

LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LA ALTA DENSIDAD EDILICIA EN CIUDADES DE TRAMA ORTOGONAL

Néstor A. Mesa – amesa@mendoza-conicet.gov.ar

Mariela Arboit – marboit@mendoza-conicet.gov.ar

Ma. Marta Herrera – mherrera@mendoza-conicet.gov.ar

Carlos de Rosa – cdrosa@mendoza-conicet.gov.ar

Instituto de Ciencias Humanas Sociales y Ambientales INCIHUSA

CCT Mendoza, CONICET, Argentina

Resumen. Apuntando al desarrollo urbano sustentable, la eficiencia energética del sector edilicio, asociada a las pautas del diseño bioclimático, constituyen uno de los aspectos más significativos para lograr el objetivo buscado y su consideración debe ser prioritaria en toda situación en que exista un alto potencial de sustitución de los recursos energéticos de origen fósil por fuentes renovables.

No es fácil encontrar en nuestro planeta áreas en las cuales los requerimientos de climatización sólo tengan que afrontar problemas de calentamiento o sólo de enfriamiento. Esto implica el reconocimiento de que el problema más importante es la alternancia de estrategias, dificultad que no puede ser resuelta sólo con la simple yuxtaposición de dispositivos.

Para que el aprovechamiento de la energía solar a nivel urbano sea factible, se debe proteger la disponibilidad de la radiación incidente sobre los edificios, incorporando el acceso al sol en las normativas urbanas, formando parte de la planificación global, compatibilizando los niveles de acceso al sol requeridos con la densidad urbana, y considerando el tamaño de los lotes o parcelas, las orientaciones de las calles y de los edificios.

La energía solar ya está siendo utilizada en medios urbanos en placas colectoras para calentamiento de agua, que en la mayoría de los casos no cuenta con una protección legal expresa, y el goce del beneficio de la radiación, puede perderse en cualquier momento. Otro aspecto a considerar es el uso eficiente de la energía que ingresa al sistema, esto implica en estudio de las formas y las tecnologías utilizadas.

Considerando la importancia del potencial aprovechamiento del recurso solar y la conservación, este estudio examina cómo la densificación urbana incide sobre la eficiencia energética edilicia, en una ciudad de estructura de trama ortogonal hispana.

Palabras-clave: Eficiencia Energética, Alta Densidad Edilicia

1. INTRODUCCIÓN

Con la creciente urbanización del mundo, las ciudades están aumentando en número, población y complejidad. En la actualidad, el 2% de la superficie terrestre está cubierta por ciudades y la gente que vive en ellas requiere de más del 75% del total de los recursos consumidos. La «huella ecológica» de las ciudades es muchas veces mayor que las áreas que ocupan físicamente (Rees, 1996, 1999).

Aspectos económicos, sociales y ambientales, dictan que las ciudades deben ser más concentradas, lo que hace necesario aumentar su densidad para dar cabida a más habitantes. La realidad de la urbanización actual induce a densificar los asentamientos consolidados sin medir las consecuencias de esto. Hoy, el desafío de muchas ciudades es quebrar esta tendencia, pudiendo alojar a un gran número de las personas, limitando el impacto realizado sobre el medio ambiente natural.

Los edificios son importantes usuarios de energía y materiales y la conservación de energía en los mismos, juega un papel importante en la sostenibilidad del medio ambiente urbano. Una ardua tarea hoy en día es diseñar y promover edificios energéticos y ambientalmente eficientes. La arquitectura de “bajo consumo” ha sido propuesta e investigada en diferentes lugares del mundo, existen guías de diseño y manuales para la promoción de la eficiencia energética en edificios (CIBSE, 1998; FSEC, 1984; Watson, 1993). Sin embargo, en la actualidad, la información disponible es difícil de implementar en zonas densamente pobladas, dadas las limitaciones morfológicas que las mismas presentan. La alta densidad, debido muchas veces a la limitación de espacio, requiere un cuidado especial a la hora de la toma de decisiones referidas a la planificación, la coordinación de los sistemas energéticos, la integración de los distintos elementos arquitectónicos y la utilización del suelo.

Evaluar las características del desarrollo de construcciones de alta densidad y los principales factores que repercuten en su eficiencia energética, proporcionan información fundamental para entender las limitaciones y requerimiento de diseño de los mismos.

La eficiencia energética tiene como objetivo general, reducir al mínimo la cantidad de energía externa que requiera la edificación, logrando condiciones internas óptimas de habitabilidad. Como el consumo de energía en los edificios depende de diversos factores, no es fácil determinar con precisión el nivel de eficiencia, que puede exigirse a una estructura edilicia consolidada.

Sin embargo, se cree que el “edificio eficiente” se puede lograr a través de buenas estrategias de diseño y el uso eficaz de las tecnologías constructivas (Todesco, 1996). Es mas, en un caso ideal, los edificios pueden llegar a actuar como productores en lugar de consumidores de energía.

1.2 La edificación urbana y la eficiencia energética

La producción edilicia del último siglo, se ha caracterizado por la creciente dependencia, para alcanzar niveles termo-lumínicos adecuados, de la utilización de equipos acondicionadores y el consecuente consumo de energía convencional, ignorando el eventual agotamiento de los recursos energéticos no-renovables y el deterioro ambiental que produce la combustión de los mismos.

Dentro del sector edilicio, los componentes residencial y terciario continúan desarrollándose dentro de lineamientos claramente no sustentables, contribuyendo en una medida importante al deterioro ambiental global a través de la emisión de gases de “efecto invernadero”. En el camino hacia la sustentabilidad urbano edilicia, existe la necesidad de revisiones de diseño y técnicas constructivas para lograr edificios que funcionen de manera eficiente, cubriendo los requerimientos de confort térmico, lumínico y acústico.

El diseño bioclimático es una alternativa de cambio para lograr edificios confortables, que al interactuar con el clima, tomen ventaja de él para lograr el bienestar térmico de sus ocupantes, funcionando como sistemas termodinámicos eficientes con el mínimo consumo de energía.

La eficiencia del sistema edilicio urbano (consumo útil/energía neta) presenta valores cercanos al 55%, esto significa que casi la mitad de la energía utilizada se pierde, dando muestras concretas de la importancia del aporte del sector a la contaminación de aire de la ciudad. Estos resultados son relevantes en cuanto a la necesidad de implementar medidas correctivas. Cambiar la tendencia actual, implica lograr edificios de alta eficiencia mejorando la habitabilidad y con ella, la calidad de vida de sus habitantes.

El incremento progresivo de los precios energéticos, la disminución de las reservas de recursos naturales y la creciente demanda mundial, agudizan la necesidad del sector de la construcción de buscar soluciones e ideas reducir el consumo de los mismos. La eficiencia energética en la nueva construcción y el saneamiento energético de los edificios ya existentes son temas sobre los que es necesario tomar acciones urgentes.

Para el caso de Argentina, del total de los recursos energéticos consumidos casi el 28% corresponde al sector edilicio residencial, de ese total el gas es el combustible más utilizado para la calefacción, correspondiéndole al sector, el 22.4% del total del consumo de Gas Natural Distribuido por red.

Evaluar la cantidad e intensidad de energía solar disponible, y la potencial utilización de la misma para calefaccionar agua de uso sanitario y los espacios interiores de los edificios, es una meta alcanzable que puede brindar importantes ahorros referidos al consumo de dicha fuente energética.

La disponibilidad del recurso solar dentro de la estructura edilicia consolidada, depende esencialmente de las características morfológicas de cada entorno. Con lo cual su consideración dentro de la planificación urbana es de fundamental importancia, para que en épocas futuras la utilización del recurso, no se vea limitada por la estructura ya existente.

Una amplia gama de soluciones de diseño y tecnológicas están disponibles para reducir en forma rápida y sustancial el consumo energético. Ya se pueden encontrar calentadores solares de agua y celdas solares en los techos de edificios públicos y privados. Pero para que esto sea perdurable el acceso a la luz del sol es la base imprescindible para que su aprovechamiento sea eficiente.

2. CASO DE ESTUDIO

El Área Metropolitana de Mendoza, (AMM) un conglomerado urbano de aproximadamente un millón de habitantes, se encuentra situada en la zona árida del piedemonte andino, en el borde oeste del Oasis Norte de la provincia homónima, en la República Argentina. Estructuralmente, es el resultado de un proceso histórico de conurbación de una ciudad central, (Mendoza, Capital) y de cinco municipios circundantes (Las Heras, Guaymallén, Godoy Cruz, Maipú y Luján). Actualmente, existen entre los mismos interrelaciones físicas (definidas por la continuidad del medio construido) y funcionales (flujos de personas, transporte, recursos, bienes y servicios), que hacen imposible, en la práctica, diferenciar los límites entre municipios. Esta situación político-administrativa, por otra parte, contribuye a una notoria ausencia de planificación estratégica del desarrollo integral del conjunto (figura 1).

En el año 1998 se desarrolló el Proyecto OASIS ARG/95/G31, coordinado por la Secretaría de Ciencia y Tecnología de Argentina con la financiación del Fondo Mundial del Medio Ambiente, dirigido al análisis de la información disponible (ambiental, económica y social) relativa a la región cuyana, entre los paralelos 29° y 36° Sur, y sobre la base de posibles escenarios futuros, buscar definir las acciones que deberían adoptar los gobiernos provinciales, para que el desarrollo de las actividades en los oasis pedemontanos prosiga de manera sostenible.

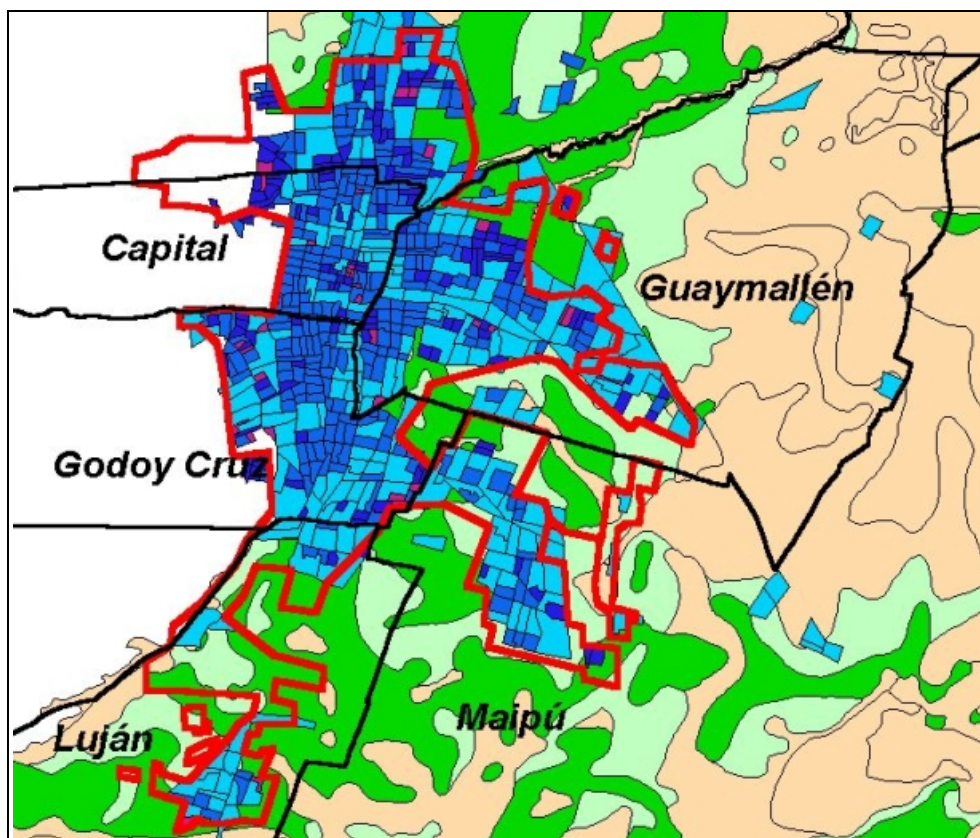


Figura 1: Conformación administrativa del AMM

Los resultados de este estudio, demostraron la gravedad del problema en lo concerniente a la disponibilidad de agua en los ríos de deshielo cordilleranos, que posibilitan el desarrollo de los Oasis del Centro - Oeste, esencial en la vida y el desarrollo económico de ésta región.

Como lineamientos básicos propuestos para mitigar este proceso, el estudio propuso dentro del sector edilicio, la "adopción de tecnologías destinadas, por un lado, a reducir el consumo de energía por los equipos (sistemas de calefacción y refrigeración, alumbrado, equipo de oficina)"; y por el otro, a "reducir las pérdidas de energía de calefacción y refrigeración mediante mejoras en la integridad térmica de los edificios" (IPCC Working Group II, 1998).

Una alternativa que cuenta la región para hacer frente a los requerimientos energéticos (en el 70% de las horas del año se requiere de calefacción) es la energía solar, contando como recurso latente a ser explotado de 16.5 a 20 MJ/m² promedio diario en época invernal.

Esto hace imprescindible conocer el comportamiento del parque edilicio, en lo referente a la conservación de energía y el acceso a los recursos energéticos renovables, para poder planificar alternativas futuras en vías de un crecimiento urbano dentro de un marco de máxima sustentabilidad energético-ambiental compatible con la actual morfología urbana.

2.1 Tendencias de crecimiento del AMM

El AMM se ha convertido en un foco económico de atracción regional de ahí que la tendencia sea que la ciudad, siga creciendo. El aumento de población obliga a la expansión en muchos casos incontrolada de la mancha urbana. Este crecimiento casi anárquico, en muchos casos es demasiado rápido, y ha superado los tiempos de los medios planificadores, trayendo aparejado una acentuada pérdida de la calidad de vida de muchos sectores. Comparando el AMM con otras ciudades de similar escala, su desarrollo se ha dado casi esencialmente en el sentido horizontal, hecho que para el caso particular analizado, genera grandes problemas, al ser las tierras invadidas por la urbe, áreas productivas del oasis. Considerando las restricciones físicas y ambientales de la zona, esto es de vital importancia.

La ciudad en la actualidad tiene una densidad promedio de 100 habitantes por hectárea, presentando una distribución homogénea de las construcciones, con una notoria preferencia de las personas de habitar en viviendas individuales. El patrón espacial resultante, está caracterizado por construcciones de baja densidad, induciendo esto, dado el mayor territorio requerido, al aumento de las longitudes del traslado, a la congestión en los accesos al centro comercial-administrativo, y al mayor consumo de combustible. Para evitar el deterioro creciente, se deben reevaluar las estrategias de crecimiento, siendo la densificación urbana una alternativa a considerar para dar respuesta a la continua demanda de vivienda.

2.2 La alta densidad edilicia como alternativa de crecimiento

Para controlar el crecimiento urbano en una determinada superficie de tierra limitada, considerar la alternativa del aumento de la densidad edilicia es inevitable. En lugar de ampliar la frontera, las ciudades a menudo responden a la presión del desarrollo mediante el aumento de la densidad urbana. El resultado de esto se refleja en la creación de entornos urbanos compactos de gran altura. Los efectos de este proceso sobre la demanda total de energía de una ciudad son complejos y contradictorios. Los patrones de uso altamente concentrados pueden significar beneficios para la distribución de energía y sistema de transporte, pero pueden producir condiciones de hacinamiento y congestión indeseables (Givoni, 1998).

Tong y Wong (1997) han estudiado las ventajas de una alta densidad, con usos del suelo mixtos en el desarrollo urbano lineal en Hong Kong; los mismos identifican como un factor fundamental, a la accesibilidad directa para los residentes, a través de un sistema de transporte público eficiente.

Burchell y Listokin (1982) han evaluado la incidencia sobre la eficiencia energética de la compacidad urbana y sintetizan las ventajas en las siguientes razones. Los patrones de desarrollo compacto reducen la demanda de infraestructura y a medida que aumenta la densidad de población, las opciones de transporte se multiplican y se reduce la dependencia de los automóviles privados. El consumo per cápita de combustible es mucho menor en las zonas densamente pobladas dada la disminución de las trayectorias.

Desde otro punto de análisis, la densidad urbana es un factor importante que determina las condiciones de ventilación, así como de temperatura urbana (Givoni, 1998). Bajo determinadas circunstancias, un área urbana de alta densidad puede experimentar mala ventilación y el impacto del denominado "efecto isla de calor". Esto llevaría a un alto nivel de estrés térmico de los habitantes y, a la necesaria utilización en los edificios de equipos de aire acondicionado. Sin embargo, esto puede revertirse con la inserción de edificios altos y bajos, obteniendo mejores condiciones de ventilación que un área con baja densidad.

Dadas las limitaciones de espacio entre los edificios, si no existe la planificación adecuada, la energía requerida para la iluminación y climatización interior de los ambientes puede incrementarse y la utilización de sistemas de energía solar será muy limitada.

En general, los modelos urbanos de alta densidad exigen un diseño más cuidadoso con el fin de maximizar la eficiencia energética y cumplir además con otros requisitos sociales y de desarrollo. Un diseño de bajo consumo de energía no puede ser considerado de forma aislada, es necesario trabajar en armonía con otros objetivos medioambientales. La calidad de vida se ha convertido en una cuestión crítica en muchas zonas urbanas, lo que hace imprescindible evaluar cada acción en forma integral.

3. EVALUACIÓN LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LA ALTA DENSIDAD EDILICIA

Para poder determinar la eficiencia energética de las áreas de alta densidad de la zona evaluada, el análisis se centró en dos lineamientos esenciales: la evaluación de la disponibilidad de captación del recurso solar, y la cuantificación del comportamiento térmico edilicio en base a la estrategia de conservación de la energía por la disminución de pérdidas asociadas a la envolvente.

3.1 Cálculo de la energía solar potencialmente disponible en áreas de alta densidad edilicia.

El aporte de la energía solar como alternativa energética, se esta desarrollando esencialmente a nivel urbano dentro de dos líneas, la primera es consideran el aporte solar indirecto a través de sistemas de calefacción de agua o de generación de electricidad por sistemas fotovoltaicos, y la segunda a través del aporte directo de la radiación a los espacios habitables de les edificaciones. Si bien, en el AMM el recurso solar es abundante, no existen en la actualidad normativas específicas que promuevan la utilización de esta energía en la edilicia urbana, en forma directa o indirecta, ni tampoco que promuevan que la estructura morfológica urbana, sea apta para la aplicación de una normativa futura en ese sentido.

Las particulares características de la estructura urbana, condicionan de manera significativa el acceso y la disponibilidad de recursos climáticos. Cuando se analiza la viabilidad de un diseño bioclimático en un edificio nuevo o en el reciclado de uno existente es necesario conocer el potencial solar disponible, además de las áreas colectoras potenciales, sobre todo en ámbitos urbanos de alta densidad, donde la incidencia de los volúmenes edilicios vecinos, sobre el acceso al sol es notable.

Con la intención de poder evaluar la potencialidad de la implementación en un futuro próximo de una normativa que contemple el aprovechamiento de las energías renovables en medio urbanos, y considerando la importancia del recurso solar existente, se emprendió la tarea de cuantificar las áreas potencialmente colectoras de techos y fachadas con orientación al Ecuador (áreas de mayor captación potencial del recurso solar), del parque edilicio existente, en relación a su estructura morfológica.

Se definieron como unidades de análisis a aquellas áreas del territorio (en este caso urbano), homogéneas con respecto a todos sus elementos, lo que supone un comportamiento similar en todos sus puntos para cualquier hipótesis de uso, de ahí la posibilidad de su adopción como unidad operativa.

A través de relevamientos in situ apoyados en el análisis de mapas y aerofotogrametría disponibles, quedaron delimitados los sectores de estudio, basándose en las características morfológicas de las unidades, como también las de su entorno construido.

Para esta etapa del estudio se seleccionaron dos tipologías edilicias de alta densidad presentes en el AMM. La primera corresponde a la inserción de edificios insertos dentro de la trama ortogonal consolidada, en manzanas subdivididas en propiedades independientes. El segundo caso, corresponde al desarrollo de un conjunto de edificios en altura, en una unidad catastral, con espacios de expansión de uso compartido entre los mismos (figuras 2 y 3).

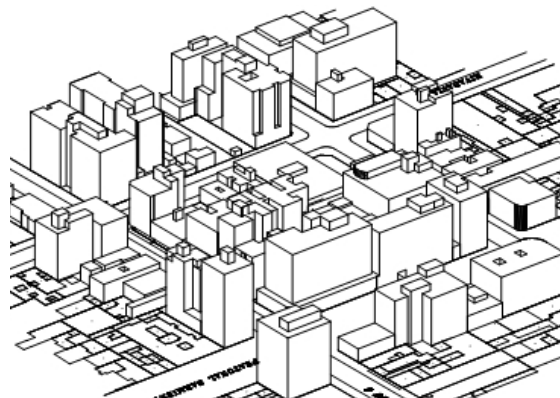


Figura 2: Zona centro, Departamento Mendoza Capital.

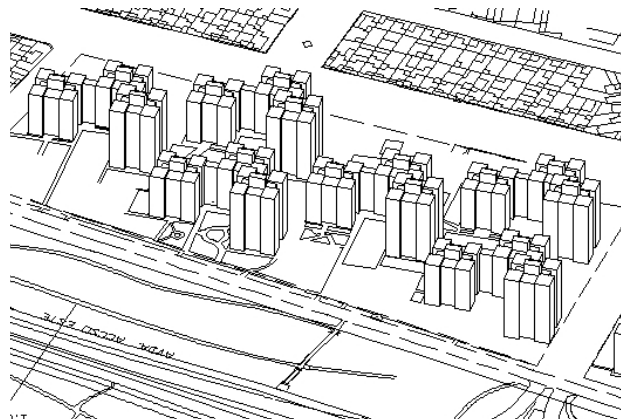
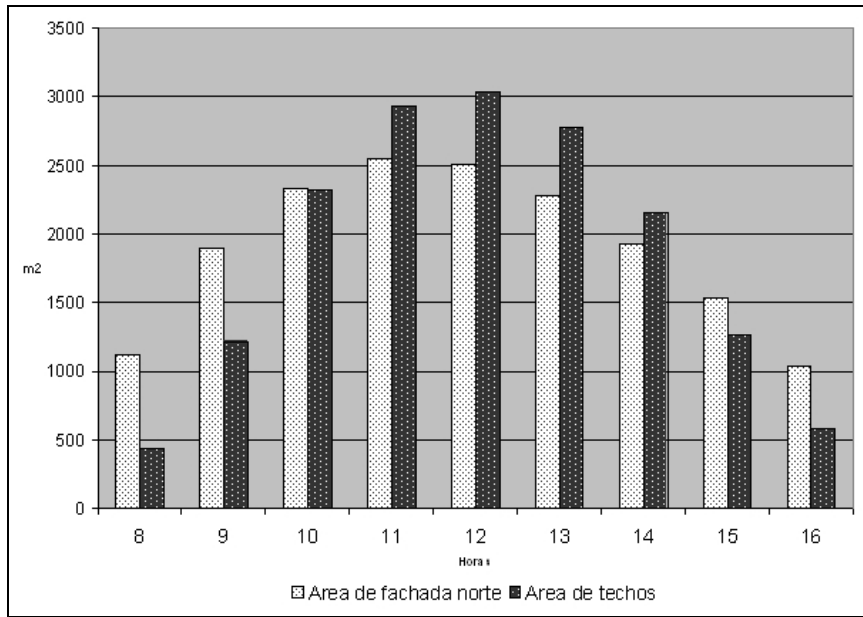


Figura 3: Barrio Unimev, Departamento Guaymallén.

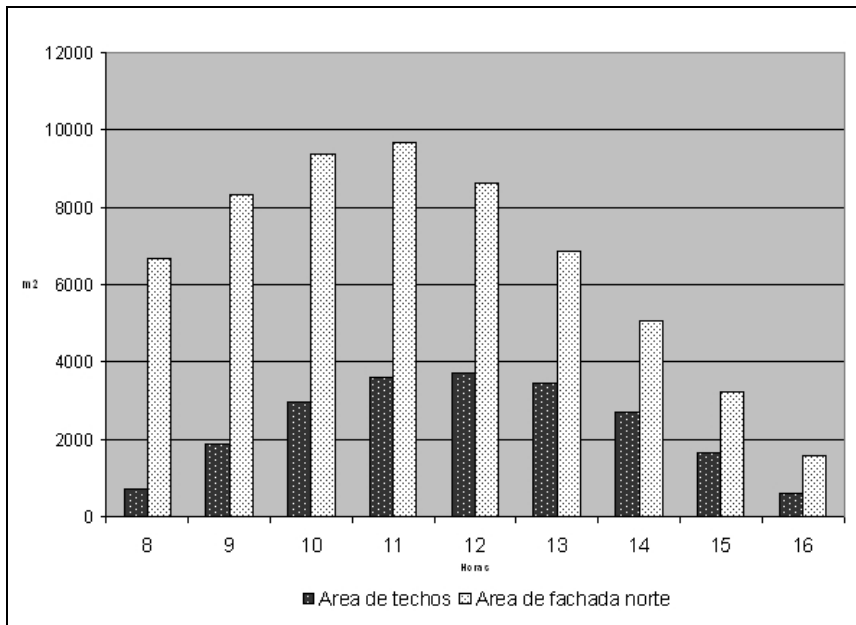
Una vez localizados los edificios, a través del método de proyección de sombras, se calcularon las áreas asoleadas, para los días 21 de los mes de mayor requerimiento energético para calefacción, para las cinco horas centrales del día de 9.30 a 14.30 horas.

El análisis de los distintos casos de estudio representativos dentro de la trama urbana, permitió categorizar las manzanas del AMM, en relación a la energía potencialmente disponible, y así determinar cuanto del total requerido para el calentamiento de agua y de los espacios interiores, puede ser provista por el sol, en miras de una planificación orientada al máximo aprovechamiento de dicho recurso.

Los resultados obtenidos permitieron organizar los datos en gráficas características de relación entre las áreas potencialmente colectoras de fachadas norte y techos para cada grupo seleccionado (figura 4). Se verificó en las áreas dentro de la cuadrícula, que la relación entre el área de techos y el área de fachadas con orientación norte, es inversamente proporcional a la densidad volumétrica, es decir si la densidad aumenta, la relación disminuye, tendiendo al equilibrio. En casi todos los casos, es notorio el predominio de las superficies de techos por sobre la superficie de fachada norte. El único caso en que se invierte esta relación es el Barrio Unimev, que al no estar inserto dentro de la trama urbana ortogonal, permite la libre localización y la aparición de áreas verdes entre los edificios en torre, disminuye notablemente la obstrucción producida entre los distintos volúmenes, característica que condiciona notablemente a los casos evaluados dentro de la trama en cuadrícula.



Zona centro, Departamento Capital



Barrio Unimev, Departamento Guaymallén

Figura 4: Cálculo de área potencialmente colectoras de un día de análisis.

Cálculo de la energía potencialmente disponible. Los valores totales de las áreas potencialmente colectoras, se relacionaron con los registros correspondientes a la radiación horaria para un día de análisis, para poder estimar la energía potencial disponible (en Mj), que se podría obtener en cada caso.

Los valores de radiación se afectaron por un factor del 33%, considerando la eficiencia de los sistemas de calefacción por ganancia directa.

Para poder obtener una correlación directa del potencial de producción, los valores de radiación captada total diaria, se transformaron a su equivalente en metros cúbicos de gas (8300 Kcal/m³), obteniendo finalmente una correlación entre los metros cúbicos de gas potencialmente disponibles por familia en cada caso de análisis.

Los valores obtenidos fueron comparados con el consumo diario promedio para el mes de análisis (Junio) de una familia tipo (4,5 m³ de gas/día), y puede observarse que en los casos analizados se podrían cubrir con mas de la mitad de necesidades de energía utilizada para la calefacción en un día claro de invierno, y el 80% de los requerimientos de calentamiento de agua para uso sanitario (tabla 1).

Tabla 1. Relación entre la energía potencialmente disponible por unidad de familia.

Tipología	Área potencialmente colectora (norte + techos) (m ²)	Captación de radiación total diaria (Mj)	Equivalencia a m ³ de gas por día	Número de familias en relación a los m ³ construidos	Energía potencialmente disponible por familia (m ³ gás)
Zona Centro Capital	33875	26787	1540	400	2
Barrio Unimev, Guaymallén	80606	29717	1310	691	3

De los resultados obtenidos se pudo determinar que en los entornos urbanos de alta densidad del AMM, la disponibilidad del libre acceso de las áreas potenciales colectoras, es baja y depende esencialmente de las obstrucciones producidas por los volúmenes próximos. Las normativas existentes en los Códigos Urbanos de Edificación (CUE), no apuntan a preservar la homogeneidad de estos sectores, dando como resultado en las área de trama ortogonal consolidada, zonas de morfología heterogénea con combinaciones de edificios de alta y de media densidad, lo que hace que las de proyecciones de sombras entre las construcciones, disminuya la eficiencia sobre los sistemas aplicados (figura 5).



Figura 5: Características morfológicas de zonas de alta densidad dentro de la trama consolidada del AMM

3.2 Evaluación del comportamiento térmico edilicio en base a la estrategia de conservación de la energía por la disminución de pérdidas asociadas a la envolvente.

La estrategia de conservación, dependen esencialmente del comportamiento de la envolvente del edificio, que es el vínculo entre el espacio interior y el clima natural exterior. Las características a analizar de la envolvente, se basan en cuestiones geométricas e involucran además aspectos tecnológicos referidos a los sistemas constructivos. Esto hace que intervengan gran cantidad de variables, y que alcanzar la mejor alternativa requiera de la integración del mayor número de ellas.

Teniendo en cuenta la interacción que existe entre los distintos edificios presentes en los sectores seleccionados, para el cálculo del comportamiento térmico y de los requerimientos energéticos, se consideró como escala mínima de análisis a la manzana urbana.

Los indicadores referidos a la morfología edilicia que se consideraron como referencia para la selección y clasificación de los casos de estudio fueron los siguientes:

- Factor de Ocupación del Suelo (FOS): relación entre la superficie construida en planta baja y la superficie del terreno.
- Factor de Ocupación Total (FOT): relación entre la superficie total construida y la superficie del terreno.
- Densidad volumétrica (DV): relación entre el volumen construido y la superficie del terreno.
- Factor de forma (FF): Relación entre el total de superficie de fachadas expuestas y el volumen construido.

Se establecieron las alternativas constructivas de las componentes de la envolvente, en base a los materiales que cumplieran con las exigencias mínimas establecidas por el código de edificación de la Ciudad de Mendoza (tabla 1).

Tabla 2: Características de las componentes constructivas de la envolvente

Componente	Descripción	Valor K dado en W/m ²
Techo	Losa maciza de H° A° (10 cm) con aislamiento de 10 cm de granulado volcánico	1.15
Muro	Ladrillo (16.5 cm), con dos caras revocadas	2.02
Ventanas	Marco metálico, simple vidrio y cortina interior	6.35

Dado que el parque edilicio de alta densidad del AMM, no presenta homogeneidad morfológica debido a que su evolución deviene de distintos códigos de construcción de los últimos 40 años, para poder evaluar la influencia de la aplicación plena de la normativa actual sobre el comportamiento energético de los edificios, se analizó la evolución posible de una manzana de alta densidad, que hasta la implementación del nuevo Código de Edificación pertenecía a una zona de baja densidad

Esto permitió evaluar un caso morfológicamente homogéneo, sobre el cual se realizaron variaciones evolutivas del mismo, considerando todas las relaciones posibles entre el FOS y el FOT, admitidos por la normativa actual.

En el análisis de implementación de estas variable evolutivas, se siguieron los lineamientos establecidos históricamente por el mercado inmobiliario, respecto a la unificación de lotes, para así lograr en cada caso, la máxima rentabilidad del suelo (mayor volumen construido).

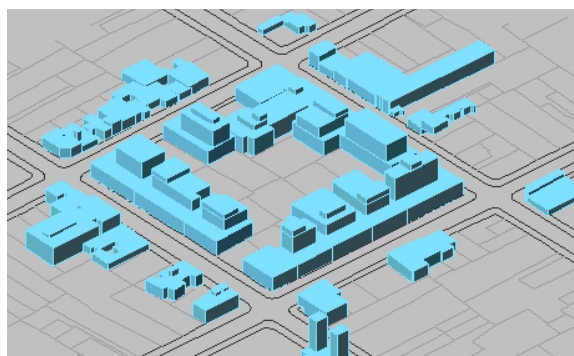
Bajo estas condiciones se tenía un banco de prueba, sobre el cual analizar la incidencia de la aplicación del actual Reglamento de Construcción sobre el comportamiento energético edilicio. Las distintas opciones teóricas de evolución analizadas son:

Caso 1: Ocupación mínima del suelo y mínima construcción, (FOS mínimo: 0,5, FOT mínimo: 1.67, volumen construido: 21086,03 m3)

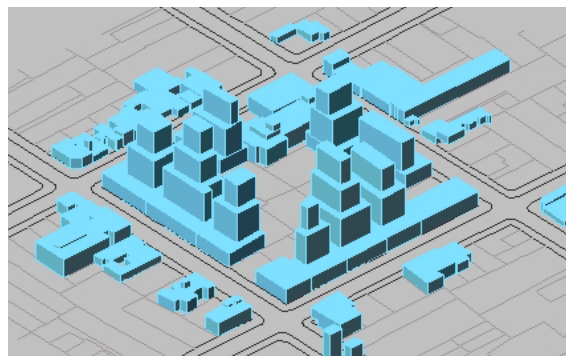
Caso 2: Ocupación mínima del suelo y máxima construcción, (FOS mínimo: 0,5, FOT máximo: 2,35, volumen construido: 47383,70 m3).

Caso 3: Ocupación intermedia del suelo y máxima construcción, (FOS intermedio: 0,85, FOT máximo: 3.85, volumen construido: 87139,91m3)

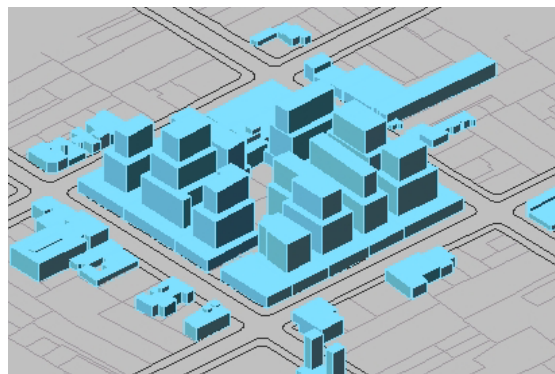
Caso 4: Ocupación máxima del suelo y máxima construcción, (FOS máximo: 1, FOT máximo: 4,82, volumen construido: 95230,88 m3) Figura 6.



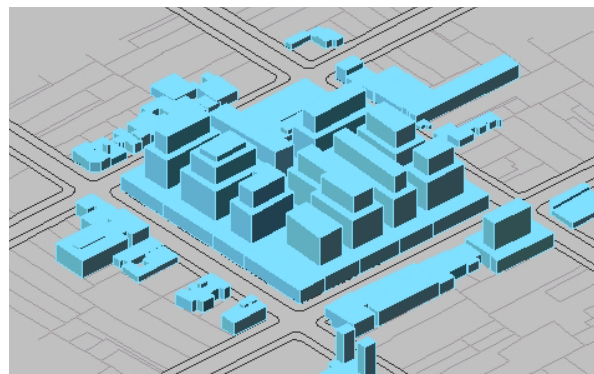
Caso 1



Caso 2



Caso 3



Caso 4

Figura 6: Distintos esquema evolutivos de la manzana evaluada

Resultados obtenidos. La relación entre la densidad volumétrica y el Factor de Forma (FF) de una manzana condiciona generalmente el comportamiento térmico de la misma. Al aumentar la densidad, los edificios son más compactos, con valores FF bajos. Esta relación se da a la inversa en la baja densidad, donde las viviendas generalmente se desarrollan en plantas abiertas.

En los valores obtenidos de correlación entre el FF y el FOT, de los cuatro casos evaluados, se mantiene constante la relación inversa entre ambas variables (figura 7).

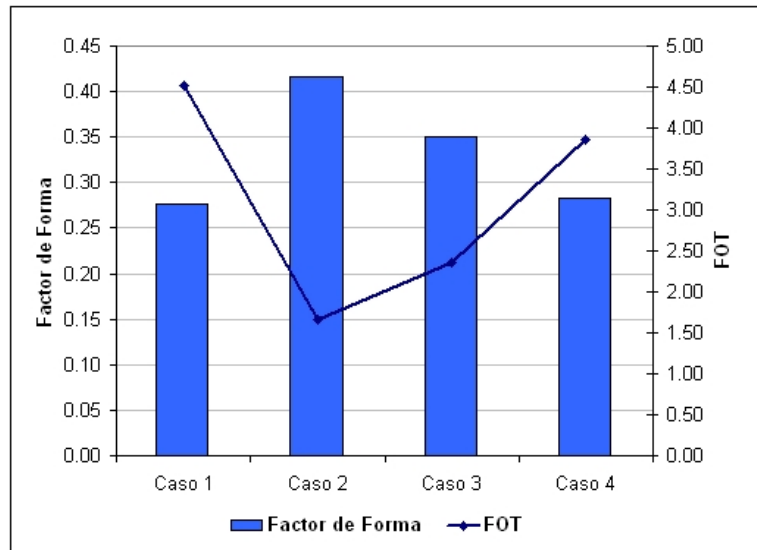


Figura 7: Correlación entre el Factor de Forma y el Factor de Ocupación Total (FOT).

En el cálculo de la Energía Auxiliar Requerida (Q), se repite el comportamiento reflejado por cada caso en el análisis del G. Las densidades más bajas son las que presentan mayores requerimientos de energía necesaria para calefaccionar los ambientes, por unidad de volumen construido.

En casi todos los casos de estudio el comportamiento es similar, la respuesta a la incidencia de la resistencia de los materiales de la envolvente es evidente, presentando las variaciones menores las bajas densidades, por poseer mayores valores de FF (figura 8).

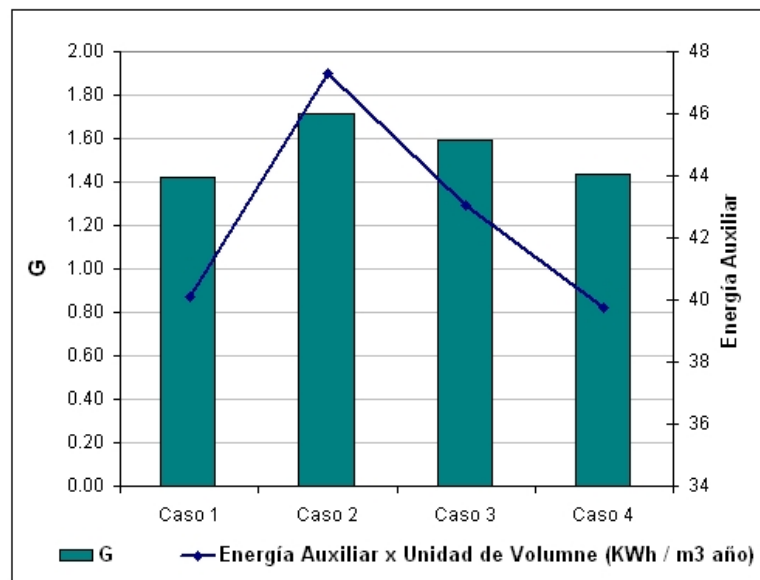


Figura 8: Correlación entre el Coeficiente Volumétrico de Pérdidas (G) y la Energía Auxiliar Requerida (Q), por unidad de volumen.

Al analizar los resultados del cálculo de la Fracción de Ahorro Solar (FAS), para las distintas alternativas de análisis, considerando el 20% de aventanamientos, los valores obtenidos son similares para todas las densidades analizadas (entre el 26 y 33%), con variaciones correspondientes a las componentes edilicias.

La correlación entre el Coeficiente Volumétrico de Pérdidas (G) y el Factor de Forma es directa, correspondiéndole, los mayores valores de pérdidas a las manzanas de baja densidad y a los componentes constructivos de requerimientos mínimos establecidos por el código de edificación.

Al igual que se da en el caso del G con el FF, existe una correlación directa entre la FAS y el Factor de Forma Solar (relación entre la superficie de fachadas orientadas al norte asoleadas y el volumen construido), cuanto mayor sea el área con incidencia de los rayos solares, mayor será el potencial porcentaje de ahorro (figura 9).

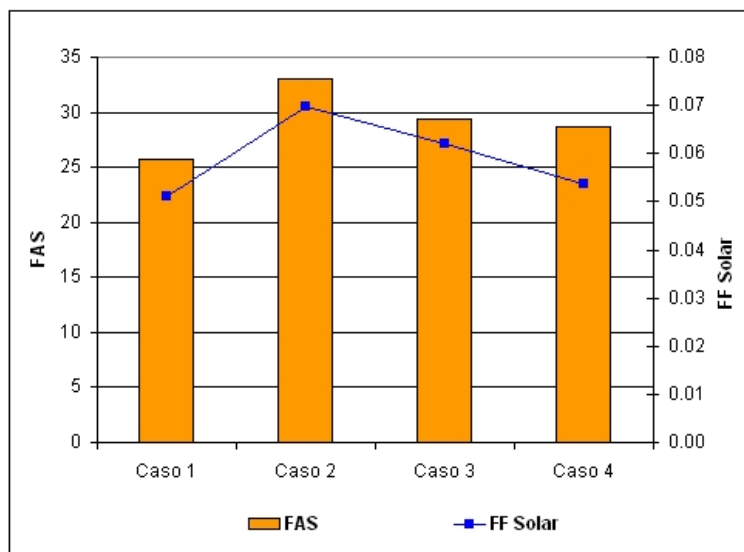


Figura 9: Relación entre la Fracción de Ahorro Solar, y el Factor de Forma Solar.

4. CONCLUSIONES

Apuntando al desarrollo urbano sustentable, la eficiencia energética del sector edilicio, constituye uno de los aspectos más significativos para lograr el objetivo buscado y su consideración debe ser prioritaria en toda situación en que exista un alto potencial de ahorro y sustitución de energéticos fósiles por fuentes renovables, accesible a través del control de las características del medio urbano.

Como se puede establecer luego de analizar los resultados del comportamiento termo-energético edilicio, las estrategias de conservación de energía y el aprovechamiento de la energía solar para calefacción a través de sistemas solares pasivos, se complementan perfectamente en un edificio implantado en un clima como el del AMM.

Es importante resaltar la influencia sobre el comportamiento térmico edilicio, de la buena orientación. Este aspecto no involucra ningún costo adicional, por lo que es fundamental tenerlo en cuenta desde la etapa de diseño, sobre todo en entornos de alta densidad como los ejemplos evaluados.

La conveniencia económica de la adopción de que estrategia o combinación de ambas dará el mejor resultado, dependerá de cada caso en particular. La implementación de las mismas implicará en algunos casos incurrir en una inversión adicional, que deberá ser confrontada con los ahorros energéticos potenciales a lo largo de su vida útil del edificio. Dichos ahorros pueden llegar a ser significativos considerando los valores obtenidos a través del análisis.

La opción de densificar las ciudades, es una alternativa viable para poder dar respuesta al requerimiento constante de crecimiento. Partiendo de la premisa de limitar la expansión, el esfuerzo deberá centrarse en la restauración de las zonas degradadas de la zona consolidada. La revitalización no deberá limitarse sólo a la renovación física sino considerar además los efectos sociales y económicos. La utilización de energías alternativas en todos los edificios, del AMM puede ser un planteo utópico, pero avances en el tema de potenciar distintas zonas como punto de inicio al cambio es una meta alcanzable a corto plazo. El reciclado energético de los edificios existentes a través del mejoramiento tecnológico puede ser gradual, lo que redundaría en importantes ahorros, sin grandes modificaciones de la estructura existente. La alternativa óptima, sería crear zonas para la utilización de la energía solar, en las cuales, desde los comienzos mismos del proceso edilicio, se impongan restricciones que favorezcan el aprovechamiento de la energía solar.

REFERENCIAS

- Beelaerts Van Blokland, 1982. Urban problems and policies in a spatial context. Habitat International Volume 6, Issue 3, 1982, pp. 395-401.
- Blum, W. E. H. 1988. Soil degradation caused by industrialization and urbanization. Advances in GeoEcology. 31: pp.755-766.
- Brehery, M. 1996. Centrist, Decentrists and Compromisers: Views on the future of Urban Form. The Compact City. E & FN Spon. Londres.
- Burchell, R. W.; Listokin, D. (eds.) 1982. Energy and Land Use, Center for Urban Policy Research, State University of New Jersey, New Jersey, USA.

- Camagni, R., Gibellib M., Rigamonti P. 2002. Urban mobility and urban form: the social and environmental costs of different patterns of urban expansion. *Ecological Economics*. Volume 40, Issue 2, February 2002, pp. 199-216
- Chakrabartya B. K., 1998. Urban Management and Optimizing Urban Development models Habitat International, Volume 22, Issue 4, December 1998, pp. 503-522. Ed. Elsevier Science Ltd
- CIBSE, 1998. Energy Efficiency in Buildings: CIBSE Guide, Chartered Institution of Building Services Engineers, London.
- Clarke, et al., 1998. Integrated modelling of low energy buildings, *Renewable Energy*, 15 (1998): pp.151-156.
- De Wildea, S., Van Den Dobbelsteen A. 2004. Space use optimization and sustainability—environmental comparison of international cases. *Journal of Environmental Management* Volume 73, Issue 2, pp.91-101.
- Deala, B., Schunk, D. 2004. Spatial dynamic modeling and urban land use transformation: a simulation approach to assessing the costs of urban sprawl. *Ecological Economics*. Volume 51, Issues 1-2, 1, pp. 79-95.
- FSEC, 1984. Principles of Low Energy Building Design in Warm, Humid Climates, Florida Solar Energy Center (FSEC), Cape Canaveral, Florida, USA.
- Givoni, B., 1994. Passive and Low Energy Cooling of Buildings, Van Nostrand Reinhold, New York.
- Givoni, B., 1998. Climate Considerations in Building and Urban Design, Van Nostrand Reinhold, New York.
- Hidding M., Teunissen A., 2002. Beyond fragmentation: new concepts for urban–rural development. *Landscape and Urban Planning* Volume 58, Issues 2-4, pp. 297-308.
- INDEC, 2001. Censo Nacional De Población, Hogares y Viviendas, D.E.I.E., Mendoza, 2001 (Resultados parciales).
- IPCC Working Group II, 1998. The Regional Impacts of Climate Change.
- Irwin, E., Bockstael N. 2004. Land use externalities, open space preservation, and urban sprawl. *Regional Science and Urban Economics*. Volume 34, Issue 6, pp. 705-725.
- Jenks, Mike, Elizabeth Burton; Katie Williams 1996. The Compact City: A Sustainable Urban Form? Oxford Brookes University, Oxford, U.K.
- Rees, W. E., 1999. The built environment and the ecosphere: a global perspective, *Building Research and Information*, 27 (4): pp. 206-220.
- Rees, W. E., 1996. Indicadores territoriales de sustentabilidad. *Ecología Política*, 12, 27-41. Ed. Icaria, Barcelona.
- Sarafidis, Y., et al., 1999. A regional planning approach for the promotion of renewable energies, *Renewable Energy*, 18 (3): pp. 317-330.
- Solecki W., Oliveri CH. 2004. Downscaling climate change scenarios in an urban land use change model. *Journal of Environmental Management*. Volume 72, Issues 1-2, pp. 105-115.
- Stewart, W. Lieberth, D. Larkin, K. 2004. Community identities as visions for landscape change. *Landscape and Urban Planning* Volume 69, Issues 2, pp. 3, 15
- Todesco, G., 1996. Super-efficient buildings: how low can you go?, *ASHRAE Journal*, 38 (12): pp. 35-40.
- Tong, C. O., Wong, S. C., 1997. Advantages of a high density, mixed land use, linear urban development, *Transportation*, 24 (3): 295-307.
- Torcellini, P. A., Hayter, S. J. and Judkoff, R., 1999. Low-energy building design – the process and a case study, *ASHRAE Transactions*, Vol. 101.
- Treloar, G., Fay, R. and Tucker S. (eds.), 1998. Proceedings of the Embodied Energy: the Current State of Play, seminar held at Deakin University, Woolstores Campus, Geelong.
- Watson, D. (Ed.), 1993. The Energy Design Handbook, American Institute of Architects Press, Washington, DC.
- Yuichiro, K., Cook, J. and Simos, Y. (eds.), 1991. Passive and Low Energy Architecture, Special Issue of *Process Architecture*, Tokyo, Japan, September.

Abstract. *Aiming at sustainable urban development, energy efficiency of the building sector, coupled with bioclimatic design patterns are one of the most significant aspects to achieve the objective sought and consideration should be given priority in any situation where there is a high potential for substitution of fossil energy by renewable sources.*

It is not easy to find on our planet areas where air conditioning requirements will face problems only heating or cooling only. This means recognizing that the most important problem is the alternation of strategies, difficulties can not be resolved only with the simple juxtaposition of devices.

For the use of solar energy at the urban level is feasible, it must protect the availability of radiation incident on the buildings, incorporating access to the sun in urban policy as part of the overall planning, combining access levels sun required with urban density, and considering the size of the lots or parcels, the orientations of the streets and buildings. Solar energy is already being used in urban environments in collector plates for heating water, which in most cases does not have an explicit legal protection, and enjoyment of the benefit of radiation, may be lost at any time. Another aspect to consider is the efficient use of energy entering the system; this implies the study of forms and technologies used.

Considering the potential importance of solar resource use and conservation, this study examines how urban densification impact on energy efficiency building complex, a city of Hispanic orthogonal structure.

Key words: *Energy Efficiency, High Building Density.*