ESTRATEGIAS PARA LA REDUCCIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL EN LOS NUEVOS DESARROLLOS URBANOS: EJEMPLO DE APLICACIÓN

EZEQUIEL USÓN GUARDIOLA

ACE: Architecture, City and Environment = Arquitectura, Ciudad y Entorno [en línea]. 2012, Año 7, núm. 19 Junio. P. 55-76

ISSN: [1886-4805](http://www.issn.org/1886-4805)

Website access: http://www-cpsv.upc.es/ace/Articles_n19/articles_pdf/ACE_19_SA_12.pdf

UPCommons Access: <http://hdl.handle.net/2099/12345>

ACE

Architecture, City, and Environment
Arquitectura, Ciudad y Entorno

C

STRATEGIES FOR REDUCING THE ENVIRONMENTAL IMPACT OF NEW URBAN DEVELOPMENT: CASE STUDY

Key words: sustainable urban development, Environmental impact, ecological footprint, bioclimatic design, case study.

Abstract

Assuming the challenge of sustainable urban development, as it was proposed for the first time in the 1987 Brundtland Report, carries with it the need to stop doing some unsustainable practices. The city growth over the last 150 years is a perfect example of one of our most destructive habits, especially during the period of the fifties beginning in the 1950, when consequently to global population growth, and post-war economic welfare, one extraordinary urban development took place across the planet.

From some theoretical contributions of different authors on the principles that the sustainable development of cities should be based, this article offers a catalog of simple and understandable strategies for reducing the environmental impact of new urban developments and presents its application in a practical example: the Sector Plan Cifuentes in Sabadell. Combining the density with bioclimatic design strategies such renewable energy and waste minimization is the appropriate way to reduce the ecological footprint and to achieve the goal of mitigating the carbon footprint of our cities.

ESTRATEGIAS PARA LA REDUCCIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL EN LOS NUEVOS DESARROLLOS URBANOS: EJEMPLO DE APLICACIÓN ¹

USÓN GUARDIOLA, Ezequiel ²

Remisión inicial: 27-06-2011

Remisión definitiva: 05-11-2011

Palabras Clave: desarrollo urbano sostenible, impacto ambiental, huella ecológica, Diseño bioclimático, caso de estudio.

Resumen

Asumir el reto del desarrollo urbano sostenible, conlleva la necesidad de acabar con algunas prácticas urbanas insostenibles. La manera como se ha producido el crecimiento urbano sobre el territorio en los últimos 150 años, es el ejemplo de uno de nuestros hábitos mas destructivos, sobre todo en el periodo que se inicia en los años cincuenta del pasado siglo, cuando ligada al crecimiento de la población mundial y la bonanza económica de la segunda posguerra se genera una extraordinaria expansión de la urbanización a lo largo y ancho de todo el planeta.

A partir de algunas aportaciones teóricas de distintos autores sobre los principios en que debe basarse el desarrollo sostenible de las ciudades, este artículo propone un catálogo de estrategias sencillo y comprensible para la reducción del impacto ambiental de los nuevos desarrollos urbanos y presenta su aplicación en un ejemplo práctico: El Plan del Sector Cifuentes de Sabadell.

Combinar la densidad con estrategias como el diseño bioclimático, la utilización de energías renovables y minimización de residuos, constituye la vía apropiada para la reducción de la huella ecológica y nos permite avanzar hacia el objetivo de la disminución de la huella de carbono de nuestras ciudades.

¹ Este artículo desarrolla con mucha mayor amplitud la ponencia presentada por mi y que ha sido publicada en el vol. 2 de los Proceedings del Congreso Internacional PLEA 2011, ARCHITECTURE AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT, 27th International Conference on Passive and Low Energy Architecture en Louvain-la Neuve (Julio 2011) con el título *Methodology for planning and designing eco neighborhoods*. (483 p.).

² **Ezequiel Usón Guardiola:** Profesor del Departamento de Proyectos Arquitectónicos ETSAB. Co-director del Master "Arquitectura y Sostenibilidad: Herramientas de Diseño y Técnicas de Control Ambiental" de la UPC. Barcelona, España. Email de contacto: ezequiel.uson@upc.edu

1. Introducción

El desarrollo sostenible, tal como fue formulado en 1987 en el informe de la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y desarrollo más conocido como informe Brundtland, se define como “.... *aquel capaz de satisfacer las necesidades presentes sin comprometer la posibilidad de que las futuras generaciones satisfagan sus propias necesidades...*”³ (WCED, 1987: 21).

Este objetivo que se basa en la gestión adecuada de los recursos, persigue la adopción de formas de desarrollo que hagan compatible la utilización de los recursos disponibles, con las posibilidades que tiene nuestro entorno ambiental de satisfacer las necesidades presentes y futuras, o sea dentro de los límites que permite la capacidad de soporte de los ecosistemas.

Este reto conlleva la necesidad de modificar nuestros hábitos de consumo, teniendo presente que los recursos de nuestro planeta no son ilimitados y nos obliga a adoptar un cambio de actitudes en nuestra sociedad, asumir una profunda transformación de nuestros valores básicos y abandonar algunas prácticas insostenibles, para así revertir nuestros hábitos destructivos del último milenio.

La forma como se ha producido el crecimiento urbano sobre el territorio en los últimos 150 años constituye uno de nuestros hábitos mas destructivos, sobre todo en el periodo que se inicia en los años cincuenta del pasado siglo, cuando se genera una extraordinaria expansión de la urbanización a lo largo y ancho de todo el planeta vinculada al crecimiento de la población mundial y la bonanza económica posterior a la segunda posguerra mundial.

En esta época en las ciudades europeas, se ha seguido mayoritariamente el modelo de crecimiento de *ciudad difusa* de raíz anglosajona; suburbios residenciales dispersos sobre el territorio, con centros comerciales y de ocio organizados en torno a nodos de transporte. Este es un modelo que consume muchos recursos (suelo, energía, agua etc.) que produce muchos desechos y que genera un impacto ambiental cada vez mayor sobre su entorno próximo y lejano.

En los países en vías de desarrollo los modelos de crecimiento urbano informal aunque tienen una huella ecológica menor, igualmente alimentan una dinámica destructiva de recursos y territorio.

Como consecuencia de este modelo, la dinámica del crecimiento urbano sigue siendo en estos momentos un proceso imparable que consume energía, recursos y territorio y es responsable de mas del 50% de las emisiones que producen el cambio climático global, por ello uno de los mayores retos que se presentan en la actualidad es el de modificar esta dinámica generando procesos de desarrollo urbano sostenible.

A partir de la premisa de que alcanzar la sostenibilidad de la ciudad también ha de constituir la finalidad prioritaria de cualquier planificación territorial y urbana, en los últimos años se han producido numerosas aportaciones de distintos autores que identifican los principales

³ Este informe se publicó con el título de “*Our Common Future*”, USA, Oxford University Press, 1987. 199 p.

problemas del crecimiento actual en las ciudades europeas, formulan los principios en que debe basarse su desarrollo sostenible y proponen estrategias de planificación para revertir este proceso.

En este artículo se recogen algunas de estas aportaciones y se presenta su aplicación práctica en el proyecto de un caso real (La planificación urbana del sector Cifuentes en Sabadell).

2. El proceso de urbanización y su impacto ambiental

El impacto ambiental del proceso de urbanización tal como fue formulado por Paul Ehrlich (1968), la conocida formula IPAT, es el resultado del producto de tres factores: Población, consumo y tecnología.

Estos tres factores coexisten y se retroalimentan mutuamente, han aumentado extraordinariamente a lo largo de todo el Siglo XX y están en la base del proceso de urbanización.

$$I = P \times A \times T$$

(I=Impacto ambiental, P= población, A= consumo y T= tecnología)

El crecimiento exponencial de la población del planeta que este año 2011 ya ha alcanzado los 7000 millones de habitantes y que se calcula que para el año 2045 llegara a los 9.000 millones, es paralelo al rápido proceso de urbanización que tiene lugar en la mayoría de las ciudades (ya en el año 2000 el 50% de la población mundial habitaba en las ciudades).

La población de un creciente número de mega ciudades supera los 10 millones de habitantes (La ONU estima que en 2025 habrá al menos 12 ciudades con más de 20 millones de habitantes). Sin embargo el crecimiento no ha sido uniforme: hace 50 años la mayoría de las grandes ciudades como Nueva York, Londres o París se encontraban en los países desarrollados, pero en el año 2010 la lista de las 25 mayores ciudades del mundo ya estaba dominada por las ciudades de los países en vías de desarrollo⁴ (ver Figura 1).

⁴ Los datos se han obtenido de *Varied International public domain sites, the U.S. Census Bureau and Times Atlas of the World*, disponible en: <http://www.worldatlas.com/city pops.htm>

Figura 1. Las 25 mayores ciudades del mundo en el año 2010

Fuente: Elaboración propia.

Las previsiones señalan que en los próximos años el continente africano será la zona de la tierra donde las ciudades (en las que como media solo el 19% de las familias tienen acceso al agua, el 17% se beneficia de alcantarillado y el 20 % de conexión eléctrica) tendrán un mayor crecimiento. Al menos tres ciudades africanas, Cairo, Kinshasa y Lagos superarán los 20 millones de habitantes en el año 2025⁵.

Este crecimiento aparentemente imparable, genera una presión cada vez más insostenible sobre los sistemas de soporte y por ello tiene unas consecuencias crecientemente negativas sobre el equilibrio planetario puesto que genera un enorme impacto ambiental que se manifiesta en cuatro tipos de efectos.

2.1 Contribución al Cambio Climático Global

En la primera Cumbre de la Tierra (Río de Janeiro 1992) ya se evidenció la relación directa entre grado de urbanización y procesos de contaminación del Planeta y se pusieron de manifiesto sus graves consecuencias de alcance global. La gran emisión de gases de efecto invernadero procedentes de la combustión de los recursos fósiles no renovables (carbón, petróleo y gas) procedentes del entorno urbano (mas del 50% del total) colaboran en el aumento progresivo de la proporción de partículas depositadas en la atmósfera (medidas en partes por millón) que están provocando en la misma proporción el cambio climático global.

⁵ Datos obtenidos del informe: *World Urbanization Prospects: The 2007 Revision Database*, División de Población de las Naciones Unidas.

De los cuatro gases principales que generan el efecto invernadero (CO₂, CH₄, NO₂ y SF₆) además de los fluoro carbonos, el CO₂ esta estrechamente ligado con las emisiones de los edificios y los transportes urbanos.

2.2 Consumo desproporcionado de suelo útil

La extraordinaria expansión de la ciudad sobre el territorio que se inició hace 150 años con el advenimiento de la revolución industrial y que se ha acelerado extraordinariamente en el mundo desarrollado después de la segunda posguerra mundial, consume grandes recursos de suelo y energía. Incluso en nuestro país esta cambiando el modelo tradicional mediterráneo de ciudad compacta por el de urbanización dispersa en una época en la que aunque no se ha producido un crecimiento poblacional significativo, si se ha incrementado el nivel económico, lo que demuestra que este modelo importado está ligado al incremento de riqueza.

2.3 Aumento de la huella ecológica

La huella ecológica tal como la definieron Wackernagel y Rees “... *El suelo bio productivo terrestre necesario, del cual la ciudad depende para su funcionamiento* ...” (Wackernagel y Rees, 1996: 118), es el indicador que mejor cuantifica la repercusión que los desarrollos urbanos tienen sobre el territorio, atendiendo a una determinada forma de vida (nivel de consumo, hábitos, movilidad, etc.) en una sociedad globalizada como la actual (entorno próximo y entornos lejanos). En las grandes metrópolis la huella ecológica incluso abarca la escala planetaria.

La huella medida en hectáreas/habitante se refiere a su territorio de influencia y permite entender que una ciudad depende para su funcionamiento del entorno del que extrae suelo, energía, alimentos, agua, otros materiales y productos manufacturados para su consumo y al que vierte los residuos que genera. Su cálculo no es fácil y se basa en la evaluación de varios factores: la disolución de la ciudad en el territorio aumenta enormemente la huella ecológica, debido a la dispersión de los suburbios residenciales y la segregación de los usos urbanos como consecuencia de la aplicación de los principios de la carta de Atenas. Ello provoca una gran cantidad de desplazamientos diarios de la residencia (al trabajo, a las grandes zonas comerciales, a las zonas de ocio, etc.) que condicionan negativamente la forma de vivir, relacionarse y satisfacer las necesidades cotidianas de gran parte de la población.

La huella ecológica también es un indicador fiable del distinto impacto ambiental de las ciudades, que además es directamente proporcional a su nivel de desarrollo económico, así la huella ecológica de la ciudad de Londres abarca un territorio de 49 millones de hectáreas, 239 veces el tamaño actual de la ciudad⁶.

⁶ Los datos se han obtenido en *The City Limits report. A resource flow and ecological footprints análisis of Greater London*, disponible en: www.citylimitslondon.com

2.4. Ineficiencia creciente del modelo urbano

Como ya se ha señalado, el modelo urbano basado en la ciudad dispersa genera un enorme consumo de energía para alimentar las necesidades del transporte. Como puede comprobarse en la Figura 2 hay una relación directa entre consumo de combustibles procedentes de fuentes fósiles no renovables y cantidad de desplazamientos en vehículo privado, cantidad que a su vez es inversamente proporcional a la densidad urbana.

Figura 2. Relación entre densidad urbana y consumo de gasolina *per cápita*

Fuente: Elaboración propia a partir de un gráfico publicado anteriormente (*SOL POWER, the evolution of solar Architecture*, pág. 195), referido a datos del año 1996 y relaciona el consumo de gasolina *per cápita* con la densidad urbana.

Desde que se produjo la primera crisis del petróleo en el año 1973, el ahorro energético se ha convertido en uno de los objetivos de la sostenibilidad urbana. Es evidente que las ciudades de los países mas desarrollados consumen mucha energía, porque la mayoría de los edificios

construidos son energéticamente ineficientes y porque en la ciudad dispersa, la movilidad esta basada mayoritariamente en la utilización del automóvil privado.

Los modelos arquitectónicos de la ciudad del siglo XX han seguido mayoritariamente los principios de diseño del *Estilo Internacional* (cajas de cristal y ordenaciones residenciales similares para cualquier lugar del planeta). Fueron proyectados con total indiferencia hacia el clima, contexto e identidad local y en consecuencia la gran mayoría de los edificios construidos, utilizan sistemas de climatización mecánica basadas en tecnologías de gran consumo energético, para conseguir el confort térmico. Desafortunadamente la preocupación por la eficiencia energética no ha empezado a formar parte de la agenda de la edificación hasta las últimas décadas de este pasado siglo, cuando como consecuencia de las sucesivas crisis energéticas, el precio del petróleo y sus derivados ha aumentado progresiva e imparablemente.

3. Principios y estrategias del desarrollo urbano sostenible

Sin olvidar la cuestión energética, las aportaciones mas recientes para conseguir la eficiencia del sistema urbano van mas allá, están basadas en la ecología urbana: una nueva disciplina que considera la ciudad como un ecosistema urbano, lo cual no es una idea nueva y no solo tiene un interés cultural o científico sino que además resulta esencial para implementar estrategias de sostenibilidad (Figura 3).

La Ecología Urbana es una disciplina cuyo objeto de estudio son las interrelaciones entre los habitantes de una aglomeración urbana y sus múltiples interacciones con el ambiente métodos. Distintos autores han contribuido a la significación de *ecología urbana*: Montenegro (2000) habla de la ecología urbana como sistemas consumidores; Bettini (1998) también se refiere a la ecología urbana ligándola a las nociones de funcionamiento, metabolismo o flujo energético.

Figura 3. Interacción de la arquitectura con su entorno ambiental

Fuente: Elaboración propia.

Para Margalef (1993), el ecosistema en la naturaleza se caracteriza por el funcionamiento cíclico de materia y energía, la materia circula entre los seres vivos y el medio formando un circuito cerrado (metabolismo de ciclo cerrado o circular) con una fuente de energía inagotable como el sol, que se degrada continuamente (metabolismo) en cambio el ecosistema urbano es el resultado de las interacciones y relaciones entre un medio urbanizado y una serie de seres vivos .pero con características propias (metabolismo lineal); no tiene una fuente de energía inagotable proveniente del sol sino que consume una gran cantidad de recursos, agua, alimentos, electricidad y combustibles que provienen de la explotación de otros ecosistemas de soporte y genera los residuos y desechos que se trasladan a áreas circundantes provocando en el proceso importantes desequilibrios a escala planetaria.

En esta misma línea de pensamiento hay que hacer mención al principio de la sostenibilidad urbana en la ciudad mediterránea, tal como ha sido formulado por Salvador Rueda (2000) incorporando el parámetro de la complejidad urbana. Parte de la premisa de que la ciudad difusa es ineficiente puesto que consume una gran cantidad de recursos para obtener una complejidad urbana reducida y se resume en una fórmula simple:

$$\text{Sostenibilidad urbana} = E / H \text{ (E= Energía, H=Complejidad urbana)}$$

“... El modelo actual de producir ciudad y los modelos que lo acompañan (movilidad, residuos, etc.), pone de manifiesto el proceso hacia la ineficiencia creciente. El consumo de recursos aumenta con el tiempo sin que la organización urbana que soporta crezca de manera significativa...” Rueda, 2002: 27).

4. El plan del Sector Cifuentes en Sabadell como ejemplo de aplicación

El sector Cifuentes esta situado en Sabadell, una ciudad situada en el área metropolitana de Barcelona, es un sector de planeamiento calificado como Suelo Urbanizable Delimitado, por el Plan de Ordenación Urbana. Tiene una superficie de 2,8 hectáreas y la densidad prevista en el plan es de 60 viviendas/hectárea y le son de aplicación las dotaciones previstas por la *Llei d'urbanisme de Catalunya*. Los terrenos son de titularidad pública y el planeamiento ha sido promovido por la empresa pública VIMUSA (ver Figura 4).

El plan que se presenta en este artículo es un trabajo académico que surge del convenio entre la UPC y VIMUSA, ha sido redactado bajo mi dirección y coordinación como un proyecto de investigación aplicada realizado el Master Arquitectura y Sostenibilidad del Departamento de Proyectos Arquitectónicos de la UPC, constituye un ejercicio ejemplificado de la aplicación de estas estrategias y es una aportación que puede tener trascendencia en el futuro desarrollo del ámbito.

4.1 Directrices de planeamiento

En la planificación y gestión de los nuevos crecimientos urbanos hay que resolver una importante cuestión previa: Decidir cómo pueden transformarse en directrices útiles para el

planificador los objetivos del desarrollo urbano sostenible y concretarlas en un catálogo de buenas prácticas que parcialmente o en su totalidad sean aplicables a cualquier desarrollo urbano sostenible.

En el ejercicio relativo al planeamiento del sector Cifuentes las directrices de diseño que han aplicado se resumen así:

- Densidad urbana moderada y control de la expansión de la ciudad.
- Valoración e integración del Plan en su entorno natural.
- Integración equilibrada de las dotaciones, zonas verdes, equipamientos y áreas libres.
- Diseño bioclimático y aprovechamiento activo de las energías renovables.
- Movilidad sostenible.
- Complejidad y mezcla de usos.
- Cohesión social y comunidad.
- Salud y bienestar.
- Gestión cíclica de materiales y residuos.
- Control y regulación centralizada de las infraestructuras urbanas.

Figura.4. El Sector Cifuentes, Sabadell, posición urbana y Plan General vigente

Nota: El Sector Cifuentes (delimitado en la imagen de la derecha) se encuentra en uno de los bordes de la ciudad, el sector está atravesado por una vía de tráfico definida en el Plan y parcialmente ejecutada y queda delimitado al Oeste por el cinturón de ronda (en proyecto).

Fuente: Ayuntamiento de Sabadell.

4.2 Densidad urbana adecuada y control de la expansión de la ciudad

En general la densidad urbana moderada es un factor clave: establece la relación entre el número viviendas y la superficie que ocupan en el territorio. La densidad adecuada debería situarse entre un mínimo de 55-65 viviendas/hectárea y un máximo de 100 viviendas/hectárea, combinando morfologías y tipologías edificatorias y programas familiares diversos, con equilibrio de dotaciones, equipamientos y zonas verdes y con un determinado índice de compacidad. Las densidades deben complementarse con el control de la expansión del suelo urbano para limitar el consumo excesivo de suelo útil.

La densidad prevista en el Plan de Ordenación Urbana de Sabadell para el Sector Cifuentes es de 60 viviendas /ha, por lo tanto se ajusta a los parámetros ideales y las ventajas que genera su situación adosada a una trama urbana continua son evidentes (ver Figura 5):

- La posición del Sector en el borde del actual suelo urbano consolidado permite su conexión directa y fácil con las infraestructuras urbanas existentes.
- El coste de las infraestructuras viarias así como la ejecución y mantenimiento de de todas las redes de abastecimiento y evacuación pueden ser asumibles tanto por el sector como por la ciudad.
- Se facilita los sistemas de movilidad basados en el uso del transporte público y por lo tanto se disminuye la dependencia del automóvil particular para realizar las actividades cotidianas, al disminuir los desplazamientos individuales, se reduce el consumo de energía y se disminuyen las emisiones y al mismo tiempo se evita la congestión en las vías urbanas en horas punta.
- Se mejora el equilibrio dotacional de la ciudad puesto que se consigue un reparto equilibrado de los equipamientos y ello permite la cercanía a todos los residentes.
- Se consigue la continuidad de la trama urbana no solamente por su posición colindante a la trama consolidada sino complementando la trama viaria, que debe apoyarse y dar continuidad a lo ya existente.
- Se consigue una relación equilibrada entre zonas destinadas al aprovechamiento privado, zonas destinadas a dotaciones y zonas libres de uso y dominio público.

4.3 Valoración e integración en su entorno natural

El entorno natural de las ciudades, debe ser objeto de un tratamiento específico con una valoración ambiental, preservando y protegiendo las zonas de valor del medio natural (corredores ecológicos verdes y fluviales) abriendo conectores campo-ciudad a través de cauces fluviales o franjas arboladas y utilizando las áreas de interés natural como suelo para el control de la expansión urbana y para el equilibrio de la huella ecológica.

4.4 Integración equilibrada de las dotaciones, áreas verdes y zonas libres

Los sistemas de dotaciones y zonas verdes deben plantearse como sistemas estructurantes de la vida urbana, adecuados en cantidad y calidad a los requerimientos sociales particularizados de cada emplazamiento, permitiendo zonas ambientalmente equilibradas y de bajo mantenimiento. La vegetación y el arbolado deben perseguir la biodiversidad, utilizado

especies autóctonas considerando las condiciones paisajísticas de su entorno natural y que estén aclimatadas a las condiciones del clima local, de poco consumo hídrico en los climas secos.

La restitución de la naturaleza en la ciudad debe hacerse a imitación de su entorno natural para conseguir atemperar el efecto *isla de calor* con el microclima generado por la vegetación de los espacios libres y deben establecerse sistemas para conseguir la continuidad de los espacios verdes (a imitación de los corredores ecológicos en el medio natural).

En el Sector Cifuentes (Figura 5) se reserva como zona verde un área al norte y este del sector que permitiría a conectar el parque situado a su derecha (en el interior del suelo urbano) con las áreas naturales arboladas situadas a su izquierda (Figura 5) en el suelo no urbanizable, para conformar un corredor ecológico que permita conectar el sistema de parques urbanos de Sabadell con el parque natural de Montnegre.

Figura 5. Propuesta de ordenación: áreas destinadas al aprovechamiento privado y zonas de uso y dominio público destinadas a dotaciones

Nota: Además de las zonas verdes interiores de nueva creación se mantiene un área arbolada natural, situada en el perímetro del Plan, que permite reforzar un corredor ecológico que se introduce en la ciudad de Sabadell y conecta con los parques urbanos existentes.

Fuente: Elaboración propia.

4.5 Diseño bioclimático y aprovechamiento activo de las energías renovables

Figura 6. **Simulación de las sombras arrojadas el 21 de diciembre a las 9h, las 12h y las 16h para la correcta forma y orientación de los edificios**

Nota: Los edificios se sitúan sobre el eje este-oeste, por lo tanto con una fachada orientada a norte y una fachada orientada a sur (viviendas pasantes). La simulación de las sombras arrojadas realizada con el programa ecotech para la latitud de Sabadell (41,3° N) permite dimensionar la distancia entre edificios para evitar sombras en el solsticio de invierno.

Fuente: Elaboración propia.

Las estrategias bioclimáticas no son nuevas, han formado parte de la ciudad tradicional y estaban en la base de los principios higienistas del movimiento moderno.

De la misma manera que la forma y orientación del edificio son fundamentales para optimizar su respuesta pasiva en un determinado entorno climático, a escala urbana la planificación debe prever que la estructura y trazado urbano y la posición y forma de los edificios mediante el estudio de las sombras arrojadas sea la adecuada, para permitir su correcta orientación y la optimización de la ventilación natural (Figuras 6 y 7).

El diseño urbano no solamente debe determinar la disposición del trazado viario y la dimensión de las calles, sino precisar además la forma y posición del arbolado, el control de las turbulencias del viento, la disposición de láminas de agua, el tratamiento de superficies y pavimentos y el uso de la jardinería y la vegetación para atemperar el efecto *isla de calor*.

Figura 7. Altura y distancia entre bloques para evitar sombras arrojadas en el solsticio de invierno

Nota: La separación entre los bloques evita que se produzcan sombras arrojadas sobre las viviendas.

Fuente: Elaboración propia.

A partir de un trazado urbano que permita la correcta orientación de los edificios la arquitectura debe construirse según el principio del ahorro y la eficiencia energética utilizando al máximo la iluminación y ventilación natural así como los elementos para regular la radiación solar (ver Figura 8).

Figura 8. Diseño bioclimático de los edificios, energías renovables y eficiencia energética

Nota: El edificio tiene un diseño bioclimático y aprovechamiento activo de las energías renovables para conseguir la eficiencia energética.

Fuente: Elaboración propia.

Los edificios residenciales deben proyectarse con tipologías pasantes que faciliten la ventilación transversal, y con espacios de transición en la fachada Sur que permitan regular la radiación solar, también deben incorporarse las tecnologías para la producción de energía procedente de fuentes renovables, como el sol, el viento y la geotermia (Figuras 8 y 9).

Figura 9. Esquema de instalación para producir refrigeración mediante una bomba de absorción a partir del agua caliente generada por paneles solares térmicos

Nota: Esquema de una instalación que con la energía solar produce frío o calor a mediante una bomba de absorción.

Fuente: Elaboración propia.

4.6 Movilidad sostenible

Una gestión sostenible del tráfico urbano pasa por mejorar el transporte público, fomentar el tráfico peatonal y las vías para la circulación de las bicicletas (Figura 9). El espacio público debe dimensionarse para conseguir que el peatón sea el protagonista de la ciudad. En los recorridos más largos para acceder a los sistemas de transporte no debe haber más de 250 metros de distancia.

En algunas zonas de la ciudad deben introducirse medidas para mejorar el tráfico rodado laminándolo, con estrategias de velocidad variable en función de la densidad de tráfico, regularización semafórica, etc.; control de acceso de vehículos privados en determinadas zonas de la ciudad (acceso únicamente a residentes en tejidos de origen antiguo), restricciones

en las áreas de aparcamiento en superficie, gestión adecuada de la carga y descarga de vehículos de suministro.

Figura 9. **Sección de los viales en el Plan Cifuentes: separación de tráfico y prioridad de los sistemas de movilidad sostenible**

Fuente: Elaboración propia.

4.7 Complejidad y mezcla de usos

En la ciudad debe conseguirse un equilibrio de actividades urbanas con mezcla y variedad de usos, tipologías y morfologías edificatorias ya que ello ayuda a estructurar y enriquecer el espacio urbano, al dotarlo de referencias y de singularidades. La mezcla de usos, al combinar la actividad residencial con las actividades terciarias, comerciales e industriales compatibles, posibilita que el lugar de trabajo se encuentre cercano a la vivienda, y ello evita los barrios monofuncionales y barrios dormitorio.

La variedad de formas arquitectónicas permite asimismo la mejor adecuación a la topografía y las condiciones del lugar (ver Figuras 10 y 11).

Figura 10. Manzana residencial

Fuente: Elaboración propia.

En las manzanas puramente residenciales del Plan Cifuentes se ha situado en el perímetro una planta baja comercial, que rodea y protege un espacio interior común.

Figura 11. Manzana con viviendas y oficinas y espacios reservados para dotaciones

Nota: Los espacios reservados para dotaciones se integran con naturalidad con los usos residenciales y terciarios.

Fuente: Elaboración propia.

4.8 Cohesión social y comunidad

La cohesión social está íntimamente ligada a la mezcla de rentas, de profesiones y formación de religiones, de etnias etc., en una cierta proporción y constituye la clave para fomentar la participación ciudadana en los procesos urbanos. Este escenario socioeconómico para que fomente el espíritu comunitario, debe completarse con una adecuada solución formal del espacio público que refleje la diversidad y mezcla de usos y funciones del tejido urbano (ver Figura 12).

Figura 12. **Espacio interior común de los bloques residenciales**

Nota: Las manzanas residenciales disponen de un espacio común en el que se integran con un diseño paisajístico las láminas para el tratamiento del agua por sistemas de lagunaje.

Fuente: Elaboración propia

4.9 Salud y bienestar

La mayoría de nuestras ciudades en las que la gente habita la mayor parte de su vida, no solo son perjudiciales para su entorno natural sino también para la gente que vive en ellas. Sus habitantes trabajan en ambientes privados de la iluminación natural y climatizados artificialmente, no disfrutan del aire fresco, tampoco pueden controlar el sistema de acondicionamiento artificial y no tienen contacto visual con los espacios exteriores abiertos.

Un desarrollo urbano sostenible debe fomentar que sus edificios tengan luz natural, aire fresco y ausencia de materiales tóxicos, estén libres de humos y abiertos visualmente a los espacios exteriores ajardinados y promuevan actividades comunitarias, ello hará que sus habitantes disminuyan su absentismo laboral e incrementa la productividad en el trabajo (ver Figura 13).

Figura 13. Luz natural, aire fresco libre de humos y ausencia de materiales tóxicos

Nota: La integración de los edificios con su entorno natural está presente en todo el proyecto.

Fuente: Elaboración propia

4.10 Gestión cíclica de energía, materiales y residuos

Para reducir la huella ecológica urbana, desde una aproximación sistémica, es necesario actuar sobre los flujos de materia y energía y conseguir un balance energético equilibrado y para ello se debería:

- Evitar el despilfarro de recursos, construyendo preferentemente con materiales regenerables como la madera o materiales inagotables como la tierra (para ladrillos) o arena (para el cristal).
- Fomentar el uso de energías renovables, para el transporte público, los sistemas de alumbrado de calles, la producción de agua caliente sanitaria y electricidad en los edificios porque ello reduce las emisiones a la atmósfera, y al depender menos de combustibles procedentes de fuentes fósiles disminuye la huella ecológica y mejora el balance energético de la ciudad.
- Cerrar los ciclos del agua, con separación de aguas blancas, grises y negras y su adecuada gestión y depuración (p.e. las aguas grises para riego de parques y jardines), aprovechamiento y utilización del agua de lluvia, al objeto de reducir las necesidades de agua limpia y tratada para todos los usos urbanos para reducir los m3 cúbicos totales extraídos del medio natural (ver Figura 14).
- Implementar la reducción, reutilización y reciclaje de residuos sólidos urbanos en todas las escalas desde la basura doméstica a los escombros urbanos generados por las obras (ver Figura 15), para evitar los problemas sociales, medioambientales y logísticos que crean la gran cantidad de residuos que se generan en las ciudades (1,4 Kg./ habitante y día de promedio en España). Tratamiento de todo el residuo orgánico para la producción de abonos naturales tipo *compost* para abonar parques y jardines sin generar contaminantes químicos de suelos y freáticos, y eliminar residuo que de otra manera debe acumularse en el vertedero convencional. La valorización de los residuos tal como sucedía en las sociedades pre-industriales y su consideración como un recurso pasa por el reciclaje máximo de los materiales en derribos y recuperaciones para utilizarla como materia prima secundaria en otros procesos industriales o constructivos.

Figura 14. Esquema de reutilización de aguas blancas y grises

Nota: Esquema de recogida y tratamiento de las aguas pluviales para su posterior aprovechamiento.

Fuente: Elaboración propia.

En el Plan del Sector Cifuentes se ha previsto que ciclo de las aguas limpias y grises pueda integrarse en los espacios libres con un tratamiento paisajístico.

Figura 15. Consideración del coste total del ciclo de vida en los sistemas constructivos

Nota: La consideración del ciclo de vida implica incorporar sistemas constructivos “en seco” que generen pocos residuos y sean fácilmente desmontables y reutilizables.

Fuente: Elaboración propia

4.11 Control y regulación centralizada de las infraestructuras urbanas (Smart City)

Algunos autores señalan que de la ciudad del mañana, estará sometida a dos tipos de influencias, la ecología y la alta tecnología. Para conseguir la ecoeficiencia en el consumo de agua, electricidad y otros recursos habrá que dotar de inteligencia a todo lo que nos rodea. Un futuro tecnológico instalado en el centro de la ciudad permitirá tener redes inteligentes de suministro de agua y electricidad con sensores integrados con programas de análisis que permitan detectar fugas de agua y energía capaces de ahorrar y administrar recursos de forma automatizada.

“... La clave está en unir la infraestructura física a la tecnológica para obtener la información en tiempo real y actuar sobre ella para anticiparse... Todos los sistemas tecnológicos de tráfico, edificios, hospitales, estarán conectados entre sí..., cada edificio objeto y esquina estará inundado de sensores, fibra óptica y líneas de comunicación. Una sala central de operaciones será el cerebro de una urbe por la que correrá la información.” (Garijo, 2010).

Figura 16. Incorporación de las redes de telecomunicaciones en los edificios

Nota: Esquema de las redes de telecomunicación incorporadas en los edificios.

Fuente: Elaboración propia.

En el Plan del Sector Cifuentes además de las infraestructuras comunes de telecomunicación incorporadas en toda la urbanización para dar servicio a todos los edificios tal como se muestra en el esquema de la Figura 16, se ha previsto un sistema de gestión técnica urbana que permitiría gestionar el alumbrado público, la semaforización y a través de sensores la monitorización en tiempo real de datos climatológicos como la temperatura, humedad, y datos del estado de la atmósfera (ruido y polución atmosférica) y enviarlo a una central que a su vez puede incorporarlos a la red y analizar el pulso de la ciudad.

Además se ha previsto incorporar un sistema de gestión técnica para los edificios de viviendas y oficinas que permita gestionar de una manera mas eficiente el consumo energético, la seguridad y el confort, a partir de la regulación y control centralizado de las instalaciones de iluminación , climatización, alarmas técnicas (agua, gas, incendio) seguridad y vigilancia.

A este sistema domótico se le pueden conectar periféricos tales como sensores de temperatura, sensores de gas, inundación, humo, luminosidad, volumétricos de presencia y actuadores como puntos de luz, electroválvulas, relés, contactores, etc.

5. Conclusiones

En la era del cambio climático es necesario incorporar estrategias de sostenibilidad urbana si deseamos avanzar hacia el objetivo de mitigar el calentamiento global (lo que implica evitar un incremento de la temperatura media del planeta superior a 2°C para el año 2050).

Este importante desafío para los gobiernos y la sociedad civil solamente puede afrontarse reduciendo las emisiones de carbono y por ende el impacto ambiental de los desarrollos urbanos.

Para ello y una vez identificados los principales problemas del crecimiento de las ciudades el planeamiento de los nuevos desarrollos urbanos tal como se muestra en este artículo con el ejemplo del Plan del Sector Cifuentes, debe basarse en un catálogo de estrategias sencillo y comprensible que permitan aumentar su sostenibilidad global, en el convencimiento de que podemos conseguir resultados globales mejorando los procesos locales y obtener resultados similares, con menor consumo de energía y de suelo útil, disminuyendo la producción de desechos y contaminación, para alcanzar el objetivo de una ciudad vivible y habitable.

En el ejemplo del Plan Cifuentes, hemos constatado además que la implementación de estrategias de sostenibilidad no solamente no es un obstáculo para el diseño sino que constituye una oportunidad par la creatividad.

6. Agradecimientos

Agradezco la colaboración de los estudiantes del Master “Arquitectura y Sostenibilidad” que bajo mi dirección me han ayudado a desarrollar esta investigación aplicada: Edmundo Browne, Adriana Acevedo, Catalina Breitner y Kiriaki Katsika.

7. Bibliografía

BETTINI, V. *Elementos de ecología urbana*, Madrid, Ed. Trotta, 1998. ISBN 84-8164-261-4.

BUCHANAN, P. *Ten shades of Green, Architecture and the natural World*. New York, The Architectural League of New York, 2005. 128 p.

EHRlich, P.R. *The population Bomb*. New York, Buccaneer Books, 1968, 210 p.

GARRIJO, M. [en línea] En: [Ciberp@is](#). Fecha de consulta: 28 de enero de 2010.

GIRADOT, H. *Ciudades Sostenibles*. Valencia, Ediciones Tilde, 2001, 206 p.

HIGUERAS, E. *El reto de la ciudad habitable y sostenible*. Madrid, DAPP Publicaciones Jurídicas, 2009. 218 p.

MARGALEF, R. *Teoría de los sistemas ecológicos*. Barcelona, Ed. EUB, 1993. 292 p.

MONTENEGRO R. *Ecología de los sistemas urbanos*. Mar del Plata, Centro de Investigaciones Ambientales, 2000.

MOSTAFAVI, M. *Ecological Urbanism*. Harvard University Graduate School of Design, Baden Lars Müller Publishers, 2010, 655 p.

RUEDA S. *Barcelona ciudad mediterránea compacta y compleja. Una visión de futuro más sostenible*. Barcelona, Ed. Ayuntamiento de Barcelona, 2002. 264 p.

TERRADAS, J. et al. *Ecología d'una ciutat*. Barcelona, Ed. Ayuntamiento de Barcelona, 1987. 236 p.

USON, E. *Dimensiones de la Sostenibilidad*. Barcelona, Edicions UPC, 2004. 179 p.

WAKERNAGEL M. y REES W. *Our ecological footprint. Reducing human impact on Earth*. Gabriola Island BC, New Society Publishers, 1996. 325p.