro promete restablecer la actividad de la construcción de edificios de oficinas a los niveles que existían a fines de la década de los '90. **B**

Bibliografía

- Lean and Clean Management. Joseph J. Romm. 1994. Kodansha America, Inc. ISBN 1-56836-037-1
- Mayor Productividad en los Edificios. Memoria. Renato Miranda Ibañez. 1995. Universidad Gabriela Mistral.
- Environmental factors affecting workers performance. CIBSE. 1999. ISBN/ISSN 0-900953-95-0
- Energy Management Handbook. Wayne C Turner. 2001. ISBN 0-88173-337-1.

