

LOS EDIFICIOS EN ALTURA EN LA CIUDAD DE MENDOZA. EVOLUCIÓN ARQUITECTÓNICA Y RESPUESTA AMBIENTAL.

Julieta Balter¹, Carolina Ganem² y María López de Asiain³

Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda. Instituto de Ciencias Humanas, Sociales y Ambientales (INCIHUSA-CONICET)

C.C. 131. C.P. 5500, Mendoza, Argentina Tel. (0261) 5244309, Fax. (0261) 5244001. E-mail: cganem@mendoza-conicet.gov.ar

Universidad Internacional de Andalucía (UNIA). Maestría en energías renovables: Arquitectura y Urbanismo.

RESUMEN:

En el presente trabajo se analiza la evolución arquitectónica y la respuesta ambiental de los edificios en altura construidos en la ciudad de Mendoza estudiando la influencia de la normativa en su morfología. Se ha aplicado un programa con la metodología de radiación solar sobre planos inclinados (Duffie and Beckman, 1991). Este ha servido para conocer la incidencia sobre cada fachada con distinta orientación. A partir de la cantidad de envolvente vidriada, se calculan los valores de radiación solar que llegan al interior del edificio y su repercusión en los sistemas de aire acondicionado. Se obtiene como resultado que los edificios que en su envolvente presentan mayor superficie vidriada y que no utilizan recursos arquitectónicos de protección solar requieren de una potencia de refrigeración superior a las construcciones que presentan envolventes más opacas. Para el caso de estudio dicha una potencia de refrigeración de 40 Tn.

Palabras claves: edificios en altura, “ciudades oasis”, superficies vidriadas.

1. INTRODUCCIÓN

El sector edilicio continúa jugando un rol fundamental en el balance energético global. Típicamente se consume el 28% de la energía primaria. Si tenemos en cuenta los consumos derivados de la fabricación de los materiales de la construcción, esta cantidad de energía, habitualmente atribuida al sector industrial, se suma a aquellos consumos utilizados para operar los edificios incrementando el porcentaje a un valor mucho más elevado, llegándose a afirmar que se trata de un 50%. Teniendo en cuenta las consecuencias que el consumo de energía tiene para el medio ambiente, la necesidad de proyectar edificios energéticamente eficientes se vuelve cada vez más urgente. (Esteves et al., 2003)

Sin embargo, la mayoría de las veces, los edificios que se construyen en la actualidad no contemplan el entorno en el que van a ser construidos. Y, su morfología arquitectónica, generalmente no involucra el aprovechamiento de los recursos naturales disponibles. Por este motivo, los centros urbanos se renuevan atendiendo a otros factores como por ejemplo el incremento en el valor de suelo. Esto hace que se realicen cada vez más inversiones en edificios en altura en las áreas centrales consolidadas de las ciudades. Una situación característica de las tipologías edilicias en altura es que se encuentran arquitecturas similares en climas y geografías muy diversas. Es sorprendente que haya, aparentemente, una “única forma edilicia en altura” que repite en distintos lugares y climas una solución unívoca. Esta circunstancia se explica a partir de dos situaciones:

Por un lado, con la posibilidad creciente desde el siglo XIX de controlar el ambiente interior con la ayuda de la tecnología artificial, la arquitectura orienta su rol principalmente a la imagen, empobreciéndose en sus otras características relacionadas con el logro de confort interior a través del diseño. Esta tendencia se manifiesta en la actualidad en la debilitación de la envolvente tendiente a una simplificación, hasta la mínima expresión y esto, a la vez, conduce a la mayor complejidad de los mecanismos artificiales de control ambiental. Vivimos en un momento en el que la mecanización de nuestro entorno es aceptada como natural (Ganem, 2006). Y, por otro lado, debido a que la tipología de edificio en altura se origina en la Escuela de Chicago y continúa su evolución durante el Movimiento Moderno, cuyas búsquedas atendían a encontrar respuestas únicas y válidas para todos los casos.

La inconsistencia de una morfología universal de los edificios en altura se evidencia cuando se analiza el uso de por ejemplo la tecnología denominada “curtain wall” o muro cortina. Este sistema constructivo, ampliamente difundido, consiste en una estructura de aluminio que aloja vidrios de distinto tipo, de manera tal que el ambiente interior y el ambiente exterior están separados sólo por una o dos (en el caso del DVH) láminas de vidrio, reduciendo la envolvente a su mínima expresión (0.015 a 0.045 m), y por tanto condicionando enormemente las posibilidades de respuestas ambientales de la misma.

La ciudad de Mendoza (32° 40' latitud Sur, 68° 51' longitud Oeste y 827 m.s.n.m.), presenta la particularidad de ser una “ciudad-oasis”. Su estructura urbana actual surge a partir de un nuevo ordenamiento en damero, después que el terremoto de

¹ Arquitecta – Pasante INCIHUSA-CONICET y Maestranda UNIA

² Doctora Arquitecta – Investigadora Asistente CONICET y Directora de Tesis de Maestría UNIA

³ Doctora Arquitecta – Investigadora y Directora del programa de Maestría UNIA

1861 destruyera casi la totalidad de las edificaciones coloniales. Ésta se organiza a través de la coordinación de distintos factores: la estructura urbana, la edificación, la forestación y un eficaz sistema de riego que resultan en un estrato acondicionado o sector de la atmósfera beneficiado ambientalmente por los efectos de la arboleda y el agua. Dicho estrato genera un microclima que beneficia a las edificaciones de baja altura. Es así que este modelo de ciudad ha atenuado la condicionante climática árida propia de la región.

La condición bajo la copa de los árboles es fresca durante el día en verano ya que la radiación incidente es moderada e incluso puede ser bloqueada, dependiendo de la densidad del follaje (Cantón et al., 2003). Durante la noche en verano la forestación impide la visión del cielo y por lo tanto reduce las posibilidades de enfriamiento por radiación (Correa et al., 2007). Asimismo, el enfriamiento convectivo mediante brisas nocturnas puede verse limitado por la densidad del follaje. En invierno, si bien la vegetación es del tipo caduco, no se dispone de un acceso pleno al sol debido a la sombra arrojada por las ramas. Las razones expuestas indican que para una zona climática como la de Mendoza, los edificios no debieran superar el estrato forestal acondicionado.

Sin embargo, el código de edificación de la ciudad de Mendoza (actualmente en revisión) permite la construcción de edificios en altura que superan ampliamente el microclima de oasis. La mayoría de estos edificios presentan fachadas continuas en todo su alto y muchas veces dichas fachadas incluso se repiten para distintas orientaciones. La condición sobre la copa de los árboles conciente un acceso pleno a la radiación tanto en invierno (energía incidente deseada) como en verano (energía incidente no deseada) y una exposición al intercambio convectivo y radiativo de energías en las dos estaciones.

De esta manera las normativas de edificación juegan un papel fundamental en el camino hacia la sostenibilidad. Al ser las leyes las que definen el límite de lo posible resulta de vital importancia una planificación ambientalmente consiente que apunte al desarrollo urbano sostenible. La misma, debe tener como objetivo el logro de edificios energéticamente eficientes, que provean confort térmico y lumínico a sus ocupantes, con el máximo aprovechamiento de los recursos energéticos renovables disponibles. Por los motivos expuestos la respuesta arquitectónica no puede ser la misma bajo y sobre la copa de los árboles.

2. OBJETIVO

El objetivo del presente trabajo es el de analizar la evolución arquitectónica y la respuesta ambiental de los edificios en altura construidos en la ciudad de Mendoza a los fines de aportar conocimientos teóricos que contribuyan a su sostenibilidad en “ciudades-oasis”. A dicho fin, se estudia en los códigos de edificación en la ciudad de Mendoza (desde 1902 a la actualidad) cómo han influenciado la morfología de los edificios en altura correspondientes a cada período de vigencia. Se selecciona un perfil de estudio en el que conviven cuatro edificios en altura que presentan distintas respuestas arquitectónicas y ambientales. Se evalúa la radiación incidente sobre fachadas y la regulación ambiental que ofrece la materialización de su envolvente.

3. METODOLOGÍA

1. Estudio comparativo de los códigos de edificación en la ciudad de Mendoza: Primer Reglamento Municipal de Construcciones (1902); Reglamento General de Construcciones (1927); Normas antisísmicas (1944) y reglamentaciones referidas a la morfología urbana (1952) y Código de edificación (1970). Análisis en cada uno de ellos de la normativa referente a retiros, alturas, basamento y ocupación del suelo de los siguientes ítems:
 - a. Fundamentos
 - b. Aplicación
 - c. Consecuencias en la construcción
 - d. Imágenes resultantes
2. Estudio de casos: Se estudia un perfil urbano ubicado en la trama consolidada de la ciudad de Mendoza. Se realizan los siguientes análisis:
 - a. Relevamiento del perfil urbano.
 - b. Clasificación de los edificios según la normativa vigente al momento de su construcción. Para el código actual se consideran las dos tipologías posibles: basamento y torre o torre.
 - c. Evaluación del cumplimiento de las reglamentaciones correspondientes en cada caso de estudio.
 - d. Análisis de la envolvente de cada edificio en relación a la regulación ambiental de su materialización (protecciones solares, balcones, toldos, cenefas, bajo relieves, etc.)
3. Evaluación de la energía incidente sobre fachadas y la regulación ambiental que ofrece la materialización de su envolvente para el caso de las torres sobre el estrato acondicionado. Se ha aplicado un programa con la metodología de radiación solar sobre planos inclinados (Duffie and Beckman, 1991). Este ha servido para conocer la radiación solar incidente sobre cada fachada con distinta orientación a partir de la absorción solar. Teniendo en cuenta los datos suministrados por VASA respecto de la conformación y los datos físicos de los distintos tipos de vidrio, podemos conocer la ganancia solar en el interior. En los catálogos se indica como Factor Solar la ganancia de energía solar relativa a la energía solar incidente. Incluye la energía solar transmitida directamente a través del vidrio más la energía solar absorbida por el vidrio y subsecuentemente irradiada por convección hacia el interior. (Esteves, A et al., 2003). Para el vidrio incoloro de 6mm la transmisividad es del 82%. (VASA, 2008)

4. EVOLUCIÓN EN LAS NORMATIVAS DE EDIFICACIÓN.

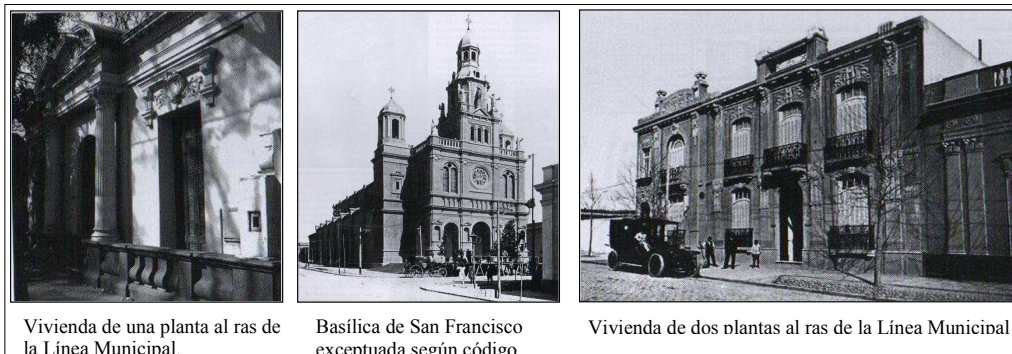
En 1902 se crea por primera vez un Reglamento Municipal de Construcciones. A partir de aquí se producen modificaciones en el reglamento: en 1927 el mismo se transforma en Reglamento General de Construcciones, en 1944 surgen una serie de

normas antisísmicas, luego las reglamentaciones referidas a la morfología urbana en 1952, hasta llegar al denominado Código de Edificación de 1972 aún vigente y actualmente en revisión. Se estudian a continuación las cuatro reglamentaciones.

4.1 Primer Reglamento Municipal de Construcciones (1902)

- RETIROS Y ALTURAS.

- Fundamentos:** el primer antecedente referido al control municipal de las alturas de la edificación se encuentra en la legislación de la Nueva Ciudad en 1863 (altura de 5 varas alrededor de la Plaza Independencia).
- Aplicación:** los *retiros* se reglamentan hasta 2 metros de la línea municipal (se considera expansión de las veredas). Se institucionaliza la fachada construida al ras de la línea municipal. Se reglamentan las *alturas* de los edificios según el número de plantas: una planta: altura mínima 6 metros y dos plantas: altura máxima 13m (excepto en calles de 30m de ancho donde la altura máxima puede llegar a 16m). Los edificios de carácter público (templos, teatros, etc.) quedan exceptuados. No se permiten edificios de más de una planta si la construcción es de adobe.
- Consecuencias en la construcción:** se observa una primera aproximación a una uniformidad edilicia aprovechando la construcción de la nueva ciudad y la experiencia de la ciudad anterior (devastada por el terremoto). Si bien se permiten altura superiores (de 16 metros) en avenidas o calles anchas, las mismas se encuentran bajo el estrato acondicionado por el verde urbano ya que en dichas vías de circulación el arbolado de alineación está conformado por plátanos que llegan a alturas de 18 a 20 metros.



Vivienda de una planta al ras de la Línea Municipal

Basilica de San Francisco exceptuada según código.

Vivienda de dos plantas al ras de la Línea Municipal

Figura 1. Imágenes resultantes de la aplicación del Primer Reglamento Municipal de Construcciones (1902)

4.2 Reglamento General de Construcciones (1927)

- RETIROS Y ALTURAS.

- Fundamentos:** el factor determinante para la confección de estas normas es un terremoto en abril de 1927. Se hace especial énfasis en las recomendaciones constructivas y la precaución por los temblores.
- Aplicación:** los retiros mayores a 1,6 deben cerrarse en el frente con rejas y/o balaustradas de 2 metros de altura como mínimo. No se permiten cuerpos salientes del edificio más allá de la línea de edificación. La altura mínima de las fachadas para edificios en planta baja es de 4,10 metros. Para calles principales la altura mínima es de 8 metros. Las plantas altas deben ocupar la totalidad del frente en una profundidad de 5 metros.
- Consecuencias en la construcción:** mayor uniformidad ya que se especifican las condiciones de alineamiento y cierre en los edificios. Las alturas mínimas disminuyen por la concientización de los riesgos sísmicos, sin embargo no se limitan alturas máximas en calles principales, en las que la altura mínima se amplía a 8 metros. Estas medidas contribuyen a una mayor diferenciación entre los perfiles pertenecientes a arterias principales de la ciudad en los que se construirán edificios en altura y el resto de las calles de carácter mayormente residencial.



Fachada continua de edificación, basamento edilicio de la arquitectura de principio de siglo.

Pasaje San Martín. Primer edificio en altura significativa en la ciudad, exceptuado según código

Vivienda al ras de la línea de edificación en calle Montevideo.

Figura 2. Imágenes resultantes de la aplicación del Reglamento General de Construcciones (1927)

4.3 Normas antisísmicas (1944) y reglamentaciones referidas a la morfología urbana (1952)

- RETIROS Y ALTURAS.

- Fundamentos:** en 1941 se proyecta un “Plan Regulador para la ciudad de Mendoza”, que sugiere la zonificación de la ciudad por altura de edificios, y por áreas edificables y espacios libres contiguos. También propone establecer retiros de frente o lateral según zonas; y establecer un régimen parcial de alturas uniformes y de arquitectura ordenada. Este plan no fue llevado a la práctica debido a que la ideología del partido gobernante no concordaba con esta propuesta que estaba

impregnada del idealismo social de los Congresos Internacionales de Arquitectura Moderna (CIAM) (Ponte, 1987); sin embargo si se aprovecharon algunas recomendaciones urbanísticas, como el emplazamiento del actual Centro Cívico y del Acceso Este. El antecedente fundamental para la aplicación de las normas del 44 es el terremoto en San Juan que destruye totalmente a la ciudad (igual que a Mendoza en 1861).

- b. **Aplicación:** quedan establecidas las alturas de las fachadas de edificios a construirse según las avenidas, calles y frentes de plazas en las que se encuentren. Estas van de los 18 metros (mínimo) en la avenida principal hasta los 7 metros en calles secundarias. Para las plazas se determina que las alturas mínimas son de: Plaza Independencia (plaza mayor): 15 metros; Plaza San Martín (zona comercial y bancaria): 18 metros; Plazas España, Chile e Italia: 7 metros.
- c. **Consecuencias en la construcción:** las modificaciones referidas a la morfología urbana se deben a un auge en la construcción promovida por el gobierno y por la situación política-social del país perteneciente a un período de "Nacionalismo Popular". Aumentan significativamente las alturas reglamentarias mínimas, consolidando la jerarquía de calles, avenidas y plazas.

Se advierte gran homogeneidad en las imágenes de los '40 y '50 debido a que se establece que estas alturas pueden edificarse de acuerdo al ambiente de su habitabilidad pero sobre su fachada se guardará armonía con los edificios contiguos. (Ponte, 1987).



Figura 3. Imágenes resultantes de la aplicación de las Normas antisísmicas (1944) y reglamentaciones referidas a la morfología urbana (1952)

4.4 Código de edificación (1970)

- RETIROS Y ALTURAS.
 - a. **Fundamentos:** el retiro obligatorio frontal se promueve fundamentalmente para proteger la vegetación callejera, que en la ciudad de Mendoza posee características de valor ambiental. La condición sísmica es otro fundamento importante.
 - b. **Aplicación:** los retiros frontal y laterales son de 3 metros; el posterior es de 6 metros; debiendo quedar la torre inscrita en un ángulo vertical de 75° con su vértice a nivel del basamento. La altura máxima total del edificio debe ser igual o menor al ancho total de calle y se puede superar aumentando el retiro frontal (dentro de un ángulo de 45°). Si no se construye el basamento, la torre arranca desde el nivel de la cota de vereda con los mismos retiros fijados. Sobre el basamento se permite la construcción de torres que deben tener retiros (frontales, laterales y posteriores), medidos desde el perímetro del basamento.
 - c. **Consecuencias en la construcción:** Se impiden grandes edificios en terrenos muy chicos (por la limitación de la torre). Se preservan los centros de manzanas por el retiro posterior y se evitan edificios colindantes en altura. Sin embargo quedan permitidos edificios por sobre el estrato acondicionado de la ciudad—oasis cuya altura máxima está dada por el tamaño del terreno. No se manifiestan exigencia de diferencias constructivas para la situación de basamento y torre.
- BASAMENTO: Construcciones que pueden desarrollarse hasta los límites de los predios, siempre que no superen las alturas máximas que se determinan según el ancho de la vereda. (Ponte, 1987)
 - a. **Fundamentos:** el argumento fundamental es la seguridad en los sismos en los edificios altos, y al mismo tiempo la protección de los árboles.
 - b. **Aplicación:** la altura de basamento se toma con respecto a la cota de vereda, se considera como altura máxima a la de la cubierta de techo terminada. Si se supera la altura (que va de 4,50 metros para veredas menores a 3 metros; hasta los 12 metros de altura para veredas mayores a 8 metros), ésta debe estar inscrita en un ángulo de 45° cuyo vértice se encuentre en la línea de edificación.
 - c. **Consecuencias en la construcción:** gran innovación en lo morfológico debido al escalonamiento que se genera en los edificios.
- FACTORES DE OCUPACIÓN DEL SUELO.
 - a. **Fundamentos:** el **Factor de ocupación del suelo (F.O.S.)** es el porcentaje de la superficie útil de parcela que se puede ocupar con los usos establecidos; el resto se destina a espacios libres con tratamiento paisajístico. El objetivo es controlar la superficie de la parcela a ocupar por la edificación. El **Factor de ocupación total (F.O.T.)** es el cómputo de la superficie total edificable. El objetivo es controlar la superficie cubierta total edificable en la parcela
 - b. **Aplicación:** Se obtienen multiplicando el factor de ocupación por la superficie de la parcela. Se establece un F.O.S. y F.O.T. mínimo y un máximo para cada zona, en relación a la superficie de la parcela.

- c. **Consecuencias en la construcción:** El F.O.S. previene la ocupación continua o total de la parcela, y obliga a que queden espacios libres (patios). Con el F.O.T. quedan definidas zonas de alta, media y baja densidad.



Figura 4. Imágenes resultantes de la aplicación del Código de edificación (1970)

5. ESTUDIO DE CASOS

La selección de los casos de estudio se realiza mediante la observación y detección *in situ* de un perfil urbano ubicado dentro de la trama consolidada de la ciudad de Mendoza. Las edificaciones en altura manifiestan, según el año de su construcción, situaciones representativas a las normativas vigentes. A partir del relevamiento del perfil urbano se clasifican los edificios según su normativa vigente al momento de su construcción. Para el código actual se consideran las dos tipologías posibles: basamento y torre o torre retirada de las líneas colindantes.

a. Relevamiento del perfil urbano.

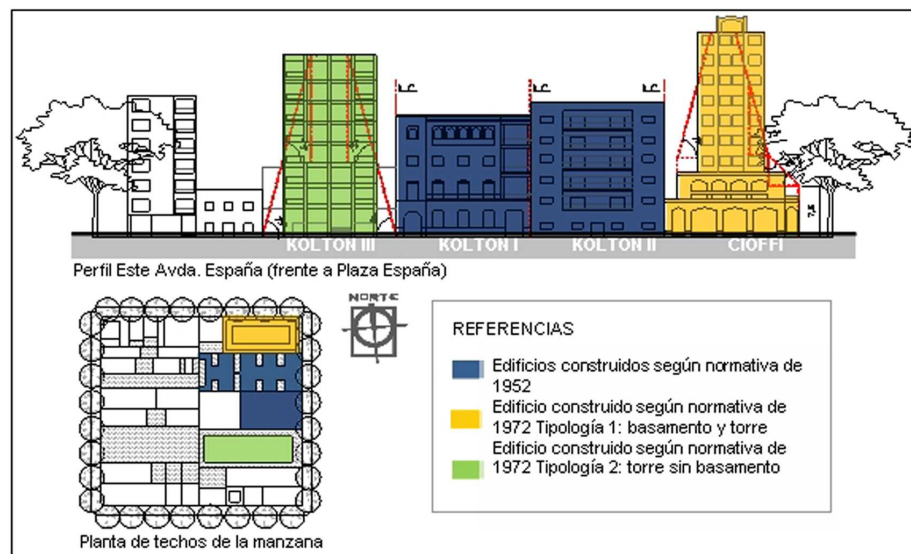


Figura 5. Casos de Estudio. Perfil Este Avda. España. Mendoza.

b. Clasificación de los edificios según la normativa vigente al momento de su construcción. Para el código actual se consideran las dos tipologías posibles: basamento y torre o torre.

En los casos estudiados se observa que los dos edificios más antiguos (Edificios Kolton I y II. Figura 5, en azul) se rigen por las modificaciones en el Reglamento General de Edificación en 1944. El edificio Kolton I, perteneciente a la década del 50, presenta una volumetría compacta al ras de la línea de edificación. Esto concuerda con la reglamentación de la época en donde se establece una altura mínima en los alzados de plazas y avenidas principales, para lograr la jerarquización de zonas. En la Plaza España la altura mínima es de 7m. El edificio analizado tiene 18m de altura y presenta características historicistas en su alzado. El edificio Kolton II, con 21 metros de altura, construido en los años 60', no llega a regirse por el código de edificación de 1972, y por lo tanto no presenta ningún tipo de retiros. Se observan en la planta de techos los dientes de los patios interiores, de impronta moderna, necesarios para dar luz y ventilación a los ambientes de un edificio de seis plantas y 51 metros de profundidad. El edificio Kolton III (Figura 5, en verde), perteneciente a la tipología en torre de la década del 80, presenta un retiro frontal de 5 metros, uno posterior de 6 metros y laterales de 3 metros. Cuenta con una altura de 29 metros

(ocho plantas). Por último, el edificio Cioffi (Figura 5, en amarillo), construido en el 2008 en la esquina noreste de la manzana analizada, consta de un basamento de 5.50 metros de altura en la línea de edificación que da al Norte y se separa 1.50 de la línea de edificación en la vereda este. Presenta un marcado escalonamiento en su volumetría, atendiendo a la necesidad de espacio para el correcto crecimiento de la arboleda urbana. En ambos edificios (Kolton III y Cioffi) se supera el estrato acondicionado por el arbolado urbano quedando las fachadas de las torres expuestas al clima desértico.

c. Evaluación del cumplimiento de las reglamentaciones correspondientes en cada caso de estudio.

Se observa que los edificios construidos según las reglamentaciones referidas a la morfología urbana de 1952 respetan lo normado con respecto a las alturas mínimas. Por el contrario las dos construcciones posteriores (Kolton III y Cioffi) no respetan completamente las exigencias de los retiros y alturas que regula el actual código de edificación. Los mismos constituyen excepciones a la normativa ya que la torre no queda inscrita en un ángulo vertical no mayor a 75° (Municipalidad de Mendoza, 1972-2002 Código de edificación). Estos son ejemplos de una práctica que se ha repetido en varias oportunidades: la excepción, dejando sin validez las restrictivas de altura en código de edificación que harían inviable la construcción de tantos pisos en terrenos tan pequeños.

d. Análisis de la envolvente de cada edificio en relación a la regulación ambiental de su materialización.

Se advierte que los edificios Kolton I, II y III presentan envolventes tradicionales con un porcentaje de elementos transparentes equivalentes al 10-15% en relación con los opacos, en las que se alternan balcones que actúan como parasoles horizontales para el piso inferior. No obstante se observan diversas protecciones solares verticales que complementan y completan el efecto de sombra de los balcones. En la Figura 6 se presentan las imágenes correspondientes a cada uno de los edificios identificados en el perfil de estudio. De izquierda a derecha el edificio Kolton III presenta protecciones verticales rígidas y corredizas. El edificio Kolton I, persianas de enrollar y el edificio Kolton II, toldos. Estas envolventes responden adecuadamente a las características del microclima de “ciudad-oasis” en los que la radiación incidente llega matizada por el efecto de la arboleda urbana. Si bien el edificio Kolton III, con tipología de torre, supera dicho estrato acondicionado, los recursos mencionados de regulación de la envolvente contribuyen a un funcionamiento adecuado de la misma. Sin embargo, no se visualizan diferencias arquitectónicas que atiendan a la radiación incidente de los pisos bajo los árboles y a la correspondiente a los pisos sobre los árboles.

Por el contrario, el edificio Cioffi, correspondiente a una estética contemporánea que valora el uso de elementos vidriados en la búsqueda de una imagen limpia y despojada, presenta un porcentaje superior de elementos vidriados en el orden del 30% y prescinde de toda protección solar en su torre. Dicha envolvente se encuentra expuesta en su mayoría por sobre el estrato acondicionado y sin posibilidades de responder mediante recursos arquitectónicos a las necesidades climáticas interiores. Por este motivo, en el punto 6, se evaluará la radiación incidente de este caso en comparación con la respuesta que se obtendría en las mismas circunstancias a partir de una envolvente tradicional.

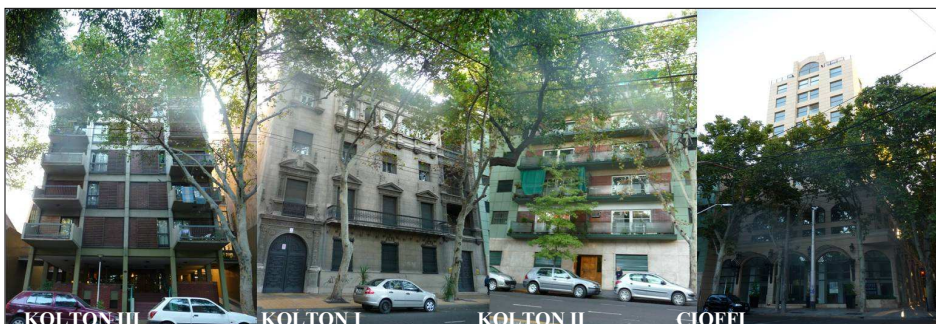
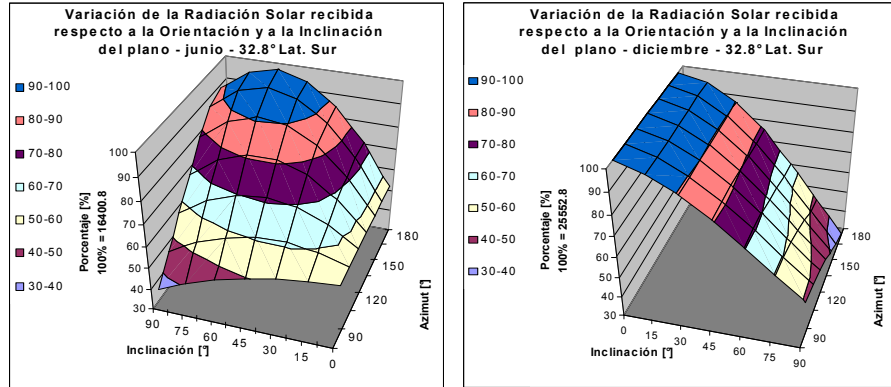


Figura 6. Imágenes fotográficas de los casos de estudio.

6. RADIACIÓN INCIDENTE EN FACHADAS EXPUESTAS SOBRE EL ESTRATO ACONDICIONADO.

El sol cambia de trayectoria permanentemente y es así como la energía incidente sobre fachadas de edificios de distinta orientación será distinta dependiendo de la época del año en que nos encontremos y de las condiciones del cielo (presencia de nubosidad) que pueda afectar a esa energía solar incidente.

La radiación solar incidente sobre fachadas de distinta orientación e inclinación, puede observarse en la Figura 7 para el caso del mes de Junio y en la Figura 8 para el caso del mes de Diciembre. Ambas están calculadas con la metodología de radiación solar sobre planos inclinados (Duffie and Beckman, 1991), para la Ciudad de Mendoza donde prevalecen condiciones de cielo claro durante la mayor parte del tiempo.



Figuras 7 y 8. Radiación solar incidente sobre fachadas de distinta orientación e inclinación para Invierno y verano. (Ganem, 2006)

Como se puede observar, la energía solar incidente en invierno en la fachada norte, es muy alta respecto de la energía solar incidente sobre el plano horizontal y varía muy poco del máximo que es el del plano inclinado 60° de la horizontal (100%). Esta razón hace que los sistemas pasivos se elijan colocarlos sobre la fachada Norte, y en este sentido tener un curtain wall sobre esta fachada beneficiará en invierno al ganar energía cuando realmente necesitamos calefacción. Los edificios en altura en la ciudad son edificios muy compactos. Por este motivo, a causa de las ganancias internas y de la ganancia solar directa, a veces se hace necesario utilizar los sistemas de enfriamiento en invierno. En estos casos, la ganancia a través del curtain wall significaría recargar estos sistemas.

En el mes de diciembre, la radiación solar incidente sobre las fachadas se indica en la Figura 8. Se puede observar que el techo (es decir, las superficies horizontales) es lo que mas gana calor durante el día, y las fachadas (correspondientes a una inclinación de 90°) tienen una ganancia respecto de aquél de sólo el 40%. Este valor parece poco, sin embargo, teniendo en cuenta los niveles de radiación solar máxima en este mes, (25552 kJ/m²) el 40% significa 10220 kJ/m² o lo que es lo mismo, 2440 kcal/m² por día. Si suponemos que esta energía debe extraerse en 10 hrs en la que llega la mayor parte de la radiación solar, esto está representando 0.081 Toneladas de refrigeración/m².

En el caso del Edificio Cioffi, si bien las fachadas combinan elementos opacos y transparentes, estos últimos tienen dimensiones a considerar. Las fachadas vidriadas correspondientes a la torre conforman el 30 % de la envolvente y tienen una superficie aproximada de 500 metros. Esto equivale a una potencia adicional de refrigeración de 40Tn. Se debe tener en cuenta que una fachada opaca energéticamente eficiente, con un 10 a 15% de vidriado, ganaría una energía tal que sería necesario incrementar el equipo solamente en 6 Tn de refrigeración y en su utilización diaria también se beneficiaría el medio ambiente al reducir el impacto de la operación del equipo.

Otro punto a tener en cuenta, es que sobre la fachada tradicional normalmente se utilizan aleros y controles solares evitando el sobrecalentamiento de los espacios interiores y siendo posible la eliminación del consumo de refrigeración (equivalente a 40Tn). En el caso de los edificios que incorporan mucha proporción de elementos vidriados a su envolvente, los mismos además evitan el uso de dichos elementos de protección con el propósito de mantener una imagen de transparencia. La radiación incidente se ve moderada sólo bajo la copa de los árboles por el efecto de sombra que se produce en el estrato acondicionado.

CONCLUSIONES

El desarrollo de los edificios en altura en la ciudad de Mendoza no se reguló desde las primeras normativas, debido a un evidente interés en el crecimiento de la ciudad, con la intención además de jerarquizar avenidas y plazas. Sin embargo, a medida que se fue tomando conciencia de sus implicancias, desde el punto de vista sísmico en un principio y después ambiental, se ajustaron y modificaron las reglamentaciones, hasta llegar al actual código de edificación. Este último contempla dos tipologías edilicias: la de basamento y torre y la de torre, cada una en relación con los retiros que se adopten. Dichas morfologías se han regulado previendo un adecuado desarrollo del arbolado urbano propio de esta "ciudad – oasis". Sin embargo, en muchas ocasiones, las reglamentaciones no se cumplen debido a que existe la posibilidad de que los edificios se aprueben por vía de excepción municipal, como es el caso de los edificios estudiados en el perfil correspondiente a la Avenida España.

Respetar lo establecido por el código de edificación permite controlar las alturas máximas de los edificios haciendo inviable la construcción de alturas que superen el estrato acondicionado particular de la ciudad en terrenos pequeños correspondientes a la mayoría de los lotes de la trama consolidada.

A través del estudio de casos del perfil urbano se observa que los edificios construidos según la normativa de 1952 y el edificio de tipología en torre sin basamento correspondiente a 1972, presentan en su envolvente protecciones solares de distinta índole que responden adecuadamente a las características del microclima de “ciudad-oasis”, pudiendo ser nula la potencia necesaria de refrigeración. Sin embargo el edificio construido en el año 2008 (Cioffi) que presenta una envolvente con una proporción elevada de elementos transparentes (30%) no cuenta con dichas protecciones. A partir de aquí los resultados obtenidos en cuanto a la radiación incidente en fachadas expuestas sobre el estrato acondicionado demuestran que, este último, requiere de una potencia de refrigeración muy superior a los edificios restantes (Kolton I, II y III), que presentan envolventes más opacas (10 a 15% de elementos transparentes).

En base a esto y en vistas de la próxima revisión del código, que permitiría alturas mayores restringiendo los retiros posteriores y disminuyendo los frontales en pos de un mayor corazón de manzana, se deberían exigir envolventes diferenciadas que respondan tanto a la orientación como a las condicionantes particulares que presenta su entorno mediato (bajo y sobre la copa de los árboles): En el caso de la parte inferior o basamento del edificio, protegida por el verde; se deberá resolver la envolvente en relación con la moderación micro climática exterior, proporcionada por la vegetación. Y, en la parte superior o torre, se deberá responder a las exigencias de gran amplitud térmica características del clima desértico propio de la región.

Todas estas medidas pueden disminuir significativamente los requerimientos energéticos de cada uno de los edificios que se diseñan, de tal modo que los consumos que serán inevitables estén reducidos al mínimo. De este modo el impacto ambiental del edificio se reduce también a un mínimo.

REFERENCIAS

- Cantón, M.A. et al. (2003) *Assessing the solar resource in forested urban environments*. Architectural Science Review 24.
- Correa, E. N.; Martínez C.; Córca M. L. Cantón M. A; Pattini A.; Lesino G. (2007) *Impacto sobre la visión de cielo de las distintas densidades edilicias forestadas. Evaluación a partir de imágenes hemisféricas*. ENCAC - ELACAC 2007 XII.Ouro Preto, Minas Gerais – Brazil.
- Duffie and Beckman, (1991). *Solar Thermal of Engineering Process*. Ed. Wiley. Reino Unido.
- Esteves, A. y Ganem, C. (2003) *Solar evaluation of passive curtain wall technology in hot summer climates*. Renewable Energy. Sovereign Publications. Reino Unido.
- Ganem, C. (2006) *Rehabilitación ambiental de la envolvente de viviendas. El caso de Mendoza*. Tesis Doctoral. ETSAB-UPC. Barcelona, España.
- Municipalidad de Mendoza (1972-2002) *Código de edificación de la ciudad de Mendoza*. Mendoza, Argentina.
- Ponte, R. (1987 - Ed. 2008.) *Mendoza. Aquella ciudad de barro*. Mendoza: Municipalidad de Capital. Mendoza, Argentina.
- Vidriería Argentina S.A. - VASA (2008) www.vasa.com.ar Buenos Aires, Argentina.

ABSTRACT:

The objective of this work is to analyze the architectural evolution and the environmental response of tall buildings constructed in Mendoza by studying how norms have influenced their morphology. A programme based on solar radiation on tilt surfaces methodology (Duffie and Beckman, 1991) was applied. This has served to know incident solar radiation on each façade with different orientation. Taking into the amount of glazed envelope, solar radiation that reaches the interiors of the buildings was calculated as well as its impact on refrigeration systems. Results show that buildings with glazed envelope that also do not use architectural resources of solar protection, need a bigger refrigeration energy than constructions with more opaque envelopes. In the case studied, the refrigeration potency results in 40Tons.

Key words: tall buildings, “oasis cities”, glazed surfaces.