

**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**SISTEMA DE POSGRADO**

**TESIS FINAL**  
**Previa a la obtención del grado de**

**MAGÍSTER EN INGENIERÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**

**“ANÁLISIS ECONÓMICO EN PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN  
SOSTENIBLE”**

**Elaborado por:**

**Galo E. Plúa Molina, arq.**  
**Tutor: Ing. Roberto Murillo , MSc.**

**Guayaquil, Mayo de 2012**

## **AGRADECIMIENTOS**

Mi gratitud muy especial al mecena de mi Maestría el señor Johnny Czarniski. Agradecimientos especiales a la Directora de la Maestría, ingeniera Mercedes Beltrán, M.I., quien confió en mí desde el inicio del posgrado, y sin cuya dedicación y empeño no se hubieran obtenidos los méritos alcanzados.

Le agradezco a mi Tutor, el Ingeniero Roberto Murillo, MSc., una de las personas más inteligentes y nobles que conozco, quien supo orientar y dirigir la tesis de forma metodológica y paciente. Sus conocimientos y análisis del tema, fueron sustanciales en la elaboración de la misma. Debo agradecer a mi hermana María Judith por su colaboración en la redacción de este documento. A mi esposa Karen, y a todas las personas que me ayudaron en la realización de esta Maestría, cuya terminación cumple un anhelo personal y profesional.

## **DEDICATORIA**

Debo dedicar este trabajo a mis hijos Galo y Joaquín, quienes serán los que reciban el mundo tal como queremos entregárselo: Un mundo sostenible, un mundo mejor.

## INDICE

### CAPITULO 1

<b>1. Introducción a la Construcción Sostenible.</b> .....	1
1.1 El cambio climático.....	3
1.2 Elaboración de políticas eficaces en función de los costos.....	8
1.3 Tendencia mundial actual.....	12
1.3.1 La Conferencia Mundial de cambio climático Copenhague 2009....	13
1.4 Consejos Mundiales de Construcción Sostenible.....	15
1.5 Aplicación en nuestro medio y legislación ecuatoriana.....	18
1.5.1 Ministerio de Electricidad y Energías Renovables.....	19
1.5.2 Ministerio de Transporte y Obras Públicas.....	19
1.5.3 Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda.....	20
1.5.4 Ministerio de Ambiente.....	20

### CAPITULO 2

#### **2 . Condiciones de sostenibilidad para el desarrollo del terreno**

2.1 Introducción.....	24
2.1.1 Una construcción adaptada y respetuosa con su entorno.....	24
2.2 El clima en la ciudad de Guayaquil.....	24
2.2.2 El criterio bioclimático en los inicios de la ciudad de Guayaquil...24	
2.2.2 Parámetros climáticos y meteorológicos en Guayaquil.....	26
2.3 El concepto de la huella ecológica.....	30
2.3.1 Un planeamiento urbanístico sostenible.....	34
2.4 Prevención de la Contaminación en las Actividades de Construcción.....	38
2.5 Selección del Terreno de Construcción.....	39
2.6 Densidad del Proyecto y Conectividad de la Comunidad.....	40
2.6.1 Densidad del proyecto .....	40
2.6.2 Conectividad de la Comunidad.....	40
2.7 Re-desarrollo de Suelos Industriales Contaminados.....	41
2.8 Uso del Transporte Alternativo.....	42
2.8.1 Acceso al Transporte Público.....	42
2.8.2 Estacionamiento de Bicicletas y Vestuarios.....	42
2.8.3 Transporte Alternativo: Vehículos de Baja Emisión y Combustible Eficiente.....	42

2.8.4 Transporte Alternativo: Capacidad de estacionamientos.....	43
2.9 Desarrollo del terreno.....	44
2.9.1 Proteger o Restaurar el Hábitat.....	44
2.10 Desarrollo del terreno: Maximizar el Espacio Abierto.....	47
2.11 Diseño de Escorrentías.....	48
2.11.1 Control de Cantidad.....	48
2.11.2 Diseño de Escorrentías: Control de Calidad .....	48
2.12 Efecto Isla de Calor.....	49
2.12.1 Espacios no cubiertos.....	49
2.12.2 Efecto Isla de Calor: Espacios cubiertos.....	51
2.12.3 Los techos verdes.....	52
2.13 Conclusiones y recomendaciones.....	55

## **CAPITULO 3**

### **3. Consumo de Energía y Fuentes Renovables**

3.1 Introducción.....	57
3.2 Nuevas tecnologías y políticas energéticas.....	59
3.3 Eficiencia energética de edificios basada en el diseño bioclimático.....	62
3.3.1 Estrategias Pasivas Tradicionales.....	64
3.3.2 Estrategias Pasivas Actuales.....	66
3.3.3 Sistemas de Climatización Natural – Evacuación de Calor.....	66
3.4 Energías renovables en la construcción.....	70
3.5 Energía solar.....	72
3.5.1 El captador solar.....	73
3.6 Análisis costo-beneficio entre un diseño tradicional y un diseño bioclimático.....	76
3.7 Caso de estudio.....	79
3.8 Conclusiones y recomendaciones.....	87

## **CAPITULO 4**

### **4. Consumo y Ahorro de agua**

4.1 Introducción.....	88
4.2 El agua en el Ecuador – situación actual.....	90
4.3 Uso eficiente del agua en áreas verdes.....	92
4.3.1 Reducción del consumo de agua en un 50% .....	92
4.3.2 Riego de áreas verdes sin utilizar agua potable ni irrigación.....	94
4.3.3 Caso de estudio.....	92

4.4 Uso de Tecnologías y aparatos sanitarios de bajo consumo.....	100
4.5 Reducción del uso del agua en las edificaciones.....	103
4.6 Caso de estudio.....	106
4.7 Conclusiones y recomendaciones.....	109

## **CAPITULO 5**

### **5. Materiales para una Construcción Sostenible**

5.1 Introducción.....	113
5.2 Criterios de Sostenibilidad de materiales y sistemas constructivos.....	114
5.3 Cimentación y estructura.....	120
5.4 Muros y tabiquería interior.....	121
5.5 Aislamiento.....	122
5.6 Techos falsos o tumbados y acabados interiores.....	123
5.7 Conducciones y cables eléctricos.....	123
5.8 Madera, barnices y pinturas.....	124
5.9 Climatización.....	125
5.10 Cubierta, impermeabilización y aislamiento.....	125
5.11 Sistemas de protección solar y acristalamiento.....	126
5.12 Tratamiento para pavimento.....	127
5.13 La gestión de los residuos de construcción y demolición.....	127
5.13.1 Los Residuos de Construcción y Demolición (RCD).....	128
5.13.2. Los reciclados. Posibilidades de reutilización.....	131
5.14 Análisis de beneficios económicos – financieros en proyectos sostenibles con certificación LEED. ....	133

## **CONCLUSIONES GENERALES**

## **GLOSARIO**

## **BIBLIOGRAFIA**

## **CAPITULO 1**

### **1. Introducción a la Construcción Sostenible.**

La Construcción Sostenible se puede definir como aquella que teniendo especial respeto y compromiso con el medio ambiente, implica el uso eficiente de la energía y del agua, los recursos y materiales no perjudiciales para el medioambiente, resulta más saludable y se dirige hacia una reducción de los impactos ambientales. Según el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) define a la Construcción Sostenible como, “una manera de la industria de la construcción de actuar hacia el logro del desarrollo sostenible, tomando en cuenta aspectos medio ambientales, socioeconómicos y culturales. Específicamente, implica cuestiones tales como diseño y administración de edificaciones, construcción y rendimiento de materiales y uso de recursos – todas, dentro de la órbita más amplia del desarrollo y la gestión urbanos”.

El término de construcción sostenible abarca, no sólo los edificios propiamente dichos, sino también cuenta el entorno y la manera cómo se integran para formar las ciudades. El desarrollo urbano sostenible (urbanismo sostenible) tiene el objetivo de crear un entorno urbano que no atente contra el medio ambiente, y que proporcione recursos urbanísticos suficientes, no sólo en cuanto a las formas y la eficiencia energética y del agua, sino también para su funcionalidad, como un lugar que sea mejor para vivir. La experiencia ha demostrado que no resulta fácil cambiar el sistema de construcción de los edificios y de gestionar su funcionamiento. Para ello debe romperse con la rutina y los hábitos adquiridos por décadas por el actual sistema de construcción que no ha tenido en cuenta el papel finito de los recursos naturales.

Esto conlleva un cambio en la mentalidad de la industria -y las estrategias económicas- con la finalidad de priorizar el reciclaje, re-uso y recuperación de materiales frente a la tendencia tradicional de la extracción de materias naturales y de fomentar la utilización de procesos constructivos y energéticos basados en productos y en energías renovables. Resulta evidente que con el actual ritmo de crecimiento demográfico, a pesar de la disminución en los últimos años de la tasa de crecimiento, a nivel global, continuamos creciendo año tras año a una velocidad que podría llegar a

uplicar la población humana mundial antes de mediados del presente siglo. Una situación en que la actual utilización de los recursos naturales y del medio ambiente supone una disminución del potencial de dichos recursos para las generaciones futuras.

Fenómenos como el cambio climático, el deterioro de la capa de ozono, la lluvia ácida, la deforestación o la pérdida de biodiversidad, parecen estar provocados por las actuales actividades industriales y económicas. Sin embargo, es un error atribuir exclusivamente a la industria y al transporte el origen principal de la contaminación. El entorno construido, donde pasamos más del 90% de la nuestra vida, es en gran medida culpable de dicha contaminación. Los edificios consumen entre el 20% y el 50% de los recursos naturales, dependiendo del entorno en donde están situados, siendo la construcción un gran consumidor de recursos naturales como; madera, minerales, agua y combustibles fósiles.

Así mismo, los edificios, una vez construidos, continúan siendo una causa directa de contaminación por las emisiones que producen o el impacto sobre el territorio y son una fuente indirecta de contaminación por el consumo de energía y agua necesarias para su funcionamiento. Al mismo tiempo tiene un impacto ambiental tanto por la utilización de materiales provenientes de recursos naturales, como por el uso de grandes cantidades de energía que se necesita para fabricar los productos de construcción finales (cementos, aceros, manufacturas, etc.) y para su instalación en obra. No se pueden olvidar también los costos ecológicos que suponen tanto la extracción de los recursos minerales (canteras, minas, etc.) como la deposición de los residuos originados en su fabricación e instalación en obra, que abarcan desde las emisiones tóxicas a las posibles contaminaciones de las aguas superficiales por vertidos y de las subterráneas por parte de los lixiviados de los vertederos. Al final de su vida activa, también los edificios originan una gran cantidad de residuos. En muchos edificios modernos se producen ambientes interiores insalubres y/o peligrosos para sus ocupantes, y en una parte significativa de los edificios nuevos o rehabilitados aparece el denominado "síndrome del edificio enfermo" (enfermedades respiratorias, propagación a los ocupantes de las enfermedades de otros, etc.)

## 1.1 El cambio climático

De la Carpeta de Información sobre el Cambio Climático de las Naciones Unidas, en la sección sobre *Intercambio y Examen de los Informes Nacionales* podemos resaltar que, los países desarrollados están investigando una amplia gama de políticas y medidas sobre el cambio climático. Las políticas que los gobiernos escogen están generalmente ligadas a circunstancias nacionales tales como la estructura política y la situación económica general. Muchas de ellas son medidas útiles en todo caso que producen beneficios ambientales y económicos, al mismo tiempo que responden a las preocupaciones sobre el cambio climático. Además de los instrumentos económicos y de reglamentación, las partes están promoviendo acuerdos voluntarios con la industria y las autoridades públicas. Otras de las medidas adoptadas tienen que ver con la investigación y desarrollo, la información y educación.

Se están empleando medidas específicas para la mayor parte de los principales sectores económicos. Las políticas para los sectores de energía (la principal fuente de emisiones de la mayoría de los países) incluyen la utilización de poco o ningún combustible de carbono, la liberación del mercado de la energía, y la eliminación de las subvenciones al carbón. Las políticas relativas a la industria abarcan acuerdos voluntarios, normas de eficiencia, incentivos financieros, y liberalización de los precios de la energía. El foco de atención de los sectores residencial, comercial e institucional está puesto en las normas de eficiencia energéticas para las nuevas edificaciones, el incremento de los precios de la energía y campañas públicas de información. Las medidas relativas a la agricultura incluyen la reducción del ganado, el uso de fertilizantes, y el mejoramiento de la gestión de desechos. Aunque la mayoría de los países proyectan una expansión en el sector del transporte, se han comunicado relativamente pocas medidas para controlar sus emisiones.

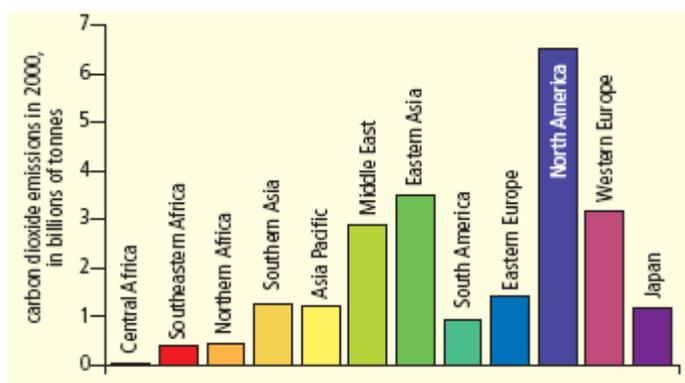
Por otro lado el Informe revela que la producción de cal (óxido de calcio) para la fabricación de cemento representa una parte importante de las emisiones mundiales de CO<sub>2</sub> provenientes de fuentes industriales. Como el CO<sub>2</sub> emitido por los combustibles fósiles, el dióxido de carbono liberado durante la fabricación de cemento se genera en la piedra caliza y por consiguiente es de origen fósil, como sucede principalmente con las conchas marinas y otra biomasa enterradas en los antiguos sedimentos oceánicos. La

industria ha inventado, para usos especializados, varios gases de invernadero potentes de larga duración. Desarrollados en el decenio de 1920, los clorofluocarbonos (CFC) han sido utilizados como propulsores en aerosoles, la fabricación de espumas plásticas para almohadones y otros productos, en las bobinas de enfriamiento de refrigeradores y aparatos de aire acondicionado, así como en los materiales para la extinción de los incendios y como solventes de limpieza. Gracias al Protocolo de Montreal relativo a sustancias que agotan la capa de ozono, las concentraciones atmosféricas de muchos CFC se están estabilizando, y se prevé que disminuyan en las próximas décadas.

Como sustitución de los CFC inocua para el ozono se están empleando otros halo-carbonos, principalmente los hidrofluorocarbonos (HFC) y perfluorocarbonos (PFC), que contribuyen al calentamiento global, por lo cual su reducción se ha convertido en objetivo en virtud del Protocolo de Kyoto de 1997. El Protocolo también establece metas en relación con el hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>) usado como aislante de electricidad, conductor de calor, y agente refrigerante; se estima que, molécula por molécula, su potencial de efecto invernadero es 23.900 veces mayor que el del dióxido de carbono.

El cambio climático traerá consecuencias económicas. El daño que éste ocasiona más las medidas que se toman para la adaptación al nuevo régimen climático, impondrán costos de mercados cuantificables y no cuantificables. El hecho de que algunos tipos de perjuicios importantes no puedan ser traducidos fácilmente en términos monetarios hace que su estimación sea altamente incierta. Los daños no se producirán en forma pareja y serán algunas veces irreversibles. Aunque los países desarrollados son responsables del grueso de las emisiones históricas de gases de invernadero (ver Cuadro1 ), sus economías e instituciones sólidas les permiten estar en mejor posición que los países en desarrollo para hacer frente a las variaciones climáticas. La cuantificación de los costos económicos del cambio climático incluyen muchas incertidumbres y reservas; no obstante, algunos analistas estiman que los daños resultantes de un cambio climático moderado (un calentamiento de +2.5 °C) podrá a reducir el actual PIB de EEUU en un 0,5%, el de la UE en un 2,8%, el de África en un 3,9%, y el de India en un 4,9%. Conviene insistir una vez más en que estas estimaciones solo incluyen los daños ya traducidos en términos monetarios, y por ende, no valoran suficientemente los costos posibles.

**Gráfico1.** Emisiones de Dióxido de carbono en el año 2000



*Fuente:* [www.worldmapper.org](http://www.worldmapper.org)

Las políticas para reducir al mínimo los riesgos, mediante la reducción de emisiones de gases de invernadero, también tendrán su precio. Las estimaciones del costo de dichas políticas varían considerablemente debido a las diferentes hipótesis e incertidumbres. Para los países con economías en transición, las enormes oportunidades para mejorar la eficiencia energética podrán permitir costos insignificantes o incluso ganancias netas en el PIB de varios puntos porcentuales. Los países altamente industrializados podrán hacer uso del sistema de comercialización de emisiones previsto en el Protocolo de Kyoto para limitar sus costos en una reducción del 0,1-1,1% en el PIB proyectado para el año 2010; o dicho de otra manera, el porcentaje del crecimiento económico anual para los próximos 10 años sería un 0,1 % más bajo. Si se incluye los menores costos de la contaminación ambiental, la eliminación de las imperfecciones del mercado y otros factores, los riesgos se reducirían mucho más.

Se encuentran disponibles muchas políticas y tecnologías eficaces en función de los costos para reducir las emisiones. Entre algunos de los adelantos tecnológicos recientes pueden mencionarse la introducción al mercado de autos con motores híbridos eficientes y turbinas eólicas, la prueba del almacenamiento subterráneo del dióxido de carbono y los adelantos en la tecnología de pilas de combustibles. Existen cientos de tecnologías y prácticas que podrán aprovecharse más plenamente para reducir las emisiones mediante una utilización final eficiente de la energía en las edificaciones, los transportes y la industria manufacturera, a menudo con beneficios financieros netos. No obstante, los gobiernos deberán promover activamente estas soluciones. En muchos casos los gobiernos tendrán que hacer frente a una amplia gama de obstáculos

institucionales y de comportamiento, entre otros, antes de que las políticas y tecnologías inocuas para el clima puedan ganar una aceptación general. Éstos pueden ser precios de mercado que no incorporen factores externos tales como la contaminación, los incentivos inadecuados, los intereses creados, la falta de organismos de regulación eficaces, la información inexacta etc. Las políticas energéticas son la clave para los costos y la eficacia de los esfuerzos para reducir las emisiones. La decisión sobre la combinación de energía y las inversiones asociadas determinará las posibilidades de que la concentración atmosférica de gases invernadero pueda ser estabilizada, en qué medida y a qué costo. Actualmente la mayor parte de dichas inversiones se orienta a descubrir y desarrollar más fuentes convencionales y no convencionales.

Sin embargo, en los últimos años, los avances en el desarrollo de tecnologías que reducen las emisiones de gas invernadero han sido más rápido de lo previsto. Las “medidas útiles en todo caso” para hacer frente a las emisiones tienen múltiples ventajas. Muchos investigadores creen que puede ser posible reducir las emisiones y, al mismo tiempo, generar beneficios económicos, por ejemplo, mediante sistemas energéticos eficaces en función de los costos y una mayor innovación tecnológica. Algunas políticas sobre el cambio climático también pueden traer beneficios ambientales en los planos local y regional, como la reducción de la contaminación ambiental y una mayor protección de los bosques y por ende, de la diversidad biológica. Las publicaciones científicas, técnicas, y socio-económicas muestran que en la mayoría de los países existen oportunidades de medidas útiles en todo caso. Además, indican que el riesgo de daños netos, la preocupación por el temor a los riesgos, y el principio de precaución en su conjunto proporcionan una justificación para acciones que van más allá de las medidas útiles en todo caso, es decir, para medidas que de hecho implican costos netos.

Los encargados de formulación de políticas no deberían pasar por alto la importancia de la equidad. No es fácil elegir políticas que sean justas y eficaces en función de los costos. La economía tradicional investiga rigurosamente la manera de formular políticas flexibles y eficaces en función de los costos, pero mucho menos en lo que respecta a la equidad. Como la vulnerabilidad de los países al cambio climático difiere de manera considerable, los costos de los daños y adaptación variarán ampliamente a menos que se realicen esfuerzos especiales para redistribuirlos. Los

encargados de la formulación de políticas pueden aplicar soluciones equitativas promoviendo el fomento de la capacidad en los países más pobres y tomando las decisiones colectivas de una manera creíble y transparente. Pueden también desarrollar mecanismos financieros e institucionales para compartir los riesgos entre los diferentes países.

Para que las políticas sean eficaces, se requerirá el apoyo del público y de los principales grupos interesados. Los gobiernos no pueden actuar solos para reducir sus emisiones, sino que las personas, comunidades y empresas también deben cooperar. La educación y la información pública son vitales; por ejemplo, una mayor sensibilización en la utilización de energía debe alentar a la gente a adoptar una serie de pequeños cambios en su estilo de vida, tal como el uso del transporte público, el empleo de una iluminación y electrodomésticos más eficientes y la reutilización de los materiales para reducir la necesidad de explotar los recursos naturales. Las autoridades locales podrán introducir normas que alienten a diseñar construcciones que aprovechen al máximo las ventajas de la luz y la calefacción solar. También son posibles muchos otros cambios en el estilo de vida de un alto consumo de los países ricos.

La respuesta más prudente al cambio climático sería adoptar un paquete de medidas que apunten a su mitigación, adaptación e investigación. La bibliografía económica indica que la combinación óptima de políticas diferirá necesariamente entre los países y con el transcurso del tiempo. La cuestión no reside en que todos los países lleguen a un acuerdo acerca de cuál es la mejor política, y mantenerla durante los próximos 100 años; sino que cada país deber a seleccionar una estrategia prudente y ajustarla con el paso del tiempo en función de las nuevas informaciones y la evolución de las circunstancias. Si se elabora una cartera equilibrada de opciones de política que apunten a reducir las emisiones, se adapten al cambio climático y mejoren la base del conocimiento, los encargados de la formulación de políticas podrán mitigar los riesgos de un rápido cambio climático, al mismo tiempo que promoverán el desarrollo sostenible.

## **1.2. Elaboración de políticas eficaces en función de los costos.**

Se pueden reducir los costos de las políticas sobre el cambio climático a través de estrategias “útiles en todo caso”. Tales estrategias se justifican desde el punto de vista económico y ambiental, con independencia de que el mundo atravesase por un rápido cambio climático. Estas podrán incluir la eliminación de las imperfecciones del mercado (como las subvenciones contraproducentes a los combustibles fósiles), la introducción de beneficios suplementarios (una mayor competitividad industrial a través de la eficiencia energética) y la generación de dividendos dobles (cuando los ingresos por impuestos y otros instrumentos para el cambio climático se emplean para financiar reducciones en los impuestos distorsionados existentes). Aunque las políticas útiles en todo caso se justifican claramente, el principio de precaución y el nivel neto de los daños esperados por el cambio climático también justifican la adopción de políticas que apunten más allá de ser útiles en todo caso.

Aunque actuar inmediatamente a veces puede parecer más costoso que esperar, la demora podría traer riesgos más grandes y por lo tanto, mayores costos a largo plazo. Los países tienen la alternativa de graduar la reducción de sus emisiones de forma lenta o rápidamente. En esta opción se debe equilibrar los costos económicos de las primeras medidas (incluyendo el riesgo de retirar prematuramente algunas existencias de capital todavía utilizables) con los costos correspondientes a la demora. Uno de los riesgos de esta dilación es que se podrían encerrar por muchos años los actuales modelos de bienes de capital disponibles que generan altas emisiones; si la gente se convenciera de la necesidad de reducir más rápidamente las emisiones, estas deberían retirarse de manera prematura, a grandes costos. Un impulso temprano hacia el control de las emisiones incrementar a la flexibilidad a largo plazo de la labor de la humanidad para estabilizar las concentraciones atmosféricas de gases de efecto invernadero.

Se deben considerar diversas variables en la ecuación de costos. Los calendarios y objetivos acordados internacionalmente para la reducción de emisiones, la población mundial y las tendencias económicas, así como el desarrollo de nuevas tecnologías, tendrán gran importancia. Los encargados de formulación de políticas también deberán considerar el ritmo de la sustitución de los bienes de capital (lo que se relaciona con el tiempo de vida del equipo), la gama del tipo de descuento que los economistas emplean

para estimar el valor actual de sus beneficios futuros (lo cual afecta las decisiones en materia de inversiones), y las posibles medidas de la industria y los consumidores en respuesta al cambio climático y políticas relacionadas.

En muchos casos, las políticas eficaces en función de los costos deben transmitir a los mercados nacionales los mensajes adecuados en materia económica y de reglamentación. Las políticas destinadas a disminuir la distorsión en los precios y subvenciones pueden incrementar la eficiencia de energía a de los mercados de transporte y agricultura, entre otros. Si se transmiten mensajes coherentes y apropiados, se alentará la investigación y se proporcionará a los productores y consumidores la información necesaria para adaptarse a las futuras restricciones a las emisiones de gases de efecto invernadero. Algunos de los beneficios más grandes de las políticas climáticas podrían producirse en los países en desarrollo que están experimentando un rápido crecimiento económico y en los países con economías en transición a una economía de mercado.

Se pueden utilizar incentivos económicos para influir en los inversores y consumidores. Si se basan en el mercado, los incentivos a menudo pueden ser más flexibles y eficientes que las políticas regulatorias exclusivamente. Por ejemplo, los sistemas de reintegro de depósitos alentarían a las personas a cambiar sus automóviles y electrodomésticos por modelos más eficientes desde la perspectiva de la energía. Mediante normas de tecnología y rendimiento se podría recompensar a los fabricantes que venden mercancías que no afectan el clima, o penalizar a los que no lo hicieren. Las subvenciones dirigidas, los acuerdos voluntarios vinculados con los objetivos apropiados, y la inversión directa del gobierno, pueden también ser medidas eficaces en función de los costos para influir en la conducta de los consumidores y productores. La introducción o eliminación de impuestos o subvenciones podría contribuir a que se incorporen en los precios los intereses relativos al cambio climático. Por ejemplo, un impuesto sobre el contenido de carbono del petróleo, el carbón y el gas desalentaría a la utilización de combustibles fósiles, para así reducir las emisiones de dióxido de carbono. Ya se han probado gravámenes sobre el carbono en varios países industrializados. Muchos economistas creen que los impuestos sobre el carbono podrían permitir conseguir disminuciones en las emisiones de CO<sub>2</sub> con un mínimo costo; sin embargo, como la fiscalidad da a los individuos y empresas la flexibilidad para escoger

su respuesta, estas medidas no serían tan eficaces para garantizar el alcance del nivel de emisiones prescrito. Para ser eficaz, el impuesto debe estar bien concebido y administrado.

Varios estudios económicos demuestran que si esos impuestos son independientes del ingreso, y sustituyen a los que inhiben la inversión y el empleo, en algunos casos podrían resultar ganancias económicas netas. Aunque dichos impuestos tiendan a ser un poco regresivos, en la medida en que exigen a los hogares más pobres que destinen una mayor parte de sus ingresos a las facturas de energía a que los hogares ricos, se pueden adoptar otros impuestos y transferencias para contrarrestar este impacto negativo. Los permisos para el comercio de emisiones también pueden constituir un enfoque hechas en función de los costos y orientado al mercado. Un sistema nacional puede funcionar de la siguiente manera: los países determinan cuántas toneladas de un gas en particular se puede emitir por año. Después, se divide esta cantidad en derechos de comercio de emisiones - medidos, tal vez, en toneladas equivalentes de CO<sub>2</sub> - y se los asigna o vende a empresas particulares.

Esto proporciona a cada empresa un contingente de gases de invernadero que puede emitir, y después entra a jugar el mercado. Tal sistema podría resultar rentable para los que contaminan, que pueden reducir sus emisiones de manera relativamente económica, y después vender sus permisos a otras empresas. Por su parte, la adquisición de permisos adicionales podría parecer atractiva a los que consideren oneroso reducir sus emisiones. El Protocolo de Kioto de 1997 establece un sistema de comercialización de emisiones para los gobiernos, a nivel internacional. Los sectores residenciales y comerciales pueden adoptar más tecnologías que utilicen la energía de manera eficiente. Las emisiones de las edificaciones continúan creciendo debido a que el incremento de la demanda de los servicios de la construcción ha superado el ritmo de los adelantos tecnológicos. Tales adelantos incluyen nuevos controles para las edificaciones, diseño de sistemas de calentamiento solar pasivo, un diseño integral de construcción, nuevas sustancias químicas para refrigeración y aislamiento, y sistemas más eficientes de refrigeración, enfriamiento y calefacción. Entre otras medidas se podrían incluir los programas de mercado en virtud de los cuales se conceden a los clientes o fabricantes apoyo o incentivos financieros, normas obligatorias o voluntarias de eficiencia

energética, investigación pública y privada sobre productos más eficientes y programas de información y capacitación

### **1.3 Tendencia mundial actual**

A principio de los años setenta comienzan a vislumbrarse las consecuencias ambientales de la llamada Sociedad Industrial que empiezan a plantear reflexiones sobre el Medio Ambiente y los recursos disponibles. El primer informe del Club de Roma (\*) de 1971 sobre los límites del crecimiento ya planteaba dudas sobre la viabilidad del crecimiento económico a nivel mundial. Es en este contexto también cuando aparece el término “eco-desarrollo” que nunca llegó a encajar realmente en los círculos económicos convencionales aunque atribuyó al aumento de la conciencia social. Con la crisis del petróleo de 1973 se empieza a plantear la necesidad del ahorro energético, al tiempo que comienzan las críticas hacia la denominada sociedad de “usar y tirar”. Durante estos años palabras como ecología o medioambiente se encuentran presentes en todos los ámbitos y es en los ochenta cuando surge el uso del concepto de “Desarrollo Sostenible” aparecido dentro del marco de las Naciones Unidas y actualmente referente obligatorio en todas las políticas de desarrollo económico.

Este término planteó, dentro del Informe Brundtland (\*) “Nuestro futuro común” en el año 1987, “satisfacer nuestras necesidades actuales sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer las suyas”. Es decir, se propone la viabilidad de un desarrollo con condiciones que permita a las generaciones futuras disponer de recursos para su desarrollo futuro. Desde entonces y a lo largo de los años noventa y principios del siglo actual se han realizado esfuerzos notables en todos los campos con experimentación en el uso de energías alternativas, nuevos materiales, esfuerzos en inversión I+D y aumento de la eficiencia energética a todos los niveles, todo ello mediante la generación de documentos y normativas específicas que han permitido identificar los temas fundamentales y cómo abordarlos. Especial mención merece la denominada Carta de Alborg (\*), resultado de la Conferencia Europea de Ciudades y Pueblos Sostenibles (\*) realizada en 1994 en Dinamarca, o el, por todos conocido, Protocolo de Kioto (\*), resultado del Convenio sobre cambio climático del año 1997.

### **1.3.1 La Conferencia de Cambio Climático de Copenhague en 2009**

Para la cumbre sobre el clima de Copenhague en diciembre de 2009, la ONU convocó a 192 países para acordar un límite a las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) para el periodo entre 2012 y 2020. Este periodo de compromiso debía suceder al periodo 2008-2012, acordado en el protocolo de Kyoto.

En septiembre de 2009, casi un centenar de jefes de Estado y de Gobierno participaron en lo que sirvió de preparación de la conferencia Copenhague, en la 64ª Asamblea General de las Naciones Unidas dedicada al cambio climático. Esta Asamblea General de las Naciones Unidas sirvió para conocer la posición en la negociación de Copenhague de los países que son grandes emisores de GEI y que todavía no están comprometidos con un programa de limitación de emisiones. Estos países pueden representar en estos momentos más del 50% de las emisiones totales:

- El presidente de China, Hu Jintao, anunció en la cumbre de la ONU sobre cambio climático, que su país intentará la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> por unidad de PIB para 2020 con respecto al nivel de 2005 y el desarrollo de energía renovable y nuclear alcanzando un 15% de energía basada en combustibles no fósiles.
- India, uno de los mayores emisores de los países en vías de desarrollo, está dispuesta a aprobar un plan nacional pero no a firmar objetivos vinculantes de reducción de emisiones para combatir un problema que crearon los países ricos, según ha declarado su ministro de Medio Ambiente.

La conferencia se desarrolló desde el 7 al 18 de diciembre de 2009. El borrador planteaba que las emisiones de CO<sub>2</sub> en el año 2050 deben reducirse en todo el mundo a la mitad de los niveles existentes en 1990 y pretendía que se fijara un valor intermedio a cumplir en 2020. El objetivo fundamental del acuerdo no estaba definido aunque durante todo el año 2009, varias conferencias científicas y políticas habían pedido que el calentamiento global se mantenga por debajo de dos grados centígrados. Para ello los países desarrollados deberían plantearse una reducción del 75% ( en otras opciones hasta el 95%), mientras que para los países en desarrollo el borrador solicitaba "desviaciones sustanciales" sobre sus tasas actuales de crecimiento de emisiones..

Los países del G8 ya acordaron entre ellos, limitar el aumento de la temperatura a 2 °C respecto a los niveles preindustriales. Sin embargo a iniciativa de los pequeños países insulares, que peligran si se produjera un aumento generalizado del nivel del mar por un deshielo masivo de los polos, un centenar de naciones en desarrollo solicitaron que el límite se estableciera en 1,5°.

China manifestó que era fundamental para éxito de la conferencia tanto el objetivo de EE.UU. sobre reducción de emisiones como el apoyo financiero de EE.UU. a las naciones en desarrollo. Según los EE.UU., el objetivo era una reducción de 17% en 2020 respecto al nivel de 2005 (según denunciaron los chinos equivale a una reducción de un 1% sobre el nivel de 1990). EE.UU. por medio de su portavoz hizo un llamamiento a la ONU para recaudar 10 billones de dólares para financiar en el periodo 2010-2012 la adaptación a corto plazo en los países vulnerables.

El acuerdo final se gestó entre cuatro grandes países emergentes : China, India, Brasil , Sudáfrica, y EE.UU. La delegación india propuso un tratado no vinculante que siguiera el modelo de la Organización Mundial del Comercio donde cada país declarará sus emisiones. EE.UU finalmente aceptó el acuerdo. El pacto no incluye la verificación de emisiones que rechazaba China. La transparencia se limitará a un sistema "internacional de análisis y consultas" por definir, estableciéndose que cada país comunicará sus emisiones a la ONU respetándose la soberanía nacional. Las reducciones de emisiones que se hagan con dinero internacional sí estarán sujetas a un completo sistema de comprobación. China ha declarado que no estaba de acuerdo. EE.UU. persuadió nuevamente a que se verifiquen las emisiones en los países en desarrollo.

El acuerdo mantiene el objetivo de que la temperatura global no suba más de dos grados centígrados. Sobre cuando las emisiones deberán alcanzar su máximo solo se dice que "lo antes posible" y no establecen objetivos para 2050. Tampoco se ha incluido la recomendación del IPCC de que las emisiones de los países desarrollados deberían reducirse para 2020 entre un 25% y un 40% sobre el nivel que tenían en 1990.

El acuerdo alcanzado entre EE.UU., China y otros 27 países no fue aceptado por unanimidad en la Convención pues lo rechazaron algunos países como Cuba, Bolivia y Nicaragua. Por ello los delegados del pleno de la Conferencia de la ONU sobre Cambio

Climático renunciaron a votarlo y acordaron una fórmula de "tomar conocimiento" del documento.

El pacto alcanzado no será oficial pues la Convención de Cambio Climático funciona por consenso y la oposición de un solo país impide la adopción del acuerdo. El portavoz del G77, el sudanés Lumumba Lumumba Stanislaus Di-Aping, mostró su indignación: "Un acuerdo que aumente la temperatura dos grados centígrados supone que en África subirá 3,5 y destruirá nuestras economías y nuestro pueblo".

#### **1.4. Consejos Mundiales de Construcción Sostenible**

Como respuesta al impacto potencial ambiental que tiene el sector de la construcción, surge en 1998 el Consejo Mundial de Construcción Sostenible (WGBC, por sus siglas en inglés), con el propósito de coordinar y agrupar los organismos que en cada país lideren la transformación de la industria de la construcción hacia la sostenibilidad, logrando una mejor calidad de vida de las comunidades y de los usuarios. El mercado de la construcción sostenible es dinámico y está en plena evolución en el nivel internacional. La industria ha ido desarrollando sistemas de calificación con el fin de proteger el medio ambiente y de aportar lineamientos o guías sobre la construcción de edificaciones de alto desempeño desde el punto de la sostenibilidad ambiental, económica y social. Los sistemas más conocidos en el nivel internacional son: Método de Evaluación Medioambiental del Organismo de Investigación de la Construcción del Reino Unido (BREEAM, por sus siglas en inglés), Líder en Eficiencia Energética y Diseño Sostenible de Estados Unidos (LEED), y el Sistema Amplio de Evaluación Medioambiental de los Edificios (CASBEE). LEED, en particular, no sólo es actualmente el sistema dominante en el mercado estadounidense sino además se ha ido expandiéndose en el nivel mundial a 41 países, incluyendo Canadá, Brasil, México, India y Colombia.

Colombia vecino de nuestro país, creó el Consejo Colombiano de Construcción Sostenible (CCCS) en el año 2008, y tiene como fin, entre otros, desarrollar o adoptar un sistema de calificación de proyectos para tener un estándar que permita medir su sostenibilidad. Hace poco se incorporaron a la lista, Argentina (marzo 2009 ) y Chile (noviembre 2009).

El Consejo Mundial de Construcción Sostenible actualmente está conformado por los siguientes países:

- World Green Building Council (WGBC)
- Alemania \_German Sustainable Building Council
- Argentina Green Building Council
- Australia \_Green Building Council Australian
- Brasil \_Green Building Council Brasil
- Canada Green Building Council
- Colombia \_Consejo Colombiano de Construcción Sostenible
- Chile Green Building Council
- Emiratos Árabes Unidos \_Emirates Green Building Council
- Estados Unidos \_US Green Building Council
- Gran Bretaña \_UK Green Building Council
- India \_Indian Green Building Council
- Japón \_Japan Sustainable Building Consortium
- México \_Consejo Mexicano de Edificación Sustentable
- Nueva Zelanda \_New Zealand Green Building Council
- Taiwan Green Building Council

Otros Organismos Internacionales sobre construcción sostenible son :

- International Initiative for Sustainable Built Environment (IISBE)
- United Nations Environment Programmed - Sustainable Buildings and Construction Initiative (UNEP - SBCI)
- World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) - Energy Efficiency in Buildings
- Applying Sustainable Development
- Center for Renewable Energy and Sustainable Technology
- Clinton Climate Initiative (CCI)
- Consulting the Public Interest
- Ecosustainable - Sustainable Environment
- Institute of Energy and Sustainable Design
- Interagency Working Group on Sustainable Development Indicators

- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)
- National Centre for Sustainability (NCFS)
- Organisation for Economic Co-Operation and Development
- Sustainable Development Gateway
- Sustainable Energy Authority of Victoria, Australia
- Sustainable Measures
- The Natural Step
- Towards Sustainability
- United Nations Environment Programme
- United Nations Sustainable Development Programme
- World Bank
- Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy

### **1.5 Aplicación en nuestro medio y legislación ecuatoriana**

En el caso de Ecuador, la Construcción Sostenible se encuentra todavía en una situación muy incipiente. No existen estándares sostenibles ni sistemas de calificación de edificaciones verdes o algún organismo como en el caso de Colombia de Consejo Colombiano de Construcción Sostenible (CCCS). Y aunque existe un marco legal para la renovación urbana, la práctica en el sector es limitada a pocas instituciones y empresas comprometidas con el desarrollo sostenible que ven oportunidades estratégicas de mercado en el mediano y largo plazo. Tanto la Cámara de Construcción de Quito como la Cámara de Construcción de Guayaquil, están publicando dentro de sus revistas y de sus páginas web, artículos con contenido general sobre Construcción Sostenible.

Dentro de las Universidades así mismo se comienza a observar una preocupación por el tema y se realizan seminarios auspiciados por empresas privadas vinculadas a la construcción y con conferencistas internacionales latinoamericanos. Dentro de la estructura del Gobierno del Ecuador, entre otros Ministerios, los que deberían estar involucrados con el manejo, control o planificación de la construcción sostenible mencionamos son los cuatro siguientes:

- Ministerio de Electricidad y Energías Renovables
- Ministerio de Transporte y Obras Públicas
- Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda
- Ministerio de Ambiente

### **1.5.1 Ministerio de Electricidad y Energía Renovable**

La Función del Ministerio de Electricidad y Energía renovable consiste en formular y ejecutar la política energética. Regular, controlar y normar las actividades hidrocarburíficas, y de energías alternativas. Fomentar la utilización de fuentes alternativas de energía y el uso eficiente de energía. Manteniendo relaciones con organismos nacionales e internacionales relacionados con los sectores de su competencia.

### **1.5.2 Ministerio de Transporte y Obras Públicas**

El Ministerio de Transporte y Obras Públicas es el organismo encargado de propender a la consecución de los siguientes objetivos:

1. Fomentar el desarrollo económico y social del país, mediante la ejecución de obras de infraestructura vial y de comunicaciones.
2. Coadyuvar a la integración económica del país, mediante la conexión de las zonas de producción con los centros de consumo.
3. Propender a un desarrollo armónico de la vialidad y las comunicaciones del país considerando las disponibilidades financieras y las necesidades de los Ministerios de Obras Públicas y Comunicaciones.

En esta página del Ministerio de Transporte y Obras Públicas, no se menciona dentro de sus contenidos temas relacionados con Construcción Sustentable. Por el contrario, se encuentra las Guías y Manuales para el Desarrollo de Estudios de Impacto Ambiental de Proyectos Viales.

### **1.5.3 Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda**

Este Organismo es promotor de los sistemas, facilitador de la participación de actores privados, comunitarios, regulador general y canalizador de recursos por medio de los bonos y proveedor de asistencia técnica para los municipios y grupos organizados. De esta manera, en forma planificada crea y mejora de vivienda dotada de servicios básicos de agua potable y saneamiento considerando la organización territorial, el uso de recursos y la participación activa y concertación de los gobiernos locales, prefecturas, juntas parroquiales, ONGS, grupos comunitarios y privados en la planificación, gestión y evaluación de programas de desarrollo integral que contribuyan al cumplimiento de los objetivos nacionales del Gobierno. Dentro de la página web de este Ministerio, no se resalta ninguna información respecto a Construcción Sostenible, solo limita su accionar en la entrega de bonos para la vivienda, titulación de terrenos y obras de vivienda de interés social. El Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI) cuenta con las siguientes Secretarías:

- Secretaría Nacional del Agua
- Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología
- Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo

### **1.5.4 Ministerio de Ambiente**

El Ministerio de Medio Ambiente es el organismo del Estado ecuatoriano encargado de diseñar las políticas ambientales y coordinar las estrategias, los proyectos y programas para el cuidado de los ecosistemas y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales. Propone y define las normas para conseguir la calidad ambiental adecuada, con un desarrollo basado en la conservación y el uso apropiado de biodiversidad y de los recursos con los con los que cuenta nuestro país. Existen amplios espacios sobre el Cambio Climático en el Ecuador, y dentro de los subcapítulos, se habla de las Instituciones involucradas en el cambio climático en el Ecuador:

- Ministerio del Ambiente
- INAMHI - Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología:
- [www.inamhi.gov.ec](http://www.inamhi.gov.ec)

- CLIRSEN - Centro de Levantamientos Integrados de Recursos Naturales por Sensores Remotos: [www.clirsen.com](http://www.clirsen.com)
- Ministerio de Energía y Minas: <http://www.mineriaecuador.com/>
- Ministerio de Agricultura y Ganadería: <http://www.mag.gov.ec/>
- Ministerio de Relaciones Exteriores
- CONESUP, Consejo Nacional de Universidades y Escuelas Politécnicas
- Cámaras de la Producción
- Instituto Oceanográfico de la Armada
- Programa de Manejo de Recursos Costeros
- Fundación Pedro Vicente Maldonado
- Universidad de Guayaquil: [www.ug.edu.ec/fwe2.nsf](http://www.ug.edu.ec/fwe2.nsf)
- Fundación Natura
- Corporación OIKOS
- Fundación Futuro Latinoamericano
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
- CONAIE, Confederación de Nacionalidades Indígenas del Ecuador
- CEDA
- CEDENMA
- Escuela Politécnica Nacional
- Centro de Transferencia y Desarrollo de Tecnología Energética
- Departamento de Medio Ambiente de la Escuela Politécnica Nacional
- Corporación de Revisión Vehicular
- Instituto Nacional de Pesca del Ecuador

El listado es extenso, sin embargo, no se especifica de qué forma estas instituciones están involucradas con el cambio climático en el Ecuador. Por otro lado, no se consideran involucradas ninguna organización, fundación, gremio profesional, o cualquier departamento, secretaría o cámara relacionada con la actividad de la industria de la construcción ni menos en construcción sostenible. Aunque, de nombrar a las Cámaras de Producción, se los estaría relacionando. Dentro del documento Cambio Climático ECU/99/G31 del Ministerio de Ambiente, se nombra a los sectores forestal, energético, agrícola, industrias y desperdicios, recursos hídricos, y el sector marino costero como análisis de la primera fase del estudio.

El Ministerio de Ambiente tiene como estrategias a futuro las siguientes políticas:

- Adoptar la Estrategia Nacional sobre Cambio Climático luego de su proceso de difusión y concertación.
- Adoptar un marco legal y tributario sobre el Mercado del Carbono considerando los avances del Ministerio del Ambiente en esta materia.
- Institucionalizar la elaboración anual del inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en el Ministerio de Ambiente, en el módulo de desechos y procesos industriales.
- Emitir políticas nacionales y sectoriales en materia de Cambio Climático.

## **CAPITULO 2**

### **2 . Condiciones de sostenibilidad para el desarrollo del terreno**

#### **2.1 Introducción**

##### **2.1.1 Una construcción adaptada y respetuosa con su entorno**

El respeto por el entorno donde una construcción se asienta parece la primera de las máximas en la regeneración ecológica del sector. Respeto por el agua, la tierra, la flora, la fauna, el paisaje, lo social, lo cultural. Una construcción respetuosa con su entorno parece también una construcción adaptada al entorno. Conocer el clima ha sido el principal referente de los asentamientos humanos, el conocimiento del sol (de su trayectoria, de su intensidad), del viento, de la latitud, de la pluviosidad, de la temperatura. La extensión planetaria del modelo anglosajón de ciudad dispersa en el territorio (basada en la construcción de baja densidad: viviendas unifamiliares y adosados), altamente depredadora de territorio y energía, obliga a un viraje en las propuestas de ciudad sostenible planteando el modelo de la ciudad compacta como ejemplo de urbe menos impactante y favorecedora de la socialización de la población.

#### **2.2 El clima en la ciudad de Guayaquil**

##### **2.2.1 El criterio bioclimático en los inicios de la ciudad de Guayaquil**

Ya los antiguos descubrieron que si ejecutaban las ciudades en forma de cuadrícula podrían conseguir mayor número de fachadas orientadas al sur, favoreciendo la captación de radiación solar. Ejemplos como la ciudad de Alejandría en Egipto o Mohenjo-Daro en la India datan del siglo III a.C. La ciudad medieval y sus necesidades de protección militar eliminó su relación con el entorno, con el clima, para aprovecharlo. La ciudad crece alrededor de castillos o catedrales en forma circular. Los árabes adaptan la ciudad medieval a sus necesidades de protección frente al excesivo soleamiento, calles estrechas y de trazado tortuoso. El progresivo crecimiento de las ciudades hace que la relación con el entorno se olvide de forma drástica, convirtiéndose en islas que funcionan de forma aislada del paisaje que le rodea. Hacia 1900, el 14% de

la población vivía en ciudades; el inicio del siglo XXI ya agrupa a más del 50% y la perspectiva allá por el 2025 es del 80%.

La ciudad de Guayaquil no conoce de un establecimiento formal indígena en su actual localización. Según los aproximados límites políticos entre los pueblos Manteño y Milagro-Quevedo, Guayaquil se ubica en la frontera entre ambos y sus raíces arquitectónicas más se inclinan hacia los segundos por las condiciones y características de su suelo. La arquitectura de la cultura Milagro-Quevedo es típica de los pueblos expuestos a frecuentes inundaciones. Se construía sobre pilotes y los materiales predominantes eran los de origen vegetal, tan abundantes que, al comentar Benzoni, cronista italiano, a su paso por la naciente Guayaquil dice “.... Hay por esos alrededores algunos maravillosos a la par que espantosos llanos que son como una inmensa campiña llena de agua y espesísimos bosques con una cantidad increíble de cocodrilos....”

La implantación de las viviendas se la hacía al abrigo de un árbol frondoso como protección de la radiación solar, tendencia aun vigente en las casas de campesinas del área geográfica de la cuenca. Si bien las maderas abundaban, la característica técnica de la construcción era el empleo de la caña guadua, tanto como elemento portante (paredes, pisos) las cubiertas se destacaban por sus grandes aleros como defensa de la insolación y de las lluvias, con materiales de cubierta vegetales, tales como hojas de bijao o cade y paja de arroz. La naturaleza del material de techado conducía a grandes pendientes, en las cubiertas a dos aguas, para impedir las filtraciones. Las múltiples capas de techado constituían un método muy eficaz de aislamiento térmico por las sucesivas cámaras de aire.

Cabe destacar la excelente ventilación que se logra en las casa de este periodo en sus paramentos verticales y horizontales pues paredes, pisos y techos fabricados de materiales vegetales no presentan una superficie estanco. Las paredes de caña picada presentan numerosos intersticios por los que penetran las brisas que sumadas al viento de libre acceso a través de ventanas y puertas que permanecen abiertas la mayor parte del tiempo, estimulan una permanente renovación del aire interior en gran parte a través de la cubierta vegetal. El paso interior del viento no se interrumpe pues las paredes, escasas por cierto, están construidas a media altura. Los pisos elevados sobre palafitos, complementan la excelente disposición climática de la casa vernácula.

## 2.2.2 Parámetros climáticos y meteorológicos en Guayaquil

### a) Ubicación.-

Geográficamente la ciudad de Guayaquil se halla situada en la latitud 2 grados 11 minutos Sur y longitud 79 grados 53 minutos Oeste, a una altura media de 5 metros sobre el nivel del mar, en consecuencia Guayaquil se ubica dentro de la franja climática conocida como Calmas Ecuatoriales cuya principal característica es la de poseer solo dos estaciones, invierno, con presencia de lluvias y verano, con ausencia de lluvias.

**Gráfico 2.** Foto satelital del Ecuador y de la ciudad de Guayaquil

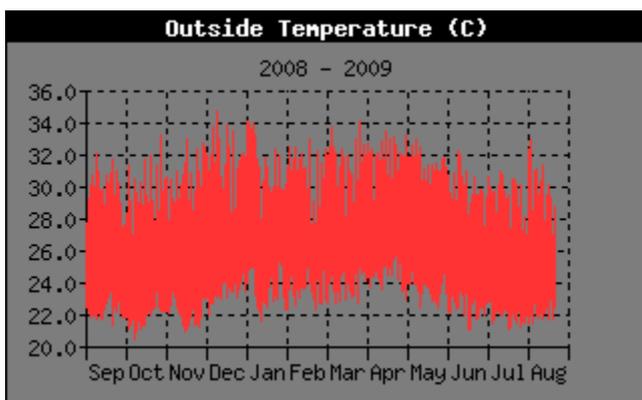


*Fuente:* [www.google.com](http://www.google.com)

### b) Temperatura del aire

El valor promedio máximo del periodo 2008 – 2009, (según la Estación Espacial Ecuatoriana EXA) corresponde al mes de Diciembre con 34.1 °C, el valor mínimo corresponde al mes de Octubre con 21.1 °C; sin embargo el Máximo Índice de Calor fue para el año 2009 de 42.2°C en el mes de Marzo.

**Gráfico 3.** Temperatura exterior en la ciudad de Guayaquil 2008-2009

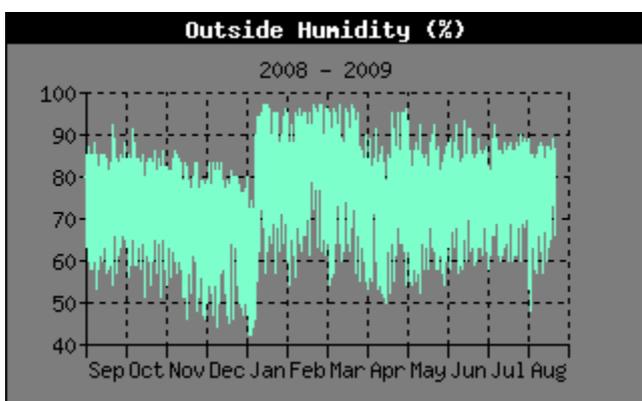


**Fuente:** www.exa.ec

### c) Humedad relativa

El promedio mensual máximo en el periodo corresponde al mes de Febrero con 97% el mínimo al mes de Diciembre con 47%. A Diciembre también corresponde la mayor variación con 59.60%.

**Gráfico 4.** Humedad exterior en la ciudad de Guayaquil 2008-2009



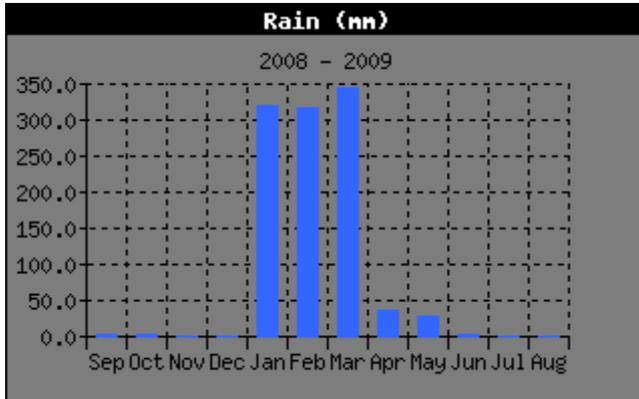
**Fuente:** www.exa.ec

### c) Lluvias

En el periodo de referencia, el promedio anual fue de 1034.38 mm, siendo los meses de mayor precipitación los de Enero a Abril, destacándose Marzo como el más alto con 296.9 mm. Las lluvias máximas en 24 horas también corresponden a los meses de invierno siendo el record del periodo correspondiente a Marzo con 70.24 mm. Debe

destacarse que entre los meses de Junio a Noviembre los registros de lluvias en Guayaquil prácticamente son cero y corresponden a la estación seca de verano.

**Gráfico 5.** Humedad exterior en la ciudad de Guayaquil 2008-2009



**Fuente:** [www.exa.ec](http://www.exa.ec)

#### **d) Asoleamiento**

Las orientaciones más favorables son la Norte y la Sur porque en ellas la altitud solar es mayor siendo en consecuencia más fácil proteger los parámetros con dichas orientaciones. Sin embargo, si tenemos en cuenta que la posición del sol sobre la fachada norte coincide con los meses de marzo a junio, periodo de más alta temperatura, podemos concluir que la orientación Sur es algo más conveniente que la Norte. Se descartan las orientaciones hacia el Este y Oeste.

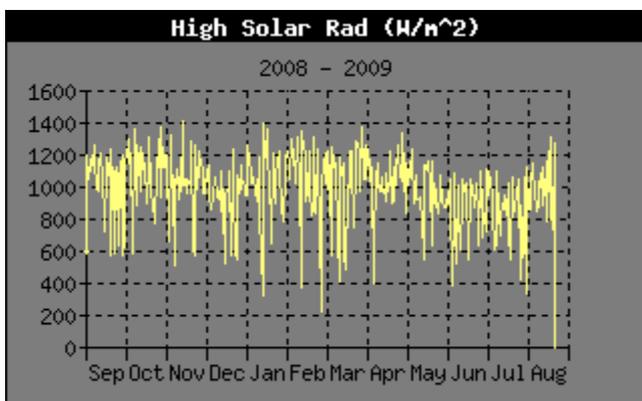
#### **e) Radiación**

Para Guayaquil se ha construido los cuadros de radiación total en W/m<sup>2</sup> hora. Según las cifras, la radiación global más alta sobre superficies horizontales se da en el equinoccio de Marzo (1371 W/m<sup>2</sup> hora a las 12:00 horas) y la más baja en el solsticio de Junio (370,81 W/ m<sup>2</sup> hora a las 12:00 horas), con un valor medio meses/horas de 276,73 W/m<sup>2</sup> hora. Máximo índice UV es de 16.0 index

Sobre parámetros verticales la cifra media radiación global más alta corresponde a las orientaciones Este y Oeste y las cifras más bajas a las orientaciones Norte y Sur. Los valores horarios más elevados corresponden a 317.64 W/m<sup>2</sup> a las 8:00 y 16:00 horas para las orientaciones Este y Oeste, respectivamente. En la situación de

superficies inclinadas las cifras medias más altas corresponden a radiaciones globales de orientación Sur el mes de Diciembre.

**Gráfico 6.** Cuadro de Humedad exterior en la ciudad de Guayaquil 2008-2009



Fuente: [www.exa.ec](http://www.exa.ec)

### 2.3 El concepto de la huella ecológica

Ser conscientes de los riesgos de un urbanismo ajeno al entorno, nos lleva a plantear las enormes posibilidades que se nos abren para caminar hacia un urbanismo sostenible, hacia una construcción sostenible. Todos tenemos en mente la imagen de la ciudad como un gran monstruo que, incansable, recibe para su buen funcionamiento ingentes cantidades de recursos, energía, agua, territorio, desechando residuos, ocupando suelo, eliminando vegetación. Así surge el concepto de huella ecológica o, lo que es lo mismo, la cantidad de territorio que una ciudad necesita para su funcionamiento. Como curiosidad, conviene recordar que la huella ecológica de Londres supera 125 veces su superficie. En este sentido el concepto de huella ecológica nos presenta una metodología que nos permite, no de manera exacta sino con un carácter educativo y demostrativo, analizar la apropiación de estos recursos planetarios por parte de las sociedades organizadas, sean países, ciudades o regiones y por ello la relación entre sociedad y medio ambiente.

La huella ecológica se define como la cantidad de territorio apropiada por las comunidades humanas (ciudades, regiones, estados) para mantener su grado de desarrollo y la satisfacción de sus necesidades de producción de bienes y servicios, así como la absorción de sus residuos. En un informe publicado especialmente para la Cumbre de Johannesburgo, sobre el Desarrollo Sostenible, por el WWF, se muestran

las diferencias en la apropiación de recursos per cápita de los habitantes de países desarrollados frente a los habitantes de los países en desarrollo, siendo los Emiratos Árabes, seguidos por EE.UU. los que presentan huellas ecológicas de más de 10 hectáreas por persona, a la cabeza de la clasificación, en comparación con Mozambique, Burundi o BanglaDesh que presentan huellas de menos de una hectárea por habitante en la cola de la lista .

El concepto de la huella ecológica se mide en unidades territoriales por habitante, y se convierte en un planteamiento modificado del concepto ecológico conocido como capacidad de carga de un territorio, referido éste a las limitaciones de un espacio natural concreto para mantener a una organización biológica determinada. Si este espacio de sustentación lo consideramos como el planeta en su totalidad, según los autores, nos corresponden a cada ser humano 1,5 Ha de tierra fértil per cápita, y todo lo que supere esta cantidad es espacio que nos apropiamos de más. Esta contabilidad del desarrollo evidencia la apropiación de recursos por parte de los países desarrollados. Los autores afirman que si todos los humanos conseguimos un nivel de desarrollo como el occidental harían falta de tres a cinco planetas para hacer frente a este nivel de consumo.

Básicamente la huella ecológica nos permitiría establecer una relación entre el sistema social y el sistema natural en términos de apropiación territorial del primero sobre el segundo. La huella ecológica se expresa habitualmente en hectáreas. Su aplicación es posible a todos los niveles: país, región, ciudad, evento (congreso, convención...), vivienda, incluso a título individual. Para calcularla se hace una estimación del consumo en kg/persona y año de:

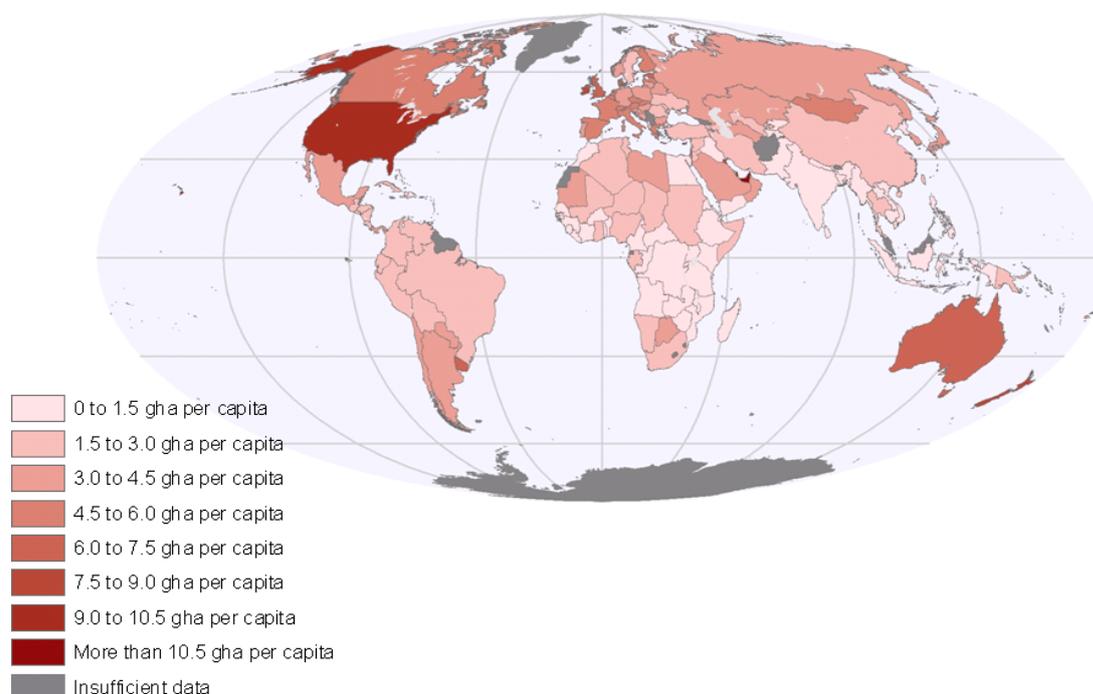
1. Cultivos para producir los vegetales que la población consume en su alimentación
2. Pastos para el ganado necesario para producir la carne que la población consume
3. Bosques para la producción de la madera y papel utilizados
4. Mar productivo del marisco y el pescado
5. Terreno construido para viviendas e infraestructuras
6. Área de bosque necesaria para la absorción del CO<sub>2</sub> emitido como consecuencia del consumo de combustibles fósiles y para la producción de energía.

Una vez estimado el consumo de los diferentes recursos, la huella ecológica de cada uno de ellos se calcula dividiendo estos valores por el rendimiento medio de la producción en la región (kg/Ha). La huella ecológica total del individuo, país o región es la suma de las huellas por cada uno de los seis recursos antes descritos. El otro factor a tener en cuenta es la capacidad de producción de los recursos definida como su capacidad de carga definida a su vez como la superficie disponible en el ecosistema en cuestión para la producción de los diferentes recursos que la comunidad requiere y que se define como la superficie biológica productiva local menos un 12% que es la superficie que se considera necesaria para conservar la biodiversidad.

El déficit ecológico es la diferencia entre el área disponible (capacidad de carga) y el área consumida (huella ecológica) y pone de manifiesto la sobreexplotación del terreno y la incapacidad de regeneración. El planeta Tierra cuenta con una capacidad de carga de 11400 millones de Hectáreas (cultivos+superficie marina productiva) y 6300 millones de personas por lo que, para que la Tierra sea sostenible, cada uno de nosotros deberíamos consumir no más de 0.25 Ha cultivo, 0.6 de pastos, 0.6 de bosques, 0.5 de superficie marina y 0.03 hectáreas construidas. En total, teniendo en cuenta el 12% de superficie reservada para el mantenimiento de la biodiversidad, la capacidad de carga mundial es de 1.7 Ha/cap. Por el contrario, la huella ecológica media en el mundo es de 2.2, ascendiendo a 9 en América del Norte, 4.8 en la Unión Europea (EU-25), 2.2 en América Central, 1.5 En Asia y 0.8 en África. Ecuador tiene una huella de 1.5 Ha. (15.7 % por debajo de la media mundial).

El déficit ecológico lógicamente no es uniforme en todos los países, estando directamente relacionado con el nivel de desarrollo (a mayor nivel mayor consumo) oscilando entre un - 3.1 en los países desarrollados y un 0.1 en los países en vías de desarrollo. La página Web de la Global Footprint Network proporciona información muy completa y detallada sobre la huella y déficit ecológico por países, de ella hemos extraído el mapa que aparece a continuación y en el que se detalla por países cuales son ecológicamente deficientes o con super

**Gráfico7. La huella ecológica por países, donde se ve la diferencia en la apropiación de los recursos por parte de los países industrializados.**



**Fuente: Global Footprint Network, año 2009**

En el marco del encuentro internacional de Clima Latino, realizado en octubre de 2007, el gobierno del Ecuador y los municipios de Quito y Guayaquil, firmaron tres acuerdos, respectivamente, con el representante de Global Footprint Network, Steven Goldfinger para convertirse en el primer país y primeras ciudades de América Latina en monitorear sus huellas ecológicas. Estos acuerdos servirán para implementar nuevas metodologías de medición y mejorar el cálculo de la huella ecológica. La Fundación Acuerdo Ecuador, impulsó a través de la Secretaría de la Comunidad Andina dos conferencias realizadas en las ciudades de Quito y Guayaquil dentro de Clima Latino, en las cuales Steven Goldfinger explicó a los participantes en qué consiste la huella ecológica y su aplicación práctica para tomar decisiones futuras en torno al medio ambiente.

La huella ecológica puede ser medida a nivel grupal o individual, según el método que se utilice. En este portal las personas podrán ensayar una medición individual de su huella mediante la herramienta disponible para el efecto, eligiendo, por

el momento como país para iniciar su test a Colombia, hasta que esté disponible la versión en la que se incluye a Ecuador (DFGS).

### **2.3.1 Un planeamiento urbanístico sostenible**

Podemos mencionar los aspectos que deben tenerse en cuenta para avanzar hacia un modelo urbanístico sostenible.

#### **A. La gestión del territorio,**

Una gestión del territorio encaminada a conseguir:

- El equilibrio entre desarrollo urbano y conservación del suelo destinado a otros usos (agrícola y forestal), así como a la creación de zonas verdes destinadas al ocio.
- A cada lugar una planificación. Cualquier planificación urbana debe estar próxima al terreno, debe valorar los parámetros que lo condicionan, el relieve, el clima, el paisaje, la vegetación...
- La conservación del suelo, de los ecosistemas y de los entornos naturales.
- Renunciar a una vivienda aislada con una gran parcela de terreno situada en la periferia urbana (CIUDAD DIFUSA) frente a la recuperación de los cascos antiguos, la vivienda con mayor densidad de población (CIUDAD COMPACTA) es un primer paso hacia un modelo de urbanismo sostenible.

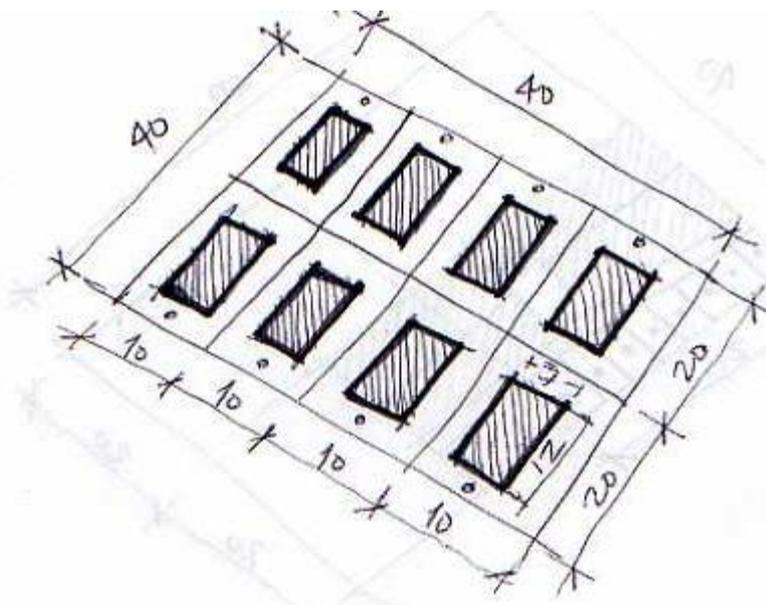
La ciudad compacta permite aproximar la vivienda al lugar de trabajo y a los servicios públicos, permite la organización de un sistema de transporte público más eficiente que en zonas de población dispersa. El gran reto es hacer de la ciudad compacta un espacio para la socialización, un espacio atractivo para la vida, donde el ciudadano no busque desesperadamente una casa unifamiliar con jardín privado. El impacto de la construcción sobre el territorio va a depender de la densidad de la vivienda a diseñar. Así, como podemos comprobar en el siguiente Cuadro 1, agrupar a las personas en edificios compactos plurifamiliares presenta múltiples ventajas ecológicas y económicas.

**Cuadro 1: Análisis comparativo del impacto producido por tres tipos de viviendas**

	<b>Caso 1. 8 viviendas en casas aisladas</b>	<b>Caso 2. 8 viviendas en 2 bandas de 4 adosados</b>	<b>Caso 3. 8 viviendas en edificio plurifamiliar</b>
Ocupación del suelo	100%	70%	34%
Superficie envolvente	100%	74%	35%
Energía calefacción	100%	89%	68%
Coste de la obra	100%	87%	58%

*Fuente: Guía de construcción Sostenible, Antonio Baño, Noviembre 2005*

**Elaboración:** Arq. Galo Plúa



**Caso 1.**

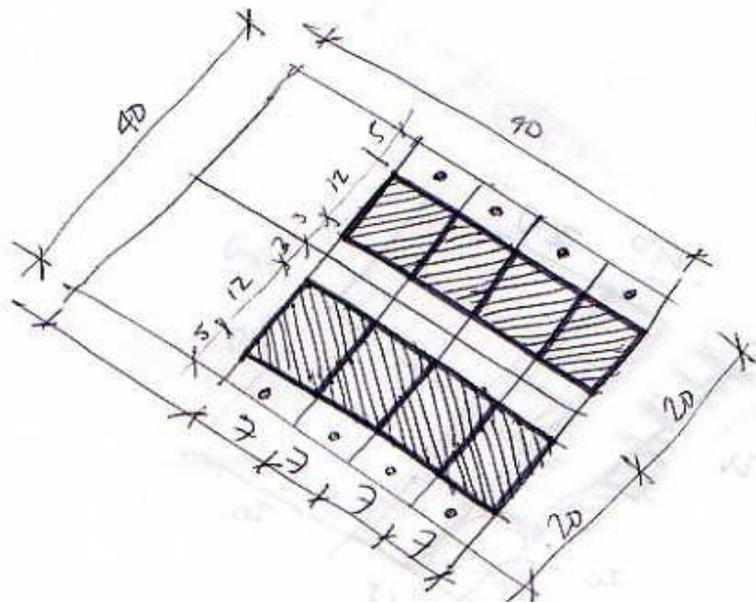
Area del terreno: 1600m<sup>2</sup>

Area de construcción : 672m<sup>2</sup>

**Ocupación del suelo: 1600m<sup>2</sup>**

Número de parqueos : 8

Elaboración: Arq. Galo Plúa



**Caso 2.**

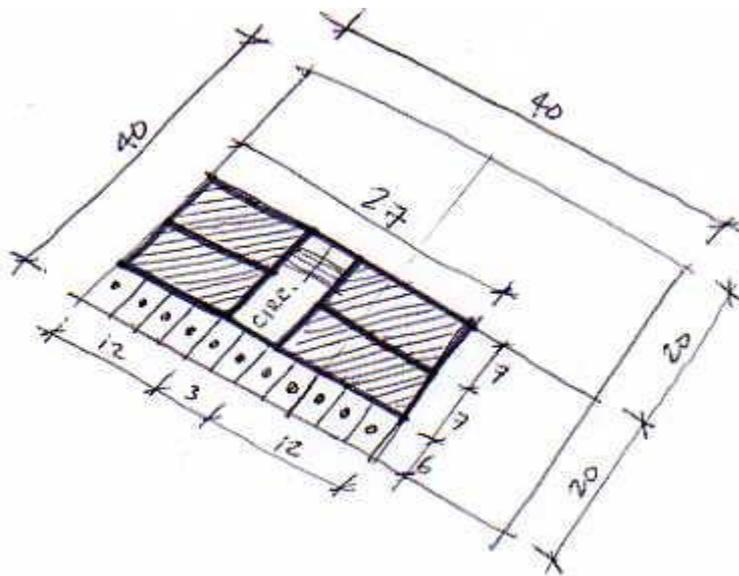
Area del terreno: 1600m<sup>2</sup>

Area de construcción : 672m<sup>2</sup>

**Ocupación del suelo: 1120m<sup>2</sup>**

Número de parqueos : 8

Elaboración: Arq. Galo Plúa



**Caso 3.**

Area del terreno: 1600m<sup>2</sup>

Area de construcción : 672m<sup>2</sup>

**Ocupación del suelo: 544m<sup>2</sup>**

Número de parqueos : 11

Dentro de la ciudad compacta el barrio parece el marco ideal para la mayoría de ciudadanos, siendo especialmente importante para niños, ancianos y población inactiva. Uno de los aspectos a tener en cuenta es la ciudad compacta de alta diversidad social en los barrios. El trazado de las calles: fundamental, bien orientado. Una de las estrategias más interesantes y efectivas sería la correcta orientación de las calles para así aprovechar la radiación solar y aprovechar o protegerse de los vientos. Calles alineadas a eje Norte-Sur generan fachadas a Este y Oeste; la fachada Este es captadora ideal de sol en las primeras horas de la mañana.

## **B. La gestión urbana**

Un planeamiento urbanístico sostenible debe prestar especial atención al ahorro energético, del agua y de los recursos, a la gestión de los residuos, al impacto acústico y a la creación de un entorno agradable a partir de una red de zonas verdes. Si algo favorece la diversidad y las relaciones entre personas es la existencia de zonas verdes, por sus indudables beneficios sico-sociológicos y ambientales, por proporcionar espacios de encuentro. El diseño de ciudad debe reducir las distancias entre vivienda, trabajo y equipamientos y, a su vez, favorecer el desplazamiento en transporte colectivo, el recorrido peatonal y la bicicleta.

Avanzar hacia un modelo de ciudad sostenible debe tener en cuenta la imprescindible participación de los ciudadanos y usuarios, tanto en su diseño y planificación como en su ejecución y gestión posterior. Ponemos como ejemplo el barrio de Vauban en la ciudad alemana de Friburgo recibe el nombre de barrio sin coche. A través de un diseño donde vivienda, trabajo y servicios públicos están agrupados de tal modo que podamos renunciar al coche, dos estaciones de transporte colectivo situadas junto a aparcamientos en la periferia hacen honor a tal apelativo.

### **2.4 Prevención de la Contaminación en las Actividades de Construcción**

Las actividades de la construcción, es en la mayoría de casos, generadora de contaminación del suelo, agua y aire, por lo que es necesario reducir tal contaminación mediante el control de la erosión del terreno, la sedimentación en las vías de

agua y la generación de polvo transportado por el aire. Se pretende entonces crear e implantar un Plan de Control de Erosión y Sedimentación (CES) para todas las actividades de la construcción asociadas a la edificación. Este plan CES se adecuará a los requisitos de erosión y sedimentación de las normas y códigos locales de control de erosión y sedimentación. El Plan CES describirá las medidas implantadas para cumplir los siguientes objetivos:

1. Prevenir la pérdida de suelo durante la construcción debida al flujo de escorrentía y/o la erosión por viento, incluyendo la protección de la tierra vegetal apilándola para su reutilización.
2. Prevenir la sedimentación en el alcantarillado de escorrentías o arroyos que viertan sus aguas en la parcela.
3. Prevenir la contaminación del aire con polvo y partículas de material de construcción.

Un Plan de Control de Erosión y Sedimentación (CES) perfila las estipulaciones necesarias para cumplir en la fase de proyecto y en la fase de construcción con los requisitos de control de los sistemas de eliminación de las descargas de contaminantes en obra. Este plan CES se aplicará a cualquier tamaño que tenga el terreno. En fin, se trata de crear un Plan de Control de la Erosión y Sedimentación durante la fase de redacción del proyecto; se debe considerar el empleo de estrategias tales como la siembra temporal y permanente, el cobijado, los diques de tierra, vallas de limo, depósitos de sedimentación y estanques de sedimentación.

Los siguientes son recomendaciones para que un proyecto tenga características sostenibles relacionadas con su implantación sobre un terreno.

## **2.5 Selección del Terreno de Construcción**

En todo proyecto arquitectónico o urbano, habrá que evitar el desarrollo en terrenos inadecuados y reducir el impacto medioambiental procedente de la localización de un edificio en un terreno determinado. Se recomienda, no desarrollar edificios, elementos no vegetales de jardinería, carreteras o aparcamientos en partes de terreno que

cumplan alguno de los criterios siguientes:

1. Tierras de cultivo de primera calidad tal como son definidas por el Ministerio de Agricultura.
2. Terreno no desarrollado previamente cuya elevación sea menor de 1,5 metros por encima de la cota de inundación con período de retorno de 100 años.
3. Terreno que está específicamente identificado como hábitat de cualquier especie que figure en las listas de especies amenazadas o en peligro de extinción.
4. En un radio de 30 metros de humedales tal como son definidas por el Ministerio de Ambiente y humedales aislados de áreas de protección especial identificadas por normas locales o regionales, a distancias comprometidas de humedales prescritas por regulaciones locales o regionales, tal como se definen en normas o leyes locales o regionales, lo que sea más restrictivo.
5. Terreno previamente no desarrollado que esté en un radio de 15 metros de un cuerpo de agua, definido como mares, lagos, ríos, arroyos y afluentes que sustenten o puedan sustentar peces, un uso recreativo o industrial, consistente con la terminología del Ministerio de Ambiente.
6. Terreno que previamente a su adquisición para el proyecto fue parque natural, a no ser que un terreno de igual o mayor valor que el del parque sea aceptado como intercambio en la transacción por el propietario público del terreno.

Durante el proceso de selección de terreno, dar preferencia a aquellas que no incluyan elementos sensibles ni tipos de terrenos restrictivos. Seleccionar una localización adecuada para el proyecto y diseñar el proyecto con la mínima huella ecológica posible para minimizar la perturbación de terreno de aquellas áreas sensibles para el medioambiente identificadas anteriormente.

## **2.6 Densidad del Proyecto y Conectividad de la Comunidad**

Los proyectos urbano-arquitectónicos deben de canalizar el desarrollo hacia áreas urbanas con infraestructura existente, proteger los terrenos cultivables y preservar el

hábitat y los recursos naturales.

### **2.6.1 Densidad del proyecto**

Se deberá construir o renovar la edificación en una parcela previamente desarrollada y en una comunidad con una densidad mínima de 1,377 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup> neto (Fuente: LEED para Nueva Construcción V2.2, 2006) .El cálculo de la densidad debe incluir el área del edificio que se va a construir y se debe basar en un desarrollo tipo de viviendas de PB+1 en el centro de ciudades.

### **2.6.2 Conectividad de la Comunidad**

Para lograr una mejor conectividad y desarrollo de la comunidad, se debe procurar construir o renovar la edificación en un terreno previamente desarrollado y en un radio de 800 metros de una zona residencial o barrio con una densidad media de 25 unidades por hectárea neta. Y en un radio de 800 metros de al menos 10 servicios básicos y con acceso para peatones entre las edificaciones y los servicios.

Los servicios básicos incluyen, pero no necesariamente están limitados a:

- 1) Banco;
- 2) Lugar de culto;
- 3) Tiendas minoristas de comestibles
- 4) Guardería;
- 5) Servicios de limpieza;
- 6) Parque de bomberos;
- 7) Peluquería y centros de belleza;
- 8) Ferretería;
- 9) Lavandería;
- 10) Biblioteca;
- 11) Centro Médico y Odontológico;
- 12) Asilo de Ancianos;
- 13) Parque;
- 14) Farmacia;

- 15) Oficina de correos;
- 16) Restaurante;
- 17) Colegio;
- 18) Supermercado;
- 19) Teatro;
- 20) Centro Cívico;
- 21) Gimnasio;
- 22) Museo.

La proximidad se determina dibujando un radio de 800 metros alrededor de la entrada principal de la edificación en un plano de terreno y contando los servicios dentro de dicho radio. Durante el proceso de selección de terreno, habrá que dar preferencia a terrenos urbanos con accesos para peatones a diversos servicios.

## **2.7 Re-desarrollo de Suelos Industriales Contaminados (Brownfields)**

En los casos de terrenos de suelos industriales contaminados, habrá que rehabilitar parcelas dañadas donde el desarrollo es complicado por contaminación medioambiental, reduciendo la presión sobre el terreno no desarrollado. Para ello habrá que desarrollar un terreno documentado como contaminado (por medio de la catalogación del Ministerio de Medio Ambiente o un Programa de Limpieza Voluntario local o regional) un terreno definido como suelo industrial contaminado por una agencia de un gobierno local o regional. Durante el proceso de selección del terreno, dar preferencia a terrenos industriales contaminadas. Habrá que identificar y proponer los incentivos fiscales y los ahorros en el coste de la propiedad. Y coordinar los planes de desarrollo de terreno con actividades de remediación, según sea necesario.

## **2.8 Uso del Transporte Alternativo**

### **2.8.1 Acceso al Transporte Público**

Es importante reducir la contaminación y los impactos en el desarrollo del terreno debidos al uso del automóvil para ello habrá que localizar el proyecto en un radio de 400 metros de una o más paradas para dos o más líneas de autobuses públicos o

de las compañías utilizables por los ocupantes del proyecto. Llevar a cabo una encuesta sobre transportes de los futuros ocupantes del proyecto para identificar las necesidades de transporte. Localizar el proyecto cerca de transportes públicos.

### **2.8.2 Estacionamiento de Bicicletas y Vestuarios**

Como medida para reducir la contaminación y los impactos en el desarrollo del terreno debidos al uso del automóvil, se puede proporcionar :

- Para *edificios No Residenciales* (oficinas, comerciales, industriales o institucionales), parques de bicicletas seguros (en un radio de 180 metros de una entrada del proyecto) para el 5% o más de todos los usuarios del edificio (medido en períodos horas pico), y, proporcionar duchas y vestuarios en el edificio, o en un radio de 180 metros de una entrada del edificio, para 0,5% del número de ocupantes Equivalentes a Tiempo Completo (ETC).
- Para *edificios Residenciales*, proporcionar servicio de parque de bicicletas con seguridad cubierto para al menos el 15% o más de los ocupantes del edificio . Diseñar el edificio con instalaciones de apoyo al transporte tales como aparcamientos de bicicletas y servicios de vestuarios/duchas.

### **2.8.3 Transporte Alternativo: Vehículos de Baja Emisión y Combustible Eficiente**

Como medida de reducción de contaminación, es válido tratar de proporcionar vehículos de baja emisión y combustible eficiente para el 3% de los ocupantes Equivalentes a Tiempo Completo (ETC) y proporcionar aparcamiento preferente para estos vehículos. Se recomienda estar en las cercanías de estaciones de servicio para combustibles alternativos para el 3% de la capacidad total de aparcamiento de vehículos del terreno (las estaciones de servicio para combustibles líquidos o gaseosos deben estar ventiladas por separado o localizadas en el exterior).

Para este propósito, los vehículos de baja emisión y eficientes en combustible se definen como vehículos que o bien están clasificados como Vehículos de Emisión Cero (VEC) por alguna institución internacional o a criterio del Ministerio de Economía o Industria o Ambiente, el que sea más restrictivo. “Aparcamiento Preferente” se refiere a plazas de aparcamiento que están lo más próximas posible a la entrada principal del proyecto (a excepción de espacios destinados a minusválidos) o

tarjetas de aparcamiento proporcionados a un precio más barato.

En resumen se trata de proporcionar instalaciones de apoyo al transporte tales como estaciones de servicio de combustibles alternativos y considerar la posibilidad de compartir los costos y beneficios de estas estaciones con los vecinos.

#### **2.8.4 Transporte Alternativo: Capacidad de estacionamientos**

##### **En edificios no residenciales:**

- Dimensionar la capacidad de aparcamiento para cumplir, pero no exceder, los requisitos mínimos locales para la zona, y proporcionar Estacionamiento Preferente a coches y furgonetas con dos o más ocupantes para el 5% de los espacios de aparcamiento totales disponibles.

Para edificios que proporcionan aparcamiento a menos del 5% de los ocupantes ETC (Equivalente del tiempo completo) del edificio:

- Proporcionar aparcamiento preferente a coches y furgonetas con dos o más ocupantes, marcados como tales, para el 5% de los espacios de aparcamientos totales disponibles.

##### **En edificios residenciales:**

- Dimensionar la capacidad de aparcamiento para no exceder los requisitos mínimos locales de zona, y proporcionar infraestructura y programas de apoyo para facilitar el uso compartido de vehículos tales como áreas de parada de furgonetas con varios ocupantes, aparcamiento designado para coches con dos o más ocupantes, o servicios de coches compartidos, andenes de viajeros, y servicios de mini-buses hasta el transporte público.

“Estacionamiento Preferente” se refiere a plazas de aparcamiento que están lo más próximas posible a la entrada principal del proyecto (excluidos los espacios designados para minusválidos) o pases de parqueos a precio barato. Se trata de minimizar el tamaño del espacio de parqueo/garaje y considerar la posibilidad de compartir las instalaciones de aparcamiento con los edificios adyacentes. El propósito es buscar alternativas que limiten el uso de vehículos con un sólo ocupante.

## **2.9 Desarrollo del terreno**

### **2.9.1 Proteger o Restaurar el Hábitat**

En el desarrollo del terreno, es decir antes y durante las actividades de construcción, es recomendable conservar las áreas naturales existentes y restaurar las áreas dañadas para proporcionar hábitat y promover la biodiversidad.

En terrenos no contaminados, se recomienda limitar toda la perturbación de los ecosistemas existentes del terreno a 12 metros a partir del perímetro del edificio; 3 metros a partir de la superficie de aceras, patios, parqueos en superficie e instalaciones menores de 30,5 cm. de diámetro; 4,5 metros a partir de bordillos de las vías principales y zanjas de los ramales de los servicios principales; y 7,7 metros a partir de áreas construidas con superficies permeables (tales como áreas con pavimentos permeables, instalaciones para la detención de escorrentía y campos de juego) que requieran áreas adicionales de colchón para limitar la compactibilidad en el área construida.

En terrenos previamente desarrolladas o parcelas niveladas, se recomienda restaurar o proteger un mínimo del 50% del área del terreno (excluyendo la huella ecológica del edificio) con vegetación autóctona o adaptada. Las plantas autóctonas/adaptadas deben ser plantas propias de una localidad o tipo de cultivo nativo que están adaptados al clima local y que no se consideran especies invasoras ni maleza nociva. Los edificios que usen superficies de cubiertas vegetadas pueden aplicar la superficie de cubierta vegetada para este cálculo si las plantas responden a la definición de autóctonas/adaptadas.

Los terrenos no contaminados son aquellos que no han sido previamente desarrollados o nivelados y permanecen en su estado natural. Los terrenos previamente desarrollados son aquellas que previamente contenían edificios, carreteras, estacionamientos, o fueron nivelados o alterados directamente por las actividades humanas. En terrenos no contaminadas, habría que realizar un levantamiento topográfico para identificar los elementos del sitio y adoptar un plan general para el desarrollo del proyecto. En general se trata de localizar con cuidado

el proyecto en el terreno para minimizar la perturbación de los ecosistemas existentes y diseñar el proyecto para minimizar su huella ecológica .

Es necesario entonces, incluir estrategias como la planificación del proyecto en vertical, la construcción subterránea de estacionamientos y compartir instalaciones con los vecinos. Establecer unos límites claramente marcados en la construcción para minimizar la perturbación del terreno existente y restaurar previamente las áreas degradadas a su estado natural. Para terrenos previamente desarrollados, utilizar agencias gubernamentales locales y regionales, consultores, servicios educativos, y asociaciones de plantas autóctonas como recursos para la selección apropiada de materiales de plantas autóctonas o adaptadas . Habrá que prohibir materiales de plantas listadas como invasoras o especies de maleza nocivas. Las especies de plantas autóctonas/adaptadas requieren un riego mínimo o ningún riego después de su plantación, no requieren un mantenimiento activo como siega o tratamiento con productos químicos como fertilizantes, pesticidas o herbicidas, proporcionan valor al hábitat y promueven la biodiversidad evitando la plantación de monocultivos.

A continuación se muestran las especies de árboles autóctonos de la costa ecuatoriana, los cuales están ponderados de acuerdo a los siguientes factores:

-ALTURA: La vegetación alta puede constituirse en una barrera a la ventilación natural en el caso de edificios bajos, no así en el caso de edificios altos, pues sobre los 25 metros la vegetación no tiene influencia. La vegetación baja influye tanto por el tamaño del arbusto o seto como por la distancia que lo separa de la edificación, a barlovento los arbustos restan cantidad de viento por lo que es conveniente evitarlos.

-FOLLAJE: Tiene que ver con el tamaño y forma de su copa así como la permeabilidad dada por el tipo de hoja. Esto afecta tanto a la proporción de la sombra arrojada como a la capacidad de penetración del viento. Debe tenerse en cuenta también la aportación de porcentajes significativos adicionales de humedad que conllevan los arboles.

- PELIGROSIDAD: Refiérase a los efectos que las raíces, por su disposición en profundidad y extensión, pueden tener sobre instalaciones y construcciones

circundantes.

- CRECIMIENTO: Bajo este criterio se considera el lapso en años en que el árbol alcanza su madurez.

-MANTENIMIENTO: Interesa por el gasto que significa la poda, recolección y limpieza periódica de la especie.

En el Cuadro 2 se muestran las especies de árboles autóctonos de la costa ecuatoriana.

**Cuadro 2. Análisis y ponderación de la arborización**

<i>Análisis y ponderación de la arborización</i>												
<i>Nombre</i>	<i>Altura en m</i>		<i>30 %</i>	<i>Follaje</i>	<i>30 %</i>	<i>Peligro</i>	<i>10 %</i>	<i>CreCIMIENTO</i>	<i>20 %</i>	<i>Mantenimiento</i>	<i>10%</i>	<i>Total</i>
	<i>Total</i>	<i>Fuste</i>		<i>en m</i>				<i>años</i>				
Saman	20	8	30	25 ralo	30	Si	0	10	20	Medio	5	85
Cedro	35	5	20	8 ralo	20	No	10	12	0	Bajo	10	60
Guachipeli	30	3	30	15 ralo	30	Si	0	15	0	Bajo	10	70
Eucalipto	25	4	0	10 ralo	20	Si	0	8	20	Alto	0	40
Ceibo	30	4	0	15 ralo	20	Si	0	15	0	Alto	0	20
Caucho	12	2	30	15 ralo	10	si alta	0	8	20	Medio	5	65
Ficus	20	3	30	15 denso	10	No	10	12	0	Alto	0	50
Sauce	20	4	20	8 ralo	20	No	10	10	20	Medio	5	75
Acacia Amarilla	12	2	20	15 denso	10	No	10	10	20	Medio	5	65
Acacia Roja	25	3	30	30 ralo	30	No	0	5	20	Bajo	10	90
Suche	8	2	20	8 denso	10	No	10	5	20	Bajo	10	70
Almendro	15	6	30	8 denso	10	No	10	5	20	Alto	0	70
Cocotero	12	4	0	5 ralo	30	No	10	4	20	Medio	5	65
Mango	15	4	30	12 denso	10	Si	0	5	20	Bajo	10	55
Tamarindo	12	4	20	10 denso	10	No	10	5	20	Alto	0	60
Pechiche	30	10	30	12 denso	10	No	10	10	20	Alto	0	70
Fruta de pan	20	3	20	15 denso	10	No	10	8	20	Medio	5	65
Guabo	12	7	30	8 ralo	20	No	10	8	20	Bajo	10	90

*Fuente: Confort climático en la arquitectura de Guayaquil, Gabriel Murillo.*

Concluimos que los árboles más recomendados son la acacia roja, el guabo y el samán, por su altura, follaje, nada de peligrosidad y bajo mantenimiento. Por el contrario, los menos

recomendados son el ceibo, el eucalipto y el ficus, árboles muy conocidos cuyas raíces destruyen pisos urbanos, pasan los 25m de altura, son de lento crecimiento y de alto mantenimiento.

## **2.10 Desarrollo del terreno: Maximizar el Espacio Abierto**

El objetivo es proporcionar un alto grado de espacio abierto en relación con el desarrollo de la huella ecológica con el fin de promover la biodiversidad. Para ello es necesario reducir la huella ecológica del proyecto (definida como el área total de la huella ecológica del edificio, elementos sólidos de la jardinería, carretera de acceso y estacionamientos) y/o proporcionar un espacio abierto ajardinado dentro de los límites del proyecto para exceder los requisitos de espacio abierto de la zonificación local para el terreno en un 25%. Para áreas sin requisitos de ordenanza de zonificación local (ej., campus de universidades, bases militares), disponer un área, adyacente al edificio, de espacio abierto ajardinado que sea igual a la huella ecológica del edificio. Donde exista una ordenanza de zonificación, pero no haya requisitos de espacio abierto (cero), disponer un espacio abierto ajardinado igual al 20% del área de la huella ecológica total del edificio.

- Para edificios localizados en áreas urbanas, las áreas de cubierta ajardinada pueden contribuir al cumplimiento del objetivo.
- Para edificios localizados en áreas urbanas, las áreas con jardinería no vegetal que favorezcan el uso peatonal pueden contribuir al cumplimiento del propósito. Para tales edificios, se debe ajardinar con vegetación un mínimo del 25% del espacio abierto.
- Los humedales o estanques naturales se pueden considerar espacio abierto si el gradiente de las orillas tiene una media de 1:4 (vertical: horizontal) o menos y están vegetadas.

## **2.11 Diseño de Escorrentías**

### **2.11.1 Control de Cantidad**

En cuanto a diseño de escorrentías, es preciso limitar la perturbación de la

hidrología de los cursos naturales de agua reduciendo la cubierta impermeable, incrementando la infiltración in-situ, reduciendo o eliminando la contaminación procedente del flujo de la escorrentía, y eliminando los contaminantes.

### **La impermeabilidad existente es menor o igual al 50%**

Se trata de implantar un plan de gestión de escorrentía que dé como resultado una disminución del 25% del volumen de escorrentía para la precipitación en 24 horas con período de retorno de dos años. Para lograr esto, es preciso diseñar el terreno del edificio para mantener los flujos naturales de escorrentía favoreciendo la infiltración. Especificar cubiertas ajardinadas, pavimentos permeables, y otras medidas para minimizar las superficies impermeables. Es recomendable reutilizar los volúmenes de escorrentía generados para usos no-potables como riego de jardines, descarga de lavabos y urinarios y servicios de protección contra incendios.

#### **2.11.2 Diseño de Escorrentías: Control de Calidad**

En cuanto al control de calidad de las escorrentías, habrá que limitar la perturbación y la contaminación de flujos naturales de agua gestionando el exceso de escorrentía. Para conseguir ello, hay que implantar un plan de gestión de escorrentía que reduzca la cubierta impermeable, promueva la infiltración, y capture y trate el exceso de escorrentía procedente del 90% de las precipitaciones medias anuales usando las *Mejores Prácticas de Gestión* (MPG) aceptables. Las MPG's usadas para tratar las escorrentías deben ser capaces de eliminar el 80% de la media anual post-desarrollo de la carga de *Sólidos Totales Suspendedos* (STS) basada en informes de seguimiento existentes.

Se debe usar superficies alternativas (por ejemplo, cubiertas ajardinadas, pavimentos permeables o pavimentos de rejilla) y técnicas no-estructurales (por ejemplo, jardines de lluvia, cunetas drenajes vegetados, discontinuidad de las zonas impermeables, reciclado del agua de lluvia) para reducir la impermeabilidad y promover la infiltración reduciendo por tanto las cargas de contaminantes. Usar estrategias de diseño sostenible (por ejemplo, Desarrollo de Bajo Impacto, Diseño Medioambientalmente Sensible) para diseñar sistemas integrados de tratamiento natural y mecánico tales como humedales construidos, filtros vegetales, y canales abiertos para tratar el exceso de escorrentías.

## 2.12 Efecto Isla de Calor

### 2.10.1 Espacios no cubiertos

Para minimizar el impacto en el microclima, el hábitat humano y los ecosistemas se busca reducir las islas de calor (diferencias de gradiente térmico entre áreas desarrolladas y no desarrolladas). Además, proporcionar cualquier combinación de las siguientes estrategias para el 50% de los elementos sólidos (incluyendo carreteras, aceras, patios y estacionamientos):

- Proporcionar sombra (dentro de los 5 años desde la ocupación)
- Utilizar materiales de pavimentación con un Índice de Reflectancia Solar (IRS) de al menos 29 ver Cuadro 3.
- Sistema de pavimentación de rejilla abierta (Adoquín ecológico)

**Cuadro 3.- Índices de Emitancia, Reflectancia e IRS en distintos tipos de pavimento**

<i>Material</i>	<i>Emitancia</i> <i>W/m<sup>2</sup></i>	<i>Reflectancia</i> <i>LUM</i>	<i>IRS</i>
Concreto gris nuevo	0.9	0.35	35
Concreto gris con tiempo de uso	0.9	0.2	19
Concreto blanco	0.9	0.7	86
Concreto blanco con tiempo de uso	0.9	0.4	45
Asfalto nuevo	0.9	0.05	0
Asfalto con tiempo de uso	0.9	0.1	6

*Fuente: LEED for New Construction, 2006*

- **EMITANCIA** es la energía radiante desde una unidad de área y por unidad de tiempo. Se mide en vatios por metro cuadrado (W/m<sup>2</sup>). Esta propiedad de una superficie se define como la razón entre la intensidad monocromática emitida por una superficie en una dirección particular y la intensidad monocromática que sería emitida por un cuerpo negro a la misma temperatura.

- **REFLECTANCIA** es la proporción de luz reflejada por una superficie y se determina comparando los lúmenes que inciden en ella (iluminancia) con los que refleja (luminancia).
  - **ALBEDO** es la reflectividad de la superficie terrestre y se refiere a la energía reflejada desde la Tierra al universo. La radiación total (= radiación global) que llega a la superficie terrestre se compone de la suma de la radiación solar (la más importante) y la radiación difusa del universo
- Colocar un mínimo del 50% de los espacios de parqueos bajo una cubierta (definidos como subterráneos, debajo de una estructura de sombra, debajo de una cubierta, o debajo de un edificio). Cualquier tipo de tejado usado para dar sombra o cubrir el estacionamiento debe tener un IRS de al menos 29.
  - Utilizar superficies de sombra construidas en el terreno con características de jardinería y emplear materiales de alta Reflectancia para los elementos no vegetales de la jardinería.
  - Considerar la posibilidad de reemplazar las superficies construidas (cubiertas, carreteras, aceras, etc.) con superficies vegetales tales como cubiertas ajardinadas y pavimentos de rejilla abierta o materiales específicos de alto albedo para reducir la absorción de calor. Ver Cuadro 4.

**Cuadro 4.- Albedo de distintas superficies terrestres en %**

Tierra negra seca	14
Tierra negra húmeda	8
Tierra removida húmeda	14
Arena fina y brillante	37
Nieve seca y Limpia	90
Bosque sin hojas	17
Bosque frondoso	18
Monte Bajo desértico	28
Zona pantanosa	12
Pradera	13
Área urbanizada	15

*Fuente: Guía de construcción Sostenible, Antonio Baño, Noviembre 2005*

### 2.12.2 Efecto Isla de Calor: Espacios cubiertos

En espacios cubiertos, se debe procurar usar materiales para la cubierta con un Índice de Reflectancia Solar (IRS) igual o mayor que los valores de la Cuadro 5 que figura a continuación para un mínimo del 75% de la superficie de la cubierta. Instalar una cubierta ajardinada para al menos el 50% del área de la cubierta. Además de instalar superficies de cubierta de alto albedo y ajardinadas que, combinadas, cumplan los siguientes criterios:

**Cuadro 5. Índice de Reflectancia solar en cubierta según su inclinación.**

$$(\text{Área de la cubierta IRS}/0,75) + (\text{Área de la cubierta ajardinada}/0,5) > \text{Área Total Cubierta}$$

<i>Tipo de Cubierta</i>	<i>Pendiente</i>	<i>IRS</i>
Cubierta de Baja Inclinación	< 2:12	78
Cubierta de Alta Inclinación	> 2:12	29

*Fuente: LEED for New Construction, 2006*

- Considerar la instalación de tejados de alto-albedo y ajardinados para reducir la absorción de calor. El IRS se calcula de acuerdo con ASTM E 1980. La Reflectancia se mide de acuerdo con ASTM E 903, ASTM E 1918, o ASTM C 1549. La Emitancia se mide de acuerdo con ASTM E 408 o ASTM C 1371. No existen normas locales.

Para maximizar los ahorros de energía y minimizar el efecto de isla de calor, los materiales deberían mostrar alta reflectividad y un alto emisividad sobre la vida útil del producto. Algunos fabricantes miden Reflectancia visible que difiere de la Reflectancia solar. La Reflectancia visible tiene que ver con la Reflectancia solar pero las dos cantidades no son iguales porque la solar cubre con mayor amplitud las ondas que la luz visible. Un material que muestra alta Reflectancia visible usualmente tiene menor Reflectancia solar. Típicamente, materiales de cubiertas blancas muestran mejor desempeño en sus características que materiales que no son blancos. La eficiencia varía del tipo de materiales de cubierta como de la marca.

El Cuadro 6, provee ejemplos de valores de IRS para diferentes tipos de

superficies de cubierta. Nótese que la Emitancia Infraroja en los materiales de agregados y cementicios siempre tienen valor IRS de 0.9.

**Cuadro 6: IRS para Materiales de Cubierta**

<i>Valores para materiales genéricos de techo</i>	<i>Reflectancia solar</i>	<i>Reflectancia infrarojo</i>	<i>Incremento de Temperatura</i>	<i>IRS</i>
Lámina impermeabilizante Gris EPDM	0.23	0.87	37,78°C	21
Teja asfáltica	0.22	0.91	37,22°C	22
Baldosa de cemento sin pintar	0.25	0.9	36,11°C	25
Betun granulado superficial blanco	0.26	0.92	35,00°C	28
Teja de arcilla roja	0.33	0.9	32,22°C	36
Grava ligera sobre techo construido	0.34	0.9	31,67°C	37
Recubrimiento de aluminio	0.61	0.25	26,67°C	50
Grava recubierta de blanco en techo construido	0.65	0.9	15,56°C	79
Recubrimiento blanco en techo de metal	0.67	0.85	15,56°C	82
Lámina impermeabilizante Blanco EPDM	0.69	0.87	13,89°C	84
Baldosa de Cemento Blanco	0.73	0.9	11,67°C	90
Recubrimiento elastomérico blanco- 1 capa, 8 mils	0.8	0.91	7,78°C	100
PVC blanco	0.83	0.92	6,11°C	104
Recubrimiento elastomérico blanco - 2 capas, 20 mils	0.85	0.91	5,00°C	107

*Fuente: LBNL Cool Roofing Materials Database*

### 2.12.3 Los techos verdes

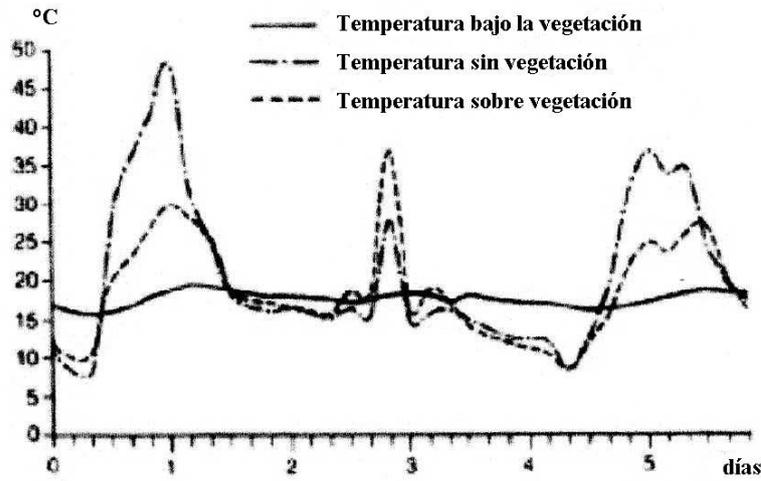
Las cubiertas ajardinadas (cubiertas verdes) son superficies vegetadas que reducen el efecto de isla de calor reemplazando superficies de absorción de calor mediante plantas, arbustos y pequeños árboles que enfrían el aire a través de la evapotranspiración (o evaporación del agua a través de las hojas). Las cubiertas ajardinadas provee beneficios de aislamiento, apariencia estética y bajo mantenimiento que cubiertas estándares. Algunas cubiertas verdes requieren de mantenimiento y son considerados como jardines activos mientras que otros tienen césped o plantas que no requieren de mantenimiento o riego. Todas las cubiertas verdes requieren de al menos 2 inspecciones al año, pero tienen mayor vida útil que los techos convencionales.

Las cubiertas ajardinadas y las cubiertas con materiales de alto índice de IRS, reducen costos asociados con enfriamiento y refrigeración (HVAC equipamiento). Los techos ajardinados típicamente requieren una adicional inversión inicial, mientras que los techos fríos (Cool Roofs) podrían costar o no más que los otros techos. Sin embargo, cualquier inversión inicial es probable que resulte en ahorros de energía en toda la vida útil del proyecto.

Los techos verdes tienen la propiedad de efecto refrigerante en época calurosa y de calefacción en época de frío. La transmisión de calor a través del exterior al interior puede ser reducida en más del 90% a través de un techo verde. Mediciones en Alemania en verano muestran que incluso períodos de calor extremo con temperaturas de 35°C, la temperatura por debajo de un techo verde nunca excedía los 25°C. La Figura 1 representa curvas de temperatura en un período de 6 días en verano, medidas a una profundidad de 10cm dentro de la capa de la tierra de un techo de tierra con y sin vegetación, mostrando que la vegetación redujo la temperatura de la tierra hasta 29°C. Mientras que la temperatura de la tierra sin vegetación varió en este periodo de 7°C a 48°C, varió solamente de 15°C a 19°C cuando estaba cubierta con vegetación.

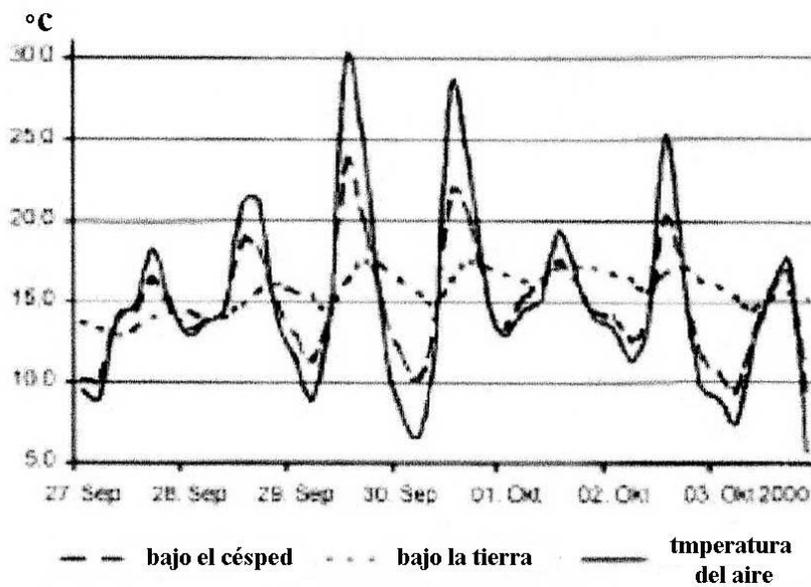
En el gráfico 8 son mostradas las temperaturas de un período en otoño, dentro de un techo verde en Alemania que existe de 16cm de tierra cubierto con césped silvestre. Cuando la temperatura del aire alcanzó 30°C, la temperatura por debajo de la tierra era solo de 17,5°C. Este efecto refrigerante es producido principalmente por el efecto de evaporación y sombra de la vegetación, pero también por su habilidad para reflejar la radiación solar y por el consumo de energía mediante la fotosíntesis y el almacenamiento de calor a través del agua retenida.

**Gráfico 8.** Temperaturas de un techo verde en Alemania durante el verano



*Fuente:* Techos verdes inclinados, Proyecto Hornero, Agronomía+Arquitectura, Uruguay, 2003

**Gráfico 9.** Temperaturas de un techo verde en Alemania durante el otoño



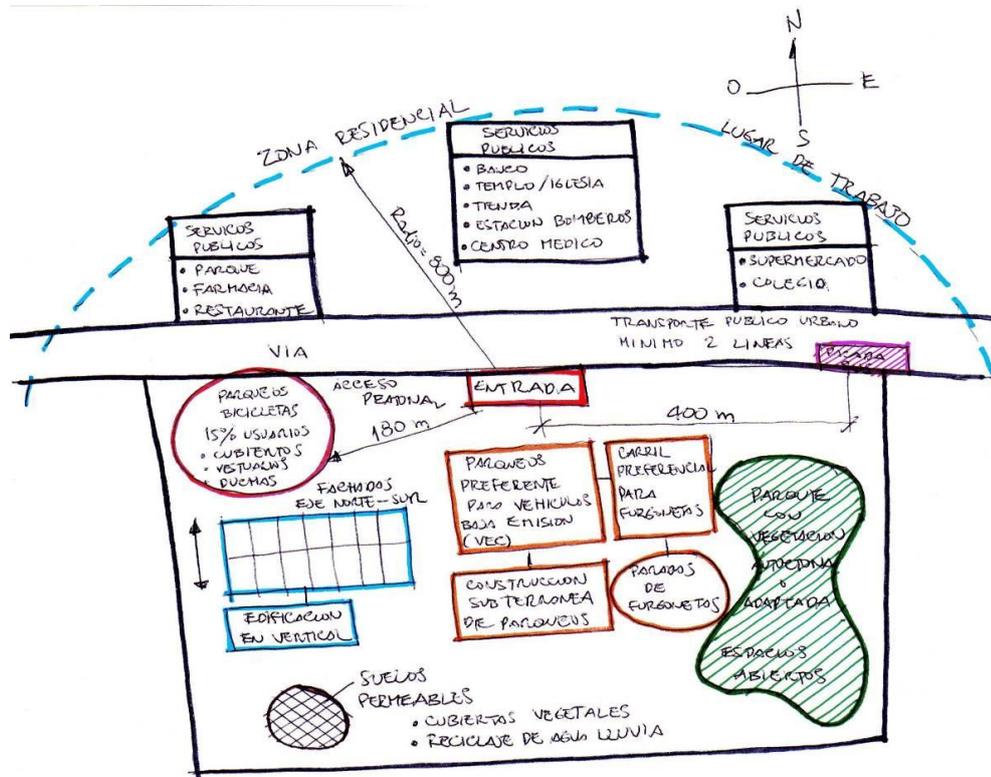
*Fuente:* Techos verdes inclinados, Proyecto Hornero, Agronomía+Arquitectura, Uruguay, 2003

## 2.11 Conclusiones y recomendaciones

Para poder plantear un proyecto de Construcción Sostenible y consecuentemente un análisis económico de este, será necesario cumplir inicialmente con criterios sostenibles de planificación. En resumen podemos mencionar los siguientes criterios que hemos analizado en este capítulo. Ver gráfico 10.

- Análisis del clima y ubicación del terreno
- Cálculo de la huella ecológica
- Determinar la densidad , localización de servicios públicos y lugares de trabajo
- Fomentar el uso de transporte público, bicicletas y vehículos de emisión cero con más de un acompañante.
- Restaurar el hábitat, incrementar los espacios abiertos, evitar la impermeabilización de los suelos.
- Evitar el efecto de la isla calor, incrementar las cubiertas frías y los techos verdes

Gráfico 10. Esquema de un planteamiento urbano Sostenible residencial



Elaboración: del autor

## **CAPITULO 3**

### **3. Consumo de Energía y Fuentes Renovables**

#### **3.1 Introducción**

Cada hora el Sol envía a la Tierra la misma cantidad de energía que nuestro planeta consume en un año. Es decir que el astro rey provee al planeta 8.760 veces más fuerza (cada año tiene esas horas) que la necesitada por sus 6.000 millones de habitantes para calentarse, movilizarse, alumbrarse y utilizar implementos eléctricos durante 12 meses. Por consiguiente es lógico pensar que la esperanza energética del mundo es redonda, de color amarillento, tiene 696 mil kilómetros de radio, está a 150 millones de kilómetros de distancia y produce energía al fusionar 700 millones de toneladas de hidrógeno cada segundo, con lo que necesitaría 60.000 millones de años para consumir el hidrógeno que actualmente posee. La Tierra para "moverse" atraviesa una dependencia exagerada de recursos no renovables, especialmente del petróleo.

La construcción sostenible debe ir dirigida a una reducción del consumo energético, ya que no sólo pueden surgir problemas relacionados con un agotamiento de los recursos naturales (en el caso del uso de combustibles fósiles) sino que debido a estos consumos las emisiones de CO<sub>2</sub> se han convertido en uno de los mayores problemas ambientales actuales, que un diseño adecuado del sistema energético puede reducir notablemente. En general se pretende la utilización de energías renovables (solar, eólica, hidráulica, biomasa, etc.) para alcanzar entre un 30% y un 50% de la demanda de agua caliente sanitaria, calefacción y climatización de un edificio.

En nuestro país existen los siguientes tipos de energías renovables: hidráulica, solar, eólica, geotérmica y bioenergía. Según Peter May, de la Corporación de Desarrollo Sostenible (Codeso), con sede en Quito, la generación hidroeléctrica cubre entre el 30% y 40% del consumo nacional, mientras las otras energías renovables se aprovechan en pequeña escala. El hospital Luis Vernaza en la ciudad de Guayaquil (ver gráfico 11 ) cuenta con el panel solar térmico que calienta el agua en los días de sol y, en menor cantidad, también en los de cielo nublado. Se instalan principalmente en los tejados de las edificaciones y además son económicos.

**Gráfico 11.** Hospital Luis Vernaza con paneles solares térmicos



La Asamblea Constituyente en Ciudad Alfaro (Montecristi) funcionó con energía alternativa, la eólica y solar. En el primer caso se han colocado dos aerogeneradores de energía de 800 vatios cada uno, y se encuentran en los exteriores del Mausoleo, los mismos que funcionan al 100%. Los ocho paneles solares con capacidad para producir 120 vatios cada uno, que a pesar de la lluvia y el tiempo nublado, trabajan al 70%. Por otro lado de la China vendrán 6 millones de focos que se empezarán a distribuir en la Costa Ecuatoriana. Los focos serán de distribución gratuita. El Estado ahorrará aproximadamente unos 10 galones de diesel por foco al año, es decir \$60 millones que se dejarán de gastar.

Así mismo, un nuevo complejo de energía eólica está funcionando ya en la isla San Cristóbal (Islas Galápagos), generará 2.5 megavatios de energía y costó 10 millones de dólares. El gobierno ecuatoriano quiere crecer en energías renovables, y planean hacerlo primero en las Islas Galápagos. El complejo, por ahora cuenta con tres aerogeneradores de 80 metros de altura, que están ubicados en una parte elevada de la isla San Cristóbal. Las islas galápagos están protegidas por su increíble fauna autóctona, así que el hecho de que

se pasen a las energías renovables para dejar de contaminar esa región privilegiada, es una muy buena noticia.

### **3.2 Nuevas tecnologías y políticas energéticas.**

La producción y utilización de energía es la principal fuente de emisión de gases invernaderos de la humanidad. La combustión de carbón, petróleo, y gas natural representan más de las tres cuartas partes de todas las emisiones de dióxido de carbono. En la extracción y empleo de combustibles fósiles también se emite metano, un poco de dióxido de carbono, y grandes cantidades de monóxido de carbono y otros contaminantes del aire. La producción de energía representa cerca del 44% de las emisiones mundiales de CO<sub>2</sub>, procedente de la quema de combustibles fósiles, la combustión en la industria y la construcción, más del 18%, el transporte, el 24% (y está aumentando rápidamente), y el sector residencial, el 8%: el 6% restante se vincula en su mayor parte a la combustión en los edificios comerciales y oficiales y en la agricultura.

Se pueden reducir al mínimo las fugas y vertidos durante la extracción y transporte de los combustibles fósiles. Las nuevas tecnologías pueden reducir de forma espectacular las emisiones de metano provenientes de minas de carbón y de sistemas de distribución de gas natural. En los campos petrolíferos en que el gas natural se quema o libera debido a su baja rentabilidad para la venta, se podrían incorporar pequeños generadores de energía in situ para producir electricidad para uso local, o el gas podría comprimirse o reciclarse para ser utilizado en el transporte o en industrias cercanas.

Se podría alentar la pronta introducción de nuevas tecnologías mediante políticas fiscales e impositivas. Para el año 2100, todo el capital invertido en el actual sistema mundial de energía comercial se habrá sustituido por los menos dos veces. Los incentivos para invertir en tecnologías más eficaces en función de los costos y de utilización más eficiente de la energía aumentarían las posibilidades que ofrecen estos reemplazos para la reducción de emisiones. La aplicación de impuestos sobre las emisiones o el contenido de carbono de los combustibles orientarían las inversiones hacia tecnologías que produzcan pocas emisiones. Al mismo tiempo la eliminación gradual de las subvenciones actuales a

los combustibles fósiles reduciría las emisiones globales, mientras que apoyaría al desarrollo de la economía nacional.

Se puede incrementar la eficiencia de conversión de las centrales generadoras de energía. La media mundial de la eficiencia de conversión (30%) se podría elevar a más del doble a largo plazo. Esto se lograría, en parte, a través de la transición a turbinas de gas de ciclo combinado, que probablemente se convertirán en las más grandes proveedoras mundiales de producción de energía nueva entre ahora y 2020. Los modelos más recientes ya han logrado una eficiencia de conversión de cerca del 60%. Esto es posible debido a que el calor proveniente de la quema de combustible dirige las turbinas de vapor, mientras la expansión térmica de los gases de tubos de escape dirige las turbinas de gas.

También se pueden reducir las emisiones de las centrales de energía si se adoptan fuentes renovables. Las tecnologías de energía renovables como la eólica, solar e hidráulica pueden reducir las emisiones, al mismo tiempo que distribuyen electricidad de manera más flexible fuera de la red. Hoy en día, la utilización de turbinas eólicas a nivel mundial, se está incrementando en más del 25% anual. La energía solar y biomasa también se siguen expandiendo a medida que los costos disminuyen. La contribución total de las fuentes de energía renovables no hidráulicas están actualmente debajo del 2% en todo el mundo, pero para este año 2010 se espera que entren en el mercado fuentes de energía fotovoltaica más eficaces, recursos eólicos ubicados a distancia, biocombustibles a base de etanol y otras fuentes de combustibles que produzcan bajas o ninguna emisión.

La industria puede reducir aún más el coeficiente de energía y al mismo tiempo disminuir los costos de producción. Este es el único sector en que las emisiones de los países más ricos ya están disminuyendo debido a una mayor eficiencia en el empleo de energía y materiales. Sin embargo, estos países podrían reducir todavía más sus emisiones industriales de CO<sub>2</sub>, simplemente reemplazando sus instalaciones y procesos actuales con las opciones tecnológicas más eficientes actualmente disponibles. Esta modernización del equipo, si se produce en el momento de la renovación normal de los bienes de capital, sería una manera económica de disminuir las emisiones industriales. A nivel mundial, se proyecta que las emisiones industriales crezcan de forma espectacular a medida que los países en desarrollo se industrializan; para reducir el ritmo de crecimiento de sus emisiones será preciso dotarles de acceso a las tecnologías disponibles más eficientes.

Los sectores residenciales y comerciales pueden adoptar más tecnologías que utilicen la energía de manera eficiente. Las emisiones de las edificaciones continúan creciendo debido a que el incremento de la demanda de los servicios de la construcción ha superado el ritmo de los adelantos tecnológicos. Tales adelantos incluyen nuevos controles para las edificaciones, diseño de sistemas de calentamiento solar pasivo, un diseño integral de construcción, nuevas sustancias químicas para refrigeración y aislamiento, y sistemas más eficientes de refrigeración y enfriamiento y calefacción. Entre otras medidas se podrían incluir los programas de mercado en virtud de los cuales se conceden a los clientes o fabricantes apoyo o incentivos financieros, normas obligatorias o voluntarias de eficiencia energética, investigación pública y privada sobre productos más eficientes y programas de información y capacitación.

Los países pueden eliminar los obstáculos que frenan la difusión de tecnologías de bajas emisiones. La divulgación de nuevas tecnologías y prácticas esta a menudo bloqueada por barreras culturales, institucionales, jurídicas, de información, financieras y económicas. Las políticas gubernamentales pueden colaborar para eliminar algunos de estos obstáculos. La distribución de información y los programas de etiquetado de productos, por ejemplo, ayudarían a los consumidores a reconocer las consecuencias más generales de sus decisiones. Los países también deberían respaldar proyectos cuidadosamente orientados de investigación, desarrollo y demostración de tecnologías que puedan reducir las emisiones y mejorar la eficiencia. Los países pueden contribuir de forma valiosa atenuando las barreras que enfrentan los innovadores, y promoviendo una cartera nacional equilibrada de opciones energéticas y programas de investigación.

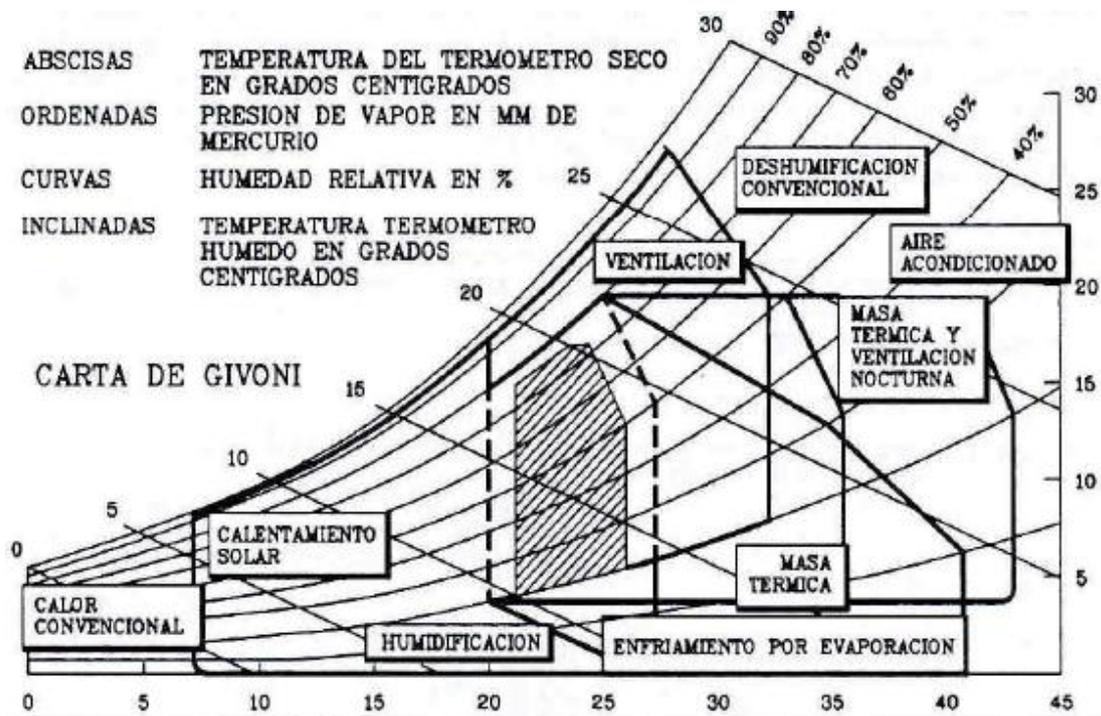
Es posible obtener entre los próximos 50 y 100 años reducciones profundas en las emisiones de los combustibles fósiles necesarios para estabilizar las concentraciones de gases de efecto invernadero. La innovación tecnológica, la eficiencia energética, y el hincapié en las fuentes de energía renovable serán esenciales para poder alcanzar este objetivo. Debido a que se pueden utilizar diferentes combinaciones de tecnologías y políticas, este futuro sistema de suministro de energía podría construirse de muchas maneras. A corto plazo, no obstante, como la demanda mundial de energía seguramente se incrementará, las medidas para disminuir las emisiones deben continuar insistiendo en la eficiencia energética.

### 3.3 Eficiencia energética de edificios basada en el diseño bioclimático.

Para la ciudad de Guayaquil, ubicado dentro de un clima cálido-húmedo, con condiciones climáticas vistas en el capítulo 2, es necesario, estudiar el diseño de las edificaciones para que se puedan optimizar los recursos energéticos y disminuir los consumos de climatización de aire acondicionado. A este diseño acorde al estudio del clima, del lugar y en busca de soluciones para disminuir consumos energéticos en climatización, lo llamamos diseño bioclimático.

El diseño bioclimático ,consiste en diseñar y construir ciudades y edificios teniendo en cuenta el territorio, el clima y el uso de materiales autóctonos, de manera que con un consumo nulo o mínimo de energía convencional y utilizando energías renovables, mantengan constantemente las condiciones requeridas de confort térmico, retomando los sistemas y técnicas tradicionales de la Arquitectura Popular, adaptadas a la manera actual de construir y utilizando nuevas tecnologías, pasivas y activas, de aprovechamiento de la energía solar, provenientes de proyectos de investigación llevados a cabo en los últimos años.

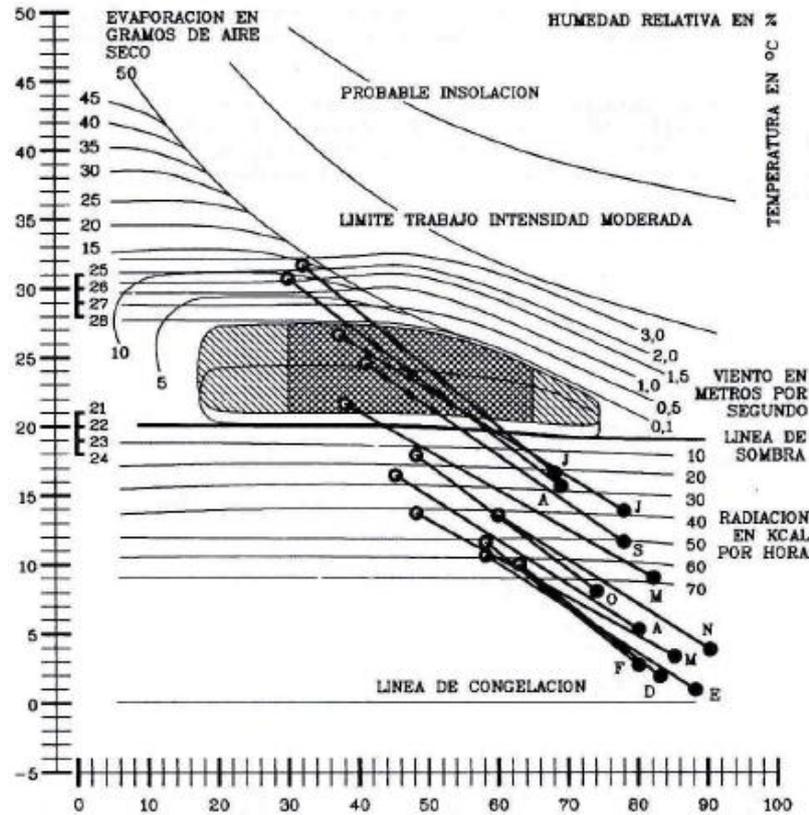
**Gráfico 12. Carta bioclimática de Givoni**



Fuente: XI Jornadas de Arquitectura Bioclimáticas, COAG- España, 2008

La carta de Givoni (gráfico 12) llega a la síntesis en un climograma realizado sobre un diagrama psicrométrico donde traza una zona de confort higrotérmicas. Luego propone otras zonas donde es posible alcanzar el confort mediante la incorporación y/o aplicación de estrategias de diseño pasivo.

**Gráfico 13.** Carta bioclimática de OLGYAY



*Fuente:* XI Jornadas de Arquitectura Bioclimáticas, COAG- España, 2008

La carta bioclimática de Olgay, (gráfico 13) consiste en un diagrama donde el eje de las abscisas representa la humedad relativa y el de las ordenadas la temperatura. Dentro del diagrama se localiza una zona denominada de confort en la que los valores de temperatura-humedad infieren al cuerpo humano una sensación térmica agradable. Esta zona está limitada por la temperatura del aire entre los 21°C y los 27°C y la humedad relativa entre 20% y 75%, con una zona de exclusión para el aire demasiado cálido y húmedo (sudor).

Por ello, es prioritario que los edificios consuman poca energía y la poca energía que consuman proceda de fuentes de energía renovables. De esta forma, un máximo ahorro se logra a través de un diseño pasivo energéticamente eficiente.

Conseguir una edificación cada vez más sostenible y por ende más eficiente energéticamente se debe basar, entre otras cuestiones en:

- Análisis del entorno
- Interacción del edificio con ese entorno
- Relación del edificio con sus colindantes.
- Comportamiento de la agregación de otros edificios, como elementos en sí mismos.
- Condicionantes de ordenación del territorio y urbanísticas.

Para decidir materiales componentes y estrategias es imprescindible un detenido estudio de los condicionantes externos:

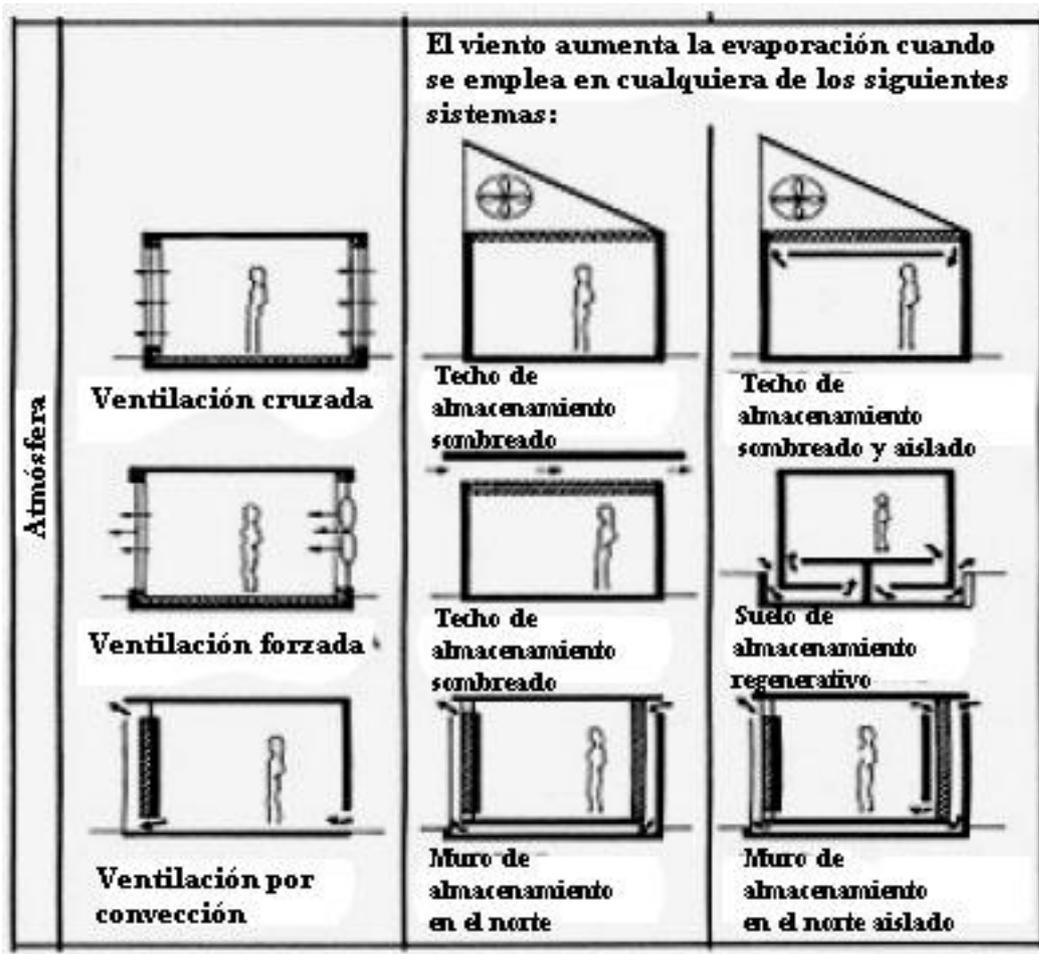
- Características climáticas: radiación, velocidad y dirección de los vientos.
- Características meteorológicas: temperatura del aire, pluviometría.
- Materiales de construcción existentes en el entorno.
- Características geomorfológicas: topografía, masas vegetales, masas de agua.
- Infraestructuras: agua, saneamiento, electricidad, gas, telecomunicaciones, vías y transporte.

### **3.3.1 Estrategias Pasivas Tradicionales**

En las estrategias pasivas tradicionales tenemos:

- La Orientación en función de la necesidad de captar, evacuar o ambas.
- En edificios enterrados el aprovechamiento inercia térmica del terreno,
- Cubiertas ventiladas de doble hoja
- El sombreado de huecos y cubiertas tales como toldos, persianas, umbráculos y pérgolas, etc.
- Si hablamos de ventilación natural: simple, cruzada, chimeneas, torres de viento, patios interiores - muy comunes en la arquitectura tradicional de Guayaquil – (ver gráfico 14). Las disposiciones en «ventilación cruzada», con el aprovechamiento de las diferencias de presión y temperatura entre fachadas opuestas, la colocación de chimeneas que promuevan la convección natural de corrientes de aire (inducido o no por el calentamiento del aire en el entorno del conducto), consiguen el saneamiento e higiene del alojamiento por renovación del aire y proponen sistemas efectivos que mitigan los efectos del sobrecalentamiento de los habitáculos.

**Gráfico 14.** Sistemas de ventilación natural



*Fuente:* XI Jornadas de Arquitectura Bioclimáticas, COAG- España, 2008

- Fuentes o láminas de agua: aumento humedad relativa. Enfriamiento latente, y que consisten en reunir las prestaciones que se pueden obtener del movimiento del aire y del concurso del agua. Si hacemos pasar una corriente de aire seco por una zona húmeda, bien sea por la presencia de vegetación o por la ubicación de fuentes o estanques, el aire se humedecará con lo que ganará en calidad y se enfriará, con lo que contribuirá a bajar unos grados la temperatura ambiente.

### 3.3.2 Estrategias Pasivas Actuales

En las estrategias pasivas actuales tenemos:

- El sistema de aislamiento y tratamiento de puentes térmicos
- Las carpinterías con rotura , puentes térmicos y vidrios especiales,

- Atrios interiores para captación o evacuación
- Aprovechamiento de inercia térmica de envolvente y estructura
- Cubiertas tras-ventiladas, de agua o vegetales
- Pérgolas sobre cubierta
- Sombreamientos exteriores manuales o mecánicos.
- Las chimeneas solares diurnas o nocturnas
- Sistemas de intercambio energético con el terreno.
- Sistemas de disipación radio-convectiva.

### **3.3.3 Sistemas de Climatización Natural – Evacuación de Calor**

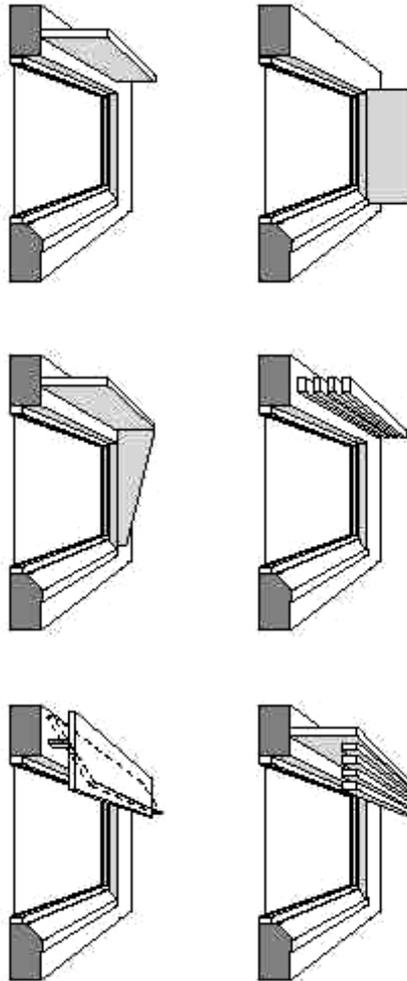
#### **ELEMENTOS DE SOMBREAMIENTO**

Para evitar sobrecalentamiento y deslumbramiento en periodos cálidos.

#### **a) DISPOSITIVOS EXTERNOS DE CONTROL DIRECTO.**

Son los más efectivos. Puede tratarse de vegetación de hoja caduca, que permiten la entrada de sol en el verano debido a la desnudez de las ramas, mientras que en invierno crean una pantalla vegetal ante el sol. También se pueden emplear, elementos de los diseños fijos o móviles y que permitan la ventilación. Existen los siguientes tipos:

- Voladizo sólido horizontal paralelo a la fachada: protege en orientaciones al Oeste.(1)
- Láminas fijas horizontales paralelas a las paredes: protegen en orientación Oeste y permiten ventilación vertical.(2)



**Gráfico 15.** Elementos externos de sombreado

*Fuente:* XI Jornadas de Arquitectura Bioclimáticas, COAG- España, 2008

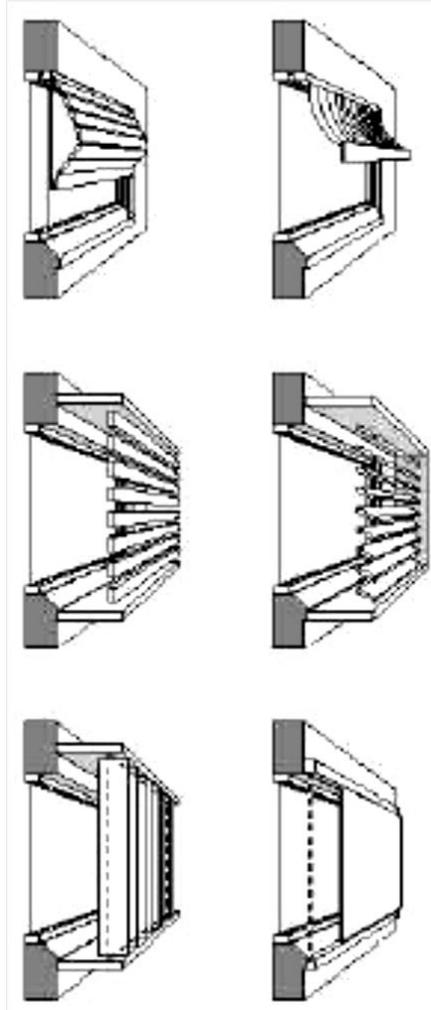
- Las láminas fijas perpendiculares a las paredes: protegen de la radiación lateral y permiten ventilación vertical. (3)
- Las láminas horizontales en plano vertical: idónea para orientaciones con trayectoria solar baja. (4)
- Protección sólida en plano vertical: idónea para orientaciones con trayectoria solar muy baja. Elimina gran parte de la radiación incidente.(5)

b) DISPOSITIVOS INTERNOS.

Menos efectivos que los externos - no impiden que la radiación atraviese el acristalamiento. Entre estos dispositivos tenemos:

- Las persianas, cortinas, contra-ventanas, cuidar la elección de color.

**Gráfico 16.** Elementos internos de sombreado



*Fuente:* XI Jornadas de Arquitectura Bioclimáticas, COAG- España, 2008

En el cuadro 7 se detallan los ahorros energéticos debidos a la introducción de estos y otros sistemas ecoeficientes.

**Cuadro 7:** Ahorros energéticos debidos a la introducción de sistemas ecoeficientes.

CRITERIOS SOSTENIBLES	AHORRO REFRIGERACION %
Regulación día-noche temperaturas consigna	6.8
Mejora en los sistemas de regulación de climatización	3.1
Mejora de la cristalería	0.6
Mejora en la perfilería de ventanas	1.0
Aislamiento fachadas de nueva construcción	0.4
Aislamiento medianas de nueva construcción	0.3
Aumento de la inercia térmica en oficinas	5.9

*Fuente:* Manual para el mantenimiento ambientalmente correcto de los edificios públicos del Ayuntamiento de Madrid. Área de Medio Ambiente y Servicios a la Ciudad. Ayuntamiento de Madrid.

**Regulación día-noche temperaturas consigna :** El sistema de climatización alcanzará una temperatura preestablecida a la que se denomina temperatura de consigna

**Mejora en los sistemas de regulación de climatización :** La programación de la climatización por zonas.

**Mejora de la cristalería:** Los vidrios dobles con cámara y los de baja emisividad que impiden las pérdidas de calor.

**Mejora en la perfilería de ventanas:** Separación por un perfil espaciador que crea una cámara que se llena con aire deshidratado. Esto reduce el flujo de calor hasta en un 50%

**Aislamiento fachadas y medianas de nueva construcción:** Con cámara de aire ventilada evitando los puentes térmicos. Aislante térmico y acústico

**Aumento de la inercia térmica en oficinas:** Conservar la temperatura ideal mediante muros de gran espesor.

### 3.4 Energías renovables en la construcción

Una construcción sostenible será aquella que ahorra energía, así lo mencionan los principios de la arquitectura verde. Pero además, si queremos caminar hacia la sostenibilidad debemos seleccionar el tipo de energía que empleamos para cubrir nuestras

necesidades. Por ejemplo, cerca del 40% de la energía consumida en la Unión Europea se consume en la construcción, en servicios e industria afín. Como ya hemos comentado en anteriores capítulos, podemos emplear diversas estrategias que nos ayudan a aprovechar las condiciones climáticas del lugar donde se asienta nuestra construcción. El diseño de los edificios nos permite ahorrar energía; el ahorro más eficaz y más sencillo, no necesitamos una compleja tecnología, tan sólo conocer las posibilidades que el entorno nos ofrece. Con medidas sencillas podemos esperar ahorros de hasta un 65%. Aplicando medidas de ahorro y eficiencia conseguiremos reducir de forma sustancial nuestra factura energética. Para las necesidades que todavía nos queden, reservamos nuestro tercer sumando, el empleo de las energías renovables:

- Energías que tienen una capacidad natural de regeneración permanente, no se agotan.
- Energías que presentan un bajo impacto ambiental.
- Energías que pueden utilizarse para obtener electricidad, climatización, agua caliente sanitaria. Tanto para una única vivienda como para un edificio de varias plantas, una industria, una granja.

En el balance energético general la aportación de las energías renovables es aún baja, aunque se espera un notable incremento en años próximos. El tipo de energía renovable más adecuado a cada caso dependerá de las condiciones del emplazamiento (latitud, vientos, orografía, etc.) y de las instalaciones a las que se van a aplicar.

### **Tipos de energías renovables más utilizadas**

- 46% Biomasa.-Obtiene combustible a partir de materiales vegetales y residuos orgánicos. Las posibilidades de emplear biomasa para la producción de calefacción y agua caliente sanitaria (ACS) son largamente conocidas. Desde siempre los restos orgánicos han supuesto un combustible para calefactor el medio rural. Como siempre, lo que podemos hacer, y de hecho hacemos, es actualizar los conocimientos adquiridos y darles una mano de tecnología.
- 45% Hidráulica.-Aprovecha la diferencia de altura del agua para producir electricidad.

- 8% Eólica.- Aprovecha la fuerza del viento para producir electricidad o bombear agua. La producción de electricidad puede darse tanto a pequeña escala como a gran escala. Los pequeños molinos domésticos se aplican normalmente a viviendas particulares aisladas de zonas rurales, mientras que los aerogeneradores de mayores dimensiones se encuentran agrupados en conjunto, formando un parque eólico conectado a la red eléctrica.
- 1% Solar.- Con los paneles solares podemos calentar agua o producir electricidad.
- Geotérmica Aprovecha el calor procedente del interior de la tierra.

Dada la enorme amplitud del tema nos centraremos, tan sólo, en la aplicación de la energía solar en la construcción.

### **3.5 Energía solar**

La utilización de paneles fotovoltaicos en la cubierta debe de considerarse, teniendo en cuenta el ahorro energético, la vida útil de los paneles, la localización del edificio, etc. Así mismo, estos sistemas pueden incorporarse para las instalaciones de riego de las zonas verdes.

La energía solar puede aprovecharse mediante captación activa o pasiva. La captación solar activa se realiza mediante paneles captadores que transforman los rayos solares en energía térmica o bien en energía eléctrica (fotovoltaica). Los captadores solares son actualmente el medio más económico para el suministro de agua caliente corriente. Unos pocos metros cuadrados por familia permiten garantizar un suministro abundante de agua caliente y un considerable ahorro de energías convencionales. La energía solar térmica se aplica fundamentalmente para producir agua caliente sanitaria (ACS), calentar el agua de las piscinas y, en algunos casos, para calefacción.

La transformación de la energía solar directamente en electricidad hace posible obtener de forma limpia una energía de gran calidad. Actualmente la transformación fotovoltaica de la energía solar resulta una alternativa competitiva para electrificar instalaciones relativamente alejadas del tendido eléctrico (edificaciones rurales, riego, señalización, alumbrado público, etc.). En asentamientos urbanos, los paneles fotovoltaicos se pueden incorporar a los edificios, y la energía eléctrica que producen, normalmente se

utiliza para venderla a la compañía eléctrica, constituyendo su instalación una inversión muy rentable.

Común es el acuerdo de tomar a la energía solar térmica como la energía renovable más interesante a aplicar en la construcción de viviendas. De una forma sencilla y completamente avalada por la experiencia, con una tecnología que mejora rendimientos, podemos cubrir gran parte de nuestras necesidades de ACS y de climatización. Esto hace que las administraciones, a través de ordenanzas solares y líneas de subvención, apuesten, de forma más o menos intensa, por la instalación de estos sistemas. El aprovechamiento térmico de la energía solar no es ningún concepto nuevo en su utilización para agua caliente sanitaria y la calefacción de espacios. Su funcionamiento es bastante sencillo, un elemento llamado captador permite que en su interior circule un fluido, que hará de transmisor del calor solar hacia donde se quiera aprovechar. En el cuadro 8 puede observarse los ahorros previstos con el uso de energía solar.

**Cuadro 8.** Ahorros previstos con el uso de energía solar.

APLICACIÓN	VIDA UTIL	AHORRO ENERGETICO	AHORRO EMISIONES (Kg xCO)
Solar térmica (2 m2 de paneles (70%) agua caliente para una familia)	20 – 25 años	\$80 a \$117 por año	800 - 1200
Solar fotovoltaica 1.1 kWp aislada	25 años	-	700 - 1600
Solar fotovoltaica 5 kWp conectada a la red	25 años	-	3000 - 7200

*Fuente: Manual para el mantenimiento ambientalmente correcto de los edificios públicos del Ayuntamiento de Madrid. Área de Medio Ambiente y Servicios a la Ciudad. Ayuntamiento de Madrid*

### 3.5.1 El captador solar

Se trata de un colector solar plano, temperatura de hasta 80°C. Los más utilizados en viviendas para ACS y calefacción mediante suelo radiante. Alto rendimiento, temperatura alrededor de 100°C. Ideales para calefacción por radiadores y refrigeración con máquinas de absorción. La producción de ACS es la aplicación de la energía solar que, hoy por hoy, resulta más rentable y extendida. Su demanda constante a lo largo del año permite amortizar la instalación más rápido que, por ejemplo, la calefacción. Paneles de vacío o de mediana temperatura.

**Los componentes de una instalación térmica son:**

- Colectores: La radiación solar calienta el líquido que circula por el colector.
- Circuito primario: El agua caliente se traslada del colector a un intercambiador de calor.
- Intercambiador: Transfiere el calor del circuito primario al circuito secundario.
- Circuito secundario: El agua calentada en el intercambiador pasa al acumulador.
- Acumulador: Almacena el agua caliente hasta el momento de uso.

El número de captadores de una instalación depende de tres factores: 1.- el consumo de agua caliente previsto, 2.- la zona climática y 3.- las posibilidades de integración en la construcción. En general, seguro que hay excepciones, dimensionar una instalación de energía solar para cubrir el 100% de la demanda de agua caliente durante todo el año no suele ser la mejor solución. Es preferible combinar un sistema solar térmico con un sistema auxiliar alimentado con energía convencional. El sistema solar térmico cubre sólo una parte del consumo de energía, la fracción solar. La fracción solar óptima se determina estableciendo un compromiso entre el costo de los colectores, el ahorro económico que proporciona la instalación y el período de amortización de la misma.

También podemos emplear energía solar para calentar piscinas, en estos casos son empleados los captadores solares planos de tipo plástico (EPDM), ya que son suficientes para conseguir temperaturas de entre 25 y 30°C, valores de temperatura del agua de piscina superiores a éstos no son recomendables, ya que sobre todo no son saludables.

La tecnología solar fotovoltaica nos permite aprovechar la energía que nos llega del sol transformándola directamente en electricidad. Tradicionalmente, la energía solar fotovoltaica se ha utilizado para suministrar energía eléctrica a lugares donde no era económicamente rentable llevar las líneas eléctricas; la electrificación rural de emplazamientos aislados, los repetidores de telecomunicaciones y el bombeo de agua en fincas rústicas. Poco a poco, estas utilidades se han ido diversificando y acercando a las zonas más densamente pobladas y actualmente son de gran interés las instalaciones que se encuentran conectadas a la red.

***Los componentes de una instalación fotovoltaica son:***

- Placas fotovoltaicas: Células fabricadas con silicio. La eficiencia de las placas, radiación solar que transforma en electricidad, es del 14%.

- Soportes, Sistemas fijos y seguidores solares: Inversor u ondulado, transforma la corriente continua generada por las placas y acumulada por las baterías en alterna de la red eléctrica y aparatos de consumo.
- Sistemas de protección para corriente continúa y alterna.
- Contadores: Contabilizan la energía a facturar en el caso de venta a la red.
- Baterías para almacenar la electricidad en instalaciones no conectadas a la red.

El problema tradicional de las instalaciones fotovoltaicas era la acumulación de la energía, se precisaban baterías sobredimensionadas que hacían inviables las instalaciones. En el gráfico 17 vemos un esquema de un sistema autónomo. Por otro lado, hay la posibilidad de verter la electricidad a la red, con un acumulador. El usuario en países europeos y los EE.UU. a final de mes cobrará de la compañía el resultado de esta «venta de energía». Ver gráfico 18.

**Gráfico 17. Sistema fotovoltaico autónomo**

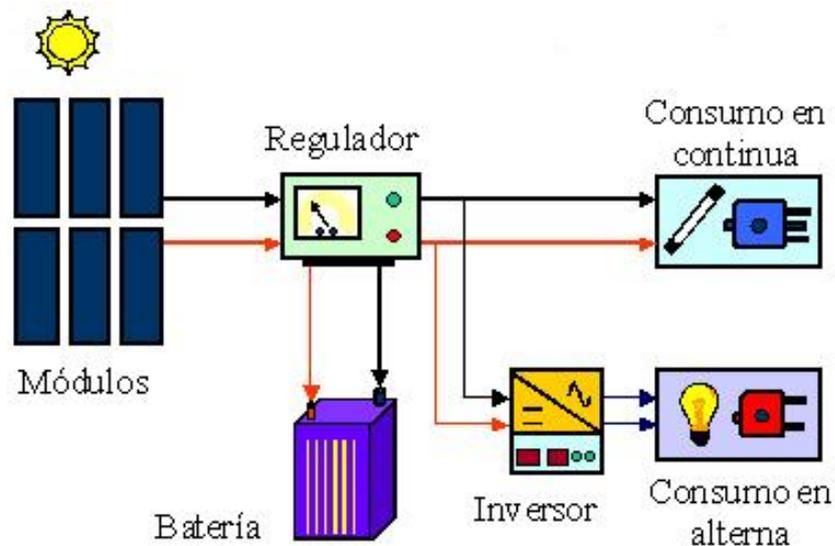
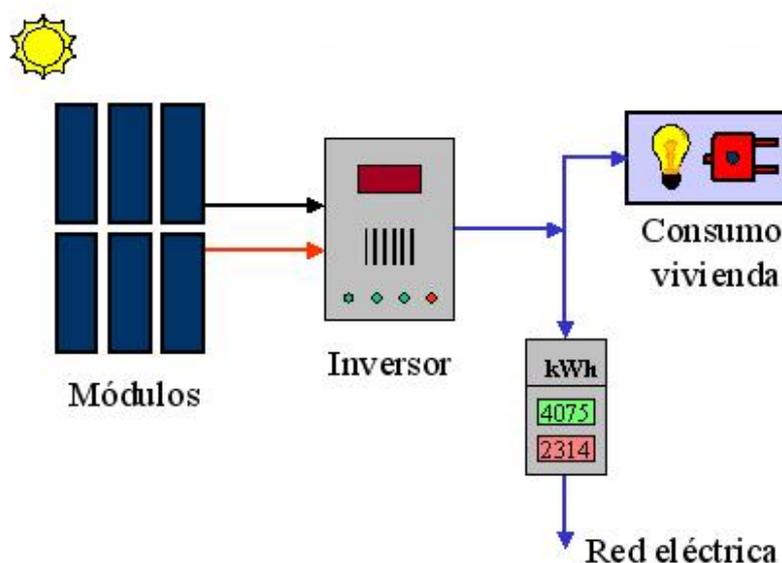


Gráfico 18. Sistema fotovoltaico conectado a red



*Fuente* : Universidad Internacional de Andalucía, Introducción a los Sistemas Fotovoltaicos

### 3.6 Análisis costo-beneficio entre un diseño tradicional y un diseño bioclimático

Se presentan herramientas y criterios para el análisis comparativo de costos y beneficios entre un Diseño Tradicional(DT) y un Diseño Bioclimático (DB), complementándose con una aplicación. Para efectuar la comparación, las alternativas son llevadas a un mismo nivel a través de algunos criterios de evaluación como el Valor Presente (VP),Costo Anual Equivalente (CAE) y al final se estima el Costo de la Energía Conservada (CEC). Se toman en consideración los costos relacionados con la construcción, mantenimiento y operación de cada diseño. Las diferencias se establecen a partir de la aplicación de los criterios de evaluación y se revisa el margen económico que deja el diseño más económico con relación al más caro. Finalmente se evalúa el CEC de la medida bioclimática con relación a la tradicional. En las conclusiones se discuten las ventajas y desventajas económicas para cada una de las alternativas de diseño y se traducen al ámbito ecológico y social.

El objetivo de este estudio es realizar un análisis comparativo en términos de los costos y beneficios de los DB y los DT, para establecer ventajas y desventajas de unos con relación a los otros, principalmente en el ámbito económico.

Los criterios utilizados para esta comparación son los del análisis costo beneficio, lo cual permite el traslado de todos los costos derivados de los proyectos a un plano de comparación normalizado, es decir, evaluar los beneficios de ambos proyectos en un

plano que proporcione condiciones de competencia uniforme. Por otra parte, dado que los DB están estrechamente relacionados con el ahorro de energía, se introduce el criterio del CEC para evaluar el costo de la medida de ahorro implementada.

Dado que la construcción realizada para cualquiera de los dos tipos de proyectos es similar, es posible enfocar el estudio a los costos de operación y mantenimiento de la edificación, especialmente en el consumo de energía eléctrica por climatización de espacios, entre otros. Esto es importante porque tanto los costos directos, indirectos, de operación y mantenimiento recaen en la economía del usuario, pues es este quien paga el enganche de su vivienda, las mensualidades del crédito, en el que hay cargos incluidos por el financiamiento y por la utilidad que el constructor determinó, y además, también paga sus recibos de energía eléctrica y mantenimiento de equipos de, refrigeración o ventilación según sea el caso. Por lo anterior, es importante realizar un análisis para identificar ese nicho de ahorro en los costos de edificaciones.

## **CRITERIOS DE EVALUACIÓN**

El Análisis Costo – Beneficio (ACB) permite determinar los costos y beneficios a tener en cuenta en cada una de las perspectivas que se están considerando; por otra parte, mediante la actualización, se llega a una convergencia de los flujos futuros de beneficios y costos en un momento dado en el tiempo (VP) tornándolos comparables. Por otra parte, relaciona también los costos y beneficios del proyecto, utilizando indicadores de su grado de rentabilidad (TIR), aunque en este estudio no se utilizan.

Al combinar el ACB con el análisis de sensibilidad, los resultados pasan de ser un mero pronóstico a ser un análisis de escenarios, en este caso se utilizan solo algunas herramientas de este tipo de análisis, pues son las que resultan aplicables para poder realizar la comparación de estos tipos de diseño. Es importante notar que aunque los beneficios se refieren, en el sentido estricto, tanto a dinero como a bienes, servicios, empleos, etc., aquí los manejaremos solo como la diferencia entre egresos e ingresos de flujos de efectivo.

Los criterios que se utilizarán, son los relacionados con la evaluación financiera, la cual constituye uno de los tipos de evaluación privada que se realizan dentro del esquema del ACB. Estos criterios son el Valor Presente Neto (VPN) y CAE. El VPN, lo usaremos para comparar todos los gastos relacionados con cada tipo de diseño, esto es, traer a valor presente cada gasto relacionado con la inversión, operación y mantenimiento de cada diseño.

El VP representa el valor que un flujo de efectivo futuro tendría hoy en día o en algún tiempo, de acuerdo con una determinada tasa de descuento (r); si se considera la inversión que dio lugar a esos flujos de efectivo, entonces el concepto es VPN. Si dicho valor es igual o mayor que cero, entonces el proyecto tiene valor positivo en el tiempo, lo cual indica que los beneficios totales son a favor y se contará con beneficios superiores a la inversión. En nuestro caso los VP serán negativos, pues estamos trayendo los gastos en el tiempo a valor presente.

El VP parte de la diferencia entre los ingresos y los egresos que se tengan y son traídas a valor presente. Entonces, los beneficios son la diferencia entre egresos e ingresos, el cálculo del VP se realiza mediante la ecuación (1). La comparación de los proyectos se dará mediante esta evaluación y podremos decir que será mejor el proyecto que presente el valor más cercano a cero, lo cual quiere decir que los costos asociados a ese proyecto son menores en términos relativos en el tiempo.

**Ecuación 1.**

$VPN = \sum_{t=1}^n \frac{Y_t}{(1+i)^t} - \sum_{t=1}^n \frac{E_t}{(1+i)^t} - I_0$	Donde:	$Y_t$ Flujo de ingresos del proyecto $E_t$ Egresos del proyecto $I_0$ Inversión inicial $i$ Tasa de descuento
---	--------	--

El CAE es el costo uniforme por periodo, resultado de la compra, operación y mantenimiento de equipos. En este caso, lo usaremos para evaluar el costo anual uniforme que tendría cada uno de los sistemas que intervienen en la comparación y a partir de esto, definir el más económico. El CAE puede entenderse como una extensión del VPN, ya que consiste en convertir el valor de los costos en el tiempo a costos uniformes por año o por periodos seleccionados. Normalmente se manejan períodos similares a los de la vida útil del equipo; por otra parte, permite la comparación financiera y económica de adquirir y operar equipos con períodos de vida útil diferentes. Para su evaluación utilizaremos la ecuación (2).

**Ecuación 2.**

$$CAE = (VP \text{ de los Costos}) / (\text{Factor de Anualidad})$$

El VP de los Costos representa el Valor Presente de los costos y se calcula de acuerdo con la ecuación (1). El Factor de Anualidad (FA) es el VP de la unidad monetaria en un período de t años, se calcula de acuerdo con la ecuación (3).

**Ecuación 3.**

$$FA = \frac{1}{r} - \frac{1}{r(1+r)^t}$$

Donde:  $r$  es la tasa de interés, y  
 $t$  es el número de años, el cual se recomienda que sea igual a la vida útil del sistema o equipo.

Cuando se evalúa el CAE, debe considerarse el valor de mercado que el equipo tiene al final de su vida útil, pues esto también representa un flujo de dinero al final del período. Otro criterio que se utilizará para la comparación de los diseños es el CEC, el cual se define como el costo anual de implementar una medida de eficiencia energética, dividida por los ahorros anuales en energía. El uso del CEC permite una comparación del ahorro de energía con una tarifa de energía eléctrica determinada pero es independiente del costo de la energía. Se calcula de acuerdo con la ecuación (4).

**Ecuación 4.**

$$CEC = \frac{(I_0 * r) + \Delta OM}{AAE}$$

Donde:  $I_0$  = Inversión inicial  
 $\Delta OM$  = Costo incremental de operación y mantenimiento  
 $AAE$  = Ahorro anual de energía  
 $r$  = Tasa de recuperación del capital

La Tasa de recuperación del capital se calcula con la ecuación (5).

$$r = \frac{g}{1 - \frac{1}{(1-g)^n}}$$

Donde:  $g$  = tasa de rendimiento real y  $n$  = Vida útil de la medida de ahorro.

Para la estimación de costos, estos se dividen en costos directos, indirectos, de operación y de mantenimiento. Los costos directos tienen que ver con los materiales, la mano de obra, la maquinaria y el equipo que intervienen en la realización de la construcción; estos costos son estimados bajo el procedimiento tradicional de cálculo de volúmenes de obra y análisis de precios unitarios por concepto de obra. Los costos indirectos por su parte, incluyen los gastos de oficina central, gastos de campamentos, utilidad y gastos por financiamiento; en general todos aquellos gastos que no tienen injerencia directa en la obra. Los costos de operación se refieren a lo que el usuario gasta en la vivienda para mantenerla funcionando y para generar un ambiente de confort en la misma; se refieren

principalmente a los equipos de energía inducida, por lo que interviene la energía (kWh), la demanda (kW) y el factor de potencia. Los costos de mantenimiento se relacionan con la reposición de elementos para que la vivienda continúe operando; se incluyen cargos por reposición de partes de los equipos, limpieza de los equipos, misceláneos y depreciación del equipo.

## ANÁLISIS COMPARATIVO

En este ejercicio se comparan las alternativas de climatización de un par de edificios del Instituto Nacional de Salud en Cuernavaca, Mor. México. En el ejercicio se realiza el análisis mediante sistema de enfriamiento tradicional (gráfico 19) y mediante sistemas pasivos (gráfico 20) de climatización. El conjunto consta de dos edificios "A" y "B", para los que se requiere enfriamiento.

Gráfico 19.- Edificio con sistemas pasivos

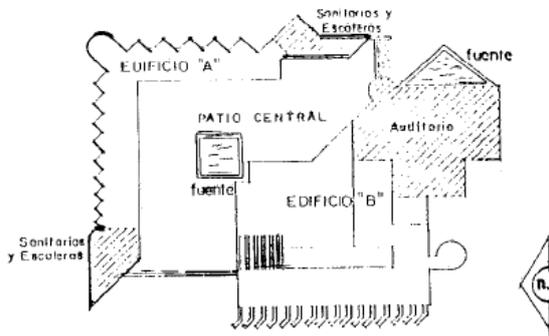
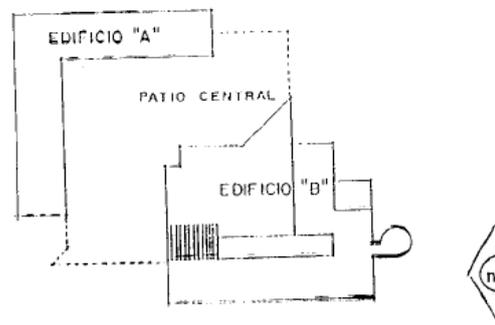


Gráfico 20.- Edificio con sistema tradicional



### Enfriamiento mediante equipo acondicionador de aire, Sistema Tradicional

Primero se determinó la carga de enfriamiento requerida, de acuerdo al valor más alto registrado durante el día de máxima temperatura que para este caso fue el 18 de mayo. Con esto, para el edificio "A" se obtuvo un requerimiento de 414.5 kW térmicos y para el edificio "B" de 624 kW térmicos, lo que hace un total de 1,039.1 kW térmicos.

La capacidad requerida del equipo sería 295.45 toneladas de refrigeración (1,039.1 KW térmicos / 3.517 kW/Ton) .Con esto, podemos obtener el costo aproximado del equipo, que sería \$ 221,587.50 USD (295.45 toneladas de refrigeración X 750.00 USD/ tonelada de refrigeración). En cuanto a la ductería, los requerimientos se muestran en la tabla 3.

**Cuadro 9.- requerimientos de ductos para el funcionamiento del equipo**

Ducto	Sec. (mts)	Edif. "A"	Edif. "B"	Total
Ppal.	3.75 x 1.0	20.00	0.00	20.0
	3.00 x 1.0	0.00	17.50	17.5
Secund.	1.00 x 1.0	780.00	460.00	1,240.0

Usando lámina galvanizada calibre 22 y 24, se tiene un peso de 8,430 kilogramos. El costo por kilogramo de ducto instalado es \$ 2.40 USD. Con esto se calcula el costo total por concepto de tubería de: \$ 20,232.00 USD. El costo del recubrimiento es de \$6.00 USD por metro cuadrado y con una estimación de 5,290 metros cuadrados de ductería, se obtienen que el costo total por recubrimiento es de \$31,740.00 USD. En la tabla 4 se integran todos los costos para obtener la inversión requerida.

**Cuadro 10. Costos totales del equipo de climatización**

Cargo	Importe en USD
Ductería	221,587.50
Recubrimiento	20,232.00
Equipo de aire	31,740.00
<b>Total</b>	<b>273,559.50</b>

En cuanto a la operación y mantenimiento se tiene lo siguiente: Para la operación se considera una tarifa de \$ 0.05USD por kWh para el consumo y de \$ 5.1 USD por kW/mes para la demanda. Entonces en cuanto a consumo se tiene un cargo de \$ 24,729.2 USD ( $295.45 \text{ TON} * 1.5 \text{ kW/TON} * 6 \text{ hrs/día} * 31 \text{ días} * 6 \text{ meses} * \$ 0.05/\text{kWh}$ ) y en cuanto a demanda de \$ 13,561.2 USD ( $295.45 \text{ TON} * 1.5 \text{ kW/TON} * \$5.1 \text{ USD/kWmes} * 6 \text{ meses}$ ), lo que hace un total de \$ 38,290.4 USD por operación. Para el mantenimiento se considera un cargo \$ 4,500.00 USD por servicio anual de mantenimiento y un cargo de \$54,712.00 USD por depreciación en línea recta a 5 años. Con esto se obtiene un VPN de \$ 734,733.2 USD y un CAE de \$ 119,573.8 USD.

### **Enfriamiento mediante Sistemas Bioclimáticos-**

En el caso del edificio con sistemas pasivos, la carga térmica que se tiene que contrarrestar se va a absorber mediante varios dispositivos diseñados para tal efecto como lo son:

- El almacenamiento del edificio.
- La reducción de la radiación infrarroja en el patio central mediante el vidrio plata.
- La absorción de la radiación infrarroja que pasa con plantas trepadoras junto al vidrio del patio central.
- El enfriamiento evaporativo de las fuentes junto al auditorio y en el centro del patio central ayudadas por el paso de viento en esa zona.

De los dispositivos mencionados los únicos que consumirían energía eléctrica serían las dos bombas que accionarían a las fuentes, estas bombas tienen un costo aproximado de \$ 408.2 USD cada una y su consumo eléctrico es el siguiente:

$14 \text{ amperes} \times 220 \text{ Volts} = 3,080 \text{ Watts} \times 2 \text{ bombas} = 6,160 \text{ Watts.}$

$6,160 \text{ Watts} \times 6 \text{ hrs/día} = 36,960 \text{ Watts/día} \times 20 \text{ días/mes} = 739.2 \text{ kW/mes}$

El costo del consumo de esta energía sería de  $739.2 \times \$0.05 \text{ USD/kW} = \$36.96 \text{ /mes}$

La inversión en vidrio plata se estima considerando que ese vidrio tiene un costo de \$21.50 por metro cuadrado instalado, por 200 m<sup>2</sup>, se obtiene una inversión de \$4,300.00 USD. Las fuentes que se instalarán en el interior se estiman en \$2,551.00 USD cada una, lo que hace un total de \$5,102.00 USD; y en cuanto a la incorporación de plantas trepadoras se considera un gasto de \$766.00 USD. Con esto se tiene un VPN de \$ 3,405.4 USD y un CAE de \$554.2 USD.

Para evaluar el CEC, se tiene una inversión de \$10,168.00 USD, con una tasa del 10% anual; el  $\Delta\text{OM}$  será de \$221.76 USD por concepto de operación de las bombas en las fuentes por seis meses y el ahorro anual de energía sería equivalente a dejar de pagar el consumo y demanda del equipo de aire acondicionado, lo cual equivale a de \$ 38,290.4 USD. Con esto el CEC tiene un valor de 0.032, lo cual indica que el costo anual de ahorra esa energía es muy pequeño. Los resultados se presentan de manera resumida en el cuadro 11.

**Cuadro 11. Resumen de resultados del análisis comparativo.**

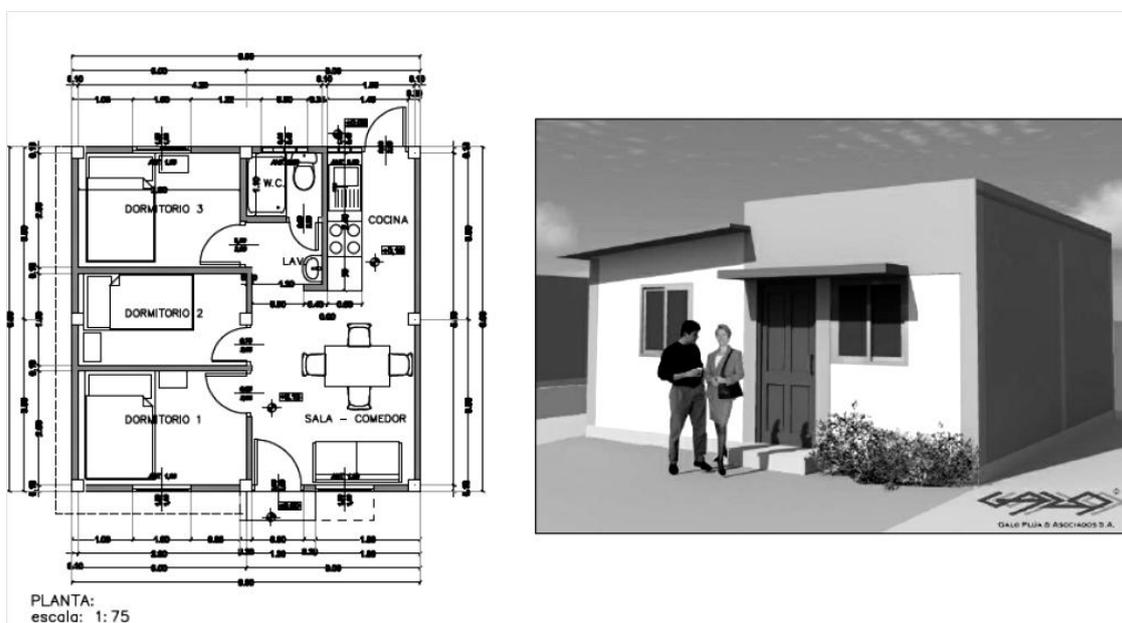
<b>Criterio</b>	<b>Diseño Tradicional (USD)</b>	<b>Diseño Bioclimático (USD)</b>
<b>VPN</b>	734,733.2	3,405.4
<b>CAE</b>	119,573.8	554.2
<b>CEC</b>	<b>0.032</b>	

De los resultados anteriores puede notarse que mientras para los DB se requiere una inversión muy pequeña, para los DT la inversión requerida es mucho mayor. Por otra parte, los costos de operación y mantenimiento establecen una diferencia de 125 veces más para el DT en cuanto a los pagos anualizados (CAE). El VPN de esos pagos establece también una diferencia muy extrema.

### 3.7 Caso de estudio

#### Caso de Estudio – Línea Base

Proyecto prototipo para viviendas populares en Mucho Lote - Guayaquil



Dirección: Lotización Mucho Lote  
 Ciudad: Guayaquil  
 Datos: vivienda unifamiliar de 1 planta  
 Área: 36m<sup>2</sup>

### 1 - Calcular la energía usada diariamente:

Para hacer esto, calculamos la media de las 12 últimas cuentas de energía mensuales y calculamos la hora de kilovatio media (kWh) el uso por mes. La razón que usamos 12 es porque nuestro consumo de electricidad fluctúa con las estaciones. Entonces dividimos el uso mensual por 30 (el número medio de días en un mes).

#### CONSUMO MENSUAL DE ENERGIA ELECTRICA

Mes	consumo kWh
ENERO	217
FEBRERO	178
MARZO	197
ABRIL	219
MAYO	224
JUNIO	187
JULIO	201
AGOSTO	198
SEPTIEMBRE	171
OCTUBRE	176
NOVIEMBRE	147
DICIEMBRE	164
<b>Promedio</b>	<b>189,92 kWh</b>

- Por ejemplo: Tenemos un consumo de electricidad mensual de 190 kWh, entonces la cantidad diaria es  $190/30 = 6.33$  kWh por día.

### 2 - Calcular la cantidad de Paneles Totales Solares que necesitamos:

Para hacer esto, hay que determinar a partir de valores estadísticos históricos de la zona, el valor de irradiación solar diaria media  $H(\text{kWh}/\text{m}^2\text{-día})$  del lugar. Podemos ver esto en páginas online como la Agencia Espacial Civil Ecuatoriana, [www.exa.ec](http://www.exa.ec) o <http://sunbird.jrc.it/pvgis/solradframe.php> y de las coordenadas geográficas del lugar (latitud  $2^{\circ} 11'$  Sur y longitud  $79^{\circ} 53'$  Oeste). Horas solar pico: 5.5

Una vez que se conoce las horas de luz del sol diarias, calculamos las horas de kilovatio diarias necesarias y dividimos antes de las horas de luz del sol diarias, luego multiplicamos por un factor de 1.25 (tiene pérdidas de energía en cuenta del alambrado de vatio de panel solar, la batería, y el inversor).

- Continuación de nuestro ejemplo: Nuestro vatio de panel solar necesita igual:

6.33 kWh / 5.5 hrs x 1.25 = 1.44 kW o 1438 vatios por día.

Esto quiere decir que necesitamos paneles solares con la capacidad para producir al menos 1440 vatios de energía.

### 3 - Calcular Gastos de Vatio de Panel Solares:

Este paso ayudará a calcular el costo de los paneles solares para producir 1440 vatios de energía. En este momento el costo promedio para paneles solares en Ecuador es \$4.00 (sin IVA) dólares por Vatio.(Fuente: PROVIENTO S.A. Energías Renovables Ecuador).

- En nuestro ejemplo: Esto nos costará como máximo 1440w x \$4.00 = \$5,760 dólares para instalar paneles solares y partir por la mitad nuestra factura de energía. Esto incluiría realizar cableado, reguladores de carga, pilas, inversores, y gastos de electricista.

**Cuadro 12. Cargos tarifarios de energía eléctrica**

RANGO DE CONSUMO	DEMANDA (USD/kW)	ENERGÍA (USD/kWh)	COMERCIALIZACIÓN (USD/consumidor)
<b>CATEGORÍA</b>	<b>RESIDENCIAL</b>		
<b>NIVEL TENSIÓN</b>	<b>BAJA Y MEDIA TENSIÓN (BTRC)</b>		
<b>0-50</b>		<b>0,068</b>	<b>CONSUMOS DE:</b>
<b>51-100</b>		<b>0,071</b>	<b>0-300 kWh/mes</b>
<b>101-150</b>		<b>0,073</b>	1,414
<b>151-200</b>		<b>0,080</b>	<b>301-500 kWh/mes</b>
<b>201-250</b>		<b>0,086</b>	2,826
<b>251-300</b>		<b>0,093</b>	<b>501-1000 kWh/mes</b>
<b>301-350</b>		<b>0,093</b>	4,240
<b>351-400</b>		<b>0,093</b>	<b>1001 - Sup. kWh/mes</b>
<b>Superior</b>		<b>0,093</b>	7,066

*Fuente:* Corporación para la Administración Temporal Eléctrica de Guayaquil.

### **3.8 Conclusiones y recomendaciones**

Puede concluirse que es posible comparar las alternativas de DT y DB en un mismo plano de referencia, y que los elementos de evaluación utilizados son adecuados para ello. Con la comparación de las alternativas de DT y DB pudo observarse que en un caso específico de edificios las diferencias en costos de operación y mantenimiento son tan notables que no se duda en asegurar que los DB presentan ventajas económicas principalmente para el usuario que es quien absorbe totalmente esos costos. Si estas ventajas se trasladan al aspecto social, esto representa una disminución del gasto social para la operación de unidades habitacionales si se diseñan bioclimáticas, lo que permite una mayor posibilidad de crédito para los usuarios y con ello una mayor demanda de este tipo de vivienda.

En el aspecto ecológico, el DB, al tener una menor demanda de energía convencional, representa mejoras en el medio ambiente, pues el consumo es menor y esto contribuye a que la producción de energía no se incremente en rangos tan amplios para el consumo residencial. Es necesario entonces, que cambiemos de paradigma, dejando atrás los proyectos que no toman en cuenta los impactos al medio ambiente, a la sociedad y al usuario en general, y que aprovechemos este tipo de herramientas nuevas para encaminarnos hacia una cultura de uso eficiente de recursos y sostenibilidad.

Además podemos conseguir significativas reducciones en los costos de energía utilizando sistemas de ventilación pasiva consiguiendo un buen diseño con una adecuada orientación, ventilación cruzada etc. La introducción de energías renovables como la energía solar tanto para calentamiento de agua como para energía fotovoltaica serán de vital ayuda en un futuro a corto plazo donde los estiajes, productos del cambio climático, hacen perder anualmente millones de dólares a países donde dependen casi exclusivamente de la energía hidráulica.

## **CAPITULO 4**

### **4. Consumo y Ahorro de agua**

#### **4.1 Introducción**

Según la ONU, los niveles de consumo del agua en el mundo son inequitativos. Por ejemplo, mientras un habitante de los EE.UU. consume 425 litros de agua al día, un habitante de Guayaquil consume 11 litros, cuando se ha establecido que el consumo mínimo aceptable por persona es de 50 litros al día (Fuente ONU). La Agencia para la Alimentación y la Agricultura de la ONU (FAO) advirtió de que para el año 2025 alrededor de 1.800 millones de personas vivirán en países o regiones con una drástica falta de agua, y dos tercios de la población mundial podrían tener que enfrentarse a la escasez del líquido elemento. En diez años el mundo empezará a sentir la escasez de agua en los embalses. Para paliarlo, la agencia de Naciones Unidas recomienda una gestión correcta de este recurso. Según explicó Pasquale Steduto, experto de la FAO que preside el mecanismo interinstitucional de coordinación de Naciones Unidas denominado ONU-Agua, el consumo de agua ha crecido durante el último siglo a un ritmo más de dos veces superior al de la población mundial, por lo que la gestión sostenible, eficaz y equitativa de unos recursos hídricos cada vez más escasos será un desafío clave para los próximos cien años. Hacer frente a la escasez de agua requiere ocuparse de numerosas cuestiones, desde la protección del medio ambiente y el calentamiento global al reparto equitativo del agua para el regadío, la industria y el uso doméstico, señala la agencia de la ONU, subrayando que incluso gente que vive en áreas con abundancia de agua potable sufre escasez al no ser capaces de tener acceso a agua suficiente para cubrir sus necesidades básicas.

A nivel mundial, 1.100 millones de personas no tienen acceso a agua potable en cantidad y calidad adecuada para sus necesidades diarias, y 2.600 millones carecen de instalaciones de saneamiento aceptables, indica la FAO en su comunicado. En los EEUU, aproximadamente 340 billones de galones de agua fresca, son consumidos por día de los ríos, esteros y reservorios para proveer residencial, comercial, industrial, agrícola y actividades recreacionales. Esto cuenta para alrededor de un cuarto de la demanda del total de agua fresca renovable de la nación. Casi el 65% de esta agua es descargada a los ríos, esteros y otros cuerpos de agua después de usarla y, en algunos casos, es tratada. Usando grandes volúmenes de agua, se incrementa el mantenimiento

y los costos de vida útil para las operaciones en edificios e incrementa costo de consumo para demandas municipales adicionales e instalaciones de tratamiento. Por el contrario, instalaciones que usan eficazmente el agua pueden reducir los costos a través de menos costos del uso del agua, menos volúmenes de aguas servidas para tratar de usar rebajas de energía y químicos y menos capacidad de cargas y límites.

Muchas estrategias de conservación del agua no involucran ni costos adicionales ni pagos rápidos. Otras estrategias de conservación de agua tales como tratamiento biológico de aguas residuales, recolección de aguas lluvias y sistemas sanitarios de aguas grises a menudo implican más inversiones substanciales. La medición de la eficiencia del agua en edificios comerciales puede fácilmente reducir el consumo del agua en un 30% o más. En un típico edificio de oficinas de 9300 metros cuadrados, sanitarios de bajo consumo combinado con sensores y controles automáticos ahorran un mínimo de 1 millón de galones de agua por año, basados en 650 ocupantes, cada uno usando un promedio de 20 galones (90,92 lt, 0,09 m<sup>3</sup>) por día. Los volúmenes de agua no potabilizada pueden ser usados para regar parques y áreas verdes, descargas en sanitarios y urinarios, cisternas y sistemas contra incendios. Los ahorros, sin embargo dependen de los costos de agua locales, pudiendo ahorrar miles de dólares por año, resultando en reembolsos en infraestructura de conservación del agua. Según Pasquale Steduto: Experto de la FAO “El consumo de agua ha crecido en el último siglo a un ritmo más de dos veces superior al de la población mundial”. “La competencia por el agua dará lugar a enfrentamientos y a un empobrecimiento de varias naciones en el mundo”. La media de consumo de agua en el tercer mundo es de 3 litros diarios frente a 147 litros de los occidentales. Cada vez que un occidental tira de la cadena de un servicio equivale al consumo de 4 miembros de una familia en Etiopía diariamente. Una persona bebe, en todo un año, un metro cúbico de agua, aproximadamente. requiere – como término medio - para el uso doméstico entre 50 y 100 m<sup>3</sup> en el mismo lapso de tiempo. Pero, los alimentos que consume al año necesitan unos 1.000 m<sup>3</sup> para ser producidos. (Servicio de Información Agropecuaria del Ministerio de agricultura y Ganadería del Ecuador).

## 4.2. El agua en el Ecuador – situación actual

El Ecuador es uno de los países con mayores reservas de agua en la región. Sin embargo, su mal manejo e inequitativa distribución generan serios conflictos ambientales, sociales y económicos. En el sector rural, la conflictividad por el agua es enorme debido a la baja disponibilidad. El 85% del agua utilizada en el Ecuador se destina al riego. Durante aproximadamente 30 años, esta actividad estuvo a cargo del Instituto Ecuatoriano de Recursos Hídricos, INERHI. Actualmente, lo maneja la Secretaría Nacional del Agua o SENAGUA, que está encargada junto al Ejecutivo y la Asamblea Constitucional, de elaborar un Proyecto de Ley. Uno de los principales objetivos de la Ley Orgánica de los Recursos Hídricos, Uso y aprovechamiento del agua es lograr democratizar y hacer equitativo el acceso y la distribución del agua en Ecuador. La propuesta incorpora los conceptos fundamentales de la Constitución en torno al agua, como el derecho humano al agua, el carácter estratégico del sector agua y su definición de patrimonio nacional estratégico de uso público; la gestión pública o comunitaria del agua; el orden de prioridad para la asignación del agua, entre otros.

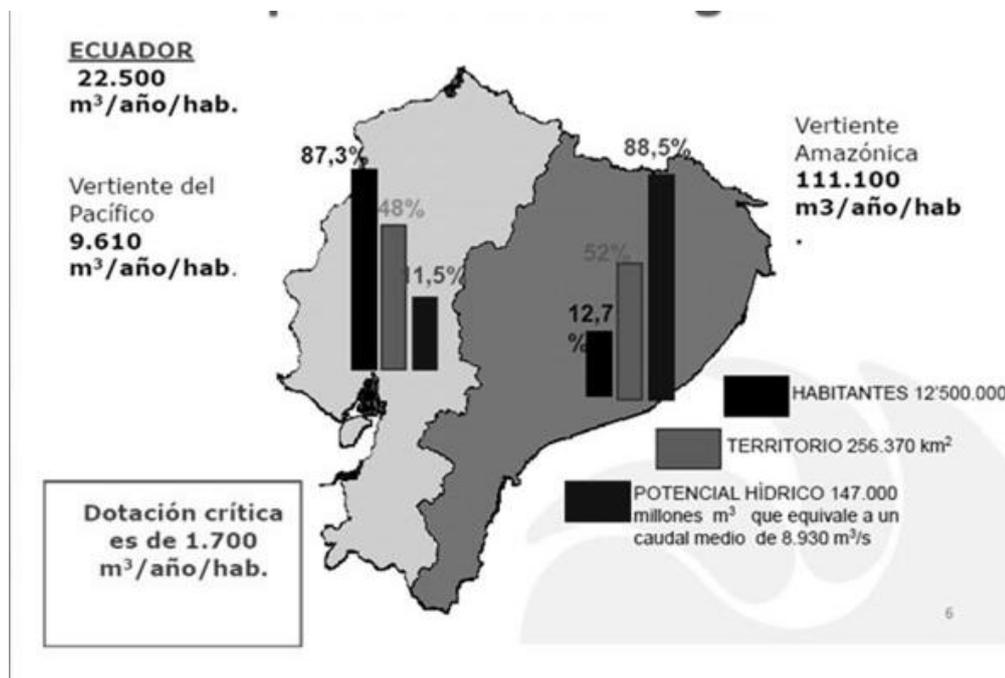
Ilfn Florsheim, vocera de Interagua, concesionaria del servicio de agua potable en Guayaquil, cita que –en promedio– una persona que reside en la ciudad utiliza aproximadamente unos 166 litros de agua por día. Sin embargo, informes del Pnuma revelan que una persona necesita unos 50 litros de agua por día para desarrollar sus actividades cotidianas, como beber, cocinar, bañarse, limpiar, entre otras. Ese tipo de prácticas, dice, provoca que muchas familias registren consumos mensuales de hasta 25 metros cúbicos (25 mil litros), especialmente en zonas residenciales de clase alta. En este segmento, el metro cúbico está calculado en \$ 0,37. “Allí hay piscinas, jardines y otros espacios donde se utiliza mucha agua”, recalca. Contrario a esto, hay familias de otros sectores que han reducido en consumo de agua, con fines de ahorro económico. La isla Trinitaria, por ejemplo, registra un consumo promedio de 12 metros cúbicos por familia cada mes (por esto se paga unos \$ 3), lo que significa que cada persona usa 80 litros diarios.

Diversos estudios estiman que una persona promedio distribuye el agua que consume de la siguiente manera: 35% en el inodoro, 30% en higiene corporal, 15% en

lavado de ropa, 8% en riego de jardines, limpieza de autos y vivienda, 8% en lavado de utensilios de cocina y 4% en alimentación. Actualmente, Interagua entrega el líquido a unos 2'100.000 usuarios aproximadamente, lo que la empresa considera el 90% de la población de Guayaquil. En ciudades como Quito, el consumo promedio por persona supera los 200 litros por día. El contrato de concesión (suscrito en el 2001 con la Empresa Cantonal de Agua Potable y Alcantarillado de Guayaquil, Ecapag) permite a Interagua extraer hasta un millón de metros cúbicos del río Daule. Por ahora está cerca del límite: la empresa obtiene 900 mil de metros cúbicos cada día.

Podemos ver en el gráfico 21 la disponibilidad del recurso hídrico en el Ecuador.

**Gráfico 21.** Disponibilidad del agua en el Ecuador



*Fuente:* Secretaría de Pueblos, Movimientos Sociales y Participación Ciudadana

Algunas estrategias recomendadas por LEED para reducir el consumo de agua en edificaciones que se consideren sostenibles son:

### 4.3 Uso eficiente del agua en áreas verdes

#### 4.3.1 Reducción del consumo de agua para riego.

El propósito es limitar o eliminar el uso de agua potable, u otros recursos hídricos naturales disponibles de agua superficial o subterránea en / o cerca del terreno del proyecto, para riego de las áreas verdes. Los requisitos obedecen a reducir el consumo de agua potable para riego en un 50% respecto a un caso calculado en función de la línea base para la estación seca del año. Las reducciones se atribuirán a una combinación de los siguientes puntos:

- ✓ Factor de especies de las plantas, es decir de alto o bajo consumo de agua
- ✓ Eficiencia del riego, si es por goteo, por aspersión u otro.
- ✓ Uso de agua de lluvia recogida en estación lluviosa.
- ✓ Uso de aguas residuales recicladas, de aguas grises principalmente.
- ✓ Uso de agua tratada y transportada por una empresa pública específicamente para usos no potables.

Sería conveniente realizar un análisis de suelo/clima para determinar las plantas apropiadas y diseñar la jardinería con plantas autóctonas o adaptadas para reducir o eliminar los requisitos de riego. Donde se requiera riego, usar equipos de alta eficiencia y/o controladores en función del clima. En el gráfico 23 y Cuadro 13 podemos ver los árboles autóctonos de la costa ecuatoriana así como de sus principales características. Como vimos ya en el capítulo 2, el escoger el tipo de vegetación no solo determinará los costos asociados en el mantenimiento como riego sino además de los costos por limpieza de hojas del follaje.

#### Gráfico 23. Árboles Autóctonos

*Fuente: Confort climático en la arquitectura de la ciudad de Guayaquil, Gabriel Murillo*

#### Cuadro 13. Análisis y ponderación de la arborización

	<b>Análisis y ponderación de la arborización</b>
--	--

Nombre	Altura en m		30 %	Follaje en m	30 %	Peligrosidad	10 %	Crecimiento	20 %	Mantenimiento	10 %	Total
	Total	Fuste										
Saman	20	8	30	25 ralo	30	Si	0	10	20	Medio	5	85
Cedro	35	5	20	8 ralo	20	No	10	12	0	Bajo	10	60
Guachipeli	30	3	30	15 ralo	30	Si	0	15	0	Bajo	10	70
Eucalipto	25	4	0	10 ralo	20	Si	0	8	20	Alto	0	40
Ceibo	30	4	0	15 ralo	20	Si	0	15	0	Alto	0	20
Caucho	12	2	30	15 ralo	10	si alta	0	8	20	Medio	5	65
Ficus	20	3	30	15 denso	10	No	10	12	0	Alto	0	50
Sauce	20	4	20	8 ralo	20	No	10	10	20	Medio	5	75
Acacia Amarilla	12	2	20	15 denso	10	No	10	10	20	Medio	5	65
Acacia Roja	25	3	30	30 ralo	30	No	0	5	20	Bajo	10	90
Suche	8	2	20	8 denso	10	No	10	5	20	Bajo	10	70
Almendro	15	6	30	8 denso	10	No	10	5	20	Alto	0	70
Cocotero	12	4	0	5 ralo	30	No	10	4	20	Medio	5	65
Mango	15	4	30	12 denso	10	Si	0	5	20	Bajo	10	55
Tamarindo	12	4	20	10 denso	10	No	10	5	20	Alto	0	60
Pechiche	30	10	30	12 denso	10	No	10	10	20	Alto	0	70
Fruta de pan	20	3	20	15 denso	10	No	10	8	20	Medio	5	65
Guabo	12	7	30	8 ralo	20	No	10	8	20	Bajo	10	90

*Fuente: Confort climático en la arquitectura de Guayaquil, Gabriel Murillo*

#### **4.3.2 Riego de áreas verdes con aguas lluvias o aguas recicladas.**

Se refiere exclusivamente al uso de sólo lluvia recogida, aguas residuales recicladas, aguas grises recicladas o greywater o agua tratada y transportada por una empresa pública específicamente para usos no potables para riego. O también el instalar una jardinería que no requiera sistemas permanentes de riego. Los sistemas temporales de riego usados para la primera plantación están permitidos sólo si se eliminan al año de la instalación de la jardinería. Conviene entonces realizar un análisis de suelo/clima para determinar los tipos de jardinería apropiados y diseñar la jardinería con plantas autóctonas para reducir o eliminar los requisitos de riego permanente. Se debe de considerar el uso de agua de escorrentía, aguas grises, y/o agua de condensación para el riego.

Es interesante conocer que la recolección de aguas lluvias puede darse en terrazas, patios o áreas pavimentadas y entonces que estas sean filtradas a través de pantallas gradadas, filtros de papel para prepararlas para ser usadas en el riego de áreas verdes. Para calcular el porcentaje de reducción en el uso de agua potable, hay que

establecer una línea base de uso del agua para el proyecto y entonces calcular el rango de uso del agua como ha sido diseñado acorde a los pasos listados abajo:

- El primer paso es establecer los coeficientes de nuestro análisis:

El **Coefficiente de Jardinería (KL)**, indica el volumen de agua perdida vía evapotranspiración y depende de la especie del jardín, el microclima y la densidad del jardín plantado. La fórmula para determinar el **Coefficiente de Jardinería** está dada en **Ecuación 1**.

$$K_L = k_s \times k_d \times k_{mc},$$

Donde  $k_s$  = Factor de Tipo de Especie

$k_d$ =Factor de densidad, y

$k_{mc}$ = Factor de microclima

El **Factor de Tipo de Especie (ks)**, cuenta la variación de agua necesaria para las diferentes especies de plantas. El Factor de Tipo de Especie puede dividirse en 3 categorías (alta, media y baja) dependiendo de la especie de planta considerada. Para determinar la categoría apropiada para una especie de planta, se debe de usar manuales de plantas y la experiencia profesional.(Cuadro 14). Este factor es algo subjetivo pero profesionales en paisajismo tienen una idea general de las necesidades de agua de especies de plantas en particular. Las áreas verdes pueden ser mantenidos en aceptables condiciones en alrededor del 50% de la referencia de valor de evapotranspiración ( $ET_0$ ) y además, el valor promedio de  $k_s$  es 0,5. (Nota: si una especie no requiere riego una vez establecido, entonces el efectivo  $k_s=0$  y el resultado  $KL=0$  )

**Cuadro 14. Factor del paisaje**

Tipo de Vegetación	Factor de Especies (Ks)			Factor de Densidad (Kd)			Factor de Microclima (Kmc)		
	Bajo	Medio	Alto	Bajo	Medio	Alto	Bajo	Medio	Alto
<b>Arboles</b>	0.2	0.5	0.9	0.5	1.0	1.3	0.5	1.0	1.4
<b>Arbustos</b>	0.2	0.5	0.7	0.5	1.0	1.1	0.5	1.0	1.3
<b>Cubiertas de tierra</b>	0.2	0.5	0.7	0.5	1.0	1.1	0.5	1.0	1.2

<b>Mixto: Árboles, Arbustos</b>	0.2	0.5	0.9	0.6	1.1	1.3	0.5	1.0	1.4
<b>Césped</b>	0.6	0.7	0.8	0.6	1.0	1.0	0.8	1.0	1.2

*Fuente: LEED for New Construction Guide*

El **Factor de Densidad (kd)**, cuenta para el número de plantas y el total de copa de arboles de un jardín. Áreas escasamente plantadas tendrán bajos niveles de evapotranspiración que áreas densamente plantadas. Un promedio kd es aplicada a áreas donde las sombras de los arboles está en el rango del 60% al 100%. Esto es también equivalente a arbustos y espacios sombreados del 90% al 100% del área ajardinada. Valores bajos de kd son encontrados donde las sombras de los arboles es menos que el 60% o arbustos y malezas es menor que el 90%. Para ello, un 25% de sombra de los arboles resulta en un valor kd de 0.5. En jardinería mezclada donde los arboles cubren capa vegetal (humus) y arbustos, la evapotranspiración incrementa. Esto representa el más alto nivel de densidad de jardinería y el valor kd debería estar entre 1.0 y 1.3. ver Cuadro 14.

El **Factor de Microclima (kmc)**, cuenta para condiciones ambientales específicas para el jardín, incluyendo temperatura, viento y humedad. Para ello, las áreas de parqueos incrementan el viento y los efectos de temperatura en áreas verdes adyacentes. El promedio de kmc es 1.0 y esto se refiere a condiciones donde los valores de evapotranspiración no es afectada por edificios, pavimentos, superficies refractivas y pendientes. Una condición más alta de kmc ocurre donde el potencial de evaporación se incrementa debido a áreas verdes encerrados por absorción del calor y superficies refractarias o que son expuestas a particulares condiciones de viento. Ejemplos de altas áreas de kmc incluyen lotes de parqueos, lados occidentales de edificios, lados oeste y sur de pendientes, medianas, y áreas experimentando efectos de túnel de viento.

Áreas de bajo microclima incluyen áreas sombreadas y áreas protegidas del viento. Lados norte de edificios, patios, áreas bajo anchos volados, y lados norte de pendientes son áreas de bajo microclima.

En el segundo paso para el proyecto, este número debe representar el área diseñada para el jardín. Habrá que clasificar que el área total del jardín en los tipos principales de la vegetación (árboles, arbustos, mezclado, y césped), enumerando el área para cada uno. Luego determinar las características siguientes para cada área del paisaje: Las especies se descomponen en factores (los ks), factor de densidad (kd), y el factor del microclima (kmc.). Los valores recomendados para cada uno de estos factores se proporcionan en el Cuadro 14. Seleccionando como bajo, medio o alto valor para cada parámetro apropiado para su diseño. Se debe calcular el **Coefficiente del Paisaje** ( $K_L$ ) multiplicando las tres áreas características según se mostró en la ecuación 1. Se determina entonces, el **Rango de Evapotranspiración** ( $ET_0$ ) en referencia para su ubicación. El rango de evapotranspiración es una medida de la cantidad total de agua necesaria para el crecimiento de cierta planta en referencia (tal como hierba o alfalfa) expresada en milímetros o pulgadas.

El mes más seco del año en Guayaquil es el mes de Septiembre. El  $ET_0$  para septiembre se utiliza en el cálculo de LEED porque éste es típicamente el mes con los efectos más grandes del evapotranspiración y, por lo tanto, exige la mayor irrigación. Entonces, se calcula el Rango de Evapotranspiración ( $ET_L$ ) del proyecto-específico para cada área del jardín multiplicándose ( $ET_0$ ) por ( $K_L$ ), según se muestra en la siguiente ecuación:

#### **Ecuación #2**

$$ET_L[\text{mm}] = ET_0 \times K_L$$

Se determina la **Eficiencia de la Irrigación** (IE) enumerando el tipo de irrigación usado para cada área del jardín y la eficiencia correspondiente. En el cuadro 13 se enumera las eficacias de la irrigación para diferentes sistemas de irrigación. Se determina, si fuera aplicable, la **Eficiencia del Controlador** (CE). El CE es la reducción porcentual en el uso del agua de cualquier controlador basado en el clima en sistemas basados en sensores de la humedad. Este número se debe apoyar por la documentación del fabricante o los cálculos detallados del diseñador paisajista. Por último, determinar, si fuera aplicable, el volumen de agua reutilizada (agua de lluvia capturada, aguas grises, recicladas, o aguas residuales tratadas) disponible en el mes de Septiembre. Reutilizar los volúmenes del agua lluvias, pueden depender del

volumen/frecuencia de lluvias aguas grises; residuales generales para un edificio y de la capacidad de almacenamiento.

**Cuadro 15. Tipos de Irrigación**

<b>Factor de Riego</b>	<b>IE</b>
Aspersor	0.625
Riego por Goteo	0.900

*Fuente: LEED for New Construction Guide*

Los sistemas de la reutilización en sitio deberían ser modelados para predecir los volúmenes generados en una base mensual así como para la capacidad óptima de almacenamiento. Para los cálculos de volúmenes capturados del agua lluvia, el equipo del proyecto puede utilizar el total de agua recolectada de lluvia en septiembre basado en la precipitación media histórica, o los datos históricos para cada mes para modelar la recolección y la reutilización a través del año. El siguiente método permite al equipo de proyecto determinar qué volumen de agua se espera esté en la cisterna del almacenaje a principio de Septiembre y agregarlo al volumen previsto del agua de lluvia recogido durante el mes. Este acercamiento también permite que al equipo del proyecto determinar el tamaño óptimo de la cisterna del agua de lluvia.

Ahora con estos coeficientes podemos calcular nuestro TWA o **Total de Agua Aplicada** y nuestro TPWA o **Total de Agua Potable Aplicada** para cada área del jardín y para nuestro ejemplo. La ecuación #3 y ecuación #4 nos muestran como calcular estos valores:

**Ecuación 3**

$$\text{TWA (m3)} = (\text{Area[m2]} \times (\text{ETL[mm]} / \text{IE})) \times \text{CE} \times 0.02359 \text{ m3/m2/mm}$$

**Ecuación #4**

$$\text{TPWA (m3)} = \text{TWA (m3)} - \text{Agua Reutilizada (m3)}$$

### 4.3.3 Caso de estudio

Un edificio de oficinas en Austin, Texas tiene un área total de 560m<sup>2</sup>. El terreno cuenta con 3 áreas de jardines: plantas rastreras, vegetación mezclada y césped. Todas las áreas del terreno son irrigadas con una combinación de agua potable y las aguas grises recolectadas del edificio. El rango de Evapotranspiración (ET<sub>0</sub>) en referencia para Austin en Julio es obtenido de datos del servicio agrícola y es igual a 8.12. La alta eficiencia en irrigación del jardín utiliza el sistema de riego por goteo con un 90% de efectividad para este caso y reutiliza un estimado de 158,98m<sup>3</sup> de aguas grises durante el mes de Julio. El Cuadro 16 muestra los cálculos para determinar el agua potable usada para el Diseño de un jardín Sostenible.

La línea base del caso utiliza la misma referencia de rango de Evapotranspiración y el área total del terreno. Sin embargo, el caso en la línea base utiliza aspersores para irrigación (IE=0,625), no toma ventajas de la recolección de aguas grises y, usa solo arbustos y césped. Cálculos para determinar el uso del agua potable en el caso de línea-base son presentados en el Cuadro 17. El ejemplo ilustra que el diseño sostenible tiene una demanda de riego de 560,95m<sup>3</sup>. La reutilización de aguas grises provee 158,98 m<sup>3</sup> contra la demanda. Entonces, el total de agua potable aplicada para el diseño sostenible es de 401,97 m<sup>3</sup>. La línea base tiene una demanda de 1480,52 m<sup>3</sup> y no reutiliza las aguas grises. La diferencia entre los dos casos resulta en un ahorro de agua potable del 69% en el diseño sostenible.

**Cuadro 16. Requerimiento de agua potable en un Diseño de jardín Sostenible**

<b>Tipo de jardín</b>	<b>Área</b>	<b>factor</b>	<b>densidad</b>	<b>Microclima</b>	<b>KL</b>	<b>ETL</b>	<b>IE</b>	<b>TPWA</b>
<b>Tipo</b>	<b>(m<sup>2</sup>)</b>	<b>(Ks)</b>	<b>(Kd)</b>	<b>(Kmc)</b>		<b>(m)</b>		<b>(m<sup>3</sup>)</b>
Arbustos	111,48	Bajo0,2	Medio 1	Alto1,3	0,3	0,54	Goteo0,90	66,39
Combinados	362,32	Bajo0,2	Medio1,1	Alto1,4	0,3	0,64	Goteo0,90	255,64
Césped	86,20	Medio0,7	Medio 1	Alto 1,2	0,8	1,73	Aspersor0,625	238,92
							<b>Subtotal(gal)</b>	<b>560,95</b>
							<b>Recolección de aguas grises en Septiembre(m<sup>3</sup>)</b>	<b>(158,98)</b>
							<b>GPWA(m<sup>3</sup>)</b>	<b>401,97</b>

**Cuadro 17. Requerimiento de agua potable en el jardín caso de Línea-base**

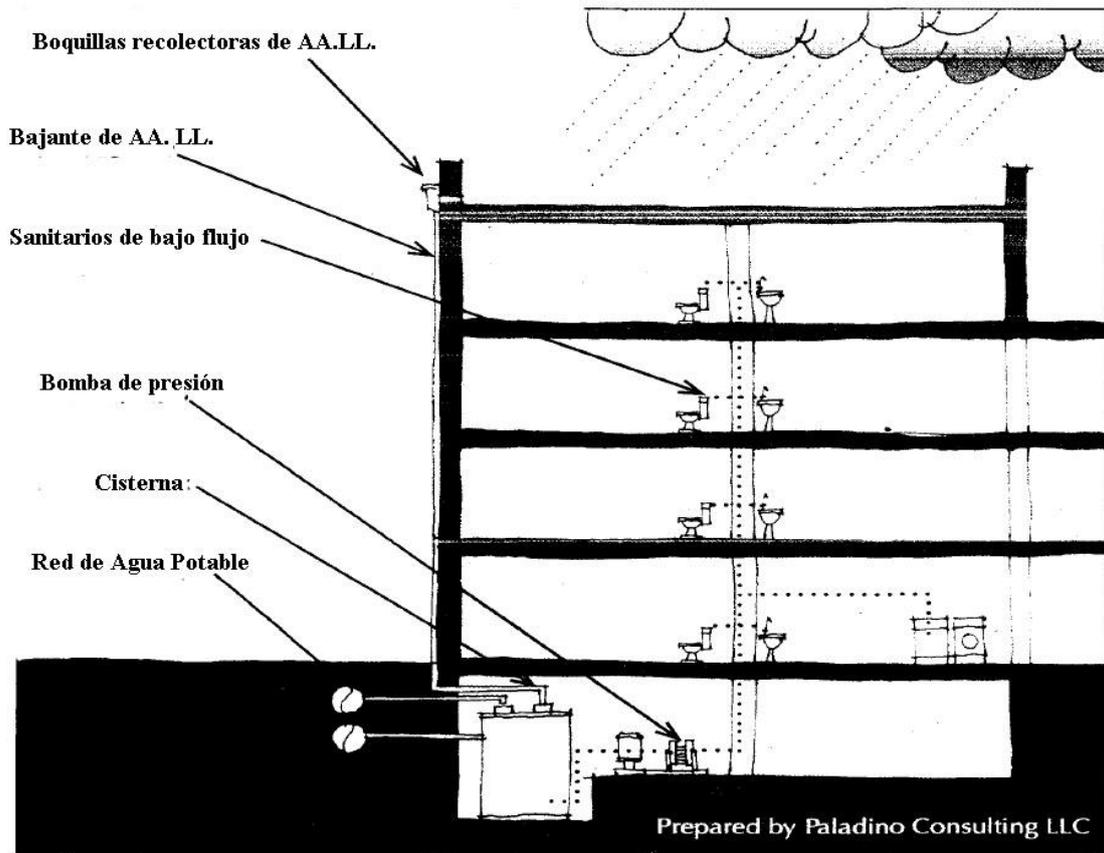
<b>Tipo de jardín</b>	<b>Área</b>	<b>factor</b>	<b>Densidad</b>	<b>Microclima</b>	<b>KL</b>	<b>ETL</b>	<b>IE</b>	<b>TPWA</b>
<b>Tipo</b>	<b>(m<sup>2</sup>)</b>	<b>(Ks)</b>	<b>(Kd)</b>	<b>(Kmc)</b>		<b>(m)</b>		<b>(m<sup>3</sup>)</b>
Arbustos	111,48	Medio0,5	Medio1	Alto1,3	0,7	1,34	Aspersor 0,625	239,01
Césped	448,52	Medio0,7	Medio1	Alto1,2	0,8	1,73	Aspersor 0,625	1241,50
							<b>GPWA(m<sup>3</sup>)</b>	<b>1480,52</b>

#### 4.4. Uso de Tecnologías y artefactos sanitarios de bajo consumo

El propósito es reducir la generación de aguas residuales y la demanda de agua potable, mientras se incrementa la recarga del acuífero local. Los requisitos para considerar esta opción son:

- ✓ Reducir el uso de agua potable para el transporte de las aguas residuales del proyecto en un 50% a través del uso de artefactos sanitarios de bajo consumo de agua (sanitarios, urinarios) o agua no-potable (lluvia recogida, aguas grises recicladas, y aguas residuales tratadas in situ o por el municipio). Ver Figura 18.
- ✓ O tratar el 50% de las aguas residuales in-situ según normas terciarias. El agua tratada debe ser infiltrada o usada in-situ.

#### **Gráfico 21.** Sistema de recolección de aguas lluvias



*Fuente: LEED for New Construction Guide*

Para este fin hay que especificar los artefactos de alta eficiencia y los artefactos secos tales como sistemas de sanitarios tipo letrinas y urinarios sin agua para reducir los volúmenes de aguas residuales. Considerar la reutilización de aguas de escorrentía o aguas grises para el transporte de aguas residuales o sistemas de tratamiento de aguas residuales (mecánicos y/o naturales). Entre las opciones para el tratamiento de aguas residuales in-situ están los sistemas compactos de eliminación de nutrientes biológicos, humedales artificiales, y sistemas de filtración de alta eficiencia. Los cálculos para el ahorro basándonos en el uso de tecnologías siguen los siguientes pasos:

- ✓ Calcular el FTE (Full Time Equivalente) es decir el número de ocupantes de un edificio en un período de 8 horas. Una ocupación de 8 horas tiene un valor de FTE de 1, mientras que una ocupación tiempo parcial está relacionada con el número de horas de ocupación dividida para 8.

- ✓ Hay que estimar además los ocupantes del edificio en tránsito, tales como estudiantes, visitantes, clientes u otros.
- ✓ Conociendo el número de ocupantes permanentes y los ocupantes en tránsito debemos calcular el consumo de agua para cada aparato. Para cada tipo de ocupante.

**Cuadro 18. Tipo de Piezas Sanitarias y GPF (Galones por flujo) / M<sup>3</sup>x d (Metros cúbicos por descarga).**

<b>Tipo de pieza sanitaria</b>	<b>GPF</b>	<b>M<sub>3</sub>xd</b>
Inodoro convencional	1.6	0,061
Inodoro debajo flujo de agua	1.1	0,042
Inodoro de agua ultra bajo-flujo	0.8	0,03
Inodoro Compuesto	0.0	0
Urinario Convencional	1.0	0,038
Urinario sin agua	0.0	0

*Fuente: LEED for New Construction Guide*

1. Hacer una lista de cada tipo de aparato sanitario que genere o no consuma agua y la frecuencia de usos diario usando la Ecuación #1:

**Ecuación #1**

$$\text{Volumen Aguas residuales} = \# \text{Usos} \times \text{Duración (Min. o descargas)} \times \text{Volumen Agua (gal)} / \text{Uso (Min. o descargas)}$$

2. Sumar todas las generaciones de agua residuales por tipo de aparato sanitario tanto para los de uso de hombres como de mujeres.

**Ecuación #2**

$$\text{Generación Diaria de Aguas Residuales} = [\text{Ocupantes Hombres} \times \text{Generación de Aguas Residuales Hombres (gal)}] + [\text{Ocupantes Mujeres} \times \text{Generación de Aguas Residuales Mujeres (gal)}]$$

3. Multiplicar los consumos de cada aparato por el número de hombres o mujeres según sea el caso y obtener el volumen total anual generado por el proyecto.

**Ecuación #3**

**Generación Anual Aguas Residuales** = Generación Total Aguas Residuales Diarias ( gal/día) x # de Días Laborables; (si es edificio de uso público)

4. Si hubiese recolección de aguas lluvias o tratamiento de aguas grises y están son reutilizadas en el edificio, habría que restar este volumen del Generación Anual Aguas Residuales.

**Ecuación#4**

**Volumen aguas lluvias (gal)**= Area recolectada ( sf) m<sup>2</sup> x eficiencia (%) x promedio de precipitación (in) x0.6233 gal/st/in

#### **4.5 Reducción del uso del agua en las edificaciones**

El objetivo es que se maximice la eficiencia en agua en los edificios para reducir la carga del suministro municipal de agua potable y los sistemas de aguas residuales. Por lo tanto, emplear estrategias que en conjunto usen el 20% al 30% menos de agua que el uso de una línea base calculada para el proyecto (sin incluir el riego) después de cumplir los requisitos de eficiencia de instalaciones de sanitarios. Los cálculos se basan en el uso estimado por parte de los ocupantes e incluirán sólo las siguientes instalaciones (las que se apliquen en el edificio): sanitarios, urinarios, grifos de lavabos, duchas y fregaderos de cocinas.

Usar artefactos de alta eficiencia, artefactos secos tales como sistemas de sanitarios compuestos y urinarios sin agua, y sensores de ocupantes para reducir la

demanda de agua potable. Considerar la reutilización de aguas de escorrentía y aguas grises para aplicaciones no- potables tales como descargas de sanitarios y urinarios y sistemas contra incendios. Los cálculos para el ahorro basándonos en el uso de tecnologías siguen los siguientes pasos:

- ✓ Calcular el FTE (Full Time Equivalente) es decir el número de ocupantes de un edificio en un período de 8 horas y hay que estimar además lo ocupantes en tránsito, tales como visitantes, clientes u otros.
- ✓ Por definición el uso promedio de un ocupante permanente es de 5 por día de los aparatos sanitarios, 1 uso de ducha y 4 usos del fregadero de cocina
- ✓ Hacer una lista de cada tipo de aparato sanitario que genere o no consumo de agua y la frecuencia de usos diarios.
- ✓ Sumar todas las generaciones de agua residual por tipo de aparato sanitario tanto para los de uso de hombres como de mujeres.
- ✓ Multiplicar los consumos de cada aparato por el número de hombres o mujeres según sea el caso y obtener el volumen total anual generado por el edificio.

Los grifos de lavabos, bidets y fregaderos, así como los equipos de ducha, deben disponer de mecanismos economizadores de agua y ser mono-mandos. Se recomienda que presenten un caudal máximo de 10 litros por minuto teniendo una presión dinámica mínima de utilización superior a 1 bar. Para edificios de oficinas, los grifos de lavabos y duchas deben disponer obligatoriamente de mecanismos temporizadores o bien detectores de presencia para su funcionamiento. Se recomienda el empleo de grifería termostática, es decir aquella que dispone de un preselector de temperatura que mantiene la salida del agua a la temperatura deseada. Con estos dispositivos se puede ahorrar energía sin pérdida de confort para el usuario, ya que asegura el cierre automático y la salida de agua a la misma temperatura. Es recomendable que los tanques de los inodoros dispongan de mecanismos de doble descarga o de descarga interrumpible, con un volumen máximo de descarga de 6 litros. Se puede observar en el cuadro 17 el ahorro de agua debido a la instalación de sistemas reductores.

**Cuadro 19 .** Ahorro conseguido con la instalación de sistemas reductores del consumo de agua

<b>Criterios sostenibles</b>	<b>% Ahorro de Agua</b>
Instalación de reductores de caudal	30 – 60
Instalación de interruptores de caudal	10 - 40
Incorporación de duchas de alta eficiencia con temporizadores	50
Instalación de contrapesos en cisternas tradicionales	40
Instalación de topes	50
Instalación de cisternas de doble descarga	50
Instalación de fluxores	50
Instalación de grifos con preselector de temperatura	50 de agua y energía
Incorporación de grifos con sensores infrarrojos	70 - 80

*Fuente: Novotec Consultores S.A.*

**Cuadro 20 : Consumos por aparato sanitario**

<b>Tipo de Inodoro</b>	<b>Flujo (GPF)</b>	<b>Flujo de agua por tipos</b>	<b>Rango de flujo (GPM)</b>
Inodoro convencional	1.6	Lavadero de manos convencional	2.5
Inodoro de agua – flujo bajo	1.1	Lavadero de flujo bajo	1.8
Inodoro de un solo flujo de agua	1.6	Lavadero de flujo super bajo	0.5
Inodoro de dos flujos de agua	0.8	Fregadero de cocina	2.5
Inodoro abonado	0.0	Fregadero de cocina de bajo	1.8

		flujo	
Urinario convencional	1.0	Ducha	2.5
Urinario de bajo flujo	0.5	Ducha de bajo flujo	1.8



Urinario sin agua	0.0		
-------------------	-----	--	--

*Fuente: LEED for New Construction Guide*

#### **4.6 .Caso de estudio**

Caso de Estudio – Línea Base **Edificio de oficinas de la Corporación Samborondón**

Dirección: Urbanización Tornero III MZ I solar 14  
 Ciudad: Guayaquil  
 Datos: Edificio tres plantas  
 Área: 600m<sup>2</sup>  
 Uso edificio : Oficinas  
 Horarios: 8:45 am - 17:30 pm  
 Empleados: 39 Hombres  
 42 Mujeres

**Cuadro 21. Cálculo de consumo de agua en edificio de oficinas – Línea base**

	Usos Diarios	Flujo de Agua (GPF)	Duración (descarga)	Ocupantes	Consumo/GAL
Inodoros (H)	1	1,6	1	39	62,4
Urinaris (H)	2	1,0	1	39	78
Inodoros (M)	3	1,6	1	42	201,6
	Usos Diarios	Flujo de Agua (GPM)	Duración Flujo(min)	Ocupantes	Consumo/GAL
Duchas	0,1	2,5	5	81	101,3
Lavatorios	2,5	2,5	0,25	81	126,6
Lavaplatos	0,1	2,5	0,25	81	5,06
<b>V. Diario</b>					<b>574,96</b>
<b>Total de días</b>					<b>260</b>
<b>TOTAL ANUAL</b>					<b>149.490 GAL 5658,65 m<sup>3</sup></b>

**Cuadro 22. Cálculo de consumo de agua con Diseño de sistemas ahorradores**

	Usos Diarios	Flujo de Agua (GLNS) X (GPF)	Duración Flujo(seg)	Ocupantes	Consumo/GAL
Inodoros de Flujo bajo (H)	0	0,8	1	39	0
Inodoros de Flujo bajo (M)	3	0,8	1	42	101
Inodoro Compuesto (H)	1	0	1	39	0
Inodoro Compuesto (M)	0	0	1	42	0

Urinario (H)	2	0	1	39	0
	<b>Usos Diarios</b>	<b>Flujo de Agua (GPF)</b>	<b>Duración Flujos(min )</b>	<b>Ocupantes</b>	<b>Consumo/GAL</b>
Lavatorio Convencional	2,5	2,5	0,2	81	101,2
Lavadero de Cocina	0,1	2,5	0,2	81	4,05
Ducha	0,1	2,5	5	81	101,2
				<b>V. Diario</b>	<b>307,45</b>
				<b>Total de días</b>	<b>260</b>
				<b>TOTAL ANUAL</b>	<b>79.937 GAL 3025,86 m3</b>

**Para facturar,**

A-Consumo mensual con aparatos convencionales = 5658,65m<sup>3</sup> / 12 meses= 471,55m<sup>3</sup>

B-Consumo mensual con aparatos ahorradores de agua = 3025,86m<sup>3</sup>/ 12 meses= 252,16 m<sup>3</sup>

**A – Costo del m<sup>3</sup>/mes = \$0.75x471,55 m<sup>3</sup> = \$353,67/mes x 12meses= \$4243,98/año**

**B – Costo del m<sup>3</sup> /mes = \$0.75x252,16 m<sup>3</sup>= \$189,12/mes x 12meses = \$2269,44/año**

Es Decir, nuestro ahorro del consumo de agua potable es del 51,65% . Ahora veamos en cuanto a la inversión inicial de los aparatos ahorradores de agua para calcular el periodo de recuperación, en los Cuadros 21 y 22 se muestran los valores de los aparatos convencionales como de los aparatos ahorradores de agua.

**Cuadro 23. Costo de aparatos ahorradores de agua**

<b>GRIFOS DEL BAÑO</b>				
<b>MARCA</b>	<b>gmp aeradores</b>	<b>% ahorro</b>	<b>ahorro anual</b>	<b>Precio</b>
KOHLER	1,5	45%	14,700 galones	\$ 103,15
A. STANDARD	1,6	32%	11,700 galones	\$219.00
Briggs	2,0	30%	10,500 galones	\$189.50
<b>DUCHAS DE BAÑO</b>				
<b>MARCA</b>	<b>gmp aeradores</b>	<b>% ahorro</b>	<b>ahorro anual</b>	<b>Precio</b>
KOHLER	1,75	35%	7,700 galones	\$ 84,95

A. STANDARD	1,5	40%	8,500 galones	\$216.05
Briggs	2,5	25%	7,200 galones	\$120.25
<b>SANITARIOS</b>				
<b>MARCA</b>	<b>gmp aeradores</b>	<b>% ahorro</b>	<b>ahorro annual</b>	<b>Precio</b>
KOHLER	1,28	55%	16,500 Galones	\$ 195,00
A. STANDARD	1,6	50%	14,800 galones	\$ 204,96
Briggs	1,6	48%	14,000 Galones	\$320.15

**Cuadro 24. Costo de aparatos sanitarios convencionales**

<b>GRIFOS DEL BAÑO</b>				
<b>MARCA</b>	<b>gmp aeradores</b>	<b>% ahorro</b>	<b>ahorro annual</b>	<b>Precio</b>
Edesa				\$ 33,15
Fv				\$ 34,05
Eurogres				\$ 20,58
<b>DUCHAS DE BAÑO</b>				
<b>MARCA</b>	<b>gmp aeradores</b>	<b>% ahorro</b>	<b>ahorro annual</b>	<b>Precio</b>
Edesa				\$ 72,00
Fv				\$ 65,00
Eurogres				\$ 54,34
<b>SANITARIOS</b>				
<b>MARCA</b>	<b>gmp aeradores</b>	<b>% ahorro</b>	<b>ahorro annual</b>	<b>Precio</b>
Edesa				\$ 59,64
Fv				\$ 104,42
Eurogres				\$ 43,68

**DISEÑO CONVENCIONAL**

AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10
\$ 514,82										

	4393,9 8									
TASA										
VAN= \$ 33.414,33 = 5%										

#### DISEÑO BIOCLIMATICO

AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10
\$ 3.578,55										
	2269,4 4									
TASA										
VAN= \$ 13.945,46 = 5%										

Sin considerar gastos por instalación, tenemos en el caso de diseño convencional una inversión de \$514,82 en aparatos sanitarios convencionales, con un gasto por consumo anual de agua de \$4.393,98. En cambio, para nuestro diseño bio-climático con aparatos ahorradores de agua, con una inversión mucho mayor de \$3.578,55, reducimos casi a la mitad nuestra planilla anual de agua a \$2.269,44. Obtenemos entonces, un valor presente VAN de \$13.945,46 aceptamos esta alternativa porque representa menores gastos en el tiempo a valor presente. Utilizamos una tasa referencial del 5% y una vida útil del equipo de 10 años.

#### 4.7 Conclusiones y recomendaciones

- ✓ La estrategia más efectiva para rebajar los costos de irrigación en un área ajardinada es diseñar los áreas verdes usando vegetación que se adapte al clima de la región y que estas especies sean de bajo consumo de agua.

- ✓ Un sistema de goteo usualmente cuesta menos, consume menos agua y mantenerlo tiene un costo bajo por lo que es una alternativa cuya inversión se recupera más rápidamente.
- ✓ Los ahorros por el consumo de agua y el uso de tecnología moderna se justifica en el largo plazo.
- ✓ Los ahorros en el uso de agua y generación de aguas residuales además permiten a los municipios reducir las inversiones de capital necesarias para suplir de agua y sistemas de alcantarillado a la población.

El abastecimiento de agua se nos plantea como uno de los grandes retos a los que hacer frente. Ello nos indica que, si conseguimos ahorros sustanciales en el consumo de agua, avanzaremos hacia un modelo de construcción más sostenible. Para ello, podemos emplear cinco tácticas:

- Reducir su consumo.
- El uso de aparatos sanitarios y electrodomésticos eficientes.
- Una jardinería de bajo consumo de agua.
- Empleo de contadores individuales.
- La utilización de las aguas grises y de lluvia.

Parece esencial en cualquier medida de ahorro no dejarlo todo en manos de la tecnología y fomentar la participación de los usuarios. Para el agua se ha comprobado que si los ciudadanos disponen de información periódica sobre sus consumos, a través de contadores individuales, están en mejores condiciones de conseguir sustanciales ahorros. Actualmente existen baterías de contadores fabricados con polipropileno más interesantes desde el punto de vista ambiental.

El consumo de agua caliente sanitaria puede reducirse empleando aparatos de una mayor eficiencia y mediante un mantenimiento que evite fugas accidentales de agua. Reducir este consumo no sólo ahorra agua, sino también ahorra la energía para calentarla. En usos no sanitarios, el consumo de agua potable puede suprimirse si se reutilizan aguas residuales, previamente tratadas, que pueden emplearse en sistemas que no requieran una gran calidad en el agua, instalación contra incendios, refrigeración

o riego. Las instalaciones de abastecimiento de agua pueden ser más sostenibles si empleamos materiales más ecológicos. En el caso de las tuberías, los plásticos vuelven a ser preferibles a los metales por su resistencia a cualquier tipo de agua, su poca rugosidad, su menor conductividad térmica, su colocación sencilla y sus uniones estancas.

La medida más sencilla y barata, y que mejores resultados nos va a dar, posiblemente sea incorporar a los elementos de fontanería sistemas de ahorro de agua. Podemos conseguir ahorros entre el 30 y el 40%. Si hablamos de instalar grifos o inodoros nuevos, existe en el mercado una multitud de casas comerciales que incluyen en sus catálogos elementos con sistemas de ahorro de agua. Si, por el contrario, el elemento ya está instalado, podemos colocar dispositivos ahorradores de fácil instalación. Gran parte de los servicios que demandan agua de nuestras viviendas son los electrodomésticos, en especial los lavavajillas y las lavadoras. El mercado ha desarrollado equipos de mayor eficiencia que pueden alcanzar ahorros de agua y de energía interesantes. Los sistemas que incorporan los electrodomésticos para conseguir un uso más eficiente del agua pueden ser mecánicos (válvulas anti retorno, sistemas de corte, filtros) o bien electrónicos (que optimizan el lavado). La jardinería permite diseñar áreas verdes agradables y que consuman menor cantidad de agua, adaptándose al clima y a las condiciones del entorno. Para ello es necesario:

- Diseñar el edificio bajo criterios de ahorro de agua
- Estudiar las características del suelo
- Menos césped
- Plantas con menor necesidad de riego
- Sistemas de riego eficientes : Aspersión
- Riego localizado
- Goteo
- Sistemas de regulación de caudal
- Programadores de riego
- Adecuado mantenimiento

## **CAPITULO 5**

### **5. Materiales para una Construcción Sostenible**

#### **5.1. Introducción**

La importancia de los materiales de construcción a la hora de crear un modelo de construcción sostenible es innegable: solamente la construcción y mantenimiento de

edificios consume el 40% de los materiales empleados en el mundo. A lo largo de la historia se ha producido un cambio en el proceso de obtención de los materiales, hasta no hace mucho las mayoritarias sociedades rurales obtenían sus materiales en el entorno más próximo con un impacto sobre el territorio relativamente bajo. La aparición de medios de extracción y fabricación más eficientes y potentes, así como un transporte mucho más globalizado por la abundante y barata disponibilidad de energía, hace que la producción de materiales pierda la inmediatez de lo cercano y se convierta en una actividad altamente impactante. Si algo diferencia el tema de los materiales de otros que constituyen el ciclo de vida de la construcción, es el hecho de que, mientras el planeamiento urbanístico, el diseño y ejecución de los edificios parece algo cerrado de técnicos, prácticamente cualquier ciudadano tendrá en multitud de ocasiones la posibilidad de elegir determinados materiales (pequeñas reformas, tareas de mantenimiento, etc.). Podemos mencionar al aluminio y al poliestireno dentro de los materiales más contaminantes empleados en la construcción. En el Cuadro 25 se muestran algunos materiales empleados en la construcción con el impacto ambiental que producen.

**Cuadro 25.** Impacto ambiental de los principales materiales de construcción

Material	Efecto invernadero	Acidificación	Contaminación atmosférica	Ozono	Metales pesados	Energía	Residuos sólidos
Cerámica	!	!	!	!	!	!	!!!
Piedra	!	!	!	!	!	!	!!!
Acero	!!	!!	!!!	!	!!	!!	!
Aluminio	!!!	!!!	!!	!	!!!	!!!	!
PVC	!!	!!	!!!	!	!!	!!	!!
Poliestireno	!!	!!!	!!!	!!	!!!	!!!	!!
Poliuretano	!!!	!!	!!!	!!!	!!	!!	!
Pino	!	!	!	!	!	!	!

! Impacto pequeño

!! Impacto medio

!!! Impacto elevado

Según el Programa Simapró de Análisis de Ciclo de Vida.

**Fuente:** *Guía de Construcción Sostenible, Antonio Baño, Noviembre 2005*

## **5.2 Criterios de Sostenibilidad de materiales y sistemas constructivos.**

Los modelos de construcción sostenible deben contemplar como uno de los requisitos básicos el uso de materiales respetuosos con el medio, lo que conlleva un uso racional de recursos naturales, una disminución en las emisiones que se generan en la extracción y fabricación, una reducción del consumo energético en los procesos, etc. Así mismo, se deben implantar criterios para aumentar la reutilización y reciclaje de los materiales de construcción al finalizar su vida útil. A continuación, se introducen algunos criterios de sostenibilidad a tener en cuenta a la hora de seleccionar tanto los materiales como los sistemas constructivos, considerando en todo momento que es necesario un análisis específico de los materiales presentes en el mercado local del entorno del edificio, de las novedades del mercado de materiales sostenibles y de las necesidades constructivas. La procedencia de los materiales y elementos de construcción debe ser cercana al ámbito regional donde se desarrolla la obra, de forma que se reduzca al máximo el transporte, que no sólo encarece notablemente el material, sino que además genera una mayor contaminación y gastos de recursos energéticos.

Es aconsejable el uso, en la medida de lo posible, de sistemas pre-industrializados tanto para la superficie que conforma la estructura como para los cierres exteriores, ya que estos sistemas conllevan una economía de materiales y energía, y su montaje y desmontaje resulta más fácil. Así mismo, el uso de carpintería interior industrializada, estandarizada, preparada y acabada en el taller es preferible porque tanto el proceso como la producción de residuos se controla más fácilmente. El uso de sistemas de montaje en seco con fijaciones mecánicas fácilmente desmontables minimiza el uso de productos adhesivos. Los sistemas e instalaciones deben presentar la mayor durabilidad posible y el reemplazo de elementos y recambios debe ser fácil. Siempre que sea posible, se recomienda utilizar, familias de materiales y productos de la construcción con garantías, certificados de calidad o etiqueta ecológica que presenten alguna mejora energética o ambiental (reciclados, ecológicos, eficientes) respecto a los materiales tradicionales.

A modo de ejemplo se citan los siguientes: Empleo de papel laminado,

constituido por capas de papel Kraft, que puede utilizarse para usos decorativos, estructurales o de aislamiento, uso de fibras de aislamiento de edificios fabricadas a partir de cenizas de combustión, uso de plástico reciclado en cañerías, láminas de drenaje, pavimentos, tapas de inodoros, etc., uso de vidrio reciclado en mobiliario, pavimentos, etc.

El empleo de materiales de recursos renovables y abundantes, como la madera con etiquetado forestal, es de gran interés, ya que reduce el riesgo de agotamiento de los recursos. La utilización de materiales con etiquetado ecológico asegura que dichos materiales son respetuosos con el medio y están garantizados la aptitud para el uso, por lo que se consideran sostenibles. La eco-etiqueta es un distintivo oficial común a todos los países de la Unión Europea que se otorga a productos / servicios que cumpliendo unas serie de criterios ambientales, se considera que tienen un menor impacto ambiental que otros productos / servicios de la misma categoría. A través de la página [eco-label.com](http://eco-label.com) se puede acceder a un catálogo de productos / servicios que disponen de eco-etiquetas. En nuestro país, la empresa Sambito que gestiona proyectos ambientales, ha lanzado un catalogo de productos ecológicos según los siguientes criterios:

**-Origen natural renovable:**

El cumplimiento de este eco-criterio implica que el producto tiene o uno o todos sus componentes con contenidos de origen natural renovable. Para el caso de servicios, implica que en su generación, entrega o uso, se utilizaron uno o todos sus elementos con contenido de origen natural renovable. Los recursos naturales pueden considerarse renovables cuando se regeneran a una tasa superior a la de su consumo, descontada la tasa de reutilización y recuperación. Ejemplos son: radiación solar y ciclo hidrológico.

**-Contenido reciclado:**

El cumplimiento de este eco-criterio implica que el producto tiene uno o todos sus componentes con contenido reciclado. Para el caso de los servicios, implica que en su generación, entrega o uso, se utilizaron uno o todos sus elementos son de contenido reciclado.

**-Reciclable y/o reutilizable:**

El cumplimiento de este eco-criterio implica que el producto puede ser utilizado nuevamente para generar algún otro uso luego de experimentar una transformación química o física. Para el caso de los servicios, implica que en los elementos generados, entregados o usados pueden ser utilizados para generar algún otro uso.

**-Biodegradable:**

Implica que el producto logra descomponerse por acción de la naturaleza para reintegrarse al planeta de manera segura en cuestión de meses. No aplica a servicios. Por ejemplo una manzana tarda aproximadamente 3 meses en degradarse. En cambio, el plástico puede demorar hasta 1000 años en descomponerse.

**-Ahorrador de energía:**

Cumplir con este eco-criterio implica que el producto, por sus características o tecnología, consume menos recursos naturales para producir energía en comparación con otros productos existentes en el mercado. Para el caso de los servicios, implica que en su generación, entrega o uso, los elementos utilizados consumen menos recursos naturales para producir energía en comparación con otros productos existentes en el mercado.

**-Ahorrador de agua:**

El cumplimiento de este eco-criterio implica que el producto, por sus características o tecnología, consume menos agua en comparación con otros productos existentes en el mercado. Para el caso de los servicios, implica que en su generación, entrega o uso, los elementos utilizados consumen menos agua en comparación con otros productos existentes en el mercado.

**-Durabilidad:**

Implica que el producto se conserva en buen estado, o por mucho tiempo. No aplica a servicios. Mientras más durable es un producto, se consume menos recursos naturales y por ende menos dinero. Por ejemplo, los focos ahorradores duran de 8-10 veces más que los incandescentes.

**-Protege la capa de ozono:**

El cumplimiento de este eco-criterio implica que el producto tiene una o todas sus partes con contenido que proteja la capa de ozono. No aplica a servicios. Algunos productos pueden contener gases que al liberarse a la atmósfera sufren una reacción química que reduce la capa de ozono. Esta capa protege la superficie terrestre de la radiación ultravioleta dañina que proviene del sol y que puede causar cáncer a la piel y daños a las plantas, las algas y la cadena de alimentación. Por ejemplo, los refrigerantes de aires acondicionados y refrigeradoras contienen CFC, uno de los principales causantes de los agujeros en la capa de ozono.

**-Certificación ambiental:**

El cumplimiento de este eco-criterio implica que el producto o servicio ha sido evaluados y certificado por un organismo externo al organismo productor, conocido como auditor, que valida la calidad ambiental.

**-Promueve el desarrollo endógeno sostenible:**

Implica que el producto, servicio, marca u organización promueve el desarrollo económico de una región o comunidad, respetando los valores culturales autóctonos, creando fuentes de trabajo locales y con claros lineamientos y políticas de cuidado ambiental.

**-Producto nacional:**

El cumplimiento de este eco-criterio implica que el producto es de origen local, que evitan realizar movilizaciones y/o inversiones de dinero por la importación a nuestro país. Para el caso de los servicios, implica que en su generación, entrega o uso, los elementos utilizados son de origen local.

**-Minimiza el calentamiento global:**

Implica que el producto, durante su fabricación, fue elaborado con una tecnología más limpia que no emite gases de efecto invernadero (GEI), o que ahorra energía o agua. Para el caso de los servicios, implica que en su generación, entrega o uso, los elementos utilizados durante su fabricación fueron elaborados con una tecnología más limpia que no emite gases de efecto invernadero (GEI), o que ahorra energía o agua y/o que en su generación, entrega o uso minimiza el impacto en sí.

**-No tóxico para el medio ambiente:**

El cumplimiento de este eco-criterio implica que el producto, en su uso no contamina el agua, aire, suelo u otro recurso natural del planeta. Para el caso de los servicios, implica que en su generación, entrega o uso, los elementos utilizados durante su fabricación fueron elaborados con una tecnología que no contamina el agua, aire, suelo u otro recurso natural del planeta y/o que en su generación, entrega o uso no contamina el agua, aire, suelo u otro recurso natural del planeta.

**-No perjudicial para la salud:**

Implica que el producto no contiene químicos o elementos que puedan afectar la salud y/o bienestar de los seres humanos.

Entre las categorías se encuentran aunque todavía muy escasos, productos de

construcción, y decoración como focos ahorradores, ventanería, pinturas, sanitarios, alfombras, griferías, paneles solares y letrinas, que han sido etiquetados de acuerdo a los eco-criterios.

### **5.3 Cimentación y estructura**

Para minimizar los movimientos de tierra necesarios es recomendable adaptar al máximo el diseño de la edificación a las condiciones topográficas y naturales del solar y considerar el reaprovechamiento de esa tierra dentro de la parcela. Siempre que las necesidades de resistencia lo permitan se recomienda ajustar los cálculos que definen las secciones, dimensión y armado de los elementos estructurales para no utilizar más materiales de forma innecesaria. Se recomienda el uso de hormigones preparados con áridos reciclados o el empleo de hormigones ligeros aislantes. En el caso de las estructuras se recomienda el uso de sistemas prefabricados ligeros o de menor sección que suponen una economía de materiales y de energía.

Para las cimentaciones el material universal es el hormigón por sus características conocidas. Junto a este uso masivo, el empleo de hormigones supone un considerable impacto ambiental. Si comparásemos los dos tipos de hormigones que podemos emplear tendríamos el hormigón en ciclópeo y el armado. El hormigón armado, al incluir un nuevo material como son las varillas de acero, produce un mayor impacto. Lógicamente, las necesidades resistentes del material nos obligan en la mayoría de los casos a utilizar hormigón armado. Desde hace algunos años en diferentes países europeos se vienen utilizando áridos reciclados en la elaboración de hormigones, ya sea en masa o armados, y en diferentes proporciones, se puede adquirir este tipo de hormigones, aunque en menor cantidad. Existen otras técnicas minoritarias, tales como la estabilización de suelos con cal. El mercado ofrece aditivos, fabricados con fibras de polipropileno, que mejoran la resistencia del hormigón, lo cual permitiría reducir el empleo de las barras de acero del hormigón armado.

Otras mejoras ambientales incorporadas por el mercado serían aditivos aceleradores del fraguado o desencofrantes que no contienen residuos tóxicos. Para las estructuras los óptimos serían los materiales pétreos. Las mejores soluciones presentan claras limitaciones, formando parte de la construcción tradicional; el tapial, el adobe, la

piedra. El adobe es un ladrillo de barro sin cocer secado al sol. Presenta múltiples ventajas ambientales, su carácter local y su mínimo consumo de energía y contaminación, sus propiedades aislantes. Otra opción magnífica sería el empleo, como muro estructural, de bloques cerámicos y bloques fabricados con otros materiales naturales que incorporan un interesante comportamiento aislante. Para la nivelación de losas en rehabilitación interesa emplear materiales que aportan ligereza y aislamiento térmico y acústico. Para la impermeabilización de los cimientos o zonas de contacto con el terreno se propone el uso de bentonita.

#### **5.4 Muros y tabiquería interior**

Para la construcción de paredes de obra se recomienda el uso de materiales cerámicos o bloques prefabricados, de un espesor no inferior a 6 cm. en divisiones en el interior de la vivienda y no inferior de 15 cm. en paredes de separación entre edificios diferentes o entre edificios y zonas comunes o de usos diferentes para garantizar un aislamiento acústico mínimo. Las soluciones más empleadas pertenecen al grupo de los revestimientos continuos, revocos, estucos y morteros mono capas. Por sus especiales características ambientales e higrotérmicas nuestra actuación sostenible debería avanzar en la sustitución del mortero de cemento por el mortero de cal. Se prefieren los montajes en seco, ya que estos facilitan el desmontaje de componentes y su posterior inserción en otras construcciones. Al mismo tiempo las labores de acoplamiento de las distintas partes, generan menos residuos y un menor coste global que los sistemas de unión de tipo húmedo. Nuevamente las mejores soluciones pertenecen a sistemas en desuso que forman parte de la construcción tradicional, el adobe y la mampostería. La tradicional obra cerámica puede ser mejorada con bloques de mayores dimensiones, más ligeros y de un mejor aislamiento térmico y acústico. En algunos climas puede llegar a prescindir del aislamiento exterior. Nuevamente la solución más sostenible pertenece al ámbito de la construcción tradicional, hoy en desuso, como es el revestimiento de las fachadas con madera. Por supuesto, madera local o gestionada de forma sostenible y tratada con productos naturales. El ladrillo a cara vista es otra buena opción por economía de materiales al integrar la función de cerramiento con la de revestimiento exterior.

Las divisiones interiores pueden desglosarse en dos grandes grupos, por un lado

los tradicionales tabiques de obra, con uniones en húmedo y por lo tanto poca transformabilidad, y por otro los paneles prefabricados, con unión es en seco y elevada capacidad de transformación. Entre los primeros cabe destacar las particiones con bloques, a los que podríamos añadir los bloques cerámicos revestidos de yeso. Los paneles prefabricados están constituidos por una estructura de acero galvanizado o madera y un acabado mediante paneles atornillados a la estructura de diferentes materiales. Los más interesantes vuelven a ser los de madera, ya sea de primera generación o los aglomerados y contrachapados.

En la actualidad, los más empleados son los paneles de cartón-yeso formados por un alma de cartón y dos capas exteriores de cartón, conocido por su nombre comercial como gypsum. Las partes macizas de los diferentes cierres verticales exteriores de los edificios, tanto si son sobre expuestos, expuestos o protegidos, incluyendo los puentes térmicos integrados en cierres, como contornos de aperturas, pilares de fachada, cajas de persiana u otros, deberían tener unas soluciones constructivas y de aislamiento térmico que aseguren un coeficiente medio de transmitancia térmica  $K = 0,70 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Para el cerramiento de las aperturas de fachadas y cubiertas de los espacios habitables se recomienda el uso de vidrios dobles con cámara de aire o bien de otras soluciones que aseguren un coeficiente medio de transmitancia térmica de la totalidad de la apertura a  $3,30 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Instalando puertas dobles o automáticas en los accesos, o mejorando el hermetismo de los cierres se pueden minimizar las infiltraciones de aire exterior. Estas acciones mejoran el confort y ahorran energía en climatización. En general, para la carpintería la opción más sostenible es la de madera de gestión sostenible y local, con tratamiento natural, frente al PVC o el aluminio. Además la carpintería exterior de madera resistente o tratada presenta una menor conductividad térmica. Los elementos de carpintería de perfiles extruidos deben incorporar material aislante térmico dentro de dichos perfiles, y en los casos de lugares de clima frío, deben contener rotura de puente térmico.

## **5.5 Aislamiento**

Existen numerosos materiales naturales, recomendables para el aislamiento. Se pueden mencionar los siguientes: panel de corcho, manta de cáñamo, bolas de arcilla expandida, tablero de fibras de madera prensada, copos de celulosa a partir de papel de periódico tratada con sales bóricas, áridos a partir de roca volcánica y mica exfoliada, etc. El uso de poliuretano (PUR) o poliestireno extruido (XPS), especialmente en fachadas, cubiertas y equipos, puede ser sustituido por materiales alternativos como lanas minerales, hormigones ligeros aislantes, poliestireno expandido (EPS) o poliestireno extruido libre de HCFC2. Los aislantes de las cañerías del sistema de transmisión de calor y frío deben cumplir con la normativa, por tanto, presentar una conductividad máxima de  $0,04 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ .

## **5.6 Techos falsos o tumbados y acabados interiores**

Se considera mejor solución, a nivel ambiental, la madera local sostenible sin tratamiento o con tratamientos naturales. Otro de los materiales recomendados para los techos falsos es el tumbado de yeso, solución más utilizada, o las de lanas minerales y cartón-yeso. Para los pavimentos interiores se propone la madera, el piso de vinil, el corcho y los textiles naturales, proponiéndose la utilización de adhesivos de bajo impacto, como es el caso de adhesivos naturales. El uso de pavimentos de origen pétreo como piedras, cerámicos, gres y terrazos presentan igualmente características sostenibles adecuadas. En el caso de los techos falsos, la más utilizada y recomendable es la placa de enlucido. Además de las formadas por lanas minerales y el cartón-yeso. Puede mejorarse el comportamiento aislante de la escayola incorporando fibra de vidrio o arcillas aligeradas como la perlita. A este grupo podíamos añadir las particiones desmontables constituidas con elementos prefabricados y modulares. Al ser accesibles y registrables admiten el paso de conductos por su interior. Interesantes por posibilitar reestructuraciones y cambios en los espacios de trabajo.

## **5.7 Conducciones y cables eléctricos**

Como alternativa al empleo de PVC en conducciones de saneamiento, eléctricas o carpinterías exteriores, se recomienda la utilización de tubos corrugados de

polietileno o polipropileno en conducciones de saneamiento y electricidad. En cuanto al cableado se recomienda el uso de alternativas de cable con conductor de cobre con sistemas de protección y aislantes libres de halógenos y metales pesados. Para la iluminación tanto interior como exterior se propone el uso de lámparas de baja consumo y alta eficiencia como fluorescentes compactos, lámparas de vapor de sodio a alta presión, etc. Las luminarias deberán estar libres de mercurio.

### **5.8 Madera, barnices y pinturas**

En el caso de la madera se propone el uso de este material con certificado que garantice su procedencia de una explotación forestal controlado. En cuanto a la madera tratada, se recomienda que sea con productos naturales, lo que facilitará su reutilización o reciclaje para otros usos. Se recomienda el empleo de aglomerados y contrachapados que utilicen resinas o colas naturales, o bien, que dispongan de una certificación ecológica, como es del tipo FSC (Consejo Forestal Stewardship).

Los materiales para el tratamiento de la madera presentan las mismas circunstancias que en el caso de las pinturas. Existen en el mercado multitud de marcas comerciales que incorporan entre sus componentes aceites y resinas naturales. Se trata de tratamientos a poro abierto que requieren un mayor mantenimiento que los barnices tradicionales. Al igual que con la madera, los tratamientos para metales más sostenibles son aquellas pinturas que incorporan entre sus componentes materias naturales, las llamadas pinturas ecológicas. Los tratamientos más nocivos debido a sus elevadas necesidades energéticas y emisiones contaminantes serían los galvanizados en caliente o electrolíticos. Debido a su composición descartamos las pinturas a base de plomo. El caso de las pinturas es paradigmático por ser el material que, por un lado, cuenta con la primera normativa de etiquetado ecológico, existen gran cantidad de marcas comerciales, en especial europeas, de pinturas ecológicas. De las pinturas tradicionales optaremos por aquellas que utilizan agua como disolvente, son las llamadas pinturas plásticas o de base acuosa. En nuestro país, las marcas locales tales como Condor, Pintuco y Pinturas Unidas no contienen plomo.

Es recomendable el uso de pinturas, barnices y aceites naturales, que utilizan productos y pigmentos orgánicos en su composición frente a las acrílicas de base acuosa y éstas frente a las sintéticas. En la selección de las pinturas se debe priorizar aquellas con certificación ecológica, habituales en el mercado. A la hora de adquirir las pinturas se debe valorar la exclusión de las siguientes sustancias: metales pesados (mercurio, plomo, cadmio y cromo VI), disolventes halogenados y aromáticos y formaldehído por considerarse tóxicos para la salud. Los adhesivos recomendados son los naturales, obtenidos a partir de residuos renovables, como la cola de origen animal, la cola de caseína (obtenida de las fosfoproteínas presentes en la leche) y las colas de origen vegetal (obtenidas del almidón, del caucho o de resinas naturales). Para vigas, jácenas o pilares la madera constituye el sistema más idóneo.

## **5.9 Climatización**

Para la climatización de los edificios se priorizará el uso de bombas de calor, ya que permiten tanto la refrigeración como la calefacción de los espacios. En lugares de grandes dimensiones y de gran altura es recomendable instalar equipos de radiación. Siempre que sea viable los sistemas de climatización que se utilicen deberán presentar una eficiencia energética de tipo A según la Etiqueta Energética europea o Energy Star en el caso de Norteamérica y, en todos los casos, no deben usarse equipos que utilicen Clouorofloruros (CFCs) o Hidroclorofloruros (HCFCs). Se recomienda que el nivel de emisiones de óxido de nitrógeno (NOx) sea inferior a 100 mg/kWh. El uso de fluidos como elemento conductor, en lugar del aire, reduce las pérdidas de energía, por lo que se recomienda su uso. En el mercado ecuatoriano, se ofrecen equipos tipo paquete o Split con alta eficiencia en sus compresores, refrigerantes ecológicos tipo HFC R-410A, filtros neoplasma, y etiqueta Energy Star con reducción de consumos de hasta 20%.

## **5.10 Cubierta, impermeabilización y aislamiento**

La teja recuperada o reutilizada y los materiales naturales de cobertura se consideran las mejores soluciones a nivel ambiental. En caso de no ser viable se

aconseja el uso de tejas cerámicas y de hormigón. La cubierta formada por múltiples capas; impermeabilización, aislamiento y recubrimiento exterior, ha sufrido modificaciones que incorporan mejoras en su comportamiento ambiental. Así, tendremos las cubiertas multifuncionales, las ajardinadas o ecológicas, que ya las están comercializando empresas locales como Chova o Pivaltec. Entre los materiales de recubrimiento los más interesantes serían las clásicas tejas cerámicas y las de hormigón y, en especial, la teja recuperada o reutilizada.

La pizarra es recomendable siempre que podamos disponer del material de la zona. La impermeabilización de cimientos o zonas en contacto con el terreno tienen en la bentonita el material idóneo. Los materiales más empleados como impermeabilizantes son los que presentan un mayor impacto ambiental, las láminas de PVC y, en menor medida, la clásica tela asfáltica. Preferibles los materiales naturales a los sintéticos. Actualmente existen en el mercado una gran cantidad de aislamientos que incorporan productos naturales. Entre los materiales sintéticos pueden diferenciarse tres tipos en función del agente expansivo que emplean para conseguir sus propiedades aislantes. Los aislantes plásticos menos impactantes serían los que utilizan aire, los polietilenos expandidos (EPS). Los peores serían aquellos que utilizan  $\text{CO}_2$ , algún poliestireno extrusionado, o HCFC, la mayoría de poliestirenos extrusionados y los poliuretanos.

### **5.11 Sistemas de protección solar y acristalamiento**

Especialmente interesante para evitar la incidencia de la radiación solar en determinadas épocas del año es la utilización de sistemas de protección solar. Podemos emplear desde sistemas sencillos como la persiana o sistemas más complicados que garantizan el control solar. Así, tenemos los denominados brise soleil o quiebra sol formados por un bastidor unido al paramento y una serie de laminas orientables que pueden ser accionadas eléctrica o manualmente. En este caso, la opción más ecológica está clara, la madera de gestión sostenible o local y con tratamiento natural, frente al PVC o al aluminio mayoritario en la carpintería exterior. Existen multitud de carpinterías en las proximidades de cualquier obra, tan sólo debemos asegurarnos de la procedencia y el tratamiento que recibe la madera. Los acristalamientos deben cumplir dos de las funciones

esenciales de todo cerramiento, por un lado permitir la iluminación natural y por otro, y debido a ser las zonas de la fachada las de mayores pérdidas térmicas, limitar dichas pérdidas. Para ello, existen en el mercado múltiples posibilidades, los vidrios dobles con cámara y los de baja emisividad que impiden las pérdidas de calor. Los vidrios laminados aportan un mejor comportamiento acústico.

Como se ha señalado anteriormente, en amplias zonas de nuestra geografía y en determinadas épocas del año existe un riesgo de sobrecalentamiento, para evitarlo debemos contar con sistemas de protección solar. Localmente, el mercado ofrece buenas alternativas como son Climalit, que ofrece un compuesto de dos o más láminas de cristal, separadas por un perfil espaciador que crea una cámara que se llena con aire deshidratado. Esto reduce el flujo de calor hasta en un 50% porque refleja el sol. Así mismo el nivel de intensidad del ruido transmitido por una calle de intenso tránsito alcanza los 70 a 80 db (decibeles), se logra una disminución de hasta el 50%. Por otro lado, LLumar, otro proveedor de aluminio y vidrio, ofrece corregir los desequilibrios de temperatura entre las áreas soleadas y de sombra, desviando la luminosidad demasiado intensa. Reduce el costo de refrigerar un edificio, rechazando hasta un 79% del calor solar. Contribuye a evitar la decoloración prematura, ya que bloquean un 99% de los dañinos rayos ultravioleta. Los cortinados, mobiliario de madera, tapizados y alfombras tienen una vida útil más prolongada.

## **5.12 Tratamiento para pavimentos**

Para los pavimentos interiores, los materiales más recomendables desde la perspectiva ambiental serían la madera, que cumpla los criterios ya señalados, el linóleo, el corcho y los textiles naturales. En todos los casos habrá que controlar los adhesivos y los tratamientos de acabado. Pisos de grano lavado usadas como pavimento. También de interés tenemos los pavimentos de origen pétreo, las piedras, cerámicos, gres y terrazos.

## **5.13 La gestión de los residuos de construcción y demolición**

El destino habitual de los denominados Residuos de Construcción y Demolición (RCD) son los vertederos o escombreras; en Europa por ejemplo, el 40% de los residuos

son generados por la industria de la construcción. El progresivo colapso de estos espacios, unido a la dificultad que encuentran los municipios para habilitar nuevos vertederos, hace que el tema de los RCD haya sufrido una cierta convulsión en los últimos tiempos. Así, en España para el año 2001 se publicó el Plan Nacional de Residuos de Construcción y Demolición (PNRCD) 2001-2006, donde se establecen las bases para una gestión más sostenible de los RCD. Básicamente, sus objetivos son:

- Una gestión basada en el principio de jerarquía donde se trata, en este orden, de prevenir, reutilizar, reciclar, valorizar energéticamente y, por último, depositar en vertedero.
- Respetar el principio de proximidad, ya que dado el elevado peso y volumen de los RCD, el gasto en transporte es muy gravoso. Así, las plantas de tratamiento previstas se ubicarán en un radio de 25 km.
- Articular un sistema que obligue a constructores y a colegios profesionales competentes a incluir en proyecto la adecuada gestión de los RCD.
- Creación de una red de infraestructuras para el reciclaje de RCD.

Conforme al Convenio de Transferencia de Competencias, suscrito el 12 de abril del 2002 entre el Ministerio del Ambiente y la M. I. Municipalidad de Guayaquil, se transfirió a este Cabildo dentro del marco de la Ley de Gestión Ambiental, varias competencias ambientales, entre las cuales se incluye la elaboración y definición de políticas, normas técnicas, y estrategias ambientales cantonales, mediante la expedición de Ordenanzas.

El Municipio, expidió la “*Ordenanza que norma el manejo y disposición final de los escombros para la ciudad de Guayaquil*”, la cual establece, los sitios para la ubicación de los escombros, deberes y obligaciones a los propietarios y/o responsables técnicos de la obra, el transporte de los escombros, así como de multas y sanciones por infracciones en este sentido.

### **5.13.1 Los Residuos de Construcción y Demolición (RCD)**

Los RCD se producen en tres fases del «ciclo de vida» de cualquier construcción; en la excavación, en la construcción y en el derribo. En la excavación, lo fundamental es minimizar el volumen de tierras generado mediante una adecuada programación y control de las excavaciones y rellenos. Los RCD generados en la construcción y el derribo variarán en función del modelo constructivo utilizado y de la forma de llevar a cabo el

derribo. Así, la construcción tradicional emplea mayoritariamente materiales de naturaleza pétreo que generan una gran cantidad de sobrantes en el proceso de ejecución y de residuos en el derribo, responsables del colapso de los vertederos. Mientras tanto la construcción industrializada emplea menos volumen y mayor variedad de materiales, con mayores posibilidades de valorización. Del mismo modo, un derribo intensivo provocará mayor cantidad de RCD que un sistema que fomente la separación y recuperación.

En definitiva, el objetivo en materia de RCD se centra en intentar minimizarlos y en el caso de existir buscar su reutilización o reciclaje, la llamada re-valorización económica. Para ello, y como con cualquier otro tipo de residuo, lo esencial es la recogida selectiva. En principio, la mayoría de los RCD son inertes y por tanto no peligrosos. El proyecto y la construcción de los edificios deberían tomar en consideración que la posterior demolición permita recuperar los residuos re-valorizables, de la denominada construcción. En el cuadro 26 podemos ver la clasificación de los RCD.

**Cuadro 26: Clasificación de los RCD**

<b>Inertes</b>
-Piedras naturales: gres, pizarra, arcilla, mármol, granito, etc. -Productos manufacturados: cal, hormigón, piedra artificial, morteros, etc. -Materiales originados en la excavación. -Cerámicos: porcelana, arcilla, refractarios. -Yesos y escayolas. -Vidrios. -Lanas minerales: de vidrio, de roca, de escorias, etc.
<b>Banales</b>
-Hormigón celular. -Yesos y escayolas. -Metales. -Vidrio. -Madera. -Asfaltos y bituminosos. -Fibras orgánicas. -Productos de síntesis como la silicona. -Plásticos como el polipropileno y la melamina. -Materiales adhesivos. -Selladoras y material para juntas. -Ferretería y cerrajería. -Accesorios para pinturas.
<b>Especiales</b>
-Originados en el proceso de construcción: soldadura, juntas (betunes y amianto), antioxidantes, pinturas y barnices, productos químicos diversos y lodos para perforaciones. -Originados en el proceso de demolición: amianto y hollines. -Originados en ambos procesos: metales, madera tratada e hidrocarburos

*Fuente:* Guía de Construcción Sostenible, Antonio Baño, Noviembre 2005

Los residuos inertes, a menudo, se eliminan en vertedero. Al ser, en su mayoría, de origen pétreo pueden ser reciclados para la obtención de áridos. Los residuos banales, por su composición, pueden ser gestionados de igual manera que el resto de los residuos sólidos urbanos. La mayoría de los residuos de construcción son inertes o banales, muy pocos son potencialmente peligrosos para la salud. Debe evitarse su uso o garantizar su fácil recuperación. El tratamiento de estos residuos se basa en la recuperación selectiva para su tratamiento específico o deposición en vertederos especiales.

Una de las labores básicas que garantizan el posterior éxito de todo el proceso es la separación y recogida selectiva de los residuos. La finalidad de estas operaciones será el facilitar el reciclaje y la reutilización de los residuos. Una vez realizada la separación se procede a señalar aquellos que son re-valorizables e incorporables al circuito de reciclaje; de aquellos que no lo son, que se envían a vertedero. Los residuos especiales se envían a vertederos especiales siempre que no puedan ser reciclados. Para minimizar los residuos, desde la fase de proyecto deben incorporarse criterios funcionales y constructivos idóneos que fomenten la utilización de materiales y técnicas constructivas que favorezcan la valorización de los mismos; reincorporándolos sin cambios en las nuevas construcciones o transformándolos en nuevos productos.

#### **Cuadro 27. Materiales reciclables**

<p><b>Pétreos</b> :Pueden machacarse para fabricar áridos o como relleno.</p> <p><b>Metales</b> :La chatarra permite su fusión en otros metales.</p> <p><b>Plásticos</b> :Requieren una separación muy rigurosa. Reciclaje muy complejo.</p> <p><b>Maderas</b> :Triturarse para tableros aglomerados o usarse como biomasa.</p> <p><b>Asfaltos y cauchos</b> :Pueden utilizarse en pavimentos de carreteras.</p>
--

*Fuente:* Guía de Construcción Sostenible, *Antonio Baño, Noviembre 2005*

La forma más beneficiosa, por sus evidentes ventajas ambientales y económicas, de re-valorización de los residuos es la reutilización. Consiste en recuperar elementos constructivos completos reutilizables con las mínimas transformaciones. Su éxito dependerá del estado de conservación del elemento y de las dimensiones del mismo (valores modulares). Los productos empleados en construcción podrán ser originados en otras actividades industriales, así a partir de chapas de acero procedentes de la industria del automóvil se obtienen tableros metálicos para ejecutar techos. Podemos ver en el Cuadro 28, algunos elementos constructivos que se podrían reutilizar.

#### **Cuadro 28. Materiales reutilizables**

**Estructura:** Vigas y pilares, cerchas y elementos prefabricados.

**Fachada :** Puertas, ventanas y revestimientos prefabricados.

**Cubierta:** Tejas, estructuras ligeras, soleras prefabricadas, lucernarios, claraboyas y chapas.

**Divisiones interiores:** Mamparas, tabiques móviles, barandillas, puertas y ventanas.

**Acabado interior:** Falsos techos, pavimentos sobrepuestos, flotantes, revestimientos verticales en zonas húmedas, decoración, perfiles y piezas de acabado.

**Instalaciones :** Maquinaria de acondicionamiento térmico, radiadores, mobiliario de cocina.

*Fuente:* Guía de Construcción Sostenible, *Antonio Baño, Noviembre 2005*

Dentro de la gestión de los RCD parece fundamental incorporar criterios de construcción encaminados a minimizar los residuos y fomentar el empleo de materiales que originen residuos fácilmente re-valorizables. Así, entendemos por desconstrucción el conjunto de acciones de desmantelamiento de una edificación que hacen posible un alto nivel de recuperación de materiales. El desarrollo de la desconstrucción se asemeja más a una construcción al revés que a un derribo tradicional.

#### **Cuadro 29. Gestión en desconstrucciones**

##### **Acciones selectivas**

Recuperación de elementos arquitectónicos reutilizables.

Recuperación de materiales contaminantes.

Recuperación de materiales reciclables no pétreos.

##### **Acciones intensivas**

Recuperación de materiales reciclables de origen pétreo.

*Fuente:* Guía de Construcción Sostenible, *Antonio Baño, Noviembre 2005*

Los nuevos edificios han de ser proyectados para ser reconstruidos, no demolidos. Así, se emplearán falsos techos, suelos flotantes, se evitarán canalizaciones de servicios empotrados, etc.

### **5.13.2. Los reciclados. Posibilidades de reutilización**

En principio, todos los RCD son potencialmente reciclables, salvo los especiales que requieren un tratamiento específico. En la práctica, tan solo se reciclan aquellos que existe una red que pone en el mercado estos productos, aquellos donde el productor del residuo y el usuario de la materia prima están en contacto. Los residuos producidos en el proceso de fabricación son más fácilmente reciclables que los originados en la demolición.

- **Materiales cerámicos**

Los materiales cerámicos son materiales muy inertes y estables por lo que son altamente reciclables. Los residuos generados en las diferentes fases de producción del material pueden reincorporarse al circuito de preparación de la materia prima. En general, los residuos de obra de fábrica van a vertedero, aunque podrían ser machacados y empleados en rellenos en firmes de carretera o en la fabricación de hormigones. Entre los cerámicos destacan una serie de materiales como la teja vieja, muy demandada para su reutilización; la baldosa antigua o artística, recuperada tras un proceso muy complicado y caro, y los sanitarios que pueden recuperarse en piezas completas.

- **Hormigones**

En el hormigón en masa los residuos que se originan en el lavado de la amasadora, poco significativos, no se reciclan, aunque debe controlarse dónde se vierten. El hormigón que vuelve a la central en el camión se lava y deposita en una fosa de decantación. Los residuos generados en la fabricación de elementos prefabricados en serie pueden emplearse como relleno en firmes o canteras. Los residuos procedentes de derribo pueden ser reciclados como árido para hormigones en masa o armado o para relleno. El proceso lo complica la separación de las armaduras.

- **Yesos**

Para los enyesados no existen técnicas para separar el yeso de la obra de fábrica usada como soporte. En el caso de las placas de cartón-yeso es necesario proceder a la separación de sus dos componentes. A partir de entonces el yeso vuelve al horno y el cartón se envía a la industria papelera.

- **Aislamiento a base de fibras minerales**

Los residuos generados en la puesta en obra y en el derribo se envían a vertedero. Pueden usarse para la fabricación de nuevo material, para lo cual deben ser residuos homogéneos, evitando láminas de aluminio o cartón-yeso adherido.

- **Vidrio**

El reciclado del vidrio, tanto el procedente del proceso de fabricación como de la puesta en obra, es muy sencillo mediante la fusión del vidrio. Al no existir circuitos de

reciclaje acostumbran a terminar en vertedero. Los vidrios de color y los compuestos de varias hojas son más difíciles de reciclar.

- **Madera**

Los residuos procedentes de la madera son fácilmente reciclables o revalorizables. A través de la reutilización de piezas completas, tan sólo los elementos de sección elevada y buena calidad; del reciclaje en forma de tableros y del aprovechamiento energético como biomasa. Los tratamientos de la madera son potencialmente peligrosos para la salud en el caso de su incineración.

- **Metales**

Los metales representan el ejemplo más notorio de recuperación de material para su transformación en metal nuevo, consolidando un circuito de transformación del material. Por su ubicación en obra los residuos son fácilmente separables de otros elementos. Una de las razones que explican la creación del circuito de transformación es el mayor coste de fabricación del metal a partir de su materia prima.

- **Plásticos**

La principal característica de los plásticos, su elevada durabilidad, hace que la cantidad de residuos sea pequeña. Aunque técnicamente es posible, los únicos plásticos que se reciclan son los PVC, los poliestirenos y los procedentes del embalaje. La incineración es altamente no aconsejable por la emisión de contaminantes muy nocivos, en especial dioxinas y furanos. Las dioxinas (policlorodibenzodioxinas) son una familia de sustancias químicas que tienen el dudoso honor de ser reconocidas como los productos químicos más tóxicos que el hombre ha sido capaz de sintetizar. Forman parte, junto con los furanos (paradiclorobenzofuranos), asimismo altamente tóxicos, de una familia química más amplia: los organoclorados.

#### **5.14 Análisis de beneficios económicos – financieros en proyectos sostenibles con certificación LEED.**

En un estudio realizado sobre 40 edificios individuales(32 Edificios de Oficinas y 8 Colegios) con certificación LEED en España: Se llegó al siguiente análisis económico-financiero:

##### **Reducción de la contaminación:**

Valor Neto Actual (VNA) a 20 años del 36% de la reducción de la contaminación (por m2) en los edificios estudiados , con escenarios conservadores de \$5 y \$10 la Tn de Gas efecto Invernadero, medido en Tn de CO2 equivalentes.

**Cuadro 30.**

Contaminante GEI	PRECIO DEL CO2e	
	\$5 / tn	\$10 / tn
NOx(oxido de nitrógeno)	5,81	5,81
PM10(hollín)	4,41	4,41
SO2(oxido de azufre)	1,72	1,72
CO2(anhídrido carboníco)	0,75	0,75
<b>Total :</b>	<b>\$ 12,69</b>	<b>\$ 13,45</b>

*Fuente:* Capital E. Analysis, “The Costs and Financial Benefits of Green Buildings”. A report to California’s Sustainable Building Task Force, October 2003, Greg Kats.

### **Reducciones en el uso del agua y de residuos de construcción:**

**Cuadro 31.**

USO DEL AGUA	Porcentaje de reducción
Interiores	30%
Jardín	50%
<b>RESIDUOS CONSTRUCCIÓN</b>	69%

*Fuente:* Capital E. Analysis, “The Costs and Financial Benefits of Green Buildings”. A report to California’s Sustainable Building Task Force, October 2003, Greg Kats.

## **RESUMEN**

Resultados encontrados (por m2) en edificios sostenibles certificados por LEED . Tasa de descuento del 7%, incluyendo un 2% de inflación y 20 años de vida útil

**Cuadro 32.**

Categoría	Valor Neto Actual (VNA) a 20 años
Ahorros de Energía	\$ 68,36
Ahorro de Emisiones	\$ 13,92

Ahorros de Agua	\$ 6,01
Ahorros de Residuos (solo construcción ) 1 año	\$ 0,36
Ahorros en la Recepción Operación y Mantenimiento	\$ 100,00
Incrementos en la Salud y Productividad (LEED Certificado y Plata)	\$ 435,51
Incrementos en la Salud y Productividad (LEED Oro y Platino)	\$ 653,21
<b>Costo Medio de Actuaciones Sostenibles</b>	<b>\$ (47,22)</b>
<b>Total VNA 20 años (LEED Certificado y Plata)</b>	<b>\$ 576,94</b>
<b>Total VNA 20 años (LEED Oro y Platino)</b>	<b>\$ 794,64</b>

*Fuente:* Capital E. Analysis, “The Costs and Financial Benefits of Green Buildings”. A report to California’s Sustainable Building Task Force, October 2003, Greg Kats.

### **Caso de estudio**

#### **Edificio de Oficinas del Centro de Recursos Energéticos de la Compañía de Gas del Sur de California.**

Superficie del terreno: 14,214 m<sup>2</sup>

Area de construcción : 4,141 m<sup>2</sup>

#### **Actuaciones Sostenibles:**

- El 80% de materiales de construcción y de interiores eran reciclados, productos de materiales reciclados o productos de recursos renovables.
- Sensores para optimizar la Calidad del Aire Interior
- Alfombra 38% reciclada
- Iluminación con luz natural en el día
- Ventanas con cristales de baja pérdida/ganancia
- Plantas en los jardines exteriores resistentes a la sequía.

Se ahorró en un 36% comparándolo con el mismo edificio construido de forma convencional. Ver el Cuadro 33.

**Cuadro 33. Comparación de costos entre edificio convencional y edificio sostenible**

<b>Rubro / Elemento</b>	<b>Costo/m2 Edificio Sostenible</b>	<b>Costo/m2 Edificio Convencional</b>	<b>Ahorros %</b>
Condiciones generales	32	44	27
Trabajos en el terreno	16	38	57
Hormigón	11	22	49
Albañilería	1	8	87
Estructuras metálicas	37	58	35
Carpintería	3	11	70
Aislamiento térmico	14	14	0
Puertas / ventanería	12	13	11
Acabados	37	43	13
Especialidades	3	5	39
Equipos	3	3	19
Sistema de transmisiones	1	3	60
Inst. mecánicas y sanitarias	29	39	24
Inst. eléctricas	44	51	14
	<b>\$ 245,00</b>	<b>\$ 353,00</b>	<b>PROM. 36%</b>

*Fuente:* Green developments, del Rocky Mountains Institute

## CONCLUSIONES GENERALES

Sin duda, las condiciones actuales y los posibles daños futuros a consecuencia del eminente cambio climático ha llevado consigo el concientizar a Gobiernos, ONG's, universidades, gremios, artistas, y al individuo común preocupado por salvar el planeta. Sin embargo y para efectos de llevar el tema hacia el campo de la construcción, debemos de conocer previamente de que se trata todo este discurso que sin ser una novelería ni una moda, llegará a ser parte de nuestra profesión y cambiará definitivamente la forma no solo de planificar y diseñar , sino la forma de construir, fabricar y utilizar los espacios y edificaciones que el hombre requiere para su vida cotidiana.

Un proyecto de Construcción Sostenible y consecuentemente un análisis económico de este, será necesario cumplir inicialmente con criterios sostenibles de planificación tales como : análisis del clima y ubicación del terreno, cálculo de la huella ecológica, determinar la densidad , localización de servicios públicos y lugares de trabajo, fomentar el uso de transporte público, bicicletas y vehículos de emisión cero con más de un acompañante, restaurar el hábitat, incrementar los espacios abiertos, evitar la impermeabilización de los suelos, evitar el efecto de la isla calor, incrementar las cubiertas frías y la utilización de los techos verdes

Es posible entonces comparar las alternativas de Diseño Tradicional y Diseño Bioclimático para observar que en un caso específico de edificios las diferencias en costos de operación y mantenimiento son tan notables que no se duda en asegurar que los Diseños Bioclimáticos presentan ventajas económicas principalmente para el usuario que es quien absorbe totalmente esos costos. Si estas ventajas se trasladan al aspecto social, esto representa una disminución del gasto social para la operación de unidades habitacionales si se diseñan bioclimáticas, lo que permite una mayor posibilidad de crédito para los usuarios y con ello una mayor demanda de este tipo de vivienda.

El Diseño Bioclimático, en el aspecto ecológico, al tener una menor demanda de energía convencional, representa mejoras en el medio ambiente, pues el consumo es menor y esto contribuye a que la producción de energía no se incremente en rangos tan amplios para el consumo residencial.

Además podemos conseguir significativas reducciones en los costos de energía utilizando sistemas de ventilación pasiva consiguiendo un buen diseño con una adecuada orientación, ventilación cruzada etc. La introducción de energías renovables como la energía solar tanto para calentamiento de agua como para energía fotovoltaica serán de vital ayuda en un futuro a corto plazo donde los estiajes, productos del cambio climático, hacen perder anualmente millones de dólares a países donde dependen casi exclusivamente de la energía hidráulica. Actualmente todavía los costos para la implementación de la energía solar son costosos y no se utilizan de forma masiva. La tecnología procurará en poco tiempo, extender la utilización de paneles solares y otros dispositivos para la reducción de energía a todos los hogares, hospitales, centros comerciales, oficinas, etc.

Por otro lado, el consumo de agua, cada vez más importante , nos obliga a tomar medidas de reducción y de dosificación cada día más rigurosa. El abastecimiento de agua se nos plantea como uno de los grandes retos a los que hacer frente. Ello nos indica que, si conseguimos ahorros sustanciales en el consumo de agua, avanzaremos hacia un modelo de construcción más sostenible .Estas medidas de ahorro no solo es reducir el consumo de agua sino el uso de aparatos sanitarios y electrodomésticos eficientes, el sembrar una jardinería de bajo consumo de agua, el empleo de contadores individuales, la utilización de las aguas grises y de lluvia, por poner algunos ejemplos.

Finalmente, se están poco a poco introduciendo al mercado de la industria de la construcción, materiales sostenibles o de bajo índice de contaminación tanto en su producción/ fabricación y/o consumo. Estos materiales significan reemplazar los sistemas tradicionales de construcción, implantar nuevas tecnologías con nuevos productos y determinar un compromiso con mejorar las condiciones tanto del usuario final de un proyecto como la de reducir los materiales de desechos y reciclar los materiales de construcción, esto reduciría considerablemente el impacto ambiental en nuestros proyectos. Todos y cada uno de estos propósitos van acompañados de la reducción de costos, objetivo que sin duda interesan a los inversionistas y al constructor en general. No cabe duda que inicialmente la implementación de Construcción Sostenible significa un incremento en los costos de diseño, y construcción, pero sin duda, que benefician a mejorar la calidad de vida, de reducir los costos operativos y de mantenimiento y a causar un menor efecto en el eminente cambio climático.

## **GLOSARIO**

### **CARTA DE AALBORG**

Fue aprobada por los participantes en la Conferencia Europea sobre Ciudades Sostenibles celebrada en Aalborg, Dinamarca, el 27 de mayo de 1994. Los días 24 y 27 de mayo de 1994 , se celebraron unas jornadas, bajo el patrocinio conjunto de la Comisión Europea y la ciudad de Aalborg y organizada por el Consejo internacional de iniciativas ambientales locales (ICLEI). El ICLEI asumió la responsabilidad de elaborar el proyecto de la Carta junto con el Ministerio de planificación y transporte urbanos del estado federado alemán de Renania del Norte-Westfalia. La Carta de Aalborg fue firmada inicialmente por 80 autoridades locales europeas y 253 representantes de organizaciones internacionales, gobiernos nacionales, centros científicos, asesores y particulares. Las ciudades, y unidades territoriales firmantes se comprometieron a participar en las iniciativas locales del Agenda 21 de Naciones Unidas y a desarrollar programas hacia un desarrollo sostenible, a la vez que iniciaron la campaña de ciudades europeas sostenible

### **INFORME DE BRUNDTLAND**

En este informe, se utilizó por primera vez el término desarrollo sostenible (o desarrollo sustentable), definido como aquel que satisface las necesidades del presente sin comprometer las necesidades de las futuras generaciones .Implica un cambio muy importante en cuanto a la idea de sustentabilidad, principalmente ecológica, y a un marco que da también énfasis al contexto económico y social del desarrollo. Los Objetivos son: Satisfacer las necesidades humanas. Llevar a cabo dos tipos de restricciones: ecológicas, es decir, la conservación de nuestro planeta Tierra; morales: renunciar a los niveles de consumo a los que no todos los individuos puedan aspirar. Crecimiento económico en los lugares donde no se satisfacen las necesidades anteriores, es decir, en los países pobres. Control demográfico, referido principalmente a las tasas de natalidad. No poner en peligro los sistemas naturales que sostienen la vida en la Tierra. La conservación de los ecosistemas debe estar subordinada al bienestar humano, pues no todos los ecosistemas pueden ser conservados en su estado virgen. El uso de los recursos no renovables debe ser lo más eficiente posible. El desarrollo sostenible requiere entender que la inacción traerá consecuencias; se deben cambiar las estructuras institucionales y fomentar las conductas individuales en relación a los objetivos anteriormente descritos. También se puso de manifiesto la necesidad de llevar a cabo

una nueva conferencia a nivel mundial, dado que los objetivos propuestos en conferencias anteriores no estaban siendo cumplidos, por ello en 1992 se llevó a cabo la Conferencia Sobre Medio Ambiente y Desarrollo sostenible en Río de Janeiro en 1992.-

## **CLUB DE ROMA**

Es una organización formada por prominentes personalidades, que busca la promoción de un crecimiento económico estable y sostenible de la humanidad. El Club de Roma tiene, entre sus miembros a importantes científicos (algunos premios Nobel), economistas, políticos, jefes de estado, e incluso asociaciones internacionales. En 1968 se reunió en Roma un grupo de 35 científicos, políticos e investigadores, que provenían de 30 países distintos, para hablar de los cambios que se estaban produciendo en el planeta por consecuencia de acciones humanas. Dos años más tarde el club de Roma estaría creado y legalizado bajo legislación suiza.

Treinta años más tarde, el Club de Roma contará entre sus filas con más de 100 especialistas de 52 países, habrá publicado más de 21 informes de sumo interés ambiental y mantendrá una posición importante, en el ámbito ambiental, reconocida internacionalmente. Es necesario destacar que después de la publicación del Informe sobre los límites del desarrollo por Donella Meadows en 1972, se desató el inicio de un movimiento que sería conocido como ecología política y otras corrientes político-filosóficas derivadas tales como el eco feminismo o el ambientalismo.

## **PERIODO DE RETORNO**

- El período de retorno de 100 años significa cuatro generaciones. Es un número no muy alto y no muy bajo. El valor de 100 años no implica que la estructura estará en riesgo de falla cada 100 años. En vez, significa que la estructura estará en riesgo de falla, por ejemplo, 10 veces a lo largo de 1000 años. El criterio de la avenida de 100 años se aplica al desarrollo de llanuras aluviales, obras de protección de mediana envergadura, y obras regionales de drenaje urbano.
- Como regla general, cuanto mayor es el área de drenaje, más largo es el período de retorno. Usualmente, áreas menores de 250 ha no justifican períodos de retorno mayores a los 25 años. Sin embargo, para áreas mayores, hasta las

10,000 ha o más, se pueden justificar períodos de retorno hasta de 100 años o más.

- **EMITANCIA** es la energía radiante desde una unidad de área y por unidad de tiempo. Se mide en vatios por metro cuadrado ( $W/m^2$ ). Esta propiedad de una superficie se define como la razón entre la intensidad monocromática emitida por una superficie en una dirección particular y la intensidad monocromática que sería emitida por un cuerpo negro a la misma temperatura.
- **REFLECTANCIA** es la proporción de luz reflejada por una superficie y se determina comparando los lúmenes que inciden en ella (iluminancia) con los que refleja (luminancia).
- **BROWNFIELDS** es la quiere propiedad, cuya expansión, desarrollo o re-uso puede complicarse por la presencia, verdadera o percibida, de alguna sustancia peligrosa o algún contaminante.
- **ALBEDO** es la reflectividad de la superficie terrestre y se refiere a la energía reflejada desde la Tierra al universo. La radiación total (= radiación global) que llega a la superficie terrestre se compone de la suma de la radiación solar (la más importante) y la radiación difusa del universo.
- **DOMOTICA** Conjunto de sistemas que automatizan las diferentes instalaciones de una vivienda.
- **GEI** emisiones de gases de efecto invernadero
- **CES** Control de Erosión y Sedimentación
- **CCV** Consejo de Construcción Verde
- **ETC** Equivalentes a Tiempo Completo
- **VCE** Vehículos de Emisión Cero
- **MPG** Mejoras Prácticas de Gestión

## **CONFORT HIGROTÉRMICO**

Puede definirse confort higrotérmico, o más propiamente comodidad higrotérmica (en adelante CH), como la ausencia de malestar térmico. En fisiología se dice que hay confort higrotérmico cuando no tienen que intervenir los mecanismos termoreguladores del cuerpo para una actividad sedentaria y con un ligero arropamiento. Esta situación puede registrarse mediante índices que no deben ser sobrepasados para que no se pongan en funcionamiento los sistemas termoreguladores (metabolismo, sudoración y otros).

 WORLD GREEN BUILDING COUNCIL	Consejo Mundial de Construcción Sostenible
 U.S. GREEN BUILDING COUNCIL	Consejo de Construcción Sostenible de Norteamérica
 JAPANESE GREEN BUILDING COUNCIL	Consejo de Construcción Sostenible de Japón
 UK GREEN BUILDING COUNCIL	Consejo de Construcción Sostenible del Reino Unido
 Dubai Green Building Council	Consejo de Construcción Sostenible de Emiratos Árabes
 GREEN BUILDING COUNCIL BRASIL CONSTRUINDO UM FUTURO SUSTENTÁVEL	Consejo de Construcción Sostenible de Brasil
 green building council australia	Consejo de Construcción Sostenible de Australia
New Zealand <b>Green Building Council</b>	Consejo de Construcción Sostenible de Nueva Zeland
 COMITÉ COLOMBIANO DE CONSTRUCCIONES SUSTENTABLES MIEMBRO	Consejo de Construcción Sostenible de Colombia
 CONSTRUCCIONES SUSTENTABLES ARGENTINA GREEN BUILDING COUNCIL	Consejo de Construcción Sostenible de Argentina
 GBC Chile Green Building Council	Consejo de Construcción Sostenible de Chile

## BIBLIOGRAFIA

1. Costing Green: A comprehensive cost database and budgeting methodology, July 2004. *Lisa Fay Matthiessen, Peter Morris, Davis Langdon.*
2. Building ecology first principles for a sustainable built environment, *Peter Graham, University of New south Wales, Sydney, Australia*
3. Manual del Arquitecto Descalzo ,autor: *Johan Van Lengen*
4. Maestría en Técnicas de Energías Renovables en la Ingeniería la Arquitectura y La Agricultura ,autor: *Arq. Gabriel Murillo Rountree.*
5. La eficiencia energética de edificios basada exclusivamente en el diseño, autor: *Arq. Roberto Bosqued Garcia*
6. Guía de Construcción Sostenible ,autores : *Arq. Antonio Baño . Ing. Alberto Vigil-Escalera del Pozo.*
7. Sistema de Calificación de Edificios Sostenibles para nueva construcción y grandes remodelaciones, autor: *Consejo de Produccion Verde de España.*
8. Sustainable Sites, autor: *Green building Construction council*
9. Como construir casas y otros edificios .Editorial Pax Mexico.
10. Beneficios en costes y financieros de los edificios sostenibles . certificación LEED, autor: *Consejo de Construcción Verde España.*
11. Cubiertas ecológicas extensivas con sistema Zinco. Guía técnica de planificación. Barcelona, España
12. Guía de Diseño para la eficiencia energética en la vivienda social, autor : *Waldo Bustamante G., Yoselin Rosas,*