

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA ORIENTAL DEL URUGUAY

FACULTAD DE CIENCIAS



**Facultad de Ciencias**  
*Universidad de la República*



**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA  
URUGUAY**



**Cambio climático y edificación:** Evaluación Ambiental Estratégica (EAE) aplicada a un programa habitacional de la década del noventa en el área metropolitana de Montevideo.

Arq. María Noel López

MONTEVIDEO 2011

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA ORIENTAL DEL URUGUAY

FACULTAD DE CIENCIAS

**Cambio climático y edificación:** Evaluación Ambiental Estratégica (EAE)  
aplicada a programas habitacionales de la década del noventa en el área  
metropolitana de Montevideo.

María Noel López Salgado

Tesis para la obtención del título de  
"Magister en Ciencias Ambientales"

MONTEVIDEO  
2011

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA ORIENTAL DEL URUGUAY  
FACULTAD DE CIENCIAS

**MAESTRIA EN CIENCIAS AMBIENTALES**

**Cambio climático y edificación:** Evaluación Ambiental Estratégica (EAE) aplicada a programas habitacionales de la década del noventa en el área metropolitana de Montevideo.

*María Noel López Salgado*

Tesis presentada como parte de los requisitos para la obtención del título de “Magister en Ciencias Ambientales”

MONTEVIDEO 2011

Esta tesis ha sido juzgada adecuada para la obtención del título de Magister en Ciencias Ambientales y aprobada en su forma final por los tutores y por la Banca Examinadora del Curso de Posgrado.

Tutores:

\_\_\_\_\_

Arq. Alicia Picción - UdelaR\_

\_\_\_\_\_

Mg. Mario Bidegain \_ UdelaR

\_\_\_\_\_

Dr. Gustavo Nagy \_ UdelaR

Banca Examinadora:

X  
X  
X

\_\_\_\_\_

Dr. Daniel Panario  
Prof. Coordinador de la Maestría

MONTEVIDEO, JUNIO 2011

Para Álvaro, Felipe y...que son los amores de mi vida;  
Pepita y Popi gracias por cuidar de Felipe mientras hacía la tesis, siempre están conmigo y son amores  
incondicionales.  
Fer y Mauro simplemente gracias por estar conmigo siempre.

### AGRADECIMIENTOS

A toda mi familia por estar siempre presente

A Alicia Picción y Mario Bidegain por ser mis tutores, apoyarme y tranquilizarme. A todos los tutores ya que sin sus aportes no lo hubiera podido lograr.

A toda la generación 95de alumnos de la maestría la verdad es que aprendí mucho con cada uno de sus aportes.

ÍNDICE

<b>LISTA DE FIGURAS</b>	<b>X</b>
<b>LISTA DE TABLAS</b>	<b>XI</b>
<b>LISTA DE ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS</b>	<b>XII</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>XIII</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>XIV</b>
<b>CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>1.1. JUSTIFICACIÓN DEL TEMA DE LA TESIS</b>	<b>2</b>
<b>1.2. OBJETIVOS</b>	<b>3</b>
<b>1.3. HIPÓTESIS DE LA TESIS:</b>	<b>3</b>
<b>CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO Y REVISIÓN DE LA LITERATURA</b>	<b>4</b>
<b>2.1. EVALUACIÓN AMBIENTAL ESTRATÉGICA</b>	<b>4</b>
<b>2.2.1. Tendencias climáticas globales y locales</b>	<b>11</b>
<b>2.2.2. Revisión metodológica: EAE y CC</b>	<b>17</b>
<b>2.3. PROGRAMA HABITACIONAL: PRECIO, PROYECTO Y TERRENO</b>	<b>20</b>
<b>2.3.1. Sistema habitacional</b>	<b>20</b>
<b>2.3.2. Política Habitacional</b>	<b>20</b>
<b>2.3.3. Criterios de selección de los proyectos en el PPT</b>	<b>21</b>
<b>2.4. ESTADO DEL ARTE: EN URUGUAY</b>	<b>25</b>
<b>2.4.1. Normativa ambiental y proceso de aplicación de la EAE</b>	<b>25</b>
<b>2.4.2. Indicadores de sustentabilidad</b>	<b>27</b>
<b>2.4.3. Indicadores de sustentabilidad desarrollados en el país</b>	<b>28</b>

<b><i>CAPÍTULO 3- MATERIALES Y MÉTODOS</i></b>	<b>35</b>
<b><i>3.1. ESTRATEGIAS METODOLÓGICAS</i></b>	<b>35</b>
<b><i>3.2. METODOLOGÍA DESARROLLADA</i></b>	<b>37</b>
<b><i>CAPÍTULO 4- RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i></b>	<b>58</b>
<b><i>4.1. ANÁLISIS DEL PROGRAMA HABITACIONAL</i></b>	<b>58</b>
<b><i>4.1.1. Aplicación de la EAE al programa PPT</i></b>	<b>58</b>
<b><i>4.2. TESTEO: SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS DE DISEÑO</i></b>	<b>62</b>
<b><i>4.2.1. Aplicación de los indicadores a la muestra</i></b>	<b>62</b>
<b><i>4.2.2. Evaluación del confort térmico de las viviendas seleccionadas.</i></b>	<b>64</b>
<b><i>4.2.2. Determinación de situaciones problemas ambientales</i></b>	<b>65</b>
<b><i>4.2.3. Evaluación de los modelos simulados</i></b>	<b>66</b>
<b><i>4.2.4. Cuantificación económica y social de las variantes de diseño</i></b>	<b>73</b>
<b><i>4.3. DISCUSIÓN</i></b>	<b>75</b>
<b><i>CAPÍTULO 5- CONCLUSIONES</i></b>	<b>75</b>
<b><i>5.1. POTENCIALIDADES DE APLICACIÓN DE LA EAE A LAS POLÍTICAS HABITACIONALES</i></b>	<b>76</b>
<b><i>5.1.1. Institucionales</i></b>	<b>76</b>
<b><i>5.1.2. Metodológicas</i></b>	<b>76</b>
<b><i>5.1.3. Socio económicas</i></b>	<b>77</b>
<b><i>5.2. DEBILIDADES DE APLICACIÓN DE LA EAE A LAS POLÍTICAS HABITACIONALES</i></b>	<b>77</b>
<b><i>5.2.1. Institucionales</i></b>	<b>77</b>
<b><i>5.2.2. Metodológicas</i></b>	<b>77</b>
<b><i>5.2.3. Socio económicas</i></b>	<b>77</b>
<b><i>5.3. CRITERIOS DE DISEÑO: EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS</i></b>	<b>77</b>



---

<b>5.4. LIMITACIONES DEL TRABAJO</b>	<b>78</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>79</b>
<b>ANEXO I</b>	<b>87</b>
<b>ANEXO II- PLIEGO DE CONDICIONES MVOTMA</b>	<b>88</b>

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Síntesis metodológica de la tesis	3
Figura 2. Modelo IMAGE 2. Fuente: <a href="http://www.lenntech.es/efecto-invernadero/escenarios-ipcc.htm">http://www.lenntech.es/efecto-invernadero/escenarios-ipcc.htm</a> . Acceso: marzo, 2011.	12
Figura 3. Forzantes de los escenarios Fuente: <a href="http://www.lenntech.es/efecto-invernadero/escenarios-ipcc.htm">http://www.lenntech.es/efecto-invernadero/escenarios-ipcc.htm</a>	13
Figura 4. Diferentes estimaciones de aumento de la temperatura durante el siglo XXI en función de los cuatro escenarios (A1F1, A2, B1 y B2). Fuente: IPCC, 2007	13
Figura 5. Fases de la metodología EAE. Fuente: TAU Consultora Ambiental	19
Figura 6. Conceptualización de los indicadores de sostenibilidad. Fuente: Quiroga, 2009	28
Figura 7. Proceso de determinación de indicadores. Fuente: Mantero, 2010	28
Figura 8. . Parte de la Matriz de indicadores, de DNEC. Fuente: Mantero, 2009	29
Figura 9. Indicadores ambientales. Fuente: DINAMA, 2005	30
Figura 10. Análisis global del proceso de decisión, considerando una visión estratégica. Elaboración propia, en función del gráfico de Jilberto, 2010.	37
Figura 11. Captura de pantalla de los campos obligatorios del Energy Plus, para la determinación de los escenarios. Fuente: elaboración personal	43
Figura 12. Edificios seleccionados para edificio en altura. Fuente: Modificado de Picción et al, 2008	47
Figura 13. Conjuntos habitacionales seleccionados en Montevideo. Fuente: Picción et al, 2008	48
Figura 14. Ubicación de la muestra en Montevideo. Elaboración personal	48
Figura 17. Características de las tipologías. Fuente: DINA VI, 2010	49
Figura 18. Sistematización de los parámetros térmicos relevados de acuerdo a la tipología torre. Fuente: Modificado de Picción, et al 2008	49
Figura 19. Tipologías y costos de las viviendas de jubilados y pensionistas realizadas entre 2005-2010. Fuente: MVOTMA, 2010	50
Figura 15. Modelo simplemente orientado y planta tipo de la tipología real . Fuente: Picción, et al 2008	50
Figura 16. Modelo doblemente orientado y planta tipo de la tipología real . Fuente: Picción, et al 2008	50
Figura 20. Árbol de interrelaciones en una EAE. Modificado de Jiliberto, 2008	58
Figura 21. Clasificación de los indicadores y porcentajes. Elaboración personal.	61
Figura 22. Porcentaje de las respuestas para el período caluroso de los cuatro apartamentos analizados. Fuente elaboración personal con datos Picción, et al, 2008	64
Figura 23. Porcentaje de las respuestas para el período frío de los cuatro apartamentos analizados. Fuente elaboración personal con datos Picción, et al, 2008	65
Figura 24. Consumo de energía en refrigeración escenario A2. Fuente: Elaboración personal	68
Figura 25. Consumo de energía en refrigeración escenario B2. Fuente: Elaboración personal	68
Figura 26. Consumo de energía en calefacción escenario A2. Fuente: Elaboración personal	70
Figura 27. Consumo de energía en calefacción escenario B2. Fuente: Elaboración personal	70

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Emisiones y remociones de gases de efecto invernadero, 2004. Fuente: PNRCC, 2010	15
Tabla 2. Variación porcentual del PBI global y per cápita por escenario. Fuente: Modificado de Barrenechea, 2009.	17
Tabla 3. Modelos de gestión en política habitacional entre 90 y el 99. Fuente: Magri, 2002	21
Tabla 4. Matriz de indicadores ambientales. Fuente: Publicación lanzamiento sistema de indicadores. Ecoplata, 2010	30
Tabla 5. Etapas y alcance de implementación de la EAE a un PPT. Fuente: Elaboración personal	38
Tabla 6. Justificación de indicadores, elaboración personal	39
Tabla 7. Datos climáticos de DNM 1961-1990. Fuente: DNM, 1996	41
Tabla 8. Datos del clima del área metropolitana, elaborado a partir de los datos de la Dirección Nacional de Meteorología, 1961-1990.	41
Tabla 9. Base climática Energy Plus. Fuente: en base a datos del DOE	42
Tabla 10. Cuadro síntesis de las variables climáticas adoptadas en esta tesis. Fuente: elaboración propia.	43
Tabla 11. Condiciones de simulación para los distintos escenarios. Fuente: elaboración personal	44
Tabla 12. Cambios en temperatura y precipitaciones para el área de estudio. Fuente: Modificado de Bidegain, 2010	45
Tabla 13. Ficha de muestreo. Elaboración personal	46
Tabla 14. Tasa de descuento en cambio climático. Fuente: Barrenechea, 2009	55
Tabla 15. Etapas y alcances de la EAE aplicada a los PPT. Elaboración personal	59
Tabla 16. Fase 1, EAE. Fuente: elaboración personal	59
Tabla 17. Fase 2, EAE. Fuente: elaboración personal	60
Tabla 18. Fase 3, EAE. Fuente: elaboración personal	60
Tabla 19. Fase 4, EAE. Fuente: Elaboración personal	61
Tabla 20. Fase 5, EAE. Fuente: Elaboración personal	61
Tabla 21. Fase 6 y 7, EAE. Fuente: Elaboración personal	62
Tabla 22. Aplicación de indicadores a la muestra. Elaboración personal	62
Tabla 23. Estrategias de diseño aplicadas en los espacios de las tipologías. Fuente: Elaboración personal	64
Tabla 24. Sistematización de las temperaturas exteriores simuladas. Fuente: Elaboración personal	66
Tabla 25. Matriz de simulaciones período caluroso. Fuente elaboración personal	67
Tabla 26. Matriz de producción de CO <sub>2</sub> período caluroso. Fuente: Elaboración personal	69
Tabla 27. Matriz simulaciones de energía período frío. Fuente: Elaboración personal	69
Tabla 28. Matriz producción de CO <sub>2</sub> . Fuente: Elaboración personal	71
Tabla 29. Matriz simulación de energía con consumo comparado a situación de escenario base. Fuente: Elaboración personal	72
Tabla 30. Matriz simulación de energía con consumo comparado a situación de escenario base. Fuente: Elaboración personal	73
Tabla 31. Matriz costos económicos de la modificaciones para el ahorro energético. Fuente: Elaboración personal	74
Tabla 32. Matriz costos económicos de la utilización de distintas estrategias de diseño. Fuente: Elaboración personal	74

**LISTA DE ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS**

AIA -International Union of Architects  
 ASHRAE- American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers  
 BREEAM- Building Research Establishment Environmental Assessment Method  
 BHU- Banco Hipotecario del Uruguay  
 CASBEE- Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency  
 CBECS -Commercial Buildings Energy Consumption Survey  
 CC –Cambio Climático  
 CEN - Comisión Europea de Normalización  
 CEPAL- Comisión Económica para América Latina y el Caribe  
 CMDS-Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible  
 DECCA Departamento de Clima y Confort en Arquitectura  
 DINAMA – Dirección Nacional de Medio Ambiente  
 DINOT- Dirección Nacional de Ordenamiento Territorial  
 DINAVI-Dirección Nacional de Vivienda  
 DINAGUA-Dirección Nacional de Aguas  
 DNETN – Dirección Nacional de Energía y Tecnología Nuclear  
 DNM- Dirección Nacional de Meteorológica  
 EAE –Evaluación Ambiental Estratégica  
 EEUU-Estados Unidos de Norte América  
 EPBD- en inglés: Directive on the Energy Performance of Buildings  
 GBC-Green Building Challenge  
 GBTOOL- Assessment method  
 INE - Instituto Nacional de Estadísticas y Censos  
 IM – Intendencia de Montevideo  
 IOT - Instrumentos de Ordenamiento Territorial (IOT)  
 IMAGE- Integrated Model for Assessment of the Greenhouse Effect  
 IPCC- Panel de Expertos sobre Cambio Climático de Naciones Unidas  
 IPT- Instituto de Pesquisas Tecnológicas de San Pablo  
 KEP- Kilogramos equivalentes de petróleo  
 LEED-Leadership in Energy and Environmental Design  
 LOTDS- Ley de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sustentable  
 MIEM – Ministerio de Industria Energía y Minería  
 MVOTMA – Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente  
 OPP- Oficina de Planeamiento y Presupuesto  
 PEE - Proyecto de Eficiencia Energética  
 PNRCC- Plan Nacional de Respuesta al Cambio Climático  
 PPT- Precio, Proyecto y Terreno  
 RECS -Residential Energy Consumption Survey  
 SEA- Strategic Environmental Assessment  
 SBCL - Sustainable Building Construction Initiative  
 SRES- Special Report on Emissions Scenarios  
 TEP – toneladas equivalentes de petróleo  
 TRY- Año climático típico  
 UNEP- United Program Environment Programme  
 UTE - Administración Nacional de Usinas y Transmisiones Eléctricas

## RESUMEN

En los últimos años existe una demanda creciente por incorporar criterios de sostenibilidad en programas edilicios públicos. Esta instancia pretende identificar aspectos de una Edificación Sostenible para reducir los impactos ambientales del hábitat construido, y adaptarse a los cambios que está produciendo la variabilidad climática. Los métodos de evaluación ambiental implementados en países industrializados no responden a la situación de Uruguay, con el agravante de elevados costos de verificación y certificación (Comisión Medio Ambiente, 2001). A pesar de esto, cuando se proyecta en arquitectura no se tiene en cuenta el impacto ambiental que el proyecto determinará a lo largo de su vida útil ni la energía involucrada en su construcción. Tampoco se valoran los efectos que provoca la combustión de los recursos no renovables para que éste logre y mantenga condiciones de confort para sus ocupantes. Si bien Uruguay no es uno de los países que emite mayor cantidad de gases de efecto invernadero, si está siendo sometido a los cambios climáticos que se están produciendo. Paralelamente a esta situación, según el informe de gases de efecto invernadero para la Tercera Comunicación Nacional, el sector energía sería el responsable del 94% de todas emisiones de Uruguay. A partir de la información de la Dirección Nacional de Energía y Minería de 2008, se observa que el sector residencial genera el 23% de la demanda energética. Esta tesis investiga sobre lo construido en la década del '90 aplicando para su análisis la **Evaluación Ambiental Estratégica (EAE)** a un programa habitacional, del Ministerio de Vivienda Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente (MVOTMA). Este instrumento no sólo resulta ser adecuado para valorar la protección del medio ambiente, sino también para la obtención de diseños y propuestas más sostenibles que  **aumenten la calidad de vida de sus ocupantes en una futura planificación**. La técnica de evaluación ambiental estratégica se revela como fundamental instrumento prospectivo que incorpora lo ambiental a la hora de la planificación aplicada a productos como un programa habitacional. Se reelaboraron cuatro de los principios de desarrollo sustentable determinados por el Ministerio para el área costera (DINAMA, 2010), estos son: Calidad de vida y equidad social; desarrollo económico; preservación de los recursos ambientales y patrimonio cultural; el ordenamiento equilibrado del territorio y el diseño ambientalmente consciente. Se seleccionaron 34 indicadores para la aplicación de la EAE en un programa habitacional el Precio Proyecto, Terreno (PPT) del área metropolitana de Montevideo. Los mismos brindan datos a cinco áreas de interés para la toma de decisiones que aportan parámetros cuantificables a cuatro principios del desarrollo sustentable:

- 1. Calidad de vida y equidad social*
- 2. Uso responsable, conservación y recuperación de los recursos ambientales y del patrimonio cultural (tangibles e intangibles)*
- 3. Desarrollo económico ético, responsable y solidario*
- 4. Ordenamiento equilibrado y racional del territorio*
- 5. Diseño ambientalmente consciente*

Estos parámetros permiten decidir cuáles de las alternativas de diseños habitacionales son más adecuadas desde el punto de vista del desarrollo sustentable y la planificación ambiental del territorio. De los 34 indicadores previamente mencionados **se aplican solo los indicadores de manejo de energía y aire a las viviendas construidas en la década de los 90 por el MVOTMA a los llamados del Programa Precio – Proyecto -Terreno**, siendo el resto no aplicables ya que las viviendas están realizadas y habitadas. En los llamados a licitación de este programa se pondera aspectos del diseño que no son cuantificables, por este motivo y de acuerdo a los principios previamente establecidos se simulan a través del programa Energy Plus 2.0.0 modelos de las viviendas con distintas alternativas de diseño para los escenarios futuros de emisiones A2 y B2. Debido a las previsiones de aumento de temperatura de bulbo seco, las construcciones ambientalmente conscientes serán las que manejen estrategias de diseño tanto del período caluroso (protecciones solares en cerramientos vidriados, sombreado y ventilación natural) como del frío (bajas transmitancia térmica de la envolvente y control de infiltraciones), siendo el manejo de los flujos de energía en el tiempo fundamental debido al aumento de eventos extremos (disponer de masa térmica aislada). La adopción de estos diseños se convierte en

una estrategia fundamental para la mitigación y la adaptabilidad al cambio climático, así como para el aumento de la calidad de vida de los usuarios. Es un primer intento de selección de diseños con criterios cuantificables.

### ABSTRACT

In recent years, there is a growing demand by incorporating sustainability criteria in public building programs. This instance is intended to identify aspects of a sustainable building to reduce the environmental impacts of the constructed habitats, and adapt to the changes facing to the increase of climate variability. Environmental assessment methods implemented in industrialized countries do not respond to the situation of Uruguay, with the aggravating circumstance of high costs of verification and certification (Environmental Commission, 2001). Despite this, when projected in architecture, is not into take account the environmental impact shall be determined by the project over its useful life or the energy involved in its construction. The architecture projects not evaluated the effects to achieve and maintain thermal comfort for its occupants. While Uruguay is not one of the countries emitting more greenhouse gases, if it is being subjected to the climate changes taking place. Parallel to this situation, according to the report of GHG for the third national communication, the energy sector would be responsible for 94% of all emissions of Uruguay. Based on information from the National Directorate of energy and mining of 2008, shows that the residential sector generated 23% of the energy demand. This thesis investigates on the built in the ' 90s by applying Strategic Environmental Assessment (SEA) for analysis to a housing program, the Ministry of housing, land and environment (MVOTMA). This instrument will be appropriate for assessing the protection of the environment, and also for obtaining designs and more sustainable proposals that enhance the quality of life of its occupants in a future planning. The technique of Strategic Environmental Assessment is revealed as a fundamental prospective tool that incorporates environmental issues when it comes to planning applied to products as a housing program. Are examined four of the principles of sustainable development identified by the Ministry for the coastal area (DINAMA, 2010), these are: quality of life and social equity; economic development; preservation of environmental resources and cultural heritage; the balanced land-use planning and environmentally conscious design. The 34 Indicators for the implementation of the SEA in a housing program the project, price, field (PPT) are selected, which provide data on five areas of interest for decisions that provide measurable parameters to five principles of sustainable development: 1. Quality of life and social equity; 2. Responsible use, conservation and recovery of environmental resources and cultural; 3. Economic ethical, responsible and solidary development; 4. Balanced and rational classification of the territory; 5. Consciously environmentally design

These parameters allow decide which of the alternatives of housing designs are more appropriate from the point of view of sustainable development and environmental planning of the territory. The 34 previously mentioned indicators apply only the ones of management of energy and air to the houses built in the 1990s by the MVOTMA to the calls of the program price - project - land, being the rest not applicable because dwellings are already made and inhabited. In the invitations to bid in this program are ponders aspects of design that are not quantifiable, for this reason, and according to the principles previously established models with different design alternatives for the A2 and B2 future emissions scenarios are simulated through the Energy Plus program. Due to forecasts of dry bulb temperature rise, more environmentally conscious buildings will be those that handle design strategies of the warm period (solar protections in Windows and glazed doors, shading and natural ventilation) and cold (low thermal transmittance of the envelope and control of infiltration) being the management of flows of energy at the critical time a key factor due to the increase of extreme events (have insulated thermal mass). The adoption of these designs becomes a key strategy for mitigation and adaptability to climate change, as well as the increase in the quality of life of users. It is a first attempt for the selection of designs with quantifiable criteria

## Capítulo 1: Introducción

Esta tesis de maestría presenta la adaptación del instrumento de planificación: **Evaluación Ambiental Estratégica (EAE)** aplicado en un programa de viviendas: **Precio, Proyecto y Terreno (PPT)** desarrollado por el Ministerio de Vivienda y Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente (MVOTMA) en el área metropolitana de Montevideo en la década del 90. Pretende aportar a la acción de los decisores para poder tener algunas certezas en la adaptación al cambio climático y el desarrollo sustentable a la hora de toma de decisiones en los programas de vivienda.

Esta metodología de evaluación ambiental es considerada por sus creadores como un instrumento de integración del Medio Ambiente en las políticas sectoriales para garantizar un desarrollo sostenible, permitiendo afrontar los grandes retos de la sostenibilidad como son: el uso racional de los recursos naturales, la prevención y reducción de la contaminación, la innovación tecnológica y la cohesión social. A partir de la promulgación de la Ley de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sustentable (LOTDS) este instrumento está vigente en nuestro país.

Es un marco conceptual que orienta la toma de decisiones adecuado para la planificación estratégica, así como para el apoyo de las decisiones de naturaleza estratégica integrando factores ambientales, económicos y sociales. Se entiende que lo importante es que se evalúe el proceso para llegar a una toma de decisión. El punto clave de la EAE está en su capacidad de integrar y dar coherencia al proceso de planificación que se centra en el desarrollo sostenible. La Evaluación Ambiental implica la predicción, evaluación y mitigación de los impactos ambientales de planes y programas integrando las consideraciones ambientales en la toma de decisiones estratégicas (Ministerio de Economía y Hacienda, 2009).

Como es una evaluación que necesariamente conlleva tener una idea de futuro, así como un conjunto coherente de acciones programáticas de inversión, tendremos que establecer *escenarios de planificación*. En nuestro país recién se está comenzando a aplicar la EAE, por lo que no hay antecedentes del tema, menos aún en la aplicación en la escala de un programa habitacional, tampoco existen estudios internacionales en este tema. Por lo tanto este trabajo analiza lo construido en esa década. Se determinan 34 indicadores de evaluación ambiental para un desarrollo sostenible a ser aplicados en un programa habitacional. Los temas abordados por los indicadores refieren a aspectos económicos, ambientales y sociales dentro de este programa. Estos permitirán operar y medir: la Influencia del cambio climático, alteraciones y mejoras principales en el ciclo natural del agua, balance energético, generación de nuevos riesgos, afectación de los ecosistemas naturales, generación de residuos y alteración de los ciclos de los materiales (Modificado de Guía de Evaluación Ambiental de Planes y Programas, 2008). Existen una serie de forzantes que inciden *en el diseño un programa* y que hasta ahora no se consideran. Uno de ellos es el calentamiento del sistema climático a nivel global que es inequívoco como lo señala el último informe científico del Panel de Expertos sobre Cambio Climático de Naciones Unidas, IPCC (2007), y que según informe a la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) (Barrenechea, et al, 2009) podría significar en una inversión necesaria de 1% del producto bruto interno del país para afrontar los impactos de la variabilidad climática. Debería por tanto mirarse hacia plazos más largos, coherente con la planificación estratégica y el cambio climático, es decir abandonar los detalles a corto plazo, garantizar una perspectiva más amplia (Partidario, 2006) para poder adaptarnos.

Las dimensiones de los indicadores de sostenibilidad ambiental que se tomaron en cuenta para el seguimiento estratégico del programa son:

- sostenibilidad ecológica (**concentraciones y emisiones de contaminantes, calidad y cantidad de aguas, consumo y eficiencia energética, producción de residuos, porcentaje de área de tierra modificada en su uso**);
- sostenibilidad social (**participación social, ocupación y empleo**);
- sostenibilidad económica (**uso eficiente de recursos, consumo de energía**).

El concepto de sostenibilidad ambiental implica un equilibrio de estos indicadores aplicados a un programa habitacional.

La metodología tiene dos etapas: una de análisis de lo producido por el Programa Habitacional PPT (parque habitacional) y determinación de indicadores ambientales de la EAE aplicables en éste y otra de síntesis donde a partir de la teoría de escenarios retrospectivos a modo de testeo se analiza solo los criterios de diseño: manejo de energía en las viviendas ya construidas. Es decir: una vez analizado todo lo construido en este programa habitacional se toman modelos representativos de las viviendas previamente definidos en estudios anteriores (Picción, et al 2008), y se simula la aplicación de los mismos criterios de diseño en dos escenarios futuros socioeconómicos SRES A2 y B2 (IPCC, 2001) y luego se elaboran recomendaciones para los ulteriores llamados a licitación.

*Este trabajo se desarrolló en cinco capítulos: el primero que introduce el tema y plantea la hipótesis de trabajo, el segundo que revisa la literatura internacional y nacional así como presenta el marco teórico utilizado, en el tercer capítulo expone la metodología utilizada, en el cuarto se presentan y discuten los resultados y un quinto donde se concluye lo que se ha desarrollado en este trabajo y se sugieren futuras investigaciones.*

### 1.1. JUSTIFICACIÓN DEL TEMA DE LA TESIS

El cambio global no sólo incluye cambios en la temperatura, precipitación, y demás variables atmosféricas, sino también presiones y cambios en el uso de recursos naturales. Estas presiones son forzadas por el crecimiento exponencial de la población mundial (forzantes antropogénicos) pero también llevan a cambios sobre el uso de la tierra.

Una arquitectura más amigable con el medio ambiente, que aproveche los recursos de cada región puede contribuir a reducir las presiones al cual están sometidos los recursos naturales del planeta. ¿Cómo cambiamos nuestras prácticas como diseñadores?. Este proyecto trata de evaluar las posibilidades de la implementación de indicadores de evaluación ambiental estratégica en residencias de promoción pública en Uruguay. Se utilizará para ello la metodología EAE, pero adaptada a nuestras condiciones. Asimismo, a partir de los insumos del proyecto (variables climáticas y tipologías): *Las pautas bioclimáticas para un clima complejo* financiado por el Programa de Desarrollo Tecnológico (PDT), se plantea cuantificar a modo de testeo las emisiones de gases de efecto invernadero resultantes del consumo de energía para climatización de distintas variantes de diseño arquitectónico. Qué decisiones entonces, de planificación estratégica son más adecuadas?.

Existen estudios que abordan parte de estos temas pero pueden ser considerados como antecedentes de estudios en el área de la tesis, (Holmes, et al, 2007), (Zimmermann, et al, 2005) y (Wangpattarapong, et al, 2008).

### Preguntas de la tesis

¿Cómo se adapta la Evaluación Ambiental Estratégica para ser aplicada a un programa de vivienda desarrolladas por el MVOTMA, el programa: proyecto, precio y terreno (PPT)?

¿La metodología de la EAE puede apoyar las decisiones de diseño para realizar una arquitectura más sostenible y disminuir los impactos ambientales negativos?

¿Cuáles son los indicadores para un diseño sostenible, que permita la adaptación al cambio climático y mejore la calidad de vida de los ocupantes?

¿Cuáles son las pautas de diseño sostenible que reducen en mayor medida las emisiones de CO<sub>2</sub>, a ser aplicados en el área metropolitana de Montevideo?

### 1.2. OBJETIVOS

#### Objetivo general:

- Establecer cuáles de los criterios de la EAE pueden ser aplicados a un programa de vivienda para mejorar la calidad de vida de sus ocupantes y disminuir los efectos ambientales negativos.

#### Objetivos específicos:

- Analizar en el marco del cambio climático, los costos sociales y económicos asociados al diseño arquitectónico en los planes de vivienda, a partir de la adaptación de la metodología de EAE
- Evaluar las pautas de diseño arquitectónico según su adaptación al cambio climático, sus costos económicos y consumo de energía asociados
- Cuantificar la mitigación en gases de efecto invernadero al adoptar determinadas estrategias de diseño arquitectónico que mantengan las condiciones de confort ambiental interior.

### 1.3. HIPÓTESIS DE LA TESIS:

Esta tesis supone que la herramienta de la EAE puede apoyar las decisiones de diseño para realizar una arquitectura más sostenible y disminuir los impactos ambientales negativos, aumentando la calidad de vida de los ocupantes.

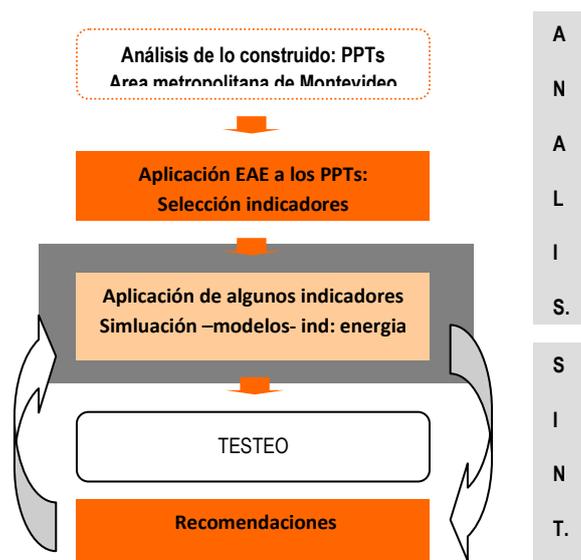


Figura 1. Síntesis metodológica de la tesis

## Capítulo 2. Marco teórico y revisión de la literatura

*Para poder iniciar la revisión bibliográfica se comienza por analizar la metodología de EAE. Posteriormente se analizan los escenarios climáticos y prospectivos*

### 2.1. EVALUACIÓN AMBIENTAL ESTRATÉGICA

La Evaluación Ambiental Estratégica (EAE) consiste en un proceso formal, sistemático y global para evaluar las posibles repercusiones ambientales de las propuestas de políticas, planes y programas durante su proceso de elaboración.

Dado su carácter preventivo y el nivel estratégico en el que se aplica, se trata de un instrumento con un marcado potencial de integración de las consideraciones ambientales en los procesos de toma de decisiones estratégicas. Esto implica integrar los objetivos ambientales con los económicos y sociales. Podría ser utilizado como un insumo más para evaluar si una política propicia el desarrollo sustentable<sup>1</sup>. Desde la perspectiva latinoamericana “la sostenibilidad” debe redefinirse desde la base del *capital de los recursos naturales y la equidad social*.

Resulta una herramienta adecuada para incorporar las consideraciones ambientales en el nivel preproyecto de la toma de decisiones, el proceso de formulación y ejecución de políticas, planes y programas públicos.

La ausencia de consideraciones ambientales en las políticas públicas sectoriales, limita el ámbito de las decisiones en la evaluación ambiental de proyectos físicos. Por ejemplo, si la política energética no consideró los efectos de fomentar sistemas de generación de energía ambientalmente inadecuados, difícilmente al proyecto específico se le podrá exigir que su generación de energía sea ambientalmente sostenible.

Cabe considerar las siguientes ideas que rigen la EAE, las que se asumen como esenciales o fundamentales (Comisión del Medio Ambiente, 2001).

La EAE está orientada al desarrollo sostenible, facilita la identificación de opciones de desarrollo más sostenibles.

La EAE está integrada a los aspectos sociales y económicos de las opciones de desarrollo, intenta armonizar las prioridades ambientales con el resto de las dimensiones del desarrollo.

La EAE es realista y de aplicación gradual, se ciñe y ajusta al marco político - institucional en el que se pretende aplicar.

La EAE se enmarca en una proporcionada relación costo-beneficio, circunscribiendo sus objetivos de acuerdo a la disponibilidad de información, tiempo, recursos, y soporte tecnológico, para llevarla a cabo.

---

<sup>1</sup> La Comisión Mundial de Medio Ambiente y Desarrollo, toma el informe Brundtland definiendo al desarrollo sostenible como “una modalidad de desarrollo que posibilita la satisfacción de las necesidades de esta generación sin menoscabar las posibilidades de las futuras generaciones en satisfacer las propias”. En el contexto europeo, el discurso de la sostenibilidad aparece ligado a una *crisis de desarrollo de la expansión capitalista*—una adquisición de una *conciencia de límite* en cuanto a la capacidad “natural” de sostener indefinidamente el volumen de población y sus estilos de desarrollo. En ese sentido se asume la definición de Sejenovich para desarrollo sustentable (1996) que precisa el término como una modalidad de desarrollo capaz de utilizar los recursos naturales para satisfacer las necesidades esenciales de la población de esta generación y las futuras y que tiene por objetivo **esencial el elevar la calidad de vida**

La EAE es dinámica, da cuenta de un proceso, y transita en él. La EAE se retroalimenta de la experiencia y se adecua de acuerdo a ella.

La EAE es relevante y focalizada, proporciona información suficiente, realista y útil a la toma de decisión, concentrándose en los aspectos más importantes y prioritarios.

La EAE es transparente, fácil de entender, y documentada.

La EAE es participativa, integra a los diversos actores buscando informar y armonizar puntos de vista.

Por lo anterior, la evaluación ambiental estratégica adecuada a las condiciones propias de los países debe considerarse como una herramienta necesaria para evaluar si los programas desarrollados se dirigen hacia un desarrollo sostenible. Según la Guía de EA (Jiliberto, 2008) "La EAE es para el planificador en muchos contextos, desde un punto de vista formal, un procedimiento administrativo, por ejemplo, reglado por una norma como lo es; la Directiva Europea 2001/42/CE (Directiva de EAE), pero también este procedimiento administrativo puede "(al incorporar) la dimensión ambiental al proceso de planificación ...mejora la calidad del plan resultante, lo que pone en el centro de la evaluación al proceso de decisión, antes que al producto final del proceso". Es decir se centra en las metodologías que ayudan a la toma de decisiones. Una EAE exitosa es aquella capaz de contribuir a incorporar nuevas dinámicas o criterios de planificación, más consistentes con el objetivo de una incorporación integral de los valores ambientales que la sociedad asume y quiere desarrollar en cada momento.

La dimensión ambiental de una decisión estratégica radica en el marco estructural, en el patrón sistémico que determina y explica el estado actual de los efectos ambientales que genera el sector como totalidad.

### ***Diseño arquitectónico ambientalmente consciente***

Desarrollo sostenible se ha convertido en un tema que lleva a la preocupación de los distintos actores de la construcción debido a que la disponibilidad de recursos naturales es limitada y que además la generación de desechos es cada vez mayor (Spence, 1995; Holtzhausen, 2007; Horvath, 2004; Curwell, 1998; Uher, 1999; Palit, 2004, citados por Kumar et al, 2010). Por este motivo se han desarrollado herramientas que lo evalúan (Prek, 2004). Es así como varios estudios exponen que el diseño de los edificios debe tener en cuenta la sostenibilidad (Lo, et al, 20072); (Prek, 2004); (López, 2006) (Hidalgo, 2009).

Sin embargo para evaluar el impacto de la construcción el indicador más fuertemente utilizado en la industria es la energía. La energía fue de hecho uno de los temas más intensamente debatidos en la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible (CMDs) en Johannesburgo en septiembre de 2002<sup>3</sup>. En esta se convino en que la energía debe ser el marco principal del desarrollo sostenible. La mayoría de las veces los indicadores ambientales explicitados para el diseño son los que refieren a energía ya que son lo que más fácilmente pueden ser cuantificables.

Si pensamos en la evaluación ambiental en la construcción y no solo considerando la energía las herramientas más utilizadas para la evaluación ambiental de sus productos son: análisis del ciclo de vida, ISO 14000 y el costo ciclo de vida, (López, 2006).

---

<sup>2</sup> S.M. Lo, C.M. Zhao, W.Y. Cheng, Perceptions of building professionals on sustainable development: A comparative study between Hong Kong and Shenyang, *Energy and Buildings*, Volume 38, Issue 11, Energy and Environment of Residential Buildings in China, November 2006, Pages 1327-1334, ISSN 0378-7788, DOI: 10.1016/j.enbuild.2006.04.007. (<http://www.sciencedirect.com/science/article/B6V2V-4K2SK71-1/2/ab62a0a7fb203fc48c6392bf96b53ab7>)

<sup>3</sup> A GlobeScan Survey of Business Leaders on Sustainable Development, Report, Environics International, August 2002. UNDP & Energy for Sustainable Development, United Nation Development Programme, Bureau for Development Policy, Energy and Environment Group, 2004

Otro autor (Prek, 2004) presenta las siguientes metodologías ambientales pasibles de ser aplicadas en la industria de la construcción: la evaluación del impacto ambiental (EIA), la evaluación ambiental estratégica (EAE), la evaluación del ciclo de vida (ACV), el análisis posicional (PA), el análisis coste-beneficio (CBA), la intensidad material de análisis por unidad de servicio (MIPS), material total de análisis de necesidades (TMR), la huella ecológica (EF), el análisis de exergía, y evaluación de riesgos. Uno de los objetivos principales de estos estudios es dar a conocer las consecuencias de las decisiones de los diseñadores durante la fase de diseño. En ninguno de los casos se muestra un ejemplo de aplicación de EAE a un programa de viviendas.

Se entiende que un profesional de la construcción juega un papel importante en el proceso de toma de decisiones para el diseño y la construcción de los edificios. Es necesaria una conciencia real sobre la necesidad de entender la construcción como una parte fundamental en el problema del desarrollo sostenible. En su tesis de maestría De Freitas (2002) expone cómo un ingeniero civil puede construir de acuerdo al desarrollo sustentable<sup>4</sup> considerando las siguientes premisas de diseño: • la **sostenibilidad social** debe ser buscada por la construcción de edificios permitiendo el bienestar y la calidad de vida en las personas con menos posibilidades (económicas). Pero además, no solo se debe buscar el menor costo, sino también un buen desempeño en términos de creación de bienestar estructural, ambiental y durabilidad; • **la sostenibilidad económica** viene de una buena planificación del proyecto, utilizando métodos y técnicas eficientes de construcción y la elección de los materiales de construcción adecuados y disponibles en el entorno, de la obra reduciendo los costos de transporte; • **la sostenibilidad ecológica** puede lograrse adecuadamente con la elección de los materiales y utilizando procesos constructivos de menor impacto integrando los edificios con el entorno y el clima; • la sostenibilidad geográfica se logra mediante la incorporación de técnicas para la planificación del suelo (ordenamiento territorial) así como la construcción de proyectos con dimensiones adecuadas a la parcela (en Brasil se habla del derecho al sol).

Otro estudio (Gauzin-Muller, 2001) menciona que el concepto del **desarrollo sostenible** para la construcción se basa en tres principios:

- el análisis del ciclo de vida de los materiales utilizados;
- el desarrollo del uso de materias primas y energías renovables;
- la reducción de las cantidades de materiales y energía utilizados en la extracción de recursos naturales, su explotación y la destrucción o el reciclaje de los residuos.

A su vez Berkebile, R y McLennan, J, (1999), definen a los **edificios vivos, es decir como “edificios sostenibles”** a los que operan a partir de siete principios.

1. Utilización para toda sus necesidades de la energía y el agua del propio lugar;
2. Adaptación específica al entorno y al clima del lugar y a medida que se modifiquen estas, debe alterarse el proyecto;
3. Operar de forma de no generar polución y no generar residuos que no sean útiles para algún otro proceso en la edificación o entorno inmediato;
4. Promover la salud y bien de todos los habitantes, así como lo hace un ecosistema saludable;
5. Estar compuesto de sistemas integrados que maximizan eficiencia y confort;
6. Mejorar la salud y diversidad del ecosistema.

En la escala de políticas que se vinculan a la arquitectura tampoco se ha indagado en la evaluación ambiental estratégica. Esta evaluación es necesaria para la búsqueda de una arquitectura ambientalmente consciente ya que no solo las condiciones climáticas y ambientales deberán ser tomadas en consideración sino también los indicadores económicos, sociales y culturales en las cuales se manifiesta. En otras palabras,

---

<sup>4</sup> Sattler, Miguel Aloysio. “Princípios Norteadores das atividades desenvolvidas pela LECS”. En “*Habitações de baixo custo mais sustentáveis: a Casa Alvorada e o centro Experimental de Tecnologias Habitacionais Sustentáveis*”. HABITARE, Porto Alegre, 2007.

no se afronta **las características ambientales de los edificios, se concentran solamente en aquellas distributivo-funcionales y tecnológicas eludiendo fundamentalmente el desorden creciente de sus implantaciones en el ambiente** (Di Gianni Scudo, 2003).

El impulso de una reglamentación y de pautas de diseño para la eficiencia energética es un primer paso hacia la sostenibilidad pero requiere del conocimiento de la realidad, de los usuarios, y de la utilización de metodologías de diseño medioambientales que evalúen el impacto ambiental de su utilización. La actuación profesional de un arquitecto involucra decisiones en el sector energético, aunque a veces no sea consciente de ello. La utilización racional de energía en los edificios implica, no solo consumir menos sino fundamentalmente una actitud responsable con el ambiente. Por esta razón es imperiosa una concepción metodológica distinta a la hora de proyectar. **La EAE con indicadores adecuados para evaluar un programa habitacional podría ser una primera aproximación. Es decir existen dos problemas: el de la producción y el de las presiones sobre el consumo.**

El crecimiento de la urbanización en Uruguay se ha realizado sin pautas de economía energética. La falta de planificación energética produce situaciones críticas. Es así como ante grandes picos de demanda de energía eléctrica (provocado por ejemplo por eventos climáticos extremos) se deben invertir grandes sumas de dinero al encender centrales termoeléctricas, dejando tras de sí altas emisiones de GEI. **Tampoco se evalúa el impacto que produce en los factores ambientales al tomar determinadas decisiones en el diseño.**

Se hacen necesarias investigaciones que aporten criterios ajustados de diseño, que permitan mitigar las emisiones y adaptar las construcciones al cambio climático. El diseño energéticamente apropiado de edificios, requiere el balance de los siguientes aspectos: el desempeño térmico del edificio; la selección apropiada de técnicas de calefacción, enfriamiento e iluminación natural y una aceptable aptitud al clima interior en términos de confort térmico y calidad del aire pero que se adecuen a las características sociales y económicas de los usuarios (ALTENER Programme of the European Comisión, fuentes de energías renovables, 2000). Pero además el diseño adecuado con el entorno tiene una utilidad económica, social y ambiental a escala nacional.

Según la International Union of Architects (IUA) y la American Institute of Architects (AIA) en 1992, el diseño sostenible integra consideraciones de eficiencia en el uso de recursos y de la energía, ha de producir edificios sanos, ha de utilizar materiales ecológicos y debe considerar la sensibilidad estética que inspire, afirme y emocione.

El nuevo reporte de Naciones Unidas, denominado "Edificaciones y Cambio Climático: Situación, Desafíos y Oportunidades", (United Program Environment Programme, UNEP, 2007) expone que existen muchas oportunidades para que los gobiernos, la industria y los consumidores tomen acciones durante el ciclo de vida de las edificaciones que ayudarán a atenuar los impactos de calentamiento global.

Un inversor actualmente no considera el consumo energético que fue necesario gastar para producir una obra arquitectónica, ni tampoco lo que consumirá para obtener condiciones de confort. La evaluación integral de las ventajas que aporta una arquitectura que se adecue a las condiciones climáticas del lugar se ve dificultada por una concepción económica simplista.

En el presente, el sistema de evaluación más utilizado en el sector de la construcción es el de costo de producción. Este está pensado en términos de rentabilidad a corto plazo, no teniendo en cuenta los costos del ciclo de vida. Habrá que esperar a la progresiva introducción de las normativas de ámbito nacional e internacional que exijan la evaluación del gasto energético en función de su equivalencia en gases contaminantes de efecto invernadero (por ejemplo CO<sub>2</sub>), así como los impactos sociales y económicos que determinan las elecciones de diseño.

El mismo informe menciona que más de un 20% del consumo actual de energía y más de 45 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> de emisiones por año se podrían haber ahorrado antes de 2010 aplicando estándares más ambiciosos a los edificios nuevos y existentes. "Para alcanzar un mejor rendimiento energético en edificios a menudo usted no necesita utilizar soluciones de alta tecnología avanzadas y costosas...soluciones simples

pueden incluir el aprovechamiento de la sombra, ventilación natural, aislamiento mejorado del sobre del edificio, uso de los materiales de construcción reciclados, adaptación de tamaño y forma del edificio a su uso previsto etc," Olivier Luneau, presidente de Sustainable Building Construction Initiative (SBCI).

### ***Ejemplos y antecedentes a considerar***

Cada clima posee características propias que generan distintos estilos de vida y de vivienda. Cada edificio debiera ser el resultado de procesos locales que combinen diversas pautas climáticas, culturales y tecnológicas sin depender de referentes extranjeros. La arquitectura bioclimática retoma estos conceptos por ser aquella en que la calidad ambiental y la economía de energía son obtenidas mediante el aprovechamiento racional de recursos naturales, contribuyendo al equilibrio del ecosistema donde está inserta. Pero es necesaria una metodología de evaluación más amplia que la bioclimática que es la que se está desarrollando actualmente en Uruguay. Es necesaria una concepción holística de los edificios, esto es más que una evaluación de recursos utilizados, es necesario evaluar estratégicamente los recursos utilizados y los recursos que se consumirán a lo largo de su vida útil. En la década del 90, en el contexto del desarrollo sustentable y de la crisis ambiental, muchos países desarrollan mecanismos para la evaluación del desempeño ambiental por medio de **proceso de certificación voluntaria de edificios**. Estas certificaciones permiten: una descripción de las características energéticas de los edificios; información sobre la eficiencia energética de los inmuebles y opcionalmente otorgan una calificación energética que puede incluir una serie de recomendaciones para la mejora energética del edificio (Vila, et al, 2008). **La mayoría de estas metodologías son europeas, optan por puntuar en un determinado aspecto en lugar de evaluar la globalidad del proyecto**. Muchas veces se pierde el verdadero sentido del concepto de sustentabilidad en la edificación, mucho menos se evalúa luego de ocupado el diseño utilizado para la satisfacción con el usuario.

La mayoría de los sistemas de evaluación se basan en indicadores de desempeño que atribuyen una puntuación. Por ejemplo: Building Research Establishment Environmental Assessment Method (BREEAM), Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency (CASBEE), Haute Qualité Environnementale (HQE), el software de la implementación the Green Building Challenge (GBC), Assessment method (GBTOOL), Leadership in Energy and Environmental Design (LEED) y el del Instituto de Pesquisas Tecnológicas de San Pablo (IPT).

### ***Europa, EEUU y Canadá***

En Europa, Estados Unidos y Canadá los principios bioclimáticos se comienzan a analizar a partir de la crisis energética y evolucionan con los conceptos relacionados a calidad del ambiente y sostenibilidad. En consecuencia han implementado programas, normas y proyectos demostrativos cuyo objetivo central es promover tecnologías de climatización de los edificios integrando eficiencia energética y energías renovables. Estas acciones han llevado a modificar, por lo menos en parte, la práctica proyectual y constructiva creando una conciencia de la necesidad de integrar el edificio con el ambiente y el clima de su entorno (Kibert, 2005). En un comienzo en Europa, el Consejo Directivo 93/76/CEE propone limitar las emisiones de anhídrido carbónico a partir de la implementación de la eficiencia energética en base al etiquetado de edificios. Este primer certificado consistía en solo la descripción de sus características desde el punto de vista de la energía, y dar así información a los futuros compradores. Pero no se tenía certeza de que era lo que se debía hacer, qué metodología seguir y, cómo se debería transmitir la información. Recién en el 2002 la Unión Europea incorpora como nuevo instrumento regulatorio la Directiva 2002/91/EU (EPBD- en inglés: Directive on the Energy Performance of Buildings) sobre desempeño energético de viviendas. Aunque igual continua con alguna ambigüedad es más claro respecto al marco de una metodología para la comparación de edificios pero faltan las normas que deben aplicarse en cada uno de los estados. Se podría dividir en tres áreas: a. requerimientos de energía; b. certificado de consumo de energía; c. inspección de los sistemas utilizados en el edificio. El EPBD toma en consideración la envolvente térmica considerando: el aislamiento térmico, la infiltración y la ventilación. A este concepto se le incorpora: la eficiencia en el agua sanitaria, de los sistemas utilizados en general así como la incorporación de energías renovables. Según critica Maldonado, (2005), este segundo acercamiento que si incorpora aspectos más globales del

desarrollo sustentable, perpetuó dos problemas irresolubles: cómo definir y medir estos aspectos en un edificio. Por otro lado, la Comisión Europea adoptó la comunicación de la política de productos integrada, que evalúa el ciclo de vida de los productos (traducido de Nemry et al, 2002)

Desde 1994 en EEUU se ha desarrollado el Leadership in Energy and Environmental Design (LEED), que define el edificio verde. Este programa evalúa cuán “amigable” es el edificio con el medio ambiente. Además ha generado un mercado del “edificio verde”, que según el reporte “Green Outlook 2011: Green Trends Driving Growth”<sup>5</sup>, ha acelerado el crecimiento del mercado de construcción verde a pesar de la actual recesión en EEUU. La construcción de proyectos verdes iniciados en 2010 era 50% más que en 2008, pasando de 42 millones de dólares a 71 millones, que representan el 25% de toda la nueva construcción, se proyecta que llegará a 135 millones de dólares en 2015.

Se ha avanzado significativamente en propuestas que rescatan los principios de la arquitectura bioclimática y el uso de energías renovables tanto en el ámbito de la investigación como de la praxis. El país con mayor desarrollo en poco tiempo, en este sentido ha sido Grecia, aunque estas visiones son perspectivas desde los países desarrollados, pero falta la adecuación hacia las políticas sociales de países subdesarrollados como el nuestro.

### ***América Latina***

Desde la década de los '90 diversas investigaciones han dado como resultado guías de diseño bioclimático (por ejemplo, México y Venezuela). Estas guías de diseño son específicas para vivienda, proponen para el verano y para condiciones climáticas medias, no usar energía para refrigeración; mientras que para el invierno plantean la disminución del uso de energía para calefacción. También grupos de varias universidades argentinas y brasileñas han desarrollado investigaciones en el tema. El proceso desarrollado por Brasil muestra cómo en pocos años se puede construir un etiquetado de edificios (pero solo en base a consumo de energía) y su inspección en Sudamérica, desarrollando un proceso de innovación propia, que consideró las reglamentaciones de otros países pero pensando en su propia realidad. Se definieron mecanismos de evaluación de la conformidad para clasificación del nivel de eficiencia energética de edificios después de un proceso que se inició en 2001 con la promulgación de la **Lei N° 10.295/2001** que dispone sobre la Política Nacional de Conservación y Uso Racional de Energía (BRASIL, 2001a). Enseguida, el Decreto n° 4059 de 19 de diciembre de 2001 (BRASIL, 2001b) reglamentó la Ley estableciendo “niveles máximos de consumo de energía, o mínimos de eficiencia energética, de máquinas y aparatos que consumen energía fabricados o comercializados en el País, así como las edificaciones construidas”. Este decreto crea el Comité Gestor de Indicadores y Niveles de Eficiencia Energética (CGIEE) por el cual los niveles mínimos de eficiencia energética deberían ser establecidos según un reglamento específico. En ningún caso se propone la evaluación ambiental estratégica, solo se observa el problema desde la escala micro (solo el consumo de energía) y no desde la evaluación de una política habitacional.

### ***Uruguay***

En el Uruguay, desde el año 1965 cuando el Arq. Rivero funda el Servicio de Climatología Aplicada a la Arquitectura en la Facultad de Arquitectura, se desarrollaron estudios, fundamentalmente teóricos, en este campo. Algunos de los principales trabajos tienen que ver con: estudios comparativos de eficacia de los parasoles fijos (1967); Especificaciones, normas de cálculo y nociones sobre acondicionamiento térmico de Viviendas (1970 a la fecha); Influencia de la forma, la orientación y otras variables del edificio en su relación térmica con el medio exterior (1988); Pautas de diseño para la prevención de condensaciones en los cerramientos (1990 en adelante); Previsión del desempeño térmico del edificio desde las primeras decisiones de proyecto (1993) y la calidad de la vivienda de interés social. Hacia una percepción ambiental del diseño (2001). En 1998 el Departamento de Clima y Confort en Arquitectura (DECCA) realiza un

<sup>5</sup> Disponible en: [http://construction.ecnext.com/coms2/summary\\_0249-360827\\_ITM\\_analytics](http://construction.ecnext.com/coms2/summary_0249-360827_ITM_analytics); acceso 16-3-2011

asesoramiento al Banco Hipotecario del Uruguay (BHU) *Proyecto de exigencias mínimas y recomendaciones para mejorar la calidad higrotérmica de las viviendas financiadas por el BHU*.

En los últimos años se han ejecutado o están en vías de concluirse algunas investigaciones que permiten dar el marco conceptual a esta tesis: "Un aporte a la eficiencia energética a partir del estudio de condiciones de confort térmico y lumínico en edificios de uso discontinuo para condiciones de clima templado. Estudio de casos" (2008 hasta la fecha); "Pautas de diseño bioclimático para el logro del confort y ahorro de energía en viviendas financiadas por el estado"; "Evaluación del comportamiento térmico de construcciones livianas en clima templado"; "Tratamiento de datos climáticos de localidades de Uruguay para evaluación térmica y energética de proyectos y edificios" y "Selección de programas de simulación para la predicción del comportamiento térmico de edificios".

El proyecto aporta datos sobre las viviendas construidas en la década del 90 por el Banco Hipotecario del Uruguay, y las estrategias de diseño más eficientes para el menor consumo de energía, pero no evalúa otros aspectos de las viviendas. En este caso no se toman indicadores de evaluación ambiental estratégica, y tampoco se evalúa la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>, que esta tesis sí analizará, solo se cuantifica la reducción del consumo de energía eléctrica, medida en la disminución en kilowatts hora (kWh).

Se ha promulgado la ley de ordenamiento territorial y desarrollo sostenible, en ella se plantea la EAE como un nuevo instrumento, pero no se ve la necesidad de aplicarlo a la residencia.

**Conclusión preliminar 2.1:** la dimensión ambiental incorporada en el proceso de planificación y particularmente en el sector residencial, mejora la calidad del plan o programa resultante, lo que pone en el centro de la evaluación al proceso de decisión, antes que al producto final del proceso. Si bien existen varias metodologías de evaluación en ningún caso se aplicaron a vivienda, la EAE es posible de ser aplicada a un programa de vivienda.

## 2.2. CAMBIO CLIMÁTICO (CC), EDIFICACIÓN Y EAE

"Cambio climático" es un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables (Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, 1994). Algunos científicos ponen en duda estos dichos, por ejemplo el aumento de la temperatura (Pérez y García 2005).

Sea que efectivamente aumente la temperatura o que sea la variabilidad intrínseca del clima, cuando se quiere planificar y pensar un determinado futuro posible para un territorio es fundamental tener presentes cuáles serán los forzantes externos que impactarán sobre este lugar. En este contexto de análisis de programas y políticas se entiende especialmente importante estudiar cómo el cambio climático impactará sobre nuestras decisiones. El 75 % de la población de las regiones más desarrolladas del mundo vive en áreas urbanas<sup>6</sup>. En Uruguay este porcentaje asciende a 91.8 según el censo 2004, Fase I (INE, 2004). Según la Unión Europea (2007), debido que la mayoría de las personas vive en ciudades, el análisis de los efectos de cambio climático tiene que vincularse con el entorno urbano construido<sup>7</sup>. Es por lo tanto esencial comenzar a incorporar los impactos potenciales de cambio climático en las estrategias de diseño de los edificios y la planificación urbana, ya que la consideración en una etapa temprana ayudará a prevenir o al

---

<sup>6</sup> House of Commons, Appendix 23 – Memorandum submitted by the Carbon Trust, House of Commons – Science and Technology – Appendices to the Minutes of Evidence, London, September 2002, Disponible en: <http://www.publications.parliament.uk>.

<sup>7</sup> European Union, Leipzig Charter on Sustainable European Cities, EU, Leipzig, 2007.

menos disminuir la presencia de impactos negativos como inundaciones o el recalentamiento de las construcciones (Roaf et al, 2005<sup>8</sup>, citado por Jentsch, 2008).

**¿Cómo es que el cambio climático podría impactar en el sector de edificación, específicamente en nuestras prácticas proyectuales?**

Si bien se presta mucha atención sobre los eventos extremos que sucederían con mayor frecuencia, el aumento leve pero inexorable de la temperatura de bulbo seco exterior tendrá un efecto significativo sobre demanda de energía para el acondicionamiento de los edificios.

Si analizamos las temperaturas exteriores, para temperaturas medias de 14°-15°C, las temperaturas de interiores estarán por encima 18°C, considerando un valor inferior de confort térmico para el período frío para actividades sedentarias (ASHRAE 55:2004); si a esto le sumáramos el incremento de temperatura todavía estaríamos dentro del rango de confort para el período frío. La relación entre clima y confort (Auliciems, 1981, Nicol et al, 2002, De Dear et al, 1997; González y Bravo, 2001) está largamente estudiada pero lo que es fundamental es conocer las tendencias climáticas esperables.

Pero cuando se proyecta que en el período caluroso (temperaturas exteriores superiores a los 18°C) habrá un incremento en las temperaturas, la demanda de refrigeración comenzará a aumentar, sobre todo en edificios de poca masa térmica o con áreas de vidrios superiores al 60%, ya que no podrán controlar los flujos de calor en el tiempo porque captan energía y no tienen masa suficiente para almacenarla en un tiempo y cederla en otro y/o porque captan demasiada energía. Las temperaturas máximas en estos edificios van a ser considerablemente más altas comparadas con los rangos de confort térmico (CIBSE, 2005).

**¿Qué cambios en el clima debemos enfrentar?**

Para poder analizar lo que sucederá, se observa lo que ya está ocurriendo con el clima. A continuación se extrae parte de lo expresado por el Plan Nacional de Respuesta al Cambio y la variabilidad climática de Uruguay (2010).

### **2.2.1. Tendencias climáticas globales y locales**

El calentamiento en superficie y capas bajas de la atmósfera es inequívoco como lo señala el último Informe del Panel Científico de Expertos sobre Cambio Climático de Naciones Unidas, (IPCC, 2007). Esto se puede verificar a partir del análisis de los registros de temperatura en superficie, que muestra una tendencia lineal a 100 años (1906-2005) de  $0,74 \pm 0,18$  °C, superior a la tendencia correspondiente de 0,6°C indicada en su Tercer Informe de Evaluación (IPCC, 2001) para el período 1901-2000. Este aumento de temperatura no está uniformemente distribuido en el globo, siendo mayor en los continentes que en los océanos y más acentuado en las altas latitudes septentrionales. El deshielo generalizado de nieves y hielos y el aumento del nivel del mar,  $1,8 \pm 0,5$  mm/año desde 1961 (IPCC, 2007) son señales directas adicionales del calentamiento global. **La mayor parte del aumento observado de la temperatura media mundial desde mediados del siglo XX se debe probablemente al aumento observado de las concentraciones de gases de efecto invernadero (GEI) antropógenos.**

#### **a) Escenarios climáticos globales**

Para esta tesis lo que nos interesa saber es cómo la comunidad científica internacional describe las variaciones climáticas que, con cierta probabilidad, pueden ocurrir bajo diversas hipótesis de evolución

---

<sup>8</sup> S. Roaf, D. Crichton, F. Nicol, Adapting Buildings and Cities for Climate Change—A 21st Century Survival Guide, Architectural Press, An Imprint of Elsevier, Oxford, UK, 2005.

socio-económica global, es decir emisiones de GEI, esto determina los llamados escenarios climáticos. En la imagen figura 2, se muestra algunos de los vínculos que interactúan al construir escenarios. Estos escenarios climáticos no deben ser entendidos como predicciones sino como descripciones de realidades posibles bajo diferentes senderos de desarrollo. Es así que la primera incertidumbre radica en la evolución de las emisiones de GEI, a lo cual se suma la incertidumbre debido a las limitantes en el conocimiento y lo que no es menor la modelización del sistema climático. Estas carencias se reflejan en la dispersión de resultados entre modelos climáticos y las herramientas básicas para la construcción de dichos escenarios. Algunas de las críticas más importantes provienen de que hay incertidumbre importante de las proyecciones realizadas por el IPCC (2007) ya que no representan adecuadamente las condiciones actuales en los océanos al inicio de las simulaciones. Considerando que los mismos varían en escalas de tiempo de 10 a 100 años, esto puede influir en las proyecciones.

El Reporte Especial de Escenarios de Emisiones (Special Report on Emissions Scenarios) (SRES por sus siglas en inglés) es un reporte preparado por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) y fue publicado en el año 2000. Los escenarios de emisiones descritos en este Reporte han sido usados para hacer proyecciones de los futuros escenarios de cambio climático, incluyendo aquellos basados en el modelo IMAGE 2.2 (Integrated Model for Assessment of the Greenhouse Effect), como los que han sido publicados en el Tercer Informe del IPCC (TAR), publicado en 2001, y en el Cuarto Informe del IPCC (AR4), publicado en 2007. Los escenarios SRES han sido contruidos para mejorar algunos aspectos de los escenarios IS92, los cuales fueron usados en el Segundo Informe del IPCC del año 1995.

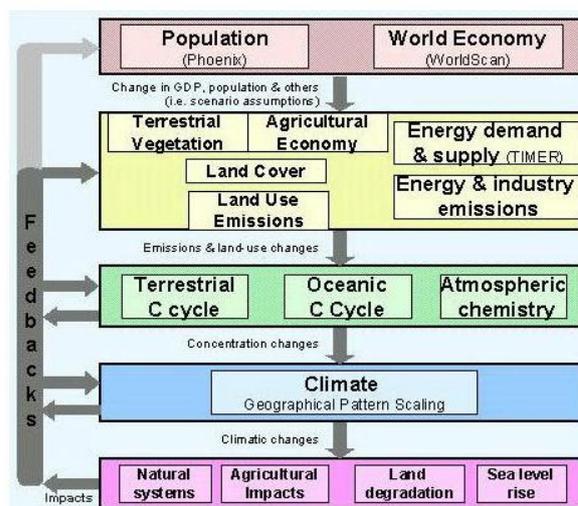


Figura 2. Modelo IMAGE 2. Fuente: <http://www.lenntech.es/efecto-invernadero/escenarios-ipcc.htm>. Acceso: marzo, 2011.

Estos escenarios de emisiones son un componente central de cualquier evaluación del cambio climático porque combinan desarrollo con políticas que implementan los Estados. En algunos el interés está puesto en lo global y en otros en lo regional y en otros existe una conciencia en el uso de los recursos naturales y en el otro no. Los forzantes son: el crecimiento poblacional, la riqueza, la matriz energética y los cambios en el uso de la tierra. Esto proporciona al IPCC las siguientes combinaciones (figura 3):

**- A1: globalización, énfasis en riqueza humana**

Globalizado, intensivo (se deja llevar por fuerzas del mercado)

**- A2: regionalización, énfasis en riqueza humana**

Regional, intensivo

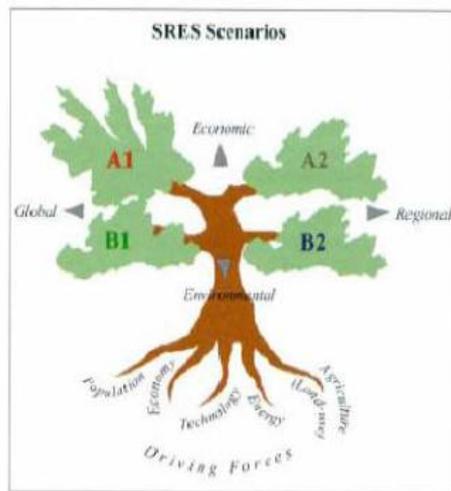
- **B1: globalización, énfasis en la sostenibilidad ambiental y equidad**

Globalizado, extensivo (desarrollo sostenible)

- **B2: regionalización, con énfasis en sostenibilidad y equidad**

Regional, extensivo

Figura 3. Forzantes de los escenarios Fuente: <http://www.lenntech.es/efecto-invernadero/escenarios-ipcc.htm>



Estos escenarios determinan incertidumbres (ver figura 4), ya que se manejan con hipótesis, como decíamos anteriormente “Como ejemplo de la magnitud de las incertidumbres debidas a los escenarios de emisiones y a la respuesta del sistema climático a los mismos, (cuando) se presentan las proyecciones de aumento de la temperatura media en superficie para el período 2090-2099 respecto del 1980-1999 (IPCC, 2007). En el escenario con mayor reducción de emisiones (B1) el intervalo probable de dicha aumento es entre 1,1 y 2,9 °C, siendo la estimación óptima 1,8 °C y para el escenario con mayores emisiones futuras (A2) el intervalo probable es 2,0 a 5,4 °C y la estimación óptima 3,4 °C” (Plan Nacional Respuesta al cambio Climático, 2010.)

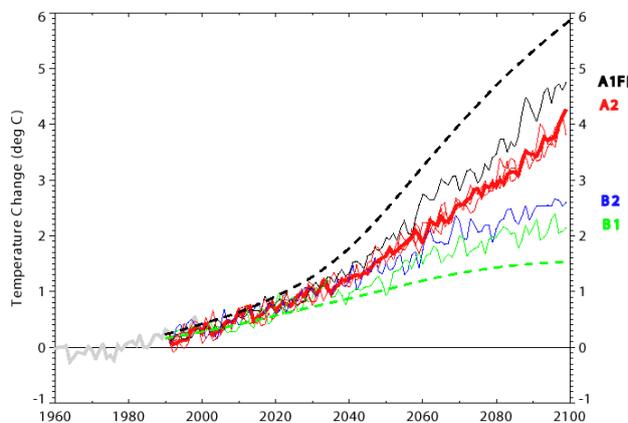


Figura 4. Diferentes estimaciones de aumento de la temperatura durante el siglo XXI en función de los cuatro escenarios (A1F1, A2, B1 y B2). Fuente: IPCC, 2007

### b) Escenarios: De lo global a lo regional y local

Como se explicitaba anteriormente si bien la **incertidumbre aumenta** y se ve acentuada al disminuir la escala espacial de lo global a lo regional y local, a los efectos de pensar en planificación de territorio y de diseño es sumamente importante tener una idea de hacia donde se dirige el clima

“Aunque se disponga de registros climáticos suficientemente largos y los mismos muestren tendencias estadísticamente significativas, no es inmediata la asociación de dichas tendencias al calentamiento global causado por el hombre. El clima varía en un continuo de escalas temporales desde las horas y días a siglos y milenios, por lo que tendencias en registros seculares pueden deberse a variaciones no asociadas al calentamiento global por el aumento de los GEI. Factores como cambios en el uso del suelo o contaminación local complican la detección de la señal de calentamiento antropogénica en escalas pequeñas... La determinación del impacto regional del cambio global viene necesariamente asociada a la comprensión de los procesos físicos que relacionan las variaciones globales con las locales, procesos que son de muy diversa índole y que no siempre están bien modelados. Si bien los modelos climáticos en que se basan los escenarios de futuro simulan el clima en cada punto de grilla del planeta, los valores locales tienen mucha mayor incertidumbre que los promedios planetarios -en donde se produce generalmente cancelación de errores-, tal como se puede estimar de la dispersión de valores entre distintos modelos y simulaciones. Es importante señalar que el análisis y monitoreo de cambios en los eventos extremos (p. ej. sequías, intensidad de precipitación) es aún más difícil que en el caso de promedios climáticos (p. ej. temperatura media) pues es necesario contar con series de datos con mayor resolución espacial y temporal. Por lo tanto la generación de escenarios climáticos regionales debe responder a una cuidadosa consideración de tendencias observadas, resultados de modelos numéricos y estado del conocimiento respecto a los procesos físicos involucrados” (Plan Nacional de Respuesta al Cambio climático, 2010).

### c) Algunas certezas: tendencias observadas en el clima de Uruguay y la región

#### ***Temperatura media***

En el sudeste de América que incluye al territorio uruguayo, la evolución de la temperatura media anual en el periodo 1901 al 1995 muestra una tendencia creciente sobre el período completo, configurando un crecimiento de las temperaturas medias anuales de aproximadamente 0.8°C durante el último siglo. Se observa que este incremento es sostenido desde finales de los años 70, acelerándose hasta el presente, habiéndose registrado los dos máximos históricos durante los últimos 5 años (Bidegain et al., 2005). En los últimos 50 años hubo una tendencia a una menor ocurrencia en el número de noches frías y un aumento del número de noches cálidas sobre todo durante el verano (Rusticucci y Renom, 2008). También hubo una disminución de los valores alcanzados por las temperaturas máximas anuales y un aumento en las temperaturas mínimas absolutas, evidenciando un enfriamiento de la época cálida del año junto con un calentamiento en la época fría (Rusticucci y Renom, 2008). Por último, se verifica una tendencia a menor frecuencia de días con helada meteorológica (Rusticucci y Renom, 2008).

#### ***Precipitación***

Para esta misma región durante 1960-2000 hubo un incremento significativo de la precipitación media (editores Barros, 2005). Este incremento se manifestó principalmente durante la temporada de verano y en menor medida durante la primavera (editores: Barros, et al, 2005) A su vez, se verifica una leve tendencia general al aumento en el número de días con eventos intensos de precipitación, excepto en el sudoeste del País (Haylock, et al 2006)

#### ***Viento y nivel del mar***

En lo que refiere al análisis de este parámetro se observó que durante 1950-2000 hubo un incremento significativo en la ocurrencia de sudestadas (con ondas de tormenta > 1,6 m), pero no así en las sudestadas extremas (con onda de tormenta > 2,05 m) (Bischoff, 2005). El nivel del mar en Montevideo registró una tendencia creciente promedio de 1,1 mm por año durante el siglo XX (Camilloni y Bidegain, 2005).

**d) Cuantificación de los gases de efecto invernadero en Uruguay**

El Inventario Nacional de Gases Efecto Invernadero (INGEI) 2004 (DINAMA, 2010) presenta las emisiones netas de GEI en Uruguay, fue realizado de acuerdo al protocolo del IPCC. El sector de la energía es el mayor productor de emisiones GEI de CO2. Básicamente se produce por la quema de combustibles fósiles y sus derivados. La contribución dentro del sector energía fue: Transporte (43,2%); Industrias de la Energía (25,6%); Agricultura, Silvicultura y Pesca (10,6%); Industrias Manufactureras y Construcción (10,5%); Residencial (7,3%) y Comercial (2,7%). Es decir que el sector edificación es responsable del 20.5% de las emisiones.

Tabla 1. Emisiones y remociones de gases de efecto invernadero, 2004. Fuente: PNRCC, 2010

CATEGORÍAS DE FUENTES Y SUMIDEROS	Cantidades emitidas (kton de masa total del contaminante)						
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	NO <sub>x</sub>	CO	COVDM	SO <sub>2</sub>
<b>Total Nacional de Emisiones Netas</b>	<b>-4.909,02</b>	<b>887,35</b>	<b>39,30</b>	<b>38,76</b>	<b>285,97</b>	<b>43,81</b>	<b>51,50</b>
<b>1 Energía</b>	<b>5.122,62</b>	<b>1,40</b>	<b>0,11</b>	<b>38,11</b>	<b>279,20</b>	<b>25,96</b>	<b>51,08</b>
1A Quema de combustibles (Método Sectorial)	5.122,62	0,49	0,11	37,99	278,77	24,58	49,08
1B Emisiones fugitivas de los combustibles		0,92		0,13	0,43	1,38	2,00
<b>2 Procesos industriales</b>	<b>317,19</b>			<b>0,05</b>	<b>0,20</b>	<b>17,84</b>	<b>0,42</b>
<b>3 Solventes y Usos de otros productos</b>							
<b>4 Agricultura</b>		<b>821,52</b>	<b>38,94</b>	<b>0,59</b>	<b>6,57</b>		
<b>5 Cambio en el Uso de la Tierra y Silvicultura</b>	<b>-10.348,83</b>						
<b>6 Desperdicios</b>		<b>64,42</b>	<b>0,25</b>				
<b>PARTIDAS INFORMATIVAS:</b>							
<b>Bunkers Internacionales</b>	<b>1.198,59</b>	<b>3,6E-03</b>		<b>29,94</b>	<b>0,86</b>	<b>0,03</b>	<b>16,35</b>
<b>CO2 generado por la quema de biomasa</b>	<b>2.038,96</b>						

CATEGORÍAS DE FUENTES Y SUMIDEROS	Cantidades emitidas (kton de masa total del contaminante)					
	HFCs		PFCs		SF <sub>6</sub>	
	Potenciales	Actuales	Potenciales	Actuales	Potenciales	Actuales
<b>Total Nacional de Emisiones Netas</b>	<b>1,8E-02</b>	<b>6,8E-04</b>	<b>NO</b>	<b>NO</b>	<b>NE</b>	<b>6,0E-05</b>
<b>2 Procesos industriales</b>	<b>1,8E-02</b>	<b>6,8E-04</b>	<b>NO</b>	<b>NO</b>	<b>NE</b>	<b>6,0E-05</b>

**e) Proyecciones en el clima de Uruguay y la región: básicamente trabajar con la incertidumbre**

Para realizar proyecciones sobre el clima, pasando de la escala global a la escala regional, se utilizan técnicas de reducción de escala espacial (“downscaling”). Dichas técnicas que pueden ser dinámicas o estadísticas, inevitablemente aumentan la incertidumbre de las proyecciones. Por tanto, las proyecciones del clima sobre Uruguay y más aún aquellas realizadas a escalas menores (p. ej. La escala de esta tesis que sería del área metropolitana de Montevideo) tienen mayor incertidumbre que las regionales y globales.

Considerando los cambios de campos medios proyectados para fin de siglo XXI en relación con el fin del siglo XX, los modelos climáticos proyectan un aumento de temperatura media entre 2 a 3 °C para nuestra región, y un aumento de entre un 10% a 20% en el acumulado anual de precipitaciones (Bidegain, 2005) . **El aumento de lluvias se proyecta fundamentalmente para la estación de verano.** Es importante señalar que la precipitación es el campo meteorológico más difícil de simular por los modelos climáticos, **por lo que los cambios sugeridos por los modelos para esta variable deben ser tomados con mucho cuidado.**

De todas las proyecciones a la hora de evaluar cómo impactará en las decisiones de diseño se considerarán las siguientes: **aumento significativo en el número de noches cálidas; aumento en la duración de eventos extremos y aumento significativo en la intensidad de la precipitación.**

f) **Proyecciones y tendencias sociales en contexto de cambio climático: escenarios macroeconómicos**

A continuación se presenta lo expresado por el Informe del Estudio Nacional de Economía del Cambio Climático de Uruguay que se inscribió en el Estudio Regional de Economía del Cambio Climático en Sudamérica (ERECC-SA), una iniciativa de la Comisión Económica para América Latina (CEPAL) (Coordinador: Barrenechea, 2009).

Al igual que cuando hablábamos de escenarios climáticos para los aspectos económicos un escenario es “una descripción coherente, internamente consistente y plausible de un posible estado futuro del mundo” (Carter et al, 1994) y difiere de un pronóstico en que este último se refiere al estado más probable, mientras que el primero es una visión, una “fotografía” del futuro construida hoy, **bajo un conjunto de hipótesis sobre las variables consideradas clave para el objetivo por el cual es construido**. Los escenarios y tendencias socioeconómicos constituyen un conjunto de variables de este tipo que, en su sentido más amplio, describen el estado y tamaño de una sociedad en el futuro. “En Uruguay, no se ha utilizado habitualmente esta herramienta para la elaboración de políticas y/o estrategias gubernamentales, excepto en la actualidad que la Oficina de Planeamiento y Presupuesto (OPP) de la Presidencia de la República ha construido tres escenarios socioeconómicos (**de mínima, intermedio y normativo estratégico**) como base para una planificación estratégica al año 2030, los cuales han sido ya oficialmente presentados” (Barrenechea, 2009).

En este trabajo todos los escenarios socioeconómicos toman como base el de Modelo de Insumo Producto: es una herramienta que permite evaluar las interrelaciones e interdependencias existentes entre los diferentes sectores productivos de una economía, cuyos datos son fáciles de encajar en los modelos macroeconómicos destinados a analizar las relaciones entre la demanda final y los niveles de producción por actividades económicas, con una estática comparativa, entre el año base y el horizonte del escenario, que opera con un conjunto importante de sectores de actividad, con sus insumos intermedios, valores agregados y variables de demanda final.

***Tipos de escenarios OPP:***

**De mínima:** se espera un uso intensivo de recursos naturales, con ampliación del área agrícola y forestal, a la vez que el país impulsa desarrollos tecnológicos e innovación a múltiples niveles, pero que no cambia su perfil agroexportador, en especial por la influencia de grandes inversiones en el complejo forestal-maderero. Responde a una situación de baja dinámica como la observada en décadas pasadas. El escenario de mínima plantea un crecimiento del PBI del 2,1% anual.

**Intermedio:** uso intensivo de recursos naturales, con ampliación del área agrícola y forestal, a la vez que el país impulsa desarrollos tecnológicos e innovación a múltiples niveles, pero que no cambia su perfil agroexportador, en especial por la influencia de grandes inversiones en el complejo forestal-maderero. Dinámica económica similar a épocas recientes, eleva el PBI al 3,9% anual.

**Normativo estratégico:** los mejores resultados sectoriales que podrían alcanzarse. Muestra un crecimiento del 5,3% anual del PBI per cápita, muy superior a la tendencia histórica.

Al igual que en esta tesis, el trabajo anteriormente explicitado, utiliza los escenarios climáticos: A2 y B2 del IPCC. Como ya se expresó, el primero refiere a una economía internacional dinámica, con bajas restricciones al comercio y elevado uso de recursos naturales, que genera un aumento de las concentraciones de CO<sub>2</sub> en la atmósfera superiores a las actuales, con mayor temperatura y variabilidad de las precipitaciones, aumento en el nivel medio del mar y mayor frecuencia e intensidad en los fenómenos climáticos. El escenario B2 presentaría una menor dinámica, restricciones al comercio y cierto cuidado de los recursos naturales y el ambiente, con menor aumento de temperatura y variabilidad de precipitaciones y en síntesis menor calentamiento global. Posteriormente se los vinculo a solo dos de los escenarios de la OPP: el de **mínima e intermedio**. Esta tesis tomará lo que expresa Barrenechea: “... estudio denominaremos **A2 al escenario intermedio** por su dinámica y uso de recursos naturales, acceso a los mercados internacionales y desarrollo del modelo agroexportador con alguna intervención para impulsar sectores con

alto contenido tecnológico. El desarrollo del sector agropecuario y la industrialización subsiguiente (con grandes inversiones externas) son las claves del desarrollo. Se observarían altas tasas de inversión y un mayor apoyo del Estado a la población de menores ingresos por la posible redistribución regresiva del ingreso de este modelo exportador. En el caso del **escenario de mínima**, que denominaremos aquí **B2**, la dinámica es menor, hay mayor cuidado del recurso natural y por ende menor penetración de los cultivos agrícolas y la forestación, con un mejor desempeño de la producción de carnes, por mayor área". En este trabajo de Barrenechea, 2009 se utilizó el Modelo de Insumo Producto de estática comparativa para construir escenarios socioeconómicos para los años 2030, 2050, 2070 y 2100, a precios del año 2006. En él se presentan "tasas de crecimiento del 3,7% anual al 2030, por la influencia de las grandes inversiones y expansión agrícola y forestal, que se desaceleran y reducen al 2,1% anual al final del horizonte de pronóstico en el Escenario A2, mientras que se ubican en 2,3% y 1,4%, respectivamente, en el Escenario B2". Para esta tesis se toman esas tasas de crecimiento del PBI, para los años 2010 y 2020.

Tabla 2. . Variación porcentual del PBI global y per cápita por escenario. Fuente: Modificado de Barrenechea, 2009.

Escenario A2					
Período	US\$ miles	%var.anual	%var. Anual registrado Banco Central Uruguay	Población proyección INE	PBI en US\$ 2006 per capita
<b>2006</b>	<b>20,067,258</b>			<b>3,314,466</b>	6.054
2010	24,702,748	3.790	8.800	3,356,584	7.359
2020	36,291,474	3.790	-	3,471,747	10.453
<b>2030</b>	<b>49,039,098</b>	<b>3.790</b>	-	<b>3,577,939*</b>	13.706

Escenario B2					
Período	US\$ miles	%var.anual	%var. Anual registrado Banco Central Uruguay	Población proyección INE	PBI en US\$ 2006 p.c.
<b>2006</b>	<b>20,067,258</b>			<b>3,314,466</b>	6.054
2010	22,412,264	2.31	8.8	3,356,584	6.677
2020	28,274,779	2.31	-	3,471,747	8.144
<b>2030</b>	<b>34,723,570</b>	<b>2.31</b>	-	<b>3,577,939*</b>	9.705

### 2.2.2. Revisión metodológica: EAE y CC

Si bien existen varias propuestas metodológicas de EAE (BID, 2003; Jiliberto, 2009; entre otras) y varios ejemplos de aplicación en América Latina y Europa no hay consenso de "la metodología de aplicación" de la EAE. En ningún caso se aplicó a un Programa de vivienda social.

De acuerdo a entrevistas realizadas a las directoras de área de la Dirección Nacional de Ordenamiento Territorial, la guía metodológica de la evaluación ambiental estratégica, EAE, es la utilizada por el MVOTMA como base para la aplicación de esta herramienta en los instrumentos de ordenamiento territorial (IOT). A continuación se detalla el proceso de EAE que propone la guía incorporando el CC (ver figura 5). Este procedimiento se organiza en siete etapas, con tres fases importantes:

**Fase 1. Marco ambiental:** Etapa 1.1. Establecimiento del Marco Ambiental Estratégico, cuyo objetivo es definir las bases de la EAE y sus objetivos específicos. Esto significa: i) entender el proceso de decisión que se está evaluando, ii) entender su contexto institucional, determinado tanto por leyes y

normas como por otras políticas, planes y programas, iii) alcanzar una primera comprensión de la dimensión ambiental estratégica del plan o programa evaluado (objetivos ambientales, criterios ambientales, alternativas ambientales), iv) establecer el marco de agentes relevantes para el plan y la EAE, en base a todo lo anterior, v) definir las prioridades y el programa específico de EAE. Productos de esta fase: objetivos de la EAE y documento Marco de la EAE. Si ahora a la EAE se le incorpora el tema del cambio climático, se debe tener presente dos temas básicos: cuál es marco institucional vinculado al CC, determinar y asumir las responsabilidades que al programa en este caso le correspondan como causante del CC, pero también determinar cómo puede adaptarse y mitigar el CC. Plantear las opciones estratégicas posibles. ¿Qué es estratégico?. “Una **decisión estratégica** pretende influir en la estructura en la cual tienen lugar las acciones rutinarias en un marco de política. En general, las decisiones estratégicas miran al largo plazo, porque las estructuras no se modifican a corto plazo. El largo plazo no condiciona el tipo de decisiones que pueden ser estratégicas”(PNUMA, 2010). **Etapa 1.2. Alcance de EAE.** El objetivo **es socializar y consensuar las determinaciones sobre la EAE** del plan evaluado a las que se ha arribado en la fase anterior. Se inician las consultas con los actores sociales (las autoridades con competencia en el plan y otros grupos de interés), con el fin de acordar el alcance de la EAE y su nivel de detalle. Como resultado de esta fase se dispondrá de un documento marco de la EAE consensuado, el que guiará el proceso posterior de EAE.

**Etapa 1.3. Modelo de Evaluación.** Determinar cuáles son las herramientas analíticas que permitirán llevar a cabo las actividades de evaluación planteadas; se debe considerar aquí los aspectos de cambio climático (ej emisiones GEI, cambio en los usos del suelo, etc). En esta etapa se establece a un **modelo de evaluación**, un sistema de información y las herramientas de análisis y evaluación ambiental de opciones. Se entiende que la evaluación permite establecer el valor de los criterios definidos para la toma de decisión, con objeto de dirimir cuál de las opciones alternativas es mejor o más satisfactoria, y por tanto debe ser seleccionada; dentro de estos criterios se deberá considerar el cambio climático en el modelo de evaluación. **Etapa 1.4. Diagnóstico Ambiental.** Esta fase se debe llevar a cabo de forma autónoma a las otras actividades de planificación se pretende determinar el ámbito de la política que esta siendo sujeto de planificación. Se establecen las dinámicas ambientales **sectoriales más relevantes**, así como los problemas ambientales. **Etapa 1.5. Evaluación Ambiental de Opciones Alternativas.** En esta etapa se evalúan las opciones consideradas diferentes. Esto es fundamental, se debe cuantificar mitigación y la adaptación al CC de cada una de las variantes.

**Fase 2. Prevención y Seguimiento.** Se debe definir cómo seguir y evaluar las distintas alternativas en función de lo expuesto en la fase 1, se generan recomendaciones al proceso de implementación del plan o programa.

**Fase 3. Elaboración y Consulta de Informes Finales.** El proceso de EAE finaliza con la fase de elaboración y consulta de informes finales. En las fases anteriores se han llevado a cabo procesos de participación, por lo que ésta no comienza, sino que se cierra en esta última fase.

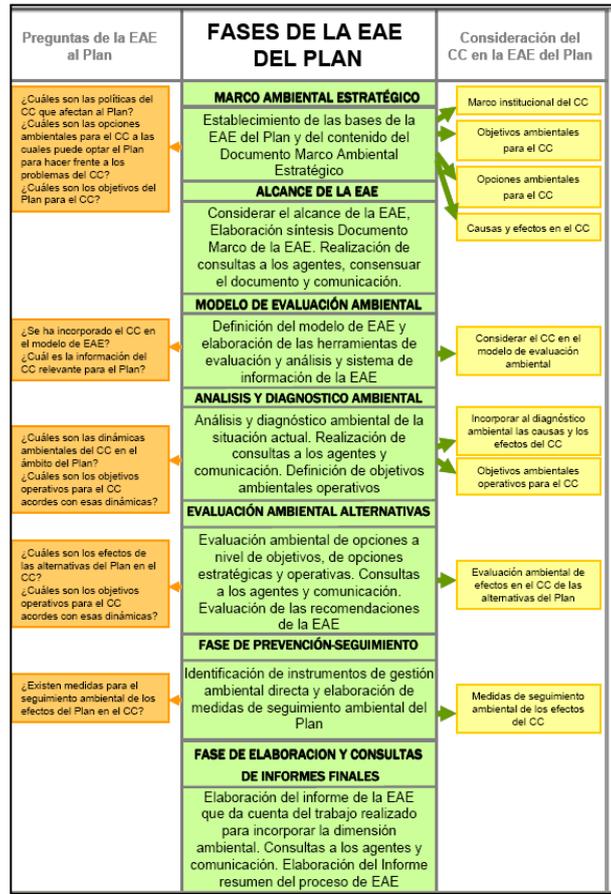


Figura 5. Fases de la metodología EAE. Fuente: TAU Consultora Ambiental

De acuerdo al anexo de la guía que se entiende sustancial para este trabajo: “En este sentido, y de forma general, la EAE debe asegurarse que en el plan se toman en consideración los efectos globales y ambientales del CC, se consideran los objetivos para reducir los efectos del CC en coherencia con los establecidos por las políticas a este respecto a nivel internacional, nacional o regional y se toman en consideración las opciones ambientales de política, y de la planificación, bien para prevenir, bien para adaptarse al CC. Posteriormente, la EAE debe hacer una evaluación de los efectos ambientales que en relación al CC pueden generar las alternativas del plan, y asegurarse de que los resultados de la evaluación se toman en cuenta en el plan. Finalmente, la EAE debe proponer unas medidas para el seguimiento ambiental de los efectos del plan en el CC.”

**Conclusiones preliminares 2.2: El calentamiento global pondrá a las ciudades en riesgo. Con la trayectoria actual del cambio climático estamos entrando en una era de creciente vulnerabilidad urbana. El ritmo acelerado de urbanización en las ciudades aumentará significativamente la vulnerabilidad de las áreas urbanas a los peligros naturales y antrópicas de la urbanización. Para analizar cómo será ese probable clima futuro serán necesarios escenarios que hipotetizan un desarrollo y plantean cómo se modificarán las variables del clima. Los más vulnerables son los pobres, por lo que el programa de vivienda social, apunta en este sentido. No existe un consenso sobre las partes que constituyen la EAE, sin embargo las etapas planteadas en la guía ambiental son las utilizadas por el MVOTMA.**

## 2.3. PROGRAMA HABITACIONAL: PRECIO, PROYECTO Y TERRENO

### 2.3.1. Sistema habitacional

Según el especialista en Políticas habitacionales Jorge di Paula “El Sistema habitacional está conformado por los espacios y servicios habitacionales desplegados en dos escalas fundamentales: la vivienda y el hábitat que deberán ser producidos, distribuidos y consumidos en la casa, el barrio y en la ciudad, por la familia, los vecinos y la sociedad” (Di Paula, 2010<sup>9</sup>). El Sistema Habitacional se define como aquel que tiene por objetivo atender la problemática habitacional de la población. Entendida esta última como la que surge de considerar las debilidades y fortalezas del espacio habitado por un grupo humano para su reproducción biológica, psicológica y social cotidiana; es decir la producción y reproducción de la vida de los seres humanos en los asentamientos humanos regulares e irregulares. “Las particularidades del Sistema Habitacional implica un abordaje interfactorial (múltiples causas) interactorial (múltiples representantes sociales y económicos) intersectorial (múltiples organismos del Estado) e interdisciplinario (múltiples campos del conocimiento)” (Di Paula, 2010<sup>10</sup>). El problema básico se centra en el análisis de la GESTIÓN. La Gestión Habitacional es muy compleja esto deriva de la multiplicidad de perspectivas de abordaje de la problemática: urbana, jurídica, cultural, política y ambiental.

### 2.3.2. Política Habitacional

La Política habitacional está orientada a satisfacer las necesidades emergentes de los distintos componentes del Sistema Habitacional, tiene una **aplicación a todo el país**, y se va particularizando en los Planes Quinquenales. Luego de la reinstitucionalización democrática, 1985 aproximadamente, los organismos públicos empezaron a depender de la oferta empresarial de tierras para la construcción de vivienda social. Es en ese momento que surge el programa habitacional: Precio Proyecto Terreno, (PPT). En el cual el promotor decidía la localización del conjunto de vivienda. Se punteaba de forma distinta de acuerdo a si su localización estaba en las prioridades políticas de localización.

Según Altair Magri (2002) analizando las políticas habitacionales en nuestro país entre el 90 y el 2000 (que es período del análisis de esta tesis) expresa “En el período 1990-1995, se registran grandes cambios en la orientación de las políticas de vivienda, reconfigurándose el diseño de producción ...orientado a desmonopolizar al Estado en múltiples dimensiones de intervención. En cuanto a la distribución de políticas de vivienda, fue creando por un lado, un Ministerio con criterios de asistencialismo y por otro rediseñando el mercado de vivienda para franjas de demanda solvente, **incorporando al mercado privado a la arena de competencia e introduciendo en ésta al BHU con competencias de banco financiero**. La fundamentación reformista, argumentó que las instituciones estatales fueron ineficientes para solventar la demanda insatisfecha y para producir resultados positivos en el déficit de vivienda social para franjas carenciadas. “Se gastó mucho y se beneficiaron franjas sociales con capacidad de acceso autónoma”.<sup>11</sup> La reforma propone un rediseño institucional donde se delimitan las competencias y se reasignan los roles. A la vez, se redimensiona la visión de la asignación pública con nuevos criterios sobre la composición de la demanda, estratificándola en dos grandes bloques, la demanda solvente (con ingresos mensuales de más de 60 UR) y la demanda no solvente (con ingresos menores a 60 UR). El BHU pasó de ser banco con destino social a banco con destino financiero, volcado a atender la demanda de franjas de la población solvente y promotor de la intervención privada ofreciendo además líneas de créditos a las empresas para invertir en viviendas categorías II, III y IV. Para este segmento, el BHU actúa simultáneamente como operador financiero, programador, ejecutor y asignador de recursos con fondos propios”. Esto llevo a que en el período de análisis de esta tesis la mayor cantidad de viviendas financiadas por el Banco Hipotecario del Uruguay (BHU) básicamente se localizará en el área metropolitana de Montevideo.

---

<sup>9</sup> Clase del seminario Interáreas: Clase Hábitat y vivienda, Facultad de Arquitectura Primer semestre 2010

<sup>10</sup> Di Paula, op cit

<sup>11</sup> Plan de Vivienda 1995-2000.

La Producción estatal se denomina entonces “Promoción Pública” pues los organismos competentes del Estado ponen en marcha diferentes procesos de articulación de recursos de proyecto, tierra y capital, dejando **la organización técnica productiva de la construcción en manos de las Empresas Privadas** que compiten en licitaciones públicas y la venta de las viviendas en manos del Estado. La Promoción pública puede asumir solo el financiamiento de propuestas privadas de localización de las viviendas, del proyecto arquitectónico y del precio, lo que se ha denominado PPT (ver detalle del modelo tabla 3).

En los PPT “...el BHU decidía en primer instancia las posibles localizaciones para el llamado (podía ser en un barrio, una localidad ó para todo el país. Los oferentes presentaban un "paquete" a) Un terreno + b) Un ante-proyecto de viviendas para ese terreno + c) Un precio para el terreno y un precio para la construcción de esas viviendas” (Entrevista realizada al Arq. Franco (Gerente del Área Programas Habitacionales del BHU). El rol del Estado, “como constructor y financiador de la oferta sólo en forma subsidiaria, por licitación o prefinanciamiento del subsidio, que serán utilizadas en localidades pequeñas ....por la falta de iniciativa privada”. “En ese contexto serán las empresas las que deberán presentar los proyectos, los cuales serán aprobados por el Ministerio, así como financiada su construcción por la empresa.” (Plan Vivienda 1995-2000). Algunos críticos que recibe esta modalidad, refiere al incremento de los precios en los productos habitacionales (llegando a alcanzar costos iguales a los de la construcción en barrios de alto poder adquisitivo) en forma considerable como consecuencia de la ineficacia y la especulación obligando a aplicar fuertes subsidios (COSOCO, 2003). Se muestra a continuación las diferencias en la gestión que realiza Magrí (2002) para analizar la política habitacional en la década de estudio de esta tesis. La mayoría de los conjuntos analizados en la muestra corresponde al modelo oferta.

Tabla 3. Modelos de gestión en política habitacional entre 90 y el 99. Fuente: Magrí, 2002

	<b>Modelo “vaucher”</b>	<b>Modelo oferta.</b>
	<b>Período 90-95</b>	<b>Período 95-99</b>
<b>Inscripción:</b>	registro demanda	registro demanda
<b>Postulación:</b>	requisitos por ingreso	requisitos por ingreso
<b>Adjudicación:</b>	puntaje de ponderación	puntaje de ponderación
<b>Elección Adjudicatario:</b>	vivienda nueva o usada	viv. nueva licitada por el MVOTMA
<b>Asignación:</b>	certificado valor en dólares	asignación de una vivienda nueva
<b>Relación del beneficiario con el MVOTMA:</b>		
<b>luego del subsidio total:</b>	ninguna obra	Seguimiento pos-obra
<b>luego del préstamo:</b>	administración deuda pos-obra	Administración deuda y pos-obra

**Qué pasa en la actualidad con este programa habitacional?**

**Actualmente según el diario La República del 7/1/2011** “En torno a la supervisión y certificación de avances de obra para PPT (Proyecto, Precio, Terreno) financiados por el MVOTMA se han culminado en el período 11 conjuntos PPT, 7 en Montevideo y 4 en el Interior, con un total de 399 viviendas, se encuentran en obra otros 29, 12 en Montevideo y 17 en el Interior, con un total de 1098 viviendas”. Es decir que actualmente sigue siendo una de las líneas de acción del MVOTMA, para llevar a cabo su política habitacional. La elección de este programa habitacional para ser analizado, se basó en las siguientes razones: la implementación de la EAE en el PPT, no duplica esfuerzos, sino que podría integrar el proceso de toma de decisiones que está en curso, existe explícita voluntad política de llevar adelante el proceso de EAE (en noviembre del 2007 el MVOTMA capacitó a sus técnico en esta metodología) y además se tiene acceso a información de este programa.

**2.3.3. Criterios de selección de los proyectos en el PPT**

A partir de la entrevista al Arq. Franco se expone que los criterios de selección de ofertas no están previamente explicitados. Él agrega “Luego (de la presentación de la propuesta), un jurado conformado por 2 arquitectos en representación del BHU, y un arquitecto en representación de los participantes (elegido entre los miembros del jurado de la Sociedad de Arquitectos) "ranqueaba" los paquetes evaluando ubicación, proyecto y precio. Esta lista era aprobada por el Directorio del BHU y luego sometida a consideración de los clientes realizando una venta previa. En teoría una vez que un "paquete" alcanzaba el % de venta previa estipulado (normalmente 70%) el BHU compraba el terreno, realizaba el estudio del proyecto ejecutivo y una vez aprobado, se firmaba contrato por la construcción de las viviendas. Lamentablemente este % de venta previa no se respetó siempre”.

Mientras que en el MVOTMA de acuerdo a la entrevista realiza al Arq. Dos Santos, Encargado del Departamento de Desarrollo de Proyectos: MVOTMA – DINAVI, “los criterios de selección de proyectos están previamente explícitos en el pliego de condiciones”.

Si bien los Pliegos de condiciones son aplicables a cada uno de los llamados a licitación, como lo expone en su entrevista el Arq. Dos Santos, los criterios de selección de la propuesta ganadora, no difieren sustancialmente por lo que a continuación se analiza el art. 15,3 de la Sección II de un pliego de 2008 que expone cuál sería la oferta más ventajosa.

**“Se entiende por oferta más ventajosa aquella propuesta que cumpla con las siguientes condiciones:**

**a) alcance el máximo puntaje “P” y**

**b) el valor del m<sup>2</sup> habitable de la oferta no supere los siguientes valores :**

**\$ 19.600** (pesos uruguayos diecinueve mil seiscientos) para la tipología bloque sin ascensor.

**\$ 20.700** (pesos uruguayos veinte mil setecientos) para la tipología torre con ascensor.

**\$ 22.600** (pesos uruguayos veintidós mil seiscientos) para la tipología dúplex.

**Los valores del m<sup>2</sup> habitable están calculados para el mes de octubre de 2008.**

El puntaje “P” se definirá según la siguiente ecuación:

$$P = 0,5 \times A + 0,10 \times T + 0,40 \times B$$

**(Puntaje total máximo 100 Puntos)**

Donde:

**A= Puntaje de comparación en el aspecto económico de la obra** (Puntaje Máximo 100 Puntos)

**T= Puntaje de comparación del costo del terreno en relación con el número de viviendas ofertadas** (Puntaje Máximo 100 Puntos)

**B= Puntaje de comparación en el aspecto Urbano-Arquitectónico** (Puntaje Máximo 100 Puntos)

Para el caso de las ofertas con dos emplazamientos, la puntuación se realizará independientemente para cada predio considerado como proyecto independiente y de tal modo que cada uno de los proyectos considerados por separado deberá cumplir con las condiciones y los mínimos establecidos. A los efectos de la comparación de las ofertas se tomará como puntaje de la oferta considerada el obtenido como promedio de los puntajes de cada uno de los emplazamientos.”

Si ahora de desglosa como se puede obtener ese puntaje denominado “P”; como se deci se desglosa en: Puntaje: A, T y B

#### **Determinación del puntaje A : máximo 100 puntos**

“Al sólo efecto del puntaje “A”, se considerará el precio del metro cuadrado habitable (P/M H) de viviendas calculado de la siguiente forma:

$$P/M H = \frac{M O}{T M H}$$

**T M H**

Donde:

**M O** = Monto de la Obra = Monto Total de la Obra (impuestos incluidos) + Monto máximo Imponible declarado

**T M H** = Total de metros cuadrados habitables de viviendas ofertadas.

A estos efectos se define el total de metros cuadrados habitables de vivienda de la siguiente manera:

$TMH = \frac{2}{2}$  Total de M2 habitables = sumatoria de la superficie interior libre de todas las viviendas + muros.

Serán incluidos en esta sumatoria los siguientes muros:

- los muros exteriores de las unidades de vivienda, computados de 20cm.
- los muros divisorios entre unidades de viviendas y espacios comunes, computados de 20cm.
- los muros divisorios entre unidades de vivienda y los muros medianeros, tomados a eje...

La oferta que contenga el menor precio por metro cuadrado habitable así calculado obtendrá el máximo puntaje de 100 Puntos. Las demás ofertas obtendrán un puntaje inversamente proporcional”

#### **Determinación del puntaje “T”: máximo 100 puntos**

Para determinar el puntaje “T” se calculará el valor promedial de la siguiente manera:

**PT / N° de Viv. = Precio del terreno .**

N° total de viviendas

La oferta que obtenga el menor valor así calculado obtendrá el máximo puntaje “T” de 100 Puntos.

Las demás ofertas obtendrán un puntaje inversamente proporcional.

#### **Determinación del puntaje “B”: máximo 100 puntos**

En la determinación del puntaje “B”, del Proyecto, intervienen los siguientes parámetros con la correspondiente puntuación.

##### **I.- Localización del predio: máximo 15 puntos**

En este ítem se calificará de acuerdo a la zona en que el mismo esté ubicado, exclusivamente con los puntajes indicados.

Las zonas a las que se hace referencia están determinadas en las denominadas “Áreas del llamado”.

- a) Si el predio está ubicado dentro de la Zona 1: **15 puntos**
- b) Si el predio se encuentra dentro de la Zona 2: **10 puntos**
- c) Si el predio se encuentra dentro de la Zona 3, ó a una distancia igual o menor de 200 m de una avenida o bulevar: **5 puntos**
- d) Si el predio se encuentra dentro de la Zona 4: **0 punto**

##### **II.- Aspectos de la implantación del proyecto en el predio: máximo 20 puntos**

e) El proyecto integra satisfactoriamente la normativa vigente y las pautas de la morfología del tejido urbano: **de 0 a 10 puntos.**

f) El partido arquitectónico aprovecha las características y potencialidades del predio en cuanto a la organización general y la espacialidad generada: **de 0 a 10 puntos**

##### **III.- Resolución constructiva: máximo 20 Puntos**

En este ítem se calificará según los siguientes sub-ítems y exclusivamente con los puntajes indicados:

- g) Resolución constructiva sin observaciones técnicas de consideración: **20 puntos**
  - h) Resolución constructiva con observaciones técnicas de menor entidad subsanables: **15 puntos**
  - i) Resolución constructiva con observaciones técnicas de mayor entidad pero subsanables: **5 puntos**
- Los sistemas constructivos con observaciones técnicas insubsanables no serán recomendados.

##### **IV.- Aspectos funcionales: máximo 30 Puntos**

Este ítem está compuesto por los siguientes sub-ítems:

###### **1. - Tipología de las unidades de vivienda: se puntuará de 0 a 15 Puntos**

A modo indicativo, se considerará positivamente para la valoración de este ítem:

- j) La adaptación de las unidades a las diferentes ubicaciones dentro del conjunto o edificio y con relación a la vía pública o espacios interiores.
- k) La calidad funcional de las unidades de vivienda en cuanto a la distribución de los locales y optimización de espacios de circulación.
- l) La calidad funcional y espacial de los locales de las unidades de vivienda en cuanto dimensiones y proporciones.
- m) Que los diferentes tipos de unidades permitan alternativas equivalentes de distribución del equipamiento

Nota: si el presente ítem 1 calificase con menos de 3 puntos, la oferta no será recomendada.

###### **2. Resolución funcional del conjunto o de los edificios: se puntuará de 0 a 15 Puntos**

A modo indicativo, se considerará positivamente para la valoración de este ítem 2 :

- n) Una adecuada resolución circulatoria interna del conjunto o del edificio.
- o) Una adecuada resolución funcional interna del edificio.
- p) La accesibilidad y transitabilidad del conjunto y/o espacios comunes del edificio.”

**Conclusiones preliminares 2.3.:** La realidad ha mostrado que la Política Habitacional ha sido con mayor frecuencia una Política de Construcción de Viviendas y una Política de Gobierno que en sus decisiones no incluye las distintas dimensiones de lo ambiental (económico, ecológico, social). Esta Política debe continuarse más allá de los 5 años de Gobierno, constituyendo así en una verdadera Política de Estado. Del análisis de la paramétrica que es utilizada para la selección de las ofertas en los PPT, considerando que la oferta no es desestimada, se desprende que los dos componentes de mayor peso son el factor A y el B. El primer factor (A) considera el precio del metro cuadrado habitable (se computa m<sup>2</sup> de acuerdo a lo establecido en el pliego), la oferta que contenga el menor precio por metro cuadrado habitable obtendrá el máximo puntaje de 100 Puntos. Las demás ofertas obtendrán un puntaje inversamente proporcional. Es decir la decisión es simplemente económica. Mientras que el factor B que “pesa” menos que el anterior, considera cuatro parámetros: *i. localización del proyecto* (puntea hasta 15) es decir si se encuentra dentro de una determinada zona; *ii. Implantación del proyecto en el predio* (considerando normativa vigente y organización genera apuntando básicamente a aspectos urbano); *iii. Resolución constructiva*; *iv. Aspectos funcionales*. Es decir que no se toman en consideración aspectos como: indicadores sustentables del proyecto general a la hora de elegir. Pero sí dentro de propio pliego hay indicadores parciales como ser transmitancia térmica U de cerramientos opacos. Bajo ninguna perspectiva existen criterios estratégicos ambientales.

## 2.4. ESTADO DEL ARTE: EN URUGUAY

### 2.4.1. Normativa ambiental y proceso de aplicación de la EAE

El marco jurídico aplicable al cambio climático en Uruguay, debe comenzar con Ley General de Protección del Ambiente (LGPA, Ley Nº 17.283, de 28 de noviembre de 2000), no solamente porque plantea las características propias de lo que es de interés ambiental, sino porque dicha norma refiere en forma específica al **cambio climático** entre sus disposiciones especiales. Esta ley establece los principios de la política ambiental nacional y los principales instrumentos de gestión ambiental, además de introducir en el Derecho uruguayo el concepto de desarrollo sostenible, como modelo de desarrollo que es deber del Estado propiciar. (PNRCC, 2010).

“... el artículo 19 de la LGPA está destinado al **cambio climático**, reconociendo al **Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente (MVOTMA)** “como autoridad nacional competente”, haciendo referencia a las normas internacionales en la materia, cometiéndole establecer “las medidas de mitigación de las causas y de adaptación a las consecuencias del cambio climático (...)”, y, cuando así corresponda, “coordinará con facultades suficientes los cometidos y funciones de otras entidades públicas y privadas”. Recordemos que la República ha aprobado la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (1992), por la Ley Nº 16.517, de 22 de julio de 1994, y, el Protocolo de Kioto (1997), por la Ley Nº 17.279, de 23 de noviembre de 2000” (PNRCC, 2010).

Según el experto Dr. Cousillas, el cambio climático tiene relación con varias de las temáticas abordadas por Derecho Ambiental nacional, por ejemplo: aire, agua, suelos, costas, áreas protegidas o prevención del impacto ambiental. También con la legislación y regulaciones aplicables a las más diversas áreas de las actividades económicas y sociales, como la energética y de combustibles, la producción agropecuaria o industrial, así como el turismo y otros servicios (como es el caso de los seguros). A modo de ejemplo se citarán algunas de las más recientes leyes que son afectadas por el cambio climático: Ley de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sostenible (Ley Nº 18.308, de 30 de junio de 2008), la Ley sobre Política Nacional de Aguas (Ley Nº 18.610, de 2 de octubre de 2009), la Ley de Promoción del Uso Eficiente de la Energía (Ley Nº 18.597, de 21 de setiembre de 2009) y la Ley del Sistema Nacional de Emergencias (Ley Nº 18.621, de 25 de octubre de 2009). La primera de ella será analizada en profundidad posteriormente. Lo fundamental de estas es que establecen instrumentos de planificación.

“La primera, a través del abanico de instrumentos de ordenamiento territorial (artículo 8º), y, la segunda, especialmente por intermedio del plan nacional de gestión de los recursos hídricos (artículo 13), contemplando “**la variabilidad climática y las situaciones de eventos extremos, con la finalidad de mitigar los impactos negativos**, en especial sobre las poblaciones” (artículo 11). La tercera de esas normas, sobre eficiencia energética, expresamente establece como propósito del uso eficiente de la energía, no solamente contribuir con la competitividad de la economía nacional y el desarrollo sostenible del país, sino específicamente, “**reducir las emisiones de gases de efecto invernadero**”, remitiéndose a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Así, se prevé que el Ministerio de Industria, Energía y Minería (MIEM) elabore para su aprobación por el Poder Ejecutivo, el Plan Nacional de Eficiencia Energética. La cuarta norma, consagra al Sistema Nacional de Emergencia (SNE) como un sistema público de carácter permanente cuya finalidad es la protección de las personas, los bienes de significación y el medio ambiente, ante el acaecimiento eventual o real de situaciones de desastre. Incorpora el concepto de desastre en un sentido amplio que considera toda situación de emergencia generada en forma directa o indirecta por un fenómeno natural o antrópico” (PNRCC, 2010).

Existe otra norma aunque de menor jerarquía el Decreto 238/009 que establece la creación del Sistema Nacional de Respuesta al Cambio Climático y Variabilidad, a los efectos de coordinar y planificar las acciones públicas y privadas necesarias para la prevención de riesgos, la mitigación y la adaptación al cambio climático.

#### Análisis específico de la normativa EAE

Ley de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sostenible (Ley Nº 18.308, de 30 de junio de 2008), *En esta - LOT y DS Art.47.- (Garantía de sostenibilidad. Procedimiento ambiental de los instrumentos).- Plantea que los instrumentos de ordenamiento territorial (IOT) establecerán una regulación ambientalmente*

*sustentable, asumiendo como objetivo prioritario la conservación del ambiente, comprendiendo los recursos naturales y la biodiversidad, adoptando soluciones que garanticen la sostenibilidad.*

*Los Instrumentos de Ordenamiento Territorial deberán contar con una **Evaluación ambiental estratégica** aprobada por el Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente (MVOTMA) a través de la Dirección Nacional de Medio Ambiente en la forma que establezca la reglamentación.*

En el decreto que lo reglamenta: **Dec. 221/2009**. Art.1 Todo proceso de elaboración de IOT integrará la dimensión ambiental desde su inicio, de conformidad con la Ley 18308, mediante una EAE, en la forma y condiciones que se establece en el presente decreto.

Art.2.- La autoridad que posea la iniciativa para la elaboración de instrumentos de OT, dará noticia de su **ejercicio al MVOTMA junto con la adopción del primer acto formal que dé inicio a un proceso de elaboración de IOT.**

**Dicha comunicación deberá indicar de manera precisa**, la entidad o el jerarca responsable del proceso de elaboración o de la comunicación con dicha Secretaría de estado a los efectos de este reglamento. Esa asignación se considerará vigente hasta la finalización del proceso de elaboración del IOT, salvo que sea expresamente sustituida y comunicada al MVOTMA. Asimismo, la comunicación deberá indicar por lo menos, el tipo y objetivo del instrumento que se pretende elaborar, una descripción preliminar del área comprendida y sus aspectos ambientales más relevantes, así como una identificación preliminar de los grupos y sectores involucrados, para ser tenidos en cuenta en las instancias de participación o consulta.

Dec. 221/2009. Art.4.- (Informe Ambiental Estratégico) . Los estudios básicos y demás antecedentes para la elaboración del proyecto de un IOT o el documento de avance al que refiere el artículo 24 de la Ley No 18308, incluirán la información ambiental y los estudios necesarios sobre esos aspectos, los que se reunirán y presentarán en un Informe Ambiental Estratégico. Ese informe deberá ser ajustado a lo largo del proceso de elaboración del Instrumento de OT, en la medida en que se reciban informaciones o se realicen estudios que así lo ameriten, como resultado de las instancias previstas en el proceso o fuera de él, así como cuando sea indicado por el MVOTMA ,al que serán remitidos una vez realizados. Dicho Ministerio podrá establecer criterios y condiciones materiales a los que deberá ajustarse el formato y presentación del IAE.

Del Dec. 221/2009. Art.5.- se presentan a continuación solo las partes que se entienden fundamentales a la hora de realizar el informe ambiental estratégico.

a)El IAE deberá contener: a) La identificación de los aspectos relevantes de la situación ambiental del área comprendida en el IOT previsto y su área de influencia, analizando su probable evolución en caso de no aplicarse el mismo, incluyendo los problemas ambientales en el área...

b) Los objetivos de protección ambiental contemplados en la elaboración del IOT previsto, incluyendo los objetivos prioritarios de conservación del ambiente, comprendiendo los recursos naturales y la biodiversidad...

c) Los probables efectos ambientales significativos que se estima se deriven de la aplicación del IOT previsto y de la selección de alternativas dentro del mismo, especificando las características ambientales de las zonas que puedan verse afectadas de manera significativa...

d) Las medidas previstas para prevenir, reducir o compensar los efectos ambientales significativos negativos derivados de la aplicación del instrumento de OT previsto, así como las soluciones que prevea a los problemas ambientales identificados en el área comprendida en el instrumento...

e) Una descripción de las medidas previstas para dar seguimiento a los efectos ambientales de la aplicación del IOT que resulte aprobado...

f) Un resumen de los contenidos expuestos según los literales anteriores, redactado en términos fácilmente comprensibles, sin perder por ello su exactitud y rigor técnico, que incluya en forma claramente diferenciada, una declaración que indique la manera en que se han integrado al IOT, los aspectos ambientales contemplados en este informe.

LOT y DS Art.24.- En el proceso de elaboración de los instrumentos de los ámbitos regional, departamental e interdepartamental se redactará el avance que contenga los principales estudios realizados y los criterios y propuestas generales que orientarán la formulación del documento final. El órgano competente dispondrá, en todos los casos indicados en el inciso precedente, la Puesta de Manifiesto del avance por un período no menor a los treinta días a efectos de la consulta y recepción de las observaciones, la que será ampliamente difundida. A partir del inicio de la elaboración de los avances de los instrumentos, los GD podrán establecer fundadamente como medida cautelar, la suspensión de las autorizaciones de usos, fraccionamientos, urbanización, construcción o demolición, en ámbitos territoriales estratégicos o de oportunidad. La suspensión cautelar se extinguirá en todos los casos, con la aprobación definitiva del instrumento respectivo.

Según la entrevista a la Arq. Catalurda, se ha elaborado un gráfico (ver Anexo II) para que los gobiernos departamentales la tomen como apoyo metodológico para elaborar sus instrumentos de ordenamiento territorial bajo la metodología de EAE. Los gobiernos departamentales que cuentan con algún grado de avance de la EAE son: Maldonado, Paysandú, Treinta y Tres, Canelones, Flores, Soriano, Cerro Largo, Rocha, Rivera, Montevideo, San José, Salto, Río Negro, Colonia y Tacuarembó. Todos los gobiernos departamentales tienen directrices de ordenación confeccionada con esta herramienta ambiental.

#### **2.4.2. Indicadores de sustentabilidad**

Como se expone en la metodología de la EAE, una de las etapas más importantes es la Evaluación Ambiental de Opciones Alternativas. Para saber cuál será la alternativa que tendrá menores impactos negativos sobre el ambiente y que además aumentará la calidad de vida de los usuarios será necesario definir indicadores.

##### **¿Qué son los Indicadores ambientales?**

Los indicadores son como las “entradas”, los “termómetros” en los procesos de formulación de una política ambiental, y permiten resumir una gran cantidad de datos para facilitar la comunicación de las situaciones ambientales a diferentes grupos sociales (MMA, 1996; Segnestam, 2002).

Quiroga, (2009) cita a Hyatt (2001) y Ebert y Welsch (2003) que manifiestan que en la definición de indicadores existe confusión aun entre los mismos expertos, que no llegan a un consenso. Es relevante distinguir entre indicadores simples e índices (indicadores sintéticos). El primero recibirá en este trabajo el nombre de variable y el último será un indicador. Los primeros están constituidos por la combinación de dos o más datos, y estos indicadores (y/o muchos datos) son convertidos en un índice mediante una función matemática que los sintetiza (EAE/AMAE, 2002).

El punto está en que muchas veces no se tiene disponible la síntesis de la información. Según expone Quiroga (2009) citando a Pena Trapero (1977) y Zarzosa (1996) sostienen que generalmente el indicador construido no da explicación de todos los factores que describe una variable; sin embargo, son en todo momento una aproximación a ella. De acuerdo a Pender et al. (2000), los índices son una herramienta cuantitativa que simplifica a través de modelos matemáticos los atributos y pesos de múltiples variables, con la intención de proporcionar una explicación más amplia de un recurso o el atributo a evaluar y gestionar. Lo importante es que ese indicador seleccionado garantice lo que (Quiroga, 2009 citando a Ebert y Welsch (2003) denominan el ser consistente: es decir que mida constantemente una situación. En la literatura se expone que no es tarea fácil, la selección del conjunto de indicadores apropiados, dado que ello demanda el entendimiento de cómo funciona el sistema o fenómeno que se quiere explicar y esto no siempre es posible cuando se trabaja con el medio ambiente (EAE/AMAE, 2002). La elección de los indicadores necesariamente supone tomar partido desde el entendimiento de una realidad. Desde las ciencias sociales, los científicos buscan definir modelos analíticos que delimiten la explicación de variables latentes como la calidad ambiental, el desarrollo sostenible, el bienestar social, etc. Por ello, un modelo

puede o no ser apropiado, en función de su poder de explicación de esa realidad y no tanto por la mayor representación de la complejidad de la misma (OCDE, 1997; Segnestamet, 2002).

Se comparte lo expresado por Quiroga (2009) “los indicadores de sostenibilidad corresponden a un estadio superior, que se puede ilustrar mediante la analogía del conjunto intersección entre indicadores económicos, sociales y ambientales, y para cuya construcción es imprescindible fundir o integrar al menos dos de estos componentes dentro de cada uno de los indicadores resultantes de sostenibilidad, con lo que se obtiene un conjunto o Sistema de Indicadores de Sostenibilidad que son integradores y transversales y que capturan las interrelaciones entre lo económico, lo social y lo ambiental en las escalas y desgloses posibles.”, como lo explicita la figura 6.



Figura 6. Conceptualización de los indicadores de sostenibilidad. Fuente: Quiroga, 2009

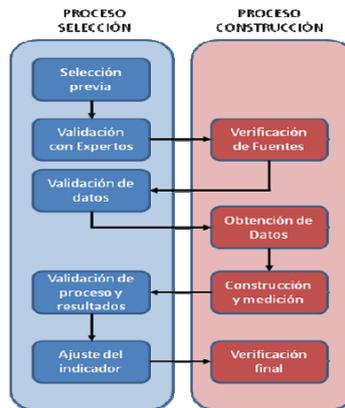


Figura 7. Proceso de determinación de indicadores. Fuente: Mantero, 2010

Pero también se entiende que los indicadores elegidos necesariamente tienen que tener una etapa de validación de los mismos, a través de la consulta a expertos. La lógica de este proceso se explicita en la figura 7, en ella la Consultora Urbanista Soledad Mantero, para enumerar el proceso de los indicadores de sostenibilidad urbana para la costa, plantea una matriz de indicadores.

**2.4.3. Indicadores de sustentabilidad desarrollados en el país**

A partir de detectar la importancia de la información ambiental, en marzo de 2007 la Dirección Nacional de Medio Ambiente, estableció el Departamento Sistema de Información Ambiental (DSIA) como proyecto de interés. Desde el inicio el DSIA se ha focalizado en el suministro de la información ambiental a tomadores de decisión, planificadores de política, investigadores y la sociedad en todo el país

A partir de un proceso de casi dos años, se realiza en mayo de 2010 el lanzamiento del Sistema de Indicadores de desarrollo sostenible para Uruguay. Se trata de un proyecto pionero para el contexto uruguayo, denominado “Sistema de Monitoreo Socio-Económico, Ambiental y Territorial” implementado

por DINOT, DINAMA y ECOPLATA y ejecutado por PNUMA. Antecedentes previos dentro del propio MVOTMA: **1. indicadores territoriales.** A fines del 2007, cumpliendo los fines de la DINOT, se inició la conformación de un Sistema de Monitoreo y Evaluación de las políticas y planes de ordenamiento territorial orientado hacia una gestión integral que contemplara los principios de sostenibilidad, equidad social, cohesión territorial, participación y carácter público de la información, contenidos en el Proyecto de Ley de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sostenible (LOTDS).

Se elaboró en DINOT un trabajo destinado a listar los indicadores para Monitoreo y Evaluación de la Directriz Nacional del Espacio Costero (DNEC). Según la Arq. Cecilia Catalurda el problema es que nunca se aprobó la directriz (figura 8).

ÁREA DE INTERÉS	LINEAMIENTO	Población y Crecimiento	Densidad	Inversión y oportunidad económica	Empleo	Desplazamiento de Comunidades	Vivienda de Pescadores	Locales de apoyo a la pesca	Población y Sist. Saneamiento	Calidad de Vida Percebida	Calidad de Visuales percibida	Percepción Limpieza	Normas para control de cartelería	Zonas definidas como Patrimonio	Normas de regulación de usos	Áreas protegidas	Áreas rurales no antropizadas	Usos del suelo en zonas rurales	Usos del Suelo en ZCR
Demografía																			
Vivienda y Servicios																			
Bienestar económico																			
Calidad de Vida																			
Articulación de Usos	Conservación de áreas rurales																		
	Pesca Artesanal como Unidad Productiva																		
	Fraccionamientos en el espacio costero																		
	Baja Intensidad de Usos																		
	Urbanización no continua																		
	No intervención / Intervención limitada																		
Calidad del Paisaje	Control de Cartelería																		
	Preservación de Cuencas Visuales																		
Calidad Ambiental	Conservación del Patrimonio																		
	Reversión de alteraciones																		
	No impermeabilización																		
	Intervenciones condicionadas en cuencas																		
	Contaminación de aguas																		
	Cambio Global																		
Patrimonio Público del Suelo	Propiedad Pública y Privada																		
	Liberar al uso público faja de 150 m																		
	Cesión de suelo contiguo a ZCR																		
	Accesibilidad Pública a la Costa																		
	Transitabilidad - Derecho de Paso																		
Ecosistemas / Biodiversidad																			
Diversidad socioeconómica y cultural																			
Coordinación	Adecuación de Estructura Organizacional																		
	Coordinación Ejecutiva																		
	Apoyo Académico																		
Participación	Foros Regionales																		
	Información Ciudadana																		
	Participación Ciudadana																		

Figura 8. . Parte de la Matriz de indicadores, de DNEC. Fuente: Mantero, 2009

**2. indicadores ambientales.** Entre los años 2003 y 2005 la Dirección Nacional de Medio Ambiente (DINAMA), se ha desarrollado una experiencia de diseño de indicadores ambientales, financiada por la Cooperación Canadiense (IDRC). Se desarrollan en 6 dimensiones: Agua, Aire, Biodiversidad, Residuos, Sociedad y Suelo (ver figura 9) para las que se propuso una veintena de indicadores con sus respectivas hojas metodológicas. Debido a la calidad y disponibilidad de la información se pudieron medir solo algunos. Actualmente estos indicadores están en revisión a partir de un proyecto de fortalecimiento institucional financiado por BID. Básicamente esta propuesta inicial es de categorías de análisis más que de indicadores, en el sentido que expresa esta tesis.

<b>AGUA</b>
Ag1 Balneabilidad en zonas costeras (Río de la Plata y Océano Atlántico)- Intendencias de Colonia, San José, Montevideo, Canelones, Maldonado y Rocha. Comisión administradora del Río de la Plata. Frente oceánico del Río de la Plata. Com. Tec. Mixta el Frente Marítimo, DINARA, Departamento de Calidad de Agua de DINAMA.
Ag2 Balneabilidad (Playas de ríos y lagunas). Intendencias Departamentales excepto Montevideo. Departamento de Calidad de Agua de DINAMA.
Ag3 Porcentaje de saturación de oxígeno en los cursos de agua dulce. Departamento de Calidad de Agua de DINAMA, Comisión Administradora del Río Uruguay.
Ag7 Tratamiento de efluentes industriales División Control Ambiental- DINAMA.
<b>AIRE</b>
Ai1 Emisión de CO. Intendencia de Montevideo y Calidad de Aire- DINAMA.
Ai2 Presencia de partículas sólidas en aire. Intendencia de Montevideo y Calidad de Aire DINAMA.
Ai3 Presencia de dióxido de azufre en el aire. Intendencia de Montevideo y Calidad de Aire DINAMA.
Ai4 Estimación de emisiones de gases de efecto invernadero directos. Grupo de Inventario de Efecto Invernadero. DINAMA.
<b>SUELO</b>
Su1 Uso del Suelo. Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca. Dirección Forestal.
Su4 Uso de fertilizantes. Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca.
Su5 Uso de plaguicidas agrícolas. Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca.
<b>BIODIVERSIDAD / AREAS PROTEGIDAS</b>
Bi1 Gestión de Áreas protegidas. División Areas Naturales Protegidas- DINAMA.
Bi7 Uso de Transgénicos. Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca. DINAMA.

Figura 9. Indicadores ambientales. Fuente: DINAMA, 2005

1. **indicadores de Desarrollo Sostenible.** Tal como se expresa en la exposición de motivos sobre los indicadores de desarrollo sostenible, en Uruguay no ha habido iniciativas anteriores de sistemas de indicadores de Desarrollo Sostenible. Según consta en el informe de presentación del Sistema de indicadores Ecoplata (2010) “hay propuestas anteriores parciales, análisis de sistemas de indicadores y de índices de sostenibilidad, pero en su mayoría del ámbito académico, como primeras aproximaciones al tema...El sistema presenta la información ambiental que se genera en la DINAMA, y en otras instituciones gubernamentales, en una base geográfica. La información del sistema tiene diferentes niveles de acceso para diferentes niveles de detalle”. A continuación se presenta la tabla de 105 indicadores que tiene el sistema.

Tabla 4. . Matriz de indicadores ambientales. Fuente: Publicación lanzamiento sistema de indicadores. Ecoplata, 2010

Principio	Tema	Subtema	INDICADORES
calidad de vida y equidad social	Ingreso y distribución		Incidenia de la pobreza (personas) (Mét. 2002)
			Incidenia de la pobreza (personas) (Mét. 2006)
			Incidenia de la indigencia (personas) (Mét. 2002)
			Incidenia de la indigencia (personas) (Mét. 2006)
			Índice de Gini. País Urbano. Precios Corrientes
			Índice de Gini. Departamental. Precios Constantes
			Relación entre el ingreso per cápita del primer y décimo decil
	salud de la población		Esperanza de vida al nacer
			Tasa de mortalidad infantil
			Porcentaje de la población según tipo de cobertura de salud
	nivel educativo		Tasa de alfabetización
			Tasa de asistencia neta a la educación formal

			Nivel educativo alcanzado por la población de 25 años y más
			Uso de energía renovable y no renovable
			Porcentaje de alumnos que repiten el año en educación primaria
			Alumnos por maestros
	Vivienda digna y entorno adecuado		Población en hogares particulares en asentamientos irregulares
			Superficie de Territorio ocupado por asentamientos irregulares
			Tipo de evacuación del servicio sanitario de los hogares
			Hacinamiento
	demografía e información básica		Tasa global de fecundidad
			Total población
			Densidad de la población
			Tasa de crecimiento natural
			Índice de Desarrollo Humano (IDH). Nacional
			Índice de Desarrollo Humano (IDH). Departamental
			Envejecimiento de la población
			Gasto Público Social en relación al Gasto Público Total
	Mercado laboral		Tasa de desempleo
			Tasa de empleo
			Tasa de actividad
			Cotizantes a la Seguridad Social en relación a la población entre
			15 y 65 años
		Índice de salario real	
		Brecha salarial por hora de trabajo de mujeres y varones en ocupación principal	
		Población ocupada por sector de actividad	
Desarrollo económico	Eficiencia energética		Participación de electricidad de fuentes renovables y no renovables en la oferta total de electricidad
			Participación de fuentes de energías renovables y no renovables, por tipo, en la oferta de energía
			Uso de energía renovable y no renovable
			Indicador de Eficiencia energética: Valor agregado bruto por sector y PBI total, sobre el Consumo energético total y por sector de actividad
	TICs		Conexión a internet
			Tenencia de computadora
	Estructura económica		Participación de cada sector productivo en el PIB. Nacional
			Participación de cada sector productivo en el PIB. Departamental
			Producto Interno Bruto por habitante (precios constantes 2005). Nacional
			Producto Interno Bruto por habitante (precios corrientes). Departamental
			Participación de cada sector productivo en el PIB. Departamental

Recursos ambientales y patrimonio cultural			Saldo de la Balanza Comercial en relación al PIB	
			Inflación (a)	
			% de inversión productiva/ PBI	
			Deuda total pública y privada/ PBI	
			Resultado fiscal global / PBI	
	calidad del ambiente físico	Garantizar la calidad del aire respecto a estándares		Presencia de dióxido de azufre en el aire
				Presencia de partículas sólidas (PM10) en el aire
				ICAIRE (Índice de calidad de aire)
		Garantizar la calidad del suelo de acuerdo a los estándares de diferentes usos		Importación de plaguicidas
				Extensión de cárcavas y costa erosiva
				Importación de fertilizantes
		Garantizar la calidad del agua superficial y subterránea		Frecuencia de excedencia de la normativa nacional de coliformes fecales y "Promedio de la Media geométrica de coliformes fecales durante la temporada estival".
				Índice de calidad de agua ICA
				Índice Biológico de Invertebrados Bentónicos (sistema agua dulce y estuarinos)
				Número de floraciones algales nocivas, mareas rojas (dinoflagelados) durante temporada de verano
			Número de floraciones algales nocivas (cianobacterias) durante temporada verano	
			Concentración de nutrientes inorgánicos disueltos (+)	
			Salinidad de zona costera (+)	
			Porcentaje de saturación de oxígeno (+)	
	Ecosistemas y biodiversidad	estado		Riqueza de vertebrados terrestres (aves, mamíferos, anfibios) y acuáticos (peces) (++)
				Extensión de ecosistemas terrestres (Monte, indígena, galería, quebrada, otros, humedales, praderas)
				Grado de naturalidad/Antropización
				Índice de relevancia ecológica
conservación			Número de especies prioritarias para la conservación	
			Número de especies exóticas e invasoras	
			Porcentaje de anfibios amenazados (lista roja)	
			Cantidad de áreas protegidas	
			Superficie y proporción de Áreas Protegidas	
			METT (Management Effectiveness Tracking Tool)	
emisiones de las actividades humanas	efluentes líquidos		DBO industrial (mg/L y kg)	
			% de industrias monitoreadas que superan el límite de DBO	
			Q de efluentes industriales por PBI Industrial (Nacional y departamental)	

			Efluentes líquidos	
			Evacuación del servicio sanitario	
			Emisiones de las actividades humanas	
		atmósfera	Atmósfera Emisiones totales de CO	
		Promover el uso de tecnologías limpias y sistemas de gestión ambiental	Cantidad de certificaciones ambientales ISO 14.001	
		cambio climático	Monitoreo de variables cc	Temperatura promedio anual
				Precipitación promedio anual y anual acumulada
				Altura sobre el nivel medio del mar
		Mitigar la contribución antrópica al cc	Estimación de emisiones de gases de efecto invernadero directos	
			MDL (Toneladas de CO2 certificadas/año)	
Patrimonio cultural	Instrumentar medidas de protección del patrimonio cultural	Cantidad de monumentos históricos declarados		
Ordenamiento equilibrado y racional del territorio	Diversidad en los usos del suelo en el espacio costero	Desarrollo discontinuo sobre frente costero	Discontinuidad del desarrollo urbano	
		Fomento de la diversidad en los usos del suelo en el espacio costero	Artificialización Fomento de la del suelo	
			Ocupación del Suelo en relación a la distancia a la costa	
		Exclusión de zonas del proceso de urbanización	Variación de la extensión del suelo categorizado como rural	
	Patrones de ocupación y uso responsable de los recursos	Baja intensidad de usos en la faja de defensa costera	Densidad residencial en relación a la distancia a la costa	
			Tamaño de parcela en la faja de defensa de costa	
		Intervención limitada en componentes vulnerables del espacio costero	Presión de urbanización en componentes vulnerables del espacio costero	

		Limitación de trazados viales continuos y paralelos a la costa	Discontinuidad de los trazados viales paralelos a la costa
	Cohesión social territorial	Acceso equitativo a un hábitat adecuado	Índice de Población Costera
			Soluciones habitacionales de promoción pública en el espacio costero
			Superficie de territorio ocupada por asentamientos irregulares
	Prevención de conflictos con incidencia territorial	Fomento de la planificación dptal de acuerdo a LOTDS y DNEC	Grado de Ejecución del OT en el espacio costero

**Conclusiones preliminares 2.4.** En todo este item de capítulo, se ve la dificultad de construir indicadores ambientales que sean fáciles de medir pero que a su vez tenga robustez estadística. Es necesario que perduren en el tiempo. Tienen por objetivo medir el estado actual del ambiente, observar una tendencia y por último predecir como será el estado del ambiente.

## Capítulo 3- Materiales y métodos

### 3.1. ESTRATEGIAS METODOLÓGICAS

A continuación se detalla en forma esquemática las etapas desarrolladas en esta tesis, que en el punto 3.2 se abordan de forma más exhaustiva.

Las estrategias metodológicas elegidas para esta tesis se definen a partir de cinco hitos o etapas.

#### ***Etapas 1 : Elección de indicadores de desarrollo sostenible para EAE , caracterización climática y estudio de recaudos***

Esta primera etapa pretende construir los indicadores a ser aplicados al caso de estudio y analizar las condiciones climáticas a partir de las bases meteorológicas disponibles actualmente. La evaluación ambiental de cualquier proyecto habitacional depende de las condiciones específicas climáticas, de las situaciones particulares del medio físico donde se implanta, de las relaciones de los usuarios con el poder público y las instituciones no gubernamentales y la forma de organización de los usuarios.

1.A.- *Definición de criterios para adaptar la metodología EAE a un programa de vivienda en Uruguay.* Las Etapas de la EAE según la Guía para su desarrollo (Comisión del Ambiente, 2006) son los siguientes: **Determinación de los Términos de Referencia** (esta etapa tuvo como propósito: identificar en qué consistirá el proceso de evaluación ambiental estratégica, ver capítulo 3.2, aplicación de la EAE a los PPT), **Re-elaboración del Programa con criterios de EAE**, Implementación de la metodología en el programa y Evaluación de los posibles resultados. En este caso ya se definió cuál será el programa habitacional a ser evaluado el Precio, Proyecto, Terreno (PPT). La EAE aplicado a este programa tiene **por objetivos ambientales mejorar la calidad de vida de sus ocupantes y disminuir los efectos ambientales negativos a partir de la disminución de gases GEI y la adaptabilidad al cambio climático.**

Se determinaron cuáles de los indicadores del desarrollo sostenible evalúan más eficientemente a este programa social de acuerdo a las pautas de la Evaluación Ambiental Estratégica (ver capítulo 3.2).

Las dimensiones de los indicadores de sostenibilidad ambiental que se seleccionaron fueron: sostenibilidad ecológica (Tratamiento de efluentes industriales; Índice de calidad del agua ICA; DBO industrial (mg/L y kg); Presencia de partículas sólidas en aire; Emisiones de CO; Estimaciones de gases de efecto invernadero; Uso del Suelo planificado (cotas de inundación); Plomo en suelo; Gestión de Áreas protegidas; Superficie de suelo con régimen rural ocupado; producción y tratamiento desechos sólidos; Grado de naturalidad/Antropización; Índice de relevancia ecológica; Cumplimiento normativa ordenamiento territorial; Localización en áreas centrales o intermedias, y uso de materiales locales); sostenibilidad social (participación social; medio de los Hogares beneficiarios con valor locativo a precios corrientes con aguinaldo; Tasa de alfabetización de los beneficiarios; Organizaciones sociales existentes; Tipo de evacuación del servicio sanitario de los hogares; Hacinamiento en vivienda anterior; Existencia de infraestructura y servicios sociales; Tasa de empleo); sostenibilidad económica (uso eficiente de recursos, patrones de consumo sostenibles, utilización de tecnologías limpias, consumo de energía). El concepto de sostenibilidad ambiental implica un equilibrio de estos indicadores aplicados a un programa habitacional. En una primera etapa se elabora como se aplica la EAE al programa PPT , luego solo se desarrolla las alternativas de diseño ambientalmente consciente, eligiendo para la evaluación el consumo de energía y las emisiones GEI que resultan.

1.B.- *Definiciones de bases climáticas: definición del escenario O: 2010 y de los escenarios 2020 y 2030.*

Recopilación de datos climáticos para la ciudad de Montevideo, para el año base O, que corresponde a 2010. Se analizan las bases de la Dirección Nacional de Meteorología y la del Programa de simulación Energy Plus. Selección de los escenarios de emisiones, los elegidos son: SRES A2 y B2 (IPCC 2001) de acuerdo al mayor o menor compromiso ambiental de la sociedad y su desarrollo económico.

1.C.- *Análisis de los recaudos gráficos* (planos, memorias constructivas generales y particulares y pliego de condiciones) de los proyectos realizados en el área metropolitana por el MVOTMA en la década de los

noventa. Se identificarán cuales son los criterios de la priorización de recaudos MVOTMA en oposición con la priorización estratégica ambiental, capítulo 2.

*1.D.- Determinación de la muestra.* A partir del análisis de la muestra utilizada por el trabajo previo de Picción, (et al 2008). En esta investigación para las ciudades de Salto y Montevideo, se recopilaban datos de las viviendas estatales construidas por el BHU y MVOTMA-BPS en la cada del noventa.

Se trataban de 85 conjuntos ó edificios que comprendían unas 4000 viviendas; 82 conjuntos ubicados en Montevideo y 3 en Salto. Pero para este estudio sólo se tomaran en consideración los **75 conjuntos de Montevideo que corresponden a PPTs, constituyendo un total de 2380 viviendas.**

### ***Etapa 2. Análisis de los productos del programa: las tipologías edificatorias seleccionadas***

*2.A.-. Análisis de los proyectos seleccionados en la muestra, desde el punto de vista del desarrollo sostenible de acuerdo a los indicadores previamente definidos.*

A partir de los indicadores construidos se sistematiza su aplicación o no, en los casos concretos de la muestra. Se vincula además con las estrategias de diseño utilizadas en cada caso (ver capítulo 4).

*2.B.-. Encuestas ambientales y de satisfacción con la vivienda y el hábitat.*

En esta última etapa se efectúa la evaluación de confort térmico por parte de los usuarios de las viviendas. La elección de la muestra de encuestas será tomada del proyecto de *Pautas de diseño bioclimáticas para un clima complejo (Picción, et al, 2006)*, donde se eligieron 5 tipologías representativas (ver capítulo 4)..

### ***Etapa 3. Cuantificación de alternativas ambientales***

*3.A.-. EAE adaptada aplicada al programa y en particular a los casos de estudio*

*3.B.-. Identificación de las "situaciones- problema" desde el punto de vista medio ambiental*

En esta etapa se aplicó la metodología EAE al programa de viviendas. Se sistematizaron los resultados de la etapa 2, evaluando ya no solo proyectos sino ahora el programa habitacional PPT (ver capítulo 4).

Se identificaron las **situaciones-problema** para la evaluación ambiental en este programa sector residencial: manifestación del problema (indicadores), causas y consecuencias; los ámbitos o dimensiones (económica, social, ambiental) y los actores relevantes en el programa.

### ***Etapa 4. Resultados***

*4.A.-. Cuantificación de las variantes de diseño y del programa, centrado en la adaptabilidad al cambio climático.*

*4.B.-. Cuantificación de la mitigación de gases GEI*

*4.C.- Evaluación de los posibles costos económicos y sociales*

Luego de simuladas las alternativas de diseño, a partir de los dos escenarios desarrollados por la IPCC, 2001 se sistematizó y cuantificó la mitigación en emisiones de gases GEI de distintas alternativas de diseño. Se sistematizó las posibilidades de adaptabilidad que la utilización de esta metodología de análisis produce. Se cuantificaron social y económicamente las modificaciones de los aspectos ambientales que involucra un determinado diseño arquitectónico. Para la cuantificación de los costos económicos se utilizó el análisis de medidas de conservación de energía.

### ***Etapa 5. Síntesis***

5.A.- Recomendaciones para el futuro del programa. Herramienta para llamados a licitación.

5.B.- Recomendaciones de diseño

5.C.- Informe final

Determinación de la EAE adaptada y de criterios de diseño para priorizar proyectos en los programas de vivienda. Indicadores para la selección de proyectos futuros, ver capítulo 5.

**3.2. METODOLOGÍA DESARROLLADA**

*Etapa 1 : Elección de indicadores de desarrollo sostenible para EAE y caracterización climática*

1.A.- *Definición de criterios para adaptar la metodología EAE a un programa de vivienda en Uruguay.*

A partir del análisis del capítulo 2, se observa que la EAE es adecuada en la medida que sea considerado como instrumento de apoyo a la toma de decisión. Decidir en la escala de un Programa habitacional que está destinado a cubrir la demanda de vivienda de una población con bajos recursos económicos. Esta decisión estratégica a ser tomada debe considerar lo ambiental, es decir se elegirá de todas las alternativas posibles aquella que aumente la calidad de vida de los futuros usuarios y a su vez aquella que disminuya los impactos negativos al ambiente. La EAE da cuenta de una serie de demandas de gestión ambiental. **Es fundamental entonces la relación entre decisión y evaluación. Esa decisión deberá perseguir:** • Objetivos ambientales; • Opciones alternativas y fundamentalmente disponer de • Criterios/valores (indicadores) para elegir. La EAE me permite esa sistematización de opciones.

**¿Cómo puedo elegir esto o aquello?.** La evaluación permite **establecer el valor de los criterios** definidos para la toma de decisión, con el objetivo de dirimir cuál de las opciones alternativas es mejor o más satisfactoria para unos determinados objetivos, y por tanto debe ser seleccionada. Hasta el momento como se desprende del capítulo 2.3, en general la evaluación de este programa es básicamente la que considera un criterio de forma cuasi excluyente: **el económico**. A continuación se construyeron otros criterios de decisión, ya que estas decisiones deben ser estratégicas ver figura 10, considerando el largo plazo.

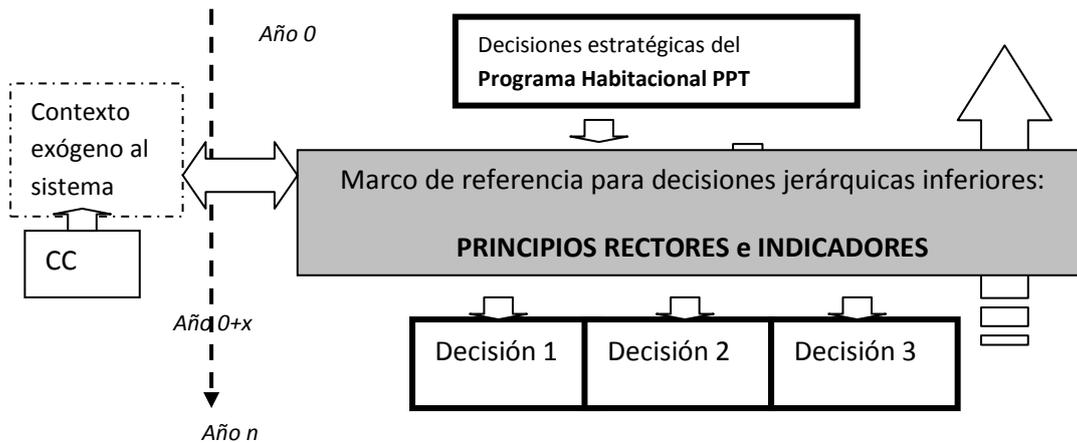


Figura 10. Análisis global del proceso de decisión, considerando una visión estratégica. Elaboración propia, en función del gráfico de Jilberto, 2010.

Para definir cuáles son esos principios rectores, recordemos que el desarrollo sostenible, es aquel desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de generaciones futuras de satisfacer sus propias necesidades. Esta definición desarrollada por el informe Brundtland, qué implicancias conlleva en el territorio concreto donde se implantaría un PPT. Debería determinar: la distribución equitativa del uso del territorio, el patrimonio cultural, el uso y conservación de los recursos ambientales, el aumento de la calidad de vida y la equidad social y el diseño ambientalmente consciente que sea capaz de ser un buffer a la hora de los cambios climáticos.

A partir de esta definición y siguiendo el trabajo de la DINAVI (2010) desarrollado en el país se diseñaron y eligieron los siguientes **principios rectores** del Desarrollo Sostenible:

1. *Calidad de vida y equidad social*
2. *Uso responsable, conservación y recuperación de los recursos ambientales y del patrimonio cultural (tangible e intangible)*

- 3. Desarrollo económico ético, responsable y solidario
- 4. Ordenamiento equilibrado y racional del territorio
- 5. Diseño ambientalmente consciente

Estos principios, que definen el objetivo de incorporación de valores ambientales al proceso de decisión del programa habitacional PPT, deberían ser consensuados pero esta etapa; escapa el alcance de la tesis. Si esto se aplica al Programa habitacional tomando en consideración las etapas de la EAE, estaríamos en la etapa de definición del modelo de evaluación ambiental. Para esta evaluación, la elección de indicadores de esta tesis lleva necesariamente a la disminución del número de indicadores, se pasa de más de 100 definidos para la costa a solo 34, así como la simplificación de las variables que intervienen trae aparejada inevitablemente pérdida de la información.

Tabla 5. Etapas y alcance de implementación de la EAE a un PPT. Fuente: Elaboración personal

	Etapas	Alcance
Fase 1	Establecimiento del Marco Ambiental Estratégico	Identificar las dimensiones ambientales que afectan al programa habitacional
		<b>Principios rectores:</b> 1. Calidad de vida y equidad social 2. Uso responsable, conservación y recuperación de los recursos ambientales y del patrimonio cultural (tangible e intangible) 3. Desarrollo económico ético, responsable y solidario 4. Ordenamiento equilibrado y racional del territorio 5. Diseño ambientalmente consciente. Definir especialmente el marco institucional.
	Alcance de la EAE	Todos los actores del sistema deben entender el alcance de la EAE aplicada al PPT. Consenso y participación.
	Modelo de Evaluación Ambiental	Descripción de la línea ambiental base.
		Herramientas a desarrollar: determinación de indicadores ambientales del plan. Se identificaron 34 indicadores y se valoró su cuantificación
Diagnóstico Ambiental.	Análisis de la localización propuesta coordinadamente entre todas las direcciones del MVOTMA y del pliego de condiciones de los llamados	
Evaluación Ambiental de Opciones Alternativas.	Esta es la etapa fundamental que será desarrolla a partir de la evaluación de uno de los indicadores a modo de testeo. Simulación de una decisión inferior (elegir un proyecto y realizarlo) sólo para testear plausibilidad/factibilidad del marco de referencia planteado.	
Fase 2	Prevención y Seguimiento	Se deben identificar los elementos del plan más relevantes para evaluar cómo será su seguimiento.
Fase 3	Elaboración y Consulta de Informes Finales.	Informes de lo implementado.

Cuando se analizan los indicadores ambientales elegidos, para esta tesis se desprende que el 73% del total refieren a la localización en el territorio del programa, esto básicamente; porque al igual que el Ministerio Sudafricano, se entiende que *“La EAE tiene el objetivo de asegurar que los temas ambientales sean considerados desde los momentos iniciales en los procesos de formulación de planes y programas, incorporados a través de esos procesos”* (ver tabla 6).

El resto de los mismos refiere al propio producto y cómo evaluar que un diseño es más “ambientalmente” amigable que otro.

Tabla 6. Justificación de indicadores, elaboración personal

PRINCIPIO	DIMENSIÓN AMBIENTAL	ÁREA DE INTERÉS	DESCRIPCION DE LA VARIABLE A SER APLICADA EN EL PROGRAMA HABITACIONAL	valor a ponderar	INDICADOR	TIPO INDICADOR	NIVEL TERRITORIAL	Fuente indicador	Investigaciones previas que sugieren indicador	
Calidad de vida y equidad social	sostenibilidad social	localización del programa y llamado a licitación	Ingreso Medio de los Hogares beneficiarios con valor locativo a precios corrientes con aguinaldo	diversidad de ingreso medio; mayor puntaje (de 1 a3)	cohesión social y heterogeneidad social	contexto - línea base	departamental - local	INE	DINAMA, 2004,2007,2010	
			Tasa de alfabetización de los beneficiarios	diversidad de tasa; mayor puntaje				INE	DINAMA, 2004,2007,2010	
			Organizaciones sociales existentes	cohesión social= es decir diversidad de nivel educativo; mayor puntaje				No cuantificable - MIDES?	Di Paula, 2008	
			Tipo de evacuación del servicio sanitario de los hogares	conexión a colector				INE	DINAMA, 2004,2007,2010	
			Hacinamiento en vivienda anterior	más de dos personas por habitación				INE - MVOTMA	Cosoco, 2004	
			Existencia de infraestructura y servicios sociales	Si existe				IM	Mantero, 2009	
			Tasa de empleo	mayor a la media departamental				INE	DINOT,2010	
Desarrollo económico	sostenibilidad económica		Acceso internet	Si existe	INE	DINOT,2010				
			Tenencia computadora	Si existe	INE	ECHA, 2006				
			Participación de electricidad de fuentes renovables y no renovables en la oferta total de electricidad	Si un % de energía	MIEM - INE	MIEM - INE				
Preservación de recursos ambientales y del patrimonio cultural	sostenibilidad ecológica		Tratamiento de efluentes industriales	Si existe	calidad del agua	impacto - escenarios		DINAMA	DINAMA, 2004,2007,2010	
			Índice de calidad del agua ICA	1-100, a mayor valor mejor es la calidad del recurso.	DINAMA			DINAMA, 2005,2007,2010		
			DBO industrial (mg/L y kg)	menor valor en registros	DINAMA			DINAMA, 2005,2007,2010		
			Presencia de partículas sólidas en aire	Si existe	MGAP y IM			DINAMA, 2005,2007,2010		
		Emisiones de CO	menor valor en registros	DINAMA	DINAMA, 2005,2007,2010					
		Estimaciones de gases de efecto invernadero	menor valor	DINAMA	DINAMA, 2005,2007,2010					
		Uso del Suelo planificado	si cumple	calidad del aire	IM y MGAP					
		Plomo en suelo	hasta 400mgs/Pb/K (EPA)	suelo	DINAMA					
		Gestión de Áreas protegidas	si cumple	suelo	IM		DINAMA, DINOT 2010			
		Superficie de suelo con régimen rural ocupado	no existe	suelo	DINAMA		DINAMA, DINOT 2010			
		producción y tratamiento desechos sólidos	toneladas	suelo	DINAMA		DINAMA, DINOT 2010			
		Grado de naturalidad/Antropización	mayor naturalidad	biodiversidad	DINAMA		DINAMA, DINOT 2010			
		Índice de relevancia ecológica	mantenimiento valor	biodiversidad	DINAMA		DINAMA, DINOT 2010			
ordenamiento equilibrado del territorio		Cumplimiento normativa ordenamiento territorial	si cumple	contexto	DINOT	Mantero, 2009				
diseño ambientalmente consciente	sostenibilidad: social, económica y ambiental	Diseño-energía y aire	Localización en areas centrales o intermedias	mayor puntaje	todas anteriores	contexto	local	-	Mantero, 2009; Delgado, 2004; Carlo, 2007; Hidalgo, 2009; Normativa europea de eficiencia energética en edificios, 2000; Normativa brasileña de certificaciones, 2009; normativa uruguaya, 2010	
			Transmitancia térmica de la envolvente y masa térmica	U menor o igual a 0.85 W/m2k y Masa mayor a 150 kg/m2 presente en cualquier sector						
			factor de huecos	menor 60%						
			existencia de protecciones solares	sí						
			Índice de reducción sonora envolvente							
			consumo de energía eléctrica	menor 250 kWh mensual						
			diseño-eficiencia uso de agua	captación del agua de lluvia y consumo de agua potable por día						consumo agua hogar menor a 50l
				área permeable e impermeable						área permeable mayor a impermeable
diseño-materiales y recursos	Uso de materiales locales		Si existe	resultado escenarios futuros	IM y DINAVI					Normativa LEED, 2009

### 1.B.- Definiciones de bases climáticas: definición del escenario O, 2010 y de los escenarios 2020 y 2030.

Para comenzar con las simulaciones para escenarios futuros se planteó la necesidad de exponer las características **climáticas actuales** (2010, de ahora en más año base) para poder simular las modificaciones para los futuros escenarios. Para esto se analizaron dos bases de datos:

Dirección Nacional de Meteorológica de acuerdo a las Normales climáticas del 1961-1990 que son los del último periodo de referencia a nivel internacional disponible.

#### Base meteorológica del Programa de Simulación Energy Plus

##### i) Características climáticas

Según la clasificación climática (**Köppen, 1936**) a Uruguay le corresponde la nomenclatura Cfa; C por ser templado húmedo; f, debido a que tiene precipitaciones durante todo el año, a, porque la temperatura del mes más cálido es superior a 22°C.

Esta investigación toma como referencia al área metropolitana de Montevideo. Según la norma de Zonificación Climática (UNIT, 1999), se divide en tres zonas climáticas al Uruguay a saber: Zona II b Cálida, Zona III b Templada cálida y Zona IV Templada fría. Para establecer las características climáticas locales del área de estudio se consideró las Normales Climatológicas de Uruguay de 1961-1990, (**DNM, 1996**) para las estaciones meteorológicas de Prado y Carrasco, por ser estas las más próximas a la ubicación de los casos estudiados.

#### **Montevideo – Base DNM**

Se localiza en la zona sur del país, en la latitud -34°50', la longitud 56°12W y la altitud es de 16.27 sobre el nivel del mar (snm). Si analizamos el **período caluroso**<sup>12</sup> en las dos estaciones (ver tabla 7), la temperatura media es 21.8°C, la mínima media es 17.1°C y la máxima media es 26.8°C. La humedad relativa promedio de acuerdo a las consideraciones previamente explicitadas es de: 69.8%, las precipitaciones medias mensuales del período de: 93 mm. La amplitud mensual es de 11.7°C. Los datos de irradiancia global mensual para el período caluroso, ver figura 2.2 sobre plano horizontal fueron extraídos del mapa solar del Uruguay (Fing, 2010), este se elaboró a partir de diversas bases siendo para Montevideo de 5.7 kWh/m<sup>2</sup>.

Para el **período frío**<sup>13</sup> (DNM, 1996) considerando las estas estaciones meteorológicas, la temperatura media es 14.0°C; la mínima media es 9.8°C y la máxima media es 18.3°C. La amplitud media anual es de aproximadamente 9°C siendo su variación media anual de 3°C, valores característicos de climas de altas humedades. El sur del país; es de influencia marítima presentando un período caluroso más corto, de 127 días y de amplitudes térmicas mayores a las del frío. El índice medio de humedad relativa mensual en Montevideo es mayor en invierno (76.4%) que en verano. Desde el punto de vista del confort térmico es este período el más exigente para Montevideo, ya que los parámetros ambientales se alejan más de los rangos de confort establecidos en las normas internacionales (ISO 7730, etc).

---

<sup>12</sup> Si bien el período caluroso se inicia en Montevideo el 23 de noviembre para la determinación de temperaturas se considera el período caluroso como los registros efectuados en los meses completos de diciembre, enero, febrero y marzo.

<sup>13</sup> Para las temperaturas del período frío (que va desde el 1 de abril al 24 de noviembre) se tomo el promedio de estos registros en los meses completos de: abril, mayo, junio, julio, agosto, setiembre, octubre y noviembre

Se analizo en principio la base de datos de la DNM para las dos estaciones meteorológicas que pertenecen al área metropolitana de Montevideo, se resaltan los indicadores relevantes para entrar al programa el escenario 0 (ver tabla 7)

Tabla 7. Datos climáticos de DNM 1961-1990. Fuente: DNM, 1996

ESTACION METEOROLOGICA CARRASCO														
	PER	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	p.caluroso: dic. Ene,feb,mar
TMED	61-90	22.7	22.3	20.5	17.2	13.9	11.0	10.7	11.5	13.2	15.7	18.3	21.1	21.7
TX	61-90	39.3	39.8	36.2	31.6	30.2	27.8	29.8	29.6	34.3	34.9	36.4	39.9	38.8
TN	61-90	11.4	10.9	9.4	5.6	2.8	0.3	-0.5	0.8	1.5	4.7	6.7	9.7	10.4
TXM	61-90	27.9	27.0	25.0	21.7	18.5	15.0	15.0	16.0	17.6	20.3	22.8	26.1	26.5
TNM	61-90	17.8	17.8	16.1	12.6	9.6	7.0	6.8	7.3	8.7	11.2	13.5	16.5	17.1
HR	61-90	69.0	72.0	73.0	76.0	79.0	82.0	82.0	77.0	75.0	73.0	70.0	68.0	70.5
P	71-90	1011.0	1012.0	1014.0	1015.6	1016.7	1017.7	1018.3	1018.2	1018.4	1015.4	1013.2	1011.8	1012.2
HS	81-90	297.4	236.7	237.7	190.4	171.0	142.4	154.4	172.6	208.2	242.6	250.3	291.7	265.9
PV	71-90	19.1	19.3	17.7	14.9	12.5	10.7	10.5	10.5	11.4	13.1	14.8	17.1	18.3
VEL	61-90	6.1	5.7	5.5	5.2	5.2	5.5	5.6	5.6	6.1	6.0	6.0	6.1	5.9
RR	61-90	92.0	92.0	106.0	87.0	90.0	79.0	89.0	92.0	93.0	107.0	94.0	78.0	92.0
FRR	61-90	6.0	6.0	7.0	6.0	7.0	7.0	8.0	6.0	6.0	7.0	7.0	6.0	6.3
ESTACION METEOROLOGICA PRADO														
	PER	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	p.caluroso: dic. Ene,feb,mar
TMED	61-90	23.0	22.5	20.6	17.2	14.0	11.1	10.9	11.7	13.4	16.0	18.6	21.3	21.9
TX	61-90	38.8	39.9	36.2	33.6	29.6	26.4	26.8	29.5	30.6	34.2	35.6	40.8	38.9
TN	61-90	9.4	9.0	5.9	1.4	1.0	-5.6	-2.6	-2.8	-0.4	3.0	5.0	7.6	8.0
TXM	61-90	28.4	27.5	25.5	22.0	18.6	15.1	15.0	16.2	18.0	20.5	23.7	26.5	27.1
TNM	61-90	18.0	17.9	16.2	12.9	10.2	7.7	7.2	7.8	9.1	11.5	14.2	16.3	17.1
HR	61-90	68.0	69.0	73.0	75.0	78.0	82.0	80.0	77.0	74.0	71.0	71.0	67.0	69.3
P	61-90	1010.8	1012.3	1013.8	1015.4	1016.5	1017.1	1018.6	1017.8	1017.9	1015.2	1013.2	1011.4	1012.1
HS	81-90	294.9	230.6	222.8	179.6	164.2	129.7	139.7	164.4	182.3	239.0	248.9	285.3	258.4
PV	61-90	19.0	18.8	17.6	14.7	12.5	10.8	10.4	10.6	11.4	12.9	15.2	17.0	18.1
VEL	61-90	4.0	3.8	3.6	3.3	3.3	3.4	3.5	3.6	3.9	4.2	3.9	4.0	3.9
RR	61-90	87.0	101.0	105.0	86.0	89.0	83.0	86.0	88.0	94.0	109.0	89.0	84.0	94.3
FRR	61-90	6.0	7.0	6.0	6.0	6.0	7.0	7.0	6.0	6.0	7.0	7.0	6.0	6.3

Tabla 8. Datos del clima del área metropolitana, elaborado a partir de los datos de la Dirección Nacional de Meteorología, 1961-1990.

Área metropolitana de Montevideo		
	p.caluroso: dic,ene,feb y mar	p.frio: abr,may,jun,jul,ago ,set,oct,nov
TMED	21.8	14.0
TX	38.9	31.3
TN	9.2	1.3
TXM	26.8	18.3
TNM	17.1	9.8
HR	69.9	76.4
P	1012	1017
HS	262.1	186.2
PV	18.2	12.3
VEL	4.9	4.6
RR	93.1	90.9
FRR	6.3	6.6

- Tmed= temperatura media mensual (°C)
- Tx=temperatura máxima absoluta mensual (°C)
- tn=temperatura mínima absoluta (°C)
- txm= temperatura máxima media (°C)
- tnm= temperatura mínima media (°C)
- HR= humedad relativa media mensual (%)
- P=presión atmosférica (al nivel medio del mar) media mensual (hPa)
- S=tiempo insolación directa, acumulada por mes, (hs)
- PV=presión de vapor media mensual (hPa)
- V=velocidad del viento horizontal media mensual (m/s)
- RR=precipitaciones acumuladas por mes, media mensual mm
- FRR=días con precipitaciones mayores o igual a 1mm

La tabla 8, muestra la síntesis de los datos ambientales correspondientes al área metropolitana de Montevideo, como puede observarse las temperaturas medias exteriores desde el punto de vista del confort térmico, que más se alejan de los rangos de confort (18 a 24°C para invierno y 20 a 27°C para verano).

**Montevideo Base Energy Plus**

Paralelamente se analiza la base climática del programa de simulación computacional Energy Plus, tomando un día representativo del período frío y otro del caluroso (tabla 9).

Tabla 9. Base climática Energy Plus. Fuente: en base a datos del DOE

Año Escenario		datos energy plus verano: enero, febrero, marzo y diciembre (día 9 de feb 1983); datos energy plus: abril, mayo, junio, julio, agosto, setiembre, octubre y noviembre (28 de junio 1997) 0
verano	Temperatura máxima de bulbo seco (°C)	34
	Amplitud térmica (°C)	13
	Humedad relativa en relación a la máx. temperatura (%)	41
	Presión barométrica (hPa)	999
	velocidad viento (m/s)	6.1
	dirección de viento	310
	claridad del cielo	11.2
	Precipitación día	0.347
invierno	Temperatura máxima de bulbo seco (°C)	9
	Amplitud térmica (°c)	12
	Humedad relativa en relación a la máx. temperatura (%)	73
	Presión barométrica (Pa)	1010
	velocidad viento (m/s)	5.4
	dirección de viento	260
	claridad del cielo	11.3
	Precipitación día	0.347

Estas características climáticas determinan para el diseño arquitectónico dar respuesta a un clima complejo, ya que las estrategias de diseño para el período frío (evitar las pérdidas y aumentar las ganancias de calor) son exactamente opuestas a las del período caluroso (aumentar las pérdidas y evitar las ganancias de calor), esto determina la necesidad de disponer de estrategias de diseño flexibles, capaces de responder a estos dos períodos. El objetivo de esta parte era producir un conjunto de archivos climáticos de cambio climático que sería útil para una variedad de programas de simulación. Por lo tanto, una decisión a tomarse es qué plataforma de simulación tendría que apoyarse y el tipo de archivo de clima que sería apropiado, en esta tesis se elige al Energy Plus 2.0.0 (Jentsch et al, 2008). Este es un software libre desarrollado por Departamento de Energía de EEUU. El mismo ha sido seleccionado porque es reconocido ampliamente, además tiene la capacidad de simular las avanzadas características de la construcción, varios autores lo han elegido para evaluar cc (Wilde y Tian, 2010) (Jentsch et al, 2008).

Como ya se expuso, se selecciona el día más caliente y el día más frío de la base climática y se lo presenta en el cuadro tabla 8. Se sistematizan los parámetros que se requieren para construir la base climática en el programa para un día de diseño de verano e invierno respectivamente (ver figura 11).

Field	Units	Obj1
Maximum Dry-Bulb Temperature	C	
Daily Temperature Range	deltaC	
Humidity Indicating Conditions at Max Dry		
Barometric Pressure	Pa	
Wind Speed	m/s	
Wind Direction	deg	
Sky Clearness		
Rain Indicator		
Snow Indicator		
Day Of Month		
Month		

Figura 11. Captura de pantalla de los campos obligatorios del Energy Plus, para la determinación de los escenarios. Fuente: elaboración personal

Los archivos climáticos de los programas se generan a partir de los datos medidos a largo plazo mediante funciones estadísticas como TMY (typical meteorological data, por sus siglas en inglés, año típico en español). Un año típico meteorológico (TMY) es una base de datos meteorológicos seleccionados para una localidad específica, generada de un banco de datos mucho más largo que un año en la duración. Sobre toda base, es seleccionado un año que presente la gama de fenómenos meteorológicos para la ciudad en cuestión, utilizando promedios. Sin embargo, ya que estos archivos representan años "típicos" y excluyen deliberadamente condiciones de año pico, esta base climática es dificultosa para la evaluación de edificios ventilados naturalmente sobre todo en lo que refiere al sobrecalentamiento que se produce en condiciones de cambio climático (Jentsch, et al, 2008); (Belcher, et al 2005).

La institución de fomento de servicios de ingenieros (CIBSE) ha adoptado un enfoque para producir dos diferentes archivos climáticos para la simulación, archivos de año de referencia de prueba para la planificación del aire acondicionado y el año de verano de diseño (DSY) para analizar el sobrecalentamiento en condiciones de cambio climático (Belcher, et al 2005).

Tabla 10. Cuadro síntesis de las variables climáticas adoptadas en esta tesis. Fuente: elaboración propia.

		datos energy plus verano: enero, febrero, marzo y diciembre (día 9 de feb 1983); datos energy plus: abril, mayo, junio, julio, agosto, setiembre, octubre y noviembre (28 de junio 1997)	Normales meteorología 1961-1990 estación Carrasco	Normales meteorología 1961-1990 estación Prado
Año Escenario		1997 0	0	0
verano	Temperatura máxima de bulbo seco (°C)	34	38.80	38.93
	Amplitud térmica (°C)	13	9.45	10.03
	Humedad relativa en relación a la máx. temperatura (%)	41	70.50	69.25
	Presión barométrica (hPa)	999	1012.20	1012.08
	velocidad viento (m/s)	6.1	5.85	5.65
	dirección de viento	310	ESE - 135°	ESE-135°
	claridad del cielo	11.2	4.60	4.60
	Precipitación día	0.347	3.04	3.04
	Temperatura máxima de bulbo seco (°C)	9	2.73	-0.13
invierno	Amplitud térmica (°C)	12	8.76	8.26
	Humedad relativa en relación a la máx. temperatura (%)	73	57	63
	Presión barométrica (Pa)	1010	1016.7	1016.5
	velocidad viento (m/s)	5.4	3.85	3.64
	dirección de viento	260	NE - 45°	NE - 45°
	claridad del cielo	11.3	6.20	6.50
	Precipitación día	0.347	3.02	2.99

A continuación se presenta una primera estimación de los escenarios climáticos para el Siglo XXI ,Camilloni y Bidegain, 2005, para luego mostrar las variaciones adoptadas en esta tesis. Los modelos utilizados fueron: HADCM3 (Hadley Centre for Climate Prediction and Research); CSIRO Mk2 (Australia’s Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization), ECHAM4 (Max Planck Institute) y NCAR-PCM (National Center for Atmospheric Research).

Los escenarios que se simularan son el A2 (2020 y 2050) definidos por el IPCC, que supone una alta producción de gases de efecto invernadero y con un fuerte desarrollo en bloques regionales; y el B2 que supone una emisión más moderada de gases de efecto invernadero y con una fuerte política regional para el año 2020.

a) Temperatura

Se observan diferencias entre los modelos, todos los modelos muestran una sobreestimación de la temperatura media anual en la mayor parte de la región analizada. (Camilloni y Bidegain, 2005). La temperatura anual puede subir para el 2020 entre 0.2 y 1.0°C y hasta 2.0°C por el 2050 de acuerdo a los Modelos Globales Climáticos en el escenario A2.

Para el escenario B2, para el 2020 se estima un aumento de entre +0.2 y 0.9 °C y 1.0°C y 1.6°C para el 2050. (Camilloni y Bidegain, 2005).

b) Precipitaciones

La precipitación anual puede subir para el 2020 entre 0% a 4% y hasta 0% y 6% por el 2050 para el escenario A2. Para el B2, en el 2020 se prevé entre 0% y 2% de incremento y entre un 0% y 4% para el 2050, (Camilloni y Bidegain, 2005).

A partir del trabajo realizado por Bidegain, 2010 (tabla 12), se llevaron estas consideraciones a la escala del área metropolitana de Montevideo (tabla 11).

Tabla 11. Condiciones de simulación para los distintos escenarios. Fuente: elaboración personal Condiciones de simulación para los distintos escenarios. Fuente: elaboración personal

	Datos que se tomaron para ingresar de acuerdo estadísticas climatológicas	Carrasco				Prado			
		2020	2020	2050	2050	2020	2020	2050	2050
		A2	B2	A2	B2	A2	B2	A2	B2
verano	Temperatura máxima absoluta(tx periodo)	39.51	39.52	40.22	40.13	39.64	39.65	40.34	40.25
	temperatura máxima media menos temperatura mínima media ((txm - tnm) periodo)	9.45	9.45	9.45	9.45	10.03	10.03	10.03	10.03
	HR en relación a temp. Tx	71	71	71	71	69	69	69	69
	Presión media mensual (P periodo)	1012.2	1012.2	1012.2	1012.2	1012.1	1012.1	1012.1	1012.1
	velocidad del viento horizontal media mensual periodo	5.85	5.85	5.85	5.85	5.65	5.65	5.65	5.65
	dirección de viento predominante diciembre	ESE - 135º							
	frecuencia de días con precipitaciones en diciembre (FRR)	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60
	precipitaciones (PRR) mm	3.08	3.08	3.16	3.10	3.08	3.08	3.16	3.10
	Temperatura mínima absoluta (tn periodo)	3.34	3.34	3.94	3.86	0.49	0.49	1.08	1.01
	temperatura máxima media menos temperatura mínima media ((txm - tnm) periodo)	8.76	8.76	8.76	8.76	8.26	8.26	8.26	8.26
invierno	HR en relación a temp. Tx	57.00	57.00	57.00	57.00	63.00	63.00	63.00	63.00
	Presión media mensual (P periodo)	1016.69	1016.69	1016.69	1016.69	1016.46	1016.46	1016.46	1016.46
	velocidad del viento horizontal media mensual periodo	3.85	3.85	3.85	3.85	3.64	3.64	3.64	3.64
	dirección de viento predominante periodo	NE - 45º							
	frecuencia de días con precipitaciones en periodo (FRR)	6.20	6.20	6.20	6.20	6.50	6.50	6.50	6.50
	precipitaciones (PRR)	3.23	3.20	3.31	3.25	3.31	3.31	3.31	3.31

Belcher et al (2005) han desarrollado una metodología para la transformación de datos climáticos implementado por CIBSE y archivos DSY para los distintos escenarios del cambio climático. Esta

metodología se denomina "morphing" debido a que los datos de las estaciones meteorológicas, son 'transformadas' en datos climáticos de cambio climático. La metodología básica subyacente para el nuevo archivo 'mutando' consta de tres algoritmos diferentes dependiendo del parámetro a cambiar es:

$x = x_0 + \Delta x_m$  donde  $x$  es el valor que toma la variable en el clima futuro,  $x_0$  es el valor original es el valor presente y  $\Delta x_m$  es el cambio absoluto mensual que toma la variable

Pero además para calcular la variación diaria de temperatura, vincula cuándo se producen los picos y las mesetas,

$x = x_0 + \Delta x_m + a_m(x_0 - \langle x_0 \rangle_m)$  donde  $\langle x_0 \rangle_m$  es la media mensual de la variable  $x_0$ ,  $a_m$  es la varianza  $\Delta x_m$  and  $x_0$ .

En el caso del área metropolitana de Montevideo no se dispone de esta información (valores horarios de la variable climática en condiciones de cambio climático). Pero si vemos toda la reseña teórica, llegar a estos niveles de precisión no es coherente debido a las incertidumbres que manejan los escenarios de cambio climático, con las incertidumbres planteadas. Por lo tanto se trabaja con las medias del período caluroso y del período frío a la que se le suma las variaciones proyectadas para los distintos escenarios.

Para las simulaciones de los escenarios A2, B2; y los horizontes 2020 y 2050 se tomaron las temperaturas máximas y mínimas de la base climática de la DNM para el período frío y caluroso, para Prado y Carrasco a la que se le sumó el incremento de temperatura y precipitaciones de acuerdo a la tabla 10. El programa a partir de una temperatura máxima o mínima y una amplitud dada, determina la variación diaria de temperatura. Se simula para un día representativo y luego se multiplica el consumo por el número de días representativo del período; en este caso serán 127 días para el período caluroso y el resto para el período frío. Se debe aclarar que está sobrevalorado el dato de consumo por que dentro de cada uno de los períodos existe variabilidad de los datos, pero al ser aplicado el mismo criterio a cada uno de los modelos resulta adecuada para la toma de decisiones.

Tabla 12. Cambios en temperatura y precipitaciones para el área de estudio. Fuente: Modificado de Bidegain, 2010

**ESCENARIOS CLIMATICOS ANUALES Y ESTACIONALES SOBRE EL SUR DE URUGUAY  
INCLUYE TODOS LOS MODELOS IPCC 4to reporte (2007)**

**1. CAMBIO DE LA TEMPERATURA MEDIA ANUAL (°C)**

2020							
	VER	OTO	INV	PRIM	ANUAL	pfrio	pcaluroso
A2	0.70	0.68	0.54	0.72	<b>0.66</b>	0.63	0.67
B2	0.70	0.67	0.55	0.74	<b>0.67</b>	0.65	0.67

2050							
	VER	OTO	INV	PRIM	ANUAL	pfrio	pcaluroso
A2	1.40	1.35	1.06	1.43	<b>1.31</b>	1.25	1.33
B2	1.31	1.26	1.00	1.34	<b>1.23</b>	1.17	1.25

**2. CAMBIO EN LA PRECIPITACION ANUAL (%)**

2020							
	VER	OTO	INV	PRIM	ANUAL	pfrio	pcaluroso
A2	2.00	9.00	5.00	0.80	<b>4.20</b>	2.90	6.60
B2	2.00	9.00	3.00	0.80	<b>3.70</b>	1.90	6.35

2050							
	VER	OTO	INV	PRIM	ANUAL	pfrio	pcaluroso
A2	5.00	12.00	7.00	3.00	<b>6.75</b>	5.00	9.38
B2	3.00	10.00	5.00	1.00	<b>4.75</b>	3.00	7.38

1.C.- *Análisis de los recaudos gráficos* (planos, memorias constructivas generales y particulares y pliego de condiciones) de los proyectos realizados en el área metropolitana por el MVOTMA. Se identificarán cuales son los criterios de la priorización de recaudos MVOTMA en oposición con la priorización estratégica ambiental. Como lo muestra el final del capítulo 2.4, se establecieron los criterios utilizados para la selección de las propuestas a desarrollarse. A partir del relevamiento fotográfico de los conjuntos se confeccionaron unos modelos de análisis que se presentan a continuación.

#### 1.D.- *Determinación de la muestra.*

El programa que se estudió es el PPT. En el período de estudio el Banco Hipotecario del Uruguay construyó por este programa habitacional PPT Montevideo., 4485 viviendas es decir un total de 85 conjuntos. Se partió de la selección realizada por estudios previos. Se tomaron los datos climáticos (temperatura interior y exterior y humedad relativa exterior e interior), de las tipologías edilicias más representativas así como la evaluación de consumo de energía en climatización, tomando los datos del proyecto de *Pautas de diseño bioclimáticas para un clima complejo* (Picción, et al, 2008).

De la muestra original del trabajo de investigación op cit, se trabajó solo con los llamados a licitación PPTs. Es decir sólo se tomaron en consideración los **75 conjuntos de Montevideo que corresponden a PPTs, constituyendo un total de 2380 viviendas**. Se fotografiaron todos los edificios seleccionados y para cada uno se completa una ficha de relevamiento.

Los datos sistematizados son: dimensiones del terreno y el edificio, tipología, implantación, factor de ocupación del suelo, número de pisos, número de viviendas por piso, espacios de transición (balcones, galerías y porches), transmitancia térmica de la envolvente, orientación de las fachadas, área de huecos, tipo de protecciones solares y terminación exterior, tipo de calefacción y refrigeración, combustible utilizado. Además con la finalidad de obtener la información necesaria sobre las viviendas representativas a partir de las cuales se sistematizaría el trabajo de campo previamente realizado (registro de datos), se determinó la muestra. Por esta razón se fijan una serie de criterios para seleccionar la muestra, con el fin de acercarse a la fiabilidad respecto al universo objeto de estudio. Para ello se parte de una ficha técnica que indica: el ámbito público de producción de vivienda a ser analizado, el universo teórico (donde se hace referencia a la totalidad de la población en estudio), el tamaño de la muestra (teniendo en cuenta la población universo) y el método de muestreo (aleatorio). También se indica la estratificación que se utiliza para la selección de las unidades de muestreo.

Para un nivel de confianza del 90%, y un error de  $\pm 10\%$ , se determinaron los siguientes valores (ver tabla 13):

Tabla 13. *Ficha de muestreo. Elaboración personal*

<b>Ficha técnica de muestreo</b>	
Características	
Ámbito	Viviendas construidas BPS-BHU en área metropolitana de Montevideo en la década 90
Universo teórico	2382 viviendas
tamaño de la muestra	3 viviendas para un 10% de error
estratificación según tipología	altura=4
	tiras=0
	aisladas=0
método de muestreo:	aleatorio estratificado

Se definieron cuatro tipos edificatorios básicos que reúnen parámetros energéticos diferenciados: **torre** (edificios de más de 4 pisos con ascensor, donde predomina la altura sobre las demás dimensiones); **torre tira** (edificios de más de 4 pisos con ascensor en donde la altura y la longitud predominan); y **viviendas individuales aisladas**. Los tipos edificatorios tienen el siguiente porcentaje de representación: Torre (96%); Torre-tira(2%) ; individual-aislada (2%). Como se desprende de los porcentajes de la ficha de muestreo, el

tipo torre, tiene mayor representatividad en la producción de viviendas de esta década, presenta un porcentaje de huecos cercano al 40%, siendo la orientación predominante de los conjuntos la NO. La vivienda individual y la torre tira fueron desechadas como tipo por su baja representatividad. A su vez, dentro de los tipos se definen dos tipologías de vivienda que corresponden a: apartamentos mono-orientados y apartamentos doblemente orientados. Según el MVOTMA (2010) las características definidas como confort en las nuevas licitaciones, corresponden a áreas de dormitorios y a servicios disponibles por tipología (ver Figura. 17), pero en ningún caso se analiza las estrategias de diseño aplicadas.

Se seleccionaron los edificios / conjuntos más representativos por tipo, y posteriormente en forma aleatoria se escogen uno o dos apartamentos por cada edificio (ver figura 12). De los datos registrados en la investigación op cit, se seleccionaron encuestas de confort en 4 apartamentos de tipo edificatorio torre.

El primer análisis ambiental de los casos de estudio refiere a la localización, por ser una dimensión central. Los casos estudiados, podemos decir que se localizan en áreas centrales o intermedias de la ciudad (IM, 2004) (ver figura, 12 y 14).

Por lo tanto todos tienen acceso a servicios públicos. La población beneficiaria es homogénea. Las diferencias radican en el diseño de la envolvente por un lado y por el otro en las pautas de uso de las viviendas. El factor de hueco de las viviendas es menor al 40% por lo que son edificios que cuenta con masa térmica, cuentan con protecciones solares en los dormitorios y en general las características constructivas son similares, las heterogeneidades se encuentran básicamente en orientaciones de la fachada.

Como se expresó anteriormente dentro de cada edificio se seleccionaron viviendas de orientaciones dispares, ver figura 13.



Figura 12. Edificios seleccionados para edificio en altura. Fuente: Modificado de Picción et al, 2008

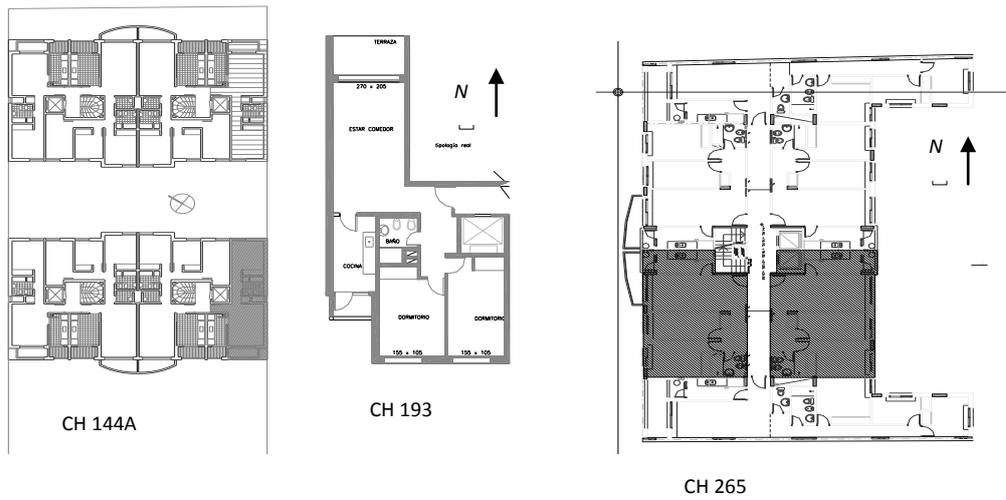


Figura 13. Conjuntos habitacionales seleccionados en Montevideo. Fuente: Picción et al, 2008

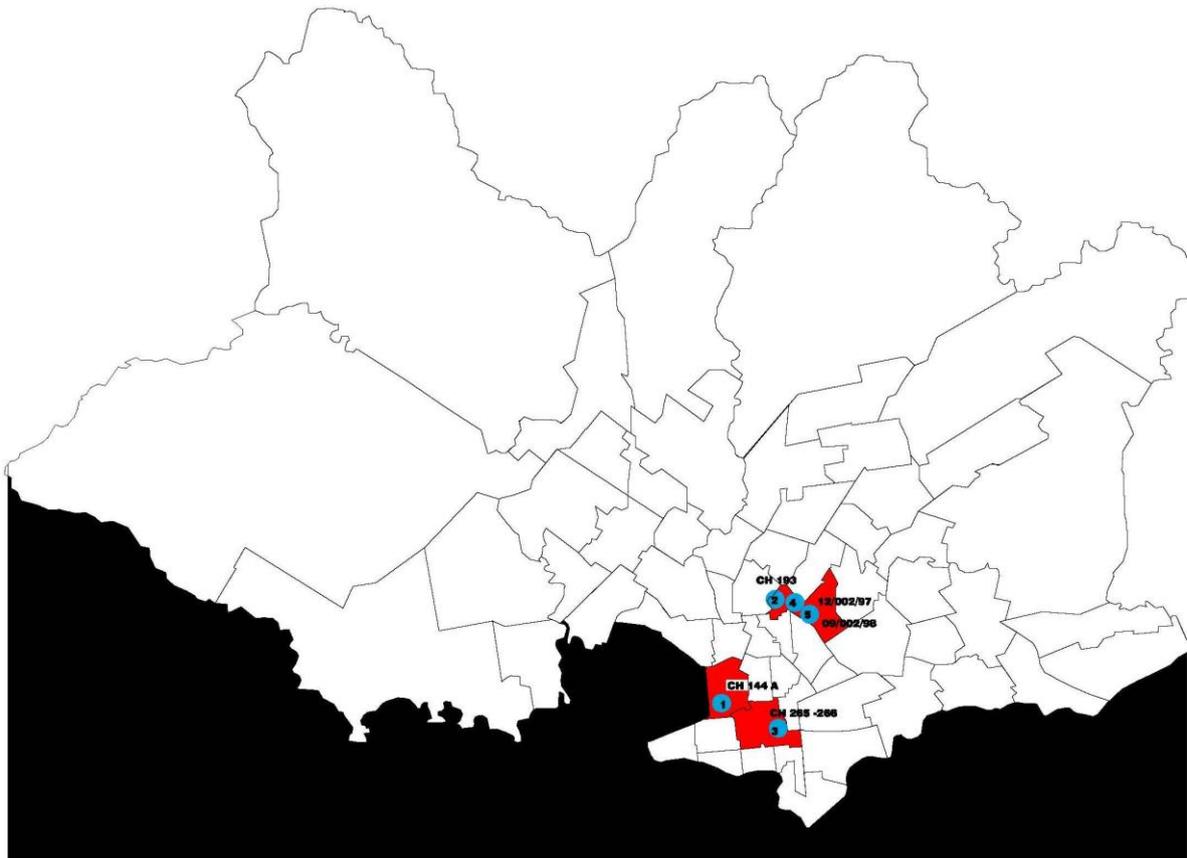


Figura 14. Ubicación de la muestra en Montevideo. Elaboración personal

Actualmente según el Plan Nacional de vivienda de 2010-2015 (MVOTMA,2010) también la tipología en altura es la que predomina tanto en licitaciones para activos como para jubilados (ver tablas siguientes con características de las viviendas).

**Características de confort**

	LICITACIONES 2006 - 2007			LICITACIONES 2008		
	TIPOLOGÍA			TIPOLOGÍA		
	2 dormitorios	3 dormitorios	4 dormitorios	1 dormitorio	2 dormitorios	3 dormitorios
porcentaje	20 a 40	40 a 60	20 a 30 5 a 10	hasta 10% de 2 dormitorios	50 a 60 60 a 70	50 a 40 30 a 40
área mínima	50	63	75	32	44	56
área máxima	55	70	85	36	50	63
cantidad de SH	1 completo	1 completo	1 completo + previsión 2º baño	1 completo	1 completo	1 completo
terracea de servicio	área mínima 1,2 m <sup>2</sup>			área mínima 1,2 m <sup>2</sup>		

REGIMEN DOMINIAL	INFRAESTRUCTURA	SERVICIOS ASOCIADOS
propiedad horizontal o propiedad común en lote individual	red pública de saneamiento	escuela pública a menos de 800 m
	red pública de agua potable	transporte público a menos de 500 m
	red pública de energía eléctrica	servicio de recolección de residuos
	alumbrado público	salón de usos múltiples en conjuntos de 20 o más unidades
	calle pública	

Figura 15. Características de las tipologías. Fuente: DINAVI, 2010

Parámetros	TORRE
Dimensiones del terreno (en metros)	
largo	34
ancho	14
Dimensiones del edificio (en metros)	
largo	14
ancho	9
altura	30
Número de pisos	10
Factor de ocupación del suelo (%)	49
Implantación	
entre medianeras	entre medianeras
h medianera dcha (m)	3
h medianera izq (m)	3
Número de viviendas por piso	2
Transmitancia (W/m <sup>2</sup> K)	
paredes	1,1
techos	0,8
vidrios	5,8
Fachada principal	
terminación exterior	ladrillo visto + rev. f. pintado
orientación	NO
protecciones -tipo	cortina enrollar+cortina int
color	claro
% de área huecos	39
infiltraciones de aire (m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> )	7
calefacción	
tipo	
refrigeración	
tipo	split
cantidad de horas en las viviendas	9

Figura 16. Sistematización de los parámetros térmicos relevados de acuerdo a la tipología torre. Fuente: Modificado de Picción, et al 2008

**I) LICITACIÓN ACTIVOS - PPT**

Valores promedio anuales de adjudicación de vivienda por año, tipología y número de dormitorios.

AÑO	TIPOLOGÍA	2 D (UR)	3 D (UR)	4 D (UR)	Incid terr (%)
2006	BLOQUE	2.301	2.923	3.567	6
	TORRE	2.594	3.294	4.020	6
2007	BLOQUE	2.330	2.959	3.612	5
	TORRE	2.570	3.264	3.984	7
	DUPLEX	2.746	3.487	4.256	3
2008	BLOQUE	2.164	2.749	(1)	6
	TORRE	2.445	3.106	(1)	5

**II) LICITACIÓN JUBILADOS Y PENSIONISTAS DEL BPS - PPT**

Valores promedio anuales de adjudicación.

AÑO	TIPOLOGÍA	1 D (UR)	Incid terr (%)
2007	TORRE/BLOQUE	2.172	8
2008	TORRE/BLOQUE	2.181	6

Figura 17. Tipologías y costos de las viviendas de jubilados y pensionistas realizadas entre 2005-2010. Fuente: MVOTMA,2010

A partir de la sistematización y el análisis de la tipología torre, se confeccionan dos modelos: uno simplemente orientado y otro doblemente orientado (Picción, et al , 2008). Para la simulación de edificaciones en el programa computacional EnergyPlus 2.0.0 es necesaria la definición de zonas térmicas del modelo. Para efectuar este modelo se tuvieron que realizar una serie de simplificaciones para poder evaluar el consumo de energía. Se partió de los modelos ya definidos: se ubican en un piso intermedio y consta de 6 zonas térmicas donde cada una representa los siguientes ambientes: cocina, baño, estar, pasillo, dormitorio principal y dormitorio secundario.

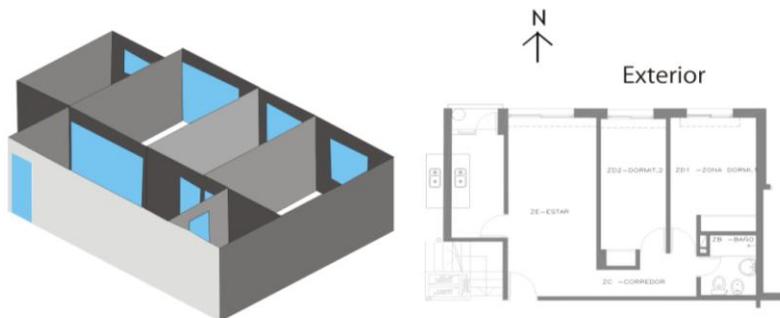


Figura 19. Modelo simplemente orientado y planta tipo de la tipología real . Fuente: Picción, et al 2008

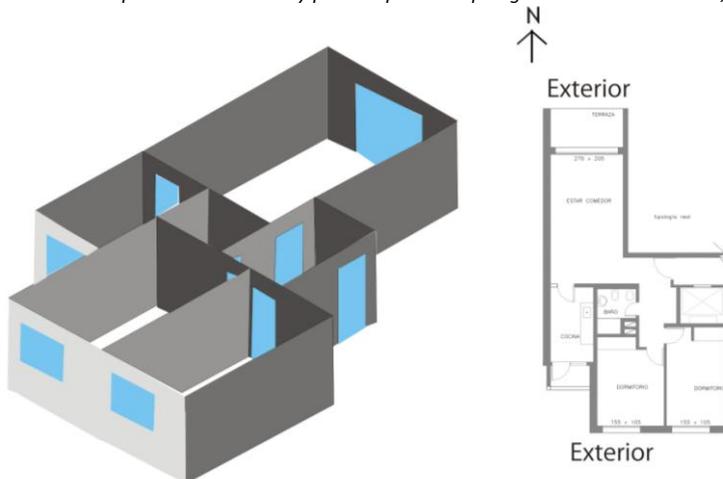


Figura 19. Modelo doblemente orientado y planta tipo de la tipología real . Fuente: Picción, et al 2008

Se consideraron los modelos doblemente y simplemente orientados (figura 14 y 15) y los denominados modelos ideales (doblemente y simplemente orientados). Los modelos ideales son a los que se le aplicaron las estrategias de diseño con criterios ajustados para lograr los menores consumos de energía.

#### MID1. Ideal Doblemente orientado (DO)

De acuerdo al Proyecto Pautas de diseño bioclimático, Picción et al 2008 el modelo ideal doblemente orientado tiene las siguientes estrategias de diseño, lo que llevan a un menor consumo en Montevideo en el año base y estas son:

- 1- **Porcentaje de área de huecos: 30% (30 H)** se considera área de cerramiento vidriado / área de fachada total \*100.
- 2- **Transmitancia térmica del cerramiento vidriado:** Para Montevideo doble vidriado hermético  $U=3.16 \text{ W/m}^2\text{K}$  y factor solar 0.77.
- 3- **Transmitancia térmica del cerramiento opaco:** para una masa  $M= 400 \text{ Kg/m}^2$  y para piso intermedio,  $U= 0.70 \text{ W/m}^2\text{K}$
- 4- **Orientación solar:** Norte para el mayor porcentaje de área de la vivienda.
- 5- **Color exterior de la fachada:** color oscuro absorptancia  $\alpha=0.90$
- 6- **Protección solar:** Exterior móvil, activada automáticamente cuando el sensor de temperatura interior asociado registra  $25^\circ\text{C}$ .
- 7- **Área expuesta:** piso intermedio (no techo ni piso expuesto)
- 8- **Densidad de ocupación del espacio:** alta ( $12\text{Kwh/m}^2$ )
- 9- **Uso de la vivienda:** horario de ocupación de 12 hs de lunes a viernes y 24 hs fines de semanas.

#### MID2. Ideal Simplemente orientado (SO)

Para el modelo ideal simplemente orientado las estrategias de diseño aplicadas son:

1. **Porcentaje de área de huecos: 30% a 40% (30 H a 40H)**, se considera área de cerramiento vidriado / área de fachada total \*100
2. **Transmitancia térmica del cerramiento vidriado:** Para Montevideo doble vidriado hermético  $U=3.16 \text{ W/m}^2\text{K}$  y factor solar 0.76.
3. **Transmitancia térmica del cerramiento opaco:** para una masa  $M= 400 \text{ Kg/m}^2$  y para piso intermedio,  $U= 0.70 \text{ W/m}^2\text{K}$
4. **Orientación solar:** Norte para el mayor porcentaje de área de la vivienda
5. **Color exterior de la fachada:** oscuro, absorptancia=0.9
6. **Protección solar:** Exterior móvil, activada automáticamente cuando el sensor de temperatura interior asociado registra  $25^\circ\text{C}$ .
7. **Área expuesta:** piso intermedio (no techo ni piso expuesto)
8. **Densidad de ocupación del espacio:** baja ( $6\text{Kwh/m}^2$ )
9. **Uso de la vivienda:** horario de ocupación de 12 hs de lunes a viernes y 24 hs fines de semanas.

A continuación se detallan las consideraciones de los modelos simulados: las ganancias internas se adecuan al comportamiento y cantidad de usuarios. Los horarios en que los habitantes encienden y apagan los aparatos se sistematizan en una tabla - Schedule- y se diseñan de acuerdo a las encuestas efectuadas. La cantidad de personas por apartamento es de 4 , salvo en el caso del modelo ideal simplemente orientado . En todas las simulaciones se consideran ganancias por iluminación, encendido y uso de televisor y computadora en la zona del estar y/o dormitorios. En la cocina no se colocan cargas internas. Se adopta el valor de 0.5 para la fracción radiante de ganancia de calor por los equipos. Se diseñan horarios distintos para los días laborales y fines de semana. Las cargas internas también varían según sea invierno o verano. Se considera una infiltración permanente de 3Rph durante todo el año para todas las zonas. La protección exterior tipo cortina de enrollar corresponde al modelo "Shade" de PVC blanco. Las cortinas permanecen cerradas en el período caluroso entre las 23.00 y las 14.00 hs, mientras que en el período frío permanecen cerradas entre las 23.00 y las 10.00 hs. Los modelos elegidos también responden a las características de las licitaciones de los años 2006,2007 y 2008 en lo que refiere a área de dormitorios y servicios higiénicos

### *Etapa 2 Análisis de los productos del programa: las tipologías edificatorias seleccionadas*

2.A.-. Análisis de los proyectos seleccionados en la muestra, desde el punto de vista del desarrollo sostenible de acuerdo a los indicadores previamente definidos.

Este punto está desarrollado en el punto 4.1.1 de la tesis

2.B.-. Encuestas ambientales y de satisfacción con la vivienda y el hábitat.

Esta segunda fase supone la evaluación de confort térmico por parte de los usuarios de las viviendas. La elección de la muestra de encuestas será tomada del proyecto de *Pautas de diseño bioclimáticas para un clima complejo* (Picción, et al, 2006), donde se eligieron 5 tipologías representativas.

La encuesta evaluó la relación de los ocupantes con su entorno y la satisfacción con el mismo, existen manuales que dan orientaciones sobre como evaluar el confort ambiental de los usuarios (algunas parciales como las recomendaciones de ASHARE o otras más globales como la norma ABTN NBR15575-1), estos serán utilizados como pautas de evaluación.

Se valoró el proyecto que consuma menos energía pero mantenga condiciones de confort y calidad del aire interior (ver capítulo 4). Se determinará así cuales pautas de diseño emiten menos gases GEI y son más sostenibles ambientalmente. Estos resultados se contrastarán con la adaptabilidad al cambio climático (a través de las simulaciones, cuantificando emisiones) y satisfacción de los usuarios de estas soluciones.

El producto de estas dos fases (2a y 2b) es la elaboración de las primeras aproximaciones del consumo energético, las emisiones de las tipologías seleccionadas, la satisfacción con el hábitat y la evaluación ambiental.

### *Etapa 3 Cuantificación de alternativas ambientales*

3.A.-. EAE adaptada aplicada al programa y en particular a los casos de estudio

3.B.-. Identificación de las “situaciones- problema” desde el punto de vista medio ambiental

La etapa 3 está desarrollada en el capítulo 4.

### *Etapa 4 Resultados*

4.A.-. Cuantificación de las variantes de diseño y del programa, centrado en la adaptabilidad al cambio climático.

4.B.-. Cuantificación de la mitigación de gases GEI

Los aspectos metodológicos utilizados en estos dos puntos fueron la cuantificación energética y de emisiones GEI a partir de simulaciones computacionales.

4.C.- Evaluación de los posibles costos económicos y sociales

Para los análisis económicos se efectuó una revisión de las metodologías utilizadas en investigaciones similares. De acuerdo a la bibliografía existente (Correna,2009; Barrenechea, 2009), los análisis económicos se vinculan generalmente a las evaluaciones de **eficiencia energética**. El instrumento más utilizado es la comparación y focalización de las (1) **medidas de conservación de energía**. Le sigue como otra herramienta de evaluación económica pero que considera los **costos iniciales** y de **mantenimiento**, (2) el **costo del ciclo de vida**. Esta surge en la década del 60, con diversos factores derivados de la industria de la construcción.

Las evaluaciones económicas centradas en la eficiencia energética son generalmente comparativas, focalizadas en las **Medidas de Conservación de Energía, MCE**, (Energy Conservation Measures, ECM) posibles de aplicación en un caso base. Posteriormente surgió la necesidad de adaptar la metodología del **Costo del Ciclo de Vida, CCV**, que surgió en la década de 1960, vinculando diversos factores relacionados a la industria de la construcción y al medio ambiente (GLUCH y BAUMANN, 2004 citados por Carlo, 2008). Se

puede citar también otra metodología de evaluación como es el **Coste de la Energía Conservada, CCE**, y análisis de coste-beneficio como otras formas de evaluación de costos. De toda esta revisión de las metodologías económicas y se elige: las medidas de conservación económica (MCE).

**1. Medidas de conservación de energía (MCE)**

Como las **Medidas de Conservación de Energía** pueden poseer ciclos de vida distintos, es necesario que todas sean traídas a un valor presente, como muestra la **Ecuación 1** (MCBRIDE, 1995):

Se debe acordar que si el CEC (costo de conservación de energía) es más pequeño que el coste de 1 kWh (tarifa de energía), es considerado ventajoso.

$$VPCCV = VPFC + VPM + VPR + VPE - PVRV \quad \text{(ecuación 1)}$$

En donde,

- VPCCV, Valor presente del costo del ciclo de vida (US\$);
- VPFC, Valor presente de los primeros costos (US\$);
- VPM, Valor presente de los costos de reparación y mantenimiento (US\$);
- VPR, valor presente de los costos de reposición (US\$);
- VPE, valor presente de los costos de consumo de energía (US\$);
- PVRV, valor presente del valor residual (US\$).

**2. Costo del ciclo de vida (CCV)**

Según Carlo, 2008 cuando ASHRAE definió, en 1991, que los criterios para la nueva versión de la Standard 90.1 fueran basados en criterios económicos, estos fueron fundamentados en el análisis del ciclo de vida. La economía de energía consumida a lo largo del tiempo y proveniente de cualquier Medida de Conservación de Energía (MCE) debería justificar su inversión inicial, o sea que la economía debería ser mayor que lo invertido (MCBRIDE, 1998). Se desarrolló una formula aescalar, índices económicos atemporales equivalentes a factores de valor presente modificados.

$$FYS_h \cdot A \cdot P_h \cdot S_h + FYS_c \cdot A \cdot P_c \cdot S_c \geq \Delta FC \cdot A \cdot S_2 \quad \text{(ecuación 2)}$$

Donde,

- FYSh, economía de energía del primer año por unidad de área, para calentamiento (therm);
- A, área (ft<sup>2</sup>);
- Ph, precio de la energía para calentamiento (US\$/therm);
- Sh, scalar ratio para calentamiento (adimensional);
- FYSc, economía de energía del primer año por unidad de área, para enfriamiento (kWh);
- Pc, precio de la energía para enfriamiento

Mascaró y Mascaró (1992) muestran que la tasa de descuento puede ser calculada según la Ecuación 3, que incluye un capital externo prestado para completar el capital total necesario para realizar la inversión en una MCE.

$$R = a_f \cdot X + (a_e + q)(1 - X) \quad \text{(ecuación 3)}$$

Donde,

- R, tasa de descuento (adimensional);
- af, demanda de retorno del capital externo (adimensional);
- ae, demanda de retorno real en equivalencia (adimensional);

X, parcela de capital externo en relación al capital total (R\$);  
q, tasa de inflación (adimensional).

La tasa inflacionaria y la conversión de todos los factores relacionados al consumo en una unidad unidimensional, la monetaria, provocan incertidumbres por su imprecisión en representar los factores relacionados al consumo. Esto acarrea una elevada complejidad en la construcción de escenarios futuros.

Estas son una de las limitaciones en el uso del CCV en evaluaciones económicas que involucran la energía. Sin embargo, el CCV es aún un buen indicador para la definición de decisiones estratégicas exactamente por unificar una variedad de condicionantes en un único lenguaje que facilita la comprensión del proceso y la toma de decisiones (GLUCH y BAUMANN, 2004).

Para evaluar distintos “techos verdes” en Singapur con CCV como herramienta, Wong et al (2003) desarrolló un enfoque en un intento de reducir las incertidumbres posibles en el modelo, estableciendo un proceso que debe adoptarse para reducir las incertidumbres en la recopilación de datos, como la encuesta de precios de materiales de construcción y uso de herramientas CCV, como programas informáticos. Antes de eso, sin embargo, para comenzar el proceso se utiliza para identificar los objetos de estudio, un listado de todos los MCE que participan en el análisis y todos los gastos que deben plantearse.

En Lee et al (2003) encontró que la incertidumbre en la economía en el coste de ciclo de vida ECCV, provoca mayores errores relativos que la relación costo-beneficio de un MCE. Se aprobó la **relación costo-beneficio** que se describe en ecuación 3, después de comprobar errores relativos de la misma.

$(B/C)_{io} = Bio / Cio$  (ecuación 4)

Donde,

Bio, la ventaja de disponer de la medida de conservación de energía n-ésima en comparación con el costo del modelo de referencia (moneda);

Cio, aumento de los costos resultantes de la incorporación de MCE en comparación con el costo del modelo de referencia (moneda).

Bio puede lograrse mediante:

$$B_{io} = AEC_{io} \cdot EU \cdot (1/d) \left\{ 1 - \left[ 1 / (1+d)^n \right] \right\} \quad (\text{ecuación 5})$$

Donde,

AECio, la economía del consumo de energía es decir la economía del consumo de energía en un año debido a la incorporación de la MCE (kWh/año);

EU, a tarifa de un kWh de energía eléctrica (unidad monetaria/kWh);

d, tasa de descuento (%);

n, período de análisis (años).

### 3. Tasa de retorno

Según Martinaitis et al. (2004), es la evaluación económica que considera el análisis de retorno de una inversión (Payback), siendo la medida de análisis de coste más popular. Sin embargo, estudios ya mostraron que este indicador, al no llevar en cuenta el **ciclo de vida de componentes, puede indicar periodos de retorno de inversiones en MCE mayores.**

Tabla 14. Tasa de descuento en cambio climático. Fuente: Barrenechea, 2009

COSTOS TOTALES DEL CAMBIO CLIMATICO PARA LA ECONOMIA URUGUAYA									
% sobre PBI 2008 - Acumulados al año 2100									
Sector	Tasa de descuento 0,5% anual			Tasa de descuento 2% anual			Tasa de descuento 4% anual		
	A2	B2	Promedio escenarios	A2	B2	Promedio escenarios	A2	B2	Promedio escenarios
Agropecuario	21,6%	-42,2%	-10,3%	4,2%	-22,8%	-9,3%	-2,7%	-12,0%	-7,3%
Energía	6,3%	6,6%	6,4%	3,2%	3,2%	3,2%	1,6%	1,5%	1,6%
Turismo	0,3%	3,0%	1,6%	1,5%	2,3%	1,9%	1,5%	1,5%	1,5%
Agua	2,5%	2,3%	2,4%	1,3%	1,1%	1,2%	0,6%	0,5%	0,6%
Recursos Costeros	7,1%	2,5%	4,8%	2,3%	2,5%	2,4%	0,5%	0,6%	0,6%
Biodiversidad	17,8%	13,7%	15,8%	13,2%	8,7%	11,0%	9,1%	4,9%	7,0%
Desastres	57,0%	23,1%	40,0%	28,3%	11,9%	20,1%	14,2%	6,2%	10,2%
<b>Subtotal</b>	<b>112,6%</b>	<b>8,9%</b>	<b>60,7%</b>	<b>54,0%</b>	<b>6,8%</b>	<b>30,4%</b>	<b>24,9%</b>	<b>3,3%</b>	<b>14,1%</b>
Indirectos	77,1%	-15,1%	31,0%	43,9%	-1,6%	21,1%	19,9%	-2,6%	8,7%
<b>Totales</b>	<b>189,7%</b>	<b>-6,2%</b>	<b>91,7%</b>	<b>97,9%</b>	<b>5,2%</b>	<b>51,5%</b>	<b>44,8%</b>	<b>0,7%</b>	<b>22,7%</b>

Si nos basamos solo en la eficiencia económica de una MCE puede ser evaluada en función del **costo de la energía conservada**, CEC. Una inversión económicamente interesante de la CEC, sucede cuando la CEC es menor que la tarifa de un kWh de energía (**ecuación 6**) (ROSENFELD, 1996). El CEC permite una interpretación directa de los resultados, es más ventajoso consumir energía o invertir en una MCE.

$$CEC = TCC/\Delta E < \$ \text{ kWh (ecuación 6)}$$

Donde,

CEC, costo de conservación de la energía (\$/ kWh);

CBT, MCE del total cuesta (\$);

ΔE, energía guardado, o guardado en un año (kWh);

\$ kWh, coste de 1 kWh (\$/ kWh).

Jacob y Madlener (2003) ha argumentado que la CEC será adecuada para un análisis que no involucre el tiempo, considerando un ciclo de vida igual a todas las medidas conservación de la energía. Pero Martinaitis et al (2004) incluye la vida útil de un MCE y el **costo monetario de capital** prestado en el cálculo de la CEC, como se describe en Ecuación de 7.

$$CEC = (TCC / \Delta E) \cdot \left\{ d / [1 - (1 + d)^{-n}] \right\} \quad \text{ecuación 7}$$

donde,

TCC, costo de la MCE (\$);

ΔE, energía economizada (MWh);

n, a vida útil de la MCE (años);

d, a tasa de descuento (adimensional).

Calculando la tasa de descuento: Para cada tasa de interés, hay una tasa de descuento correspondiente, dado por la fórmula siguiente:

$$d = \frac{i}{1 + i}$$

Tasa de descuento = d

i = tasa de interés

Para esta tesis se tomará una tasa de descuento del 5% ya que los cálculos son realizados en pesos y la inflación en pesos supera ese porcentaje y todo hace suponer que en el correr de los años este valor no disminuirá.

#### 4. El Valor Actual Neto. (V.A.N.)

Conocido bajo distintos nombres, es uno de los métodos más aceptados (por no decir el que más).

Por Valor Actual Neto de una inversión se entiende la suma de los valores actualizados de todos los flujos netos de caja esperados del proyecto, deducido el valor de la inversión inicial.

Si un proyecto de inversión tiene un VAN positivo, el proyecto es rentable. Entre dos o más proyectos, el más rentable es el que tenga un VAN más alto. Un VAN nulo significa que la rentabilidad del proyecto es la misma que colocar los fondos en él invertidos en el mercado con un interés equivalente a la tasa de descuento utilizada. La única dificultad para hallar el VAN consiste en fijar el valor para la tasa de interés, existiendo diferentes alternativas.

Como ejemplo de tasas de descuento (o de corte), indicamos las siguientes:

- a) Tasa de descuento ajustada al riesgo = Interés que se puede obtener del dinero en inversiones sin riesgo (deuda pública) + prima de riesgo).
- b) Coste medio ponderado del capital empleado en el proyecto.
- c) Coste de la deuda, si el proyecto se financia en su totalidad mediante préstamo o capital ajeno.
- d) Coste medio ponderado del capital empleado por la empresa.
- e) Coste de oportunidad del dinero, entendiendo como tal el mejor uso alternativo, incluyendo todas sus posibles utilidades.

La principal ventaja de este método es que al homogeneizar los flujos netos de Caja a un mismo momento de tiempo ( $t=0$ ), reduce a una unidad de medida común cantidades de dinero generadas (o aportadas) en momentos de tiempo diferentes. Además, admite introducir en los cálculos flujos de signo positivos y negativos (entradas y salidas) en los diferentes momentos del horizonte temporal de la inversión, sin que por ello se distorsione el significado del resultado final, como puede suceder con la T.I.R.

Dado que el V.A.N. depende muy directamente de la tasa de actualización, el punto débil de este método es la tasa utilizada para descontar el dinero (siempre discutible). Sin embargo, a efectos de "homogeneización", la tasa de interés elegida hará su función indistintamente de cual haya sido el criterio para fijarla.

El V.A.N. también puede expresarse como un índice de rentabilidad, llamado **Valor neto actual relativo**, expresado bajo la siguiente fórmula:

$$\text{V.A.N. de la inversión/Inversión}$$

o bien en forma de tasa (%):

$$\text{V.A.N. de la inversión} \times 100 / \text{Inversión}$$

#### 5. Tasa Interna de Rentabilidad (T.I.R.)

Se denomina Tasa Interna de Rentabilidad (T.I.R.) a la tasa de descuento que hace que el Valor Actual Neto (V.A.N.) de una inversión sea igual a cero. (V.A.N. =0).

Este método considera que una inversión es aconsejable si la T.I.R. resultante es igual o superior a la tasa exigida por el inversor, y entre varias alternativas, la más conveniente será aquella que ofrezca una T.I.R. mayor.

Las críticas a este método parten en primer lugar de la dificultad del cálculo de la T.I.R. (haciéndose generalmente por iteración), aunque las hojas de cálculo y las calculadoras modernas (las llamadas financieras) han venido a solucionar este problema de forma fácil.

También puede calcularse de forma relativamente sencilla por el método de interpolación lineal.

Pero la más importante crítica del método (y principal defecto) es la inconsistencia matemática de la T.I.R. cuando en un proyecto de inversión hay que efectuar otros desembolsos, además de la inversión inicial, durante la vida útil del mismo, ya sea debido a pérdidas del proyecto o a nuevas inversiones adicionales.

La T.I.R. es un indicador de *rentabilidad relativa del proyecto*, por lo cual cuando se hace una comparación de tasas de rentabilidad interna de dos proyectos no tiene en cuenta la posible diferencia en las dimensiones de los mismos. Una gran inversión con una T.I.R. baja puede tener un V.A.N. superior a un proyecto con una inversión pequeña con una T.I.R. elevada.

De los cinco métodos expuestos a pesar de que presenta críticas, el que va a ser desarrollado es el primero de las medias de conservación de energía.

#### *Etapas 5. Síntesis*

A.- Recomendaciones para el futuro del programa. Herramienta para llamados a licitación.

B.- Recomendaciones de diseño

C.- Informe final

Determinación de la EAE adaptada y de criterios de diseño para priorizar proyectos en los programas de vivienda. Indicadores para la selección de proyectos futuros.

Capítulo 4- Resultados y discusión

4.1. ANÁLISIS DEL PROGRAMA HABITACIONAL

4.1.1. Aplicación de la EAE al programa PPT

La EAE aplicada a los PPT, funciona como una herramienta que interactuará durante **todo el proceso de gestión habitacional (definición del programa, llamado a licitación, llamado a interesados, adjudicación, seguimiento de obra y post-obra)**, enfocándose en la toma de decisiones estratégicas ambientales (ver figura 4.1). Según lo dice explícitamente la LOTDS “El ordenamiento territorial constituirá el instrumento fundamental en la articulación de las políticas públicas habitacionales y de suelo” lo que determina que EAE también actuará e impactará sobre las políticas del suelo.

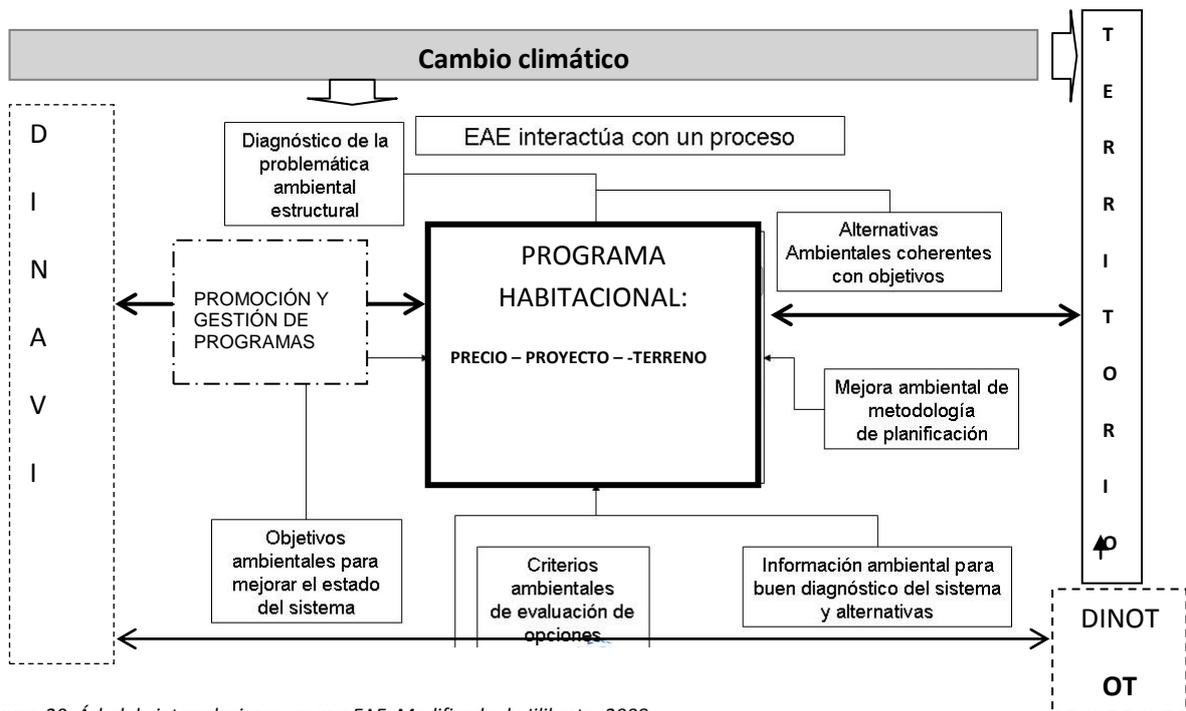


Figura 20. Árbol de interrelaciones en una EAE. Modificado de Jiliberto, 2008

Tabla 15. Síntesis de etapas y alcances de la EAE aplicada a los PPT. Elaboración personal

Implementación de la EAE - al Programa Habitacional: PPT	
Etapas	Alcance
Fase 1	<b>Establecimiento del Marco Ambiental Estratégico</b> Identificar las dimensiones ambientales que afectan más al programa. <b>Principios rectores:</b> 1. Calidad de vida y equidad social 2. Uso responsable, conservación y recuperación de los recursos ambientales y del patrimonio cultural (tangibles e intangibles) 3. Desarrollo económico ético, responsable y solidario 4. Ordenamiento equilibrado y racional del territorio 5. Diseño ambientalmente consciente. Definir marco institucional.
	<b>Alcance de la EAE</b> Todos los actores del sistema deben entender el alcance de la EAE aplicada al PPT. Consenso y participación.
	<b>Modelo de Evaluación Ambiental</b> Descripción de la línea ambiental base. Herramientas a desarrollar: determinación de indicadores ambientales del plan. Se identificaron 33 indicadores y se valoró su cuantificación.
	<b>Diagnóstico Ambiental.</b> Análisis de la localización y del pliego de condiciones de los llamados.
	<b>Evaluación Ambiental de Opciones Alternativas.</b> Esta es la etapa fundamental que será desarrollada a partir de la evaluación de uno de los indicadores a modo de testeo. Simulación de una decisión inferior (elegir un proyecto y realizarlo) sólo para testear plausibilidad/factibilidad del marco de referencia planteado.
Fase 2	<b>Prevención y Seguimiento</b> Se deben identificar los elementos del plan más relevantes para evaluar como es su seguimiento.
Fase 3	<b>Elaboración y Consulta de Informes Finales.</b> Informes de lo implementado.

Para comenzar con la herramienta, se inicia la fase 1: Establecimiento del marco conceptual. Esta etapa pretende establecer el **marco ambiental de referencia y los objetivos para la evaluación ambiental del plan**. Esto incluye delimitar el contexto institucional del plan, identificando el marco de decisión al que se enfrenta y los principales efectos, objetivos y alternativas ambientales del plan. Es fundamental en esta fase identificar la dimensión ambiental estratégica del plan.

Tabla 16. Fase 1, EAE. Fuente: elaboración personal

etapa 1	
Establecimiento Marco Ambiental	
<b>Objetivo</b>	Incorporación de valores ambientales al proceso de decisión del programa PPT en contexto de cambio climático
<b>Marco institucional</b>	Órgano competente: MVOTMA - DINAVI
<b>Actores del sistema</b>	Normas que regulan el Programa: Ley de vivienda, LGPA, LOTDS, convenios DINAVI - empresas constructores- adjudicatarios-usuarios
<b>Dimensión ambiental estratégica</b>	Calidad de vida y equidad social
	Desarrollo económico de los usuarios
	Preservación de recursos ambientales y del patrimonio cultural
	ordenamiento equilibrado del territorio diseño ambientalmente consciente
<b>Principales problemas detectados:</b>	<i>De localización en el territorio:</i> áreas periféricas de la ciudad, sin servicios, o en zonas inundables, próximas a zonas de interés de protección ambiental cercana a una zona de deposición de basura
	<i>De los usuarios:</i> ghetización de los conjuntos, todos usuarios de una misma franja de ingresos y de una misma edad.
	<i>Del diseño de las viviendas:</i> Consumos de energía por encima del promedio residencial no existen estrategias bioclimáticas aplicadas a las viviendas
	Integración social, cohesión social, acceso y permanencia en la vivienda
	consumo de energía bajo la media de residencia de Montevideo
	utilización energías renovables bajo consumo de agua
<b>Opciones ambientales estratégicas</b>	

Como resultado de esta fase se deberá elaborar el **documento Marco de la EAE (MAE)**, con todas las etapas y documentos que se registran. En esta tesis falta una parte importante de la misma que es la participación. Para llevarla a cabo se debería discutir intensamente si la tabla 17 es efectivamente la que representa la estrategia ambiental en este programa. Este documento final de esta fase, debería recoger los distintos documentos que se han ido elaborando o los trabajos que se han venido desarrollando.

Tabla 17. Fase 2, EAE. Fuente: elaboración personal

etapa 2	
<b>Alcance de la EAE</b>	
Objetivo:	Elaborar la síntesis del documento Marco de la EAE y determinar a través de un proceso participativo entre todos los actores del sistema (incluido usuarios) el proceso de planificación
<b>Actores del sistema</b>	DINAVI-DINOT-DINAGUA-DINAMA - empresas constructores- adjudicatarios-usuarios
Dimensión ambiental estratégica	Redefinición a partir de la participación

La etapa que le sigue es básicamente de participación con todos los actores del sistema, para rever y acordar cuál será el marco estratégico a aplicarse a este programa.

Tabla 18. Fase 3, EAE. Fuente: elaboración personal

etapa 3	
<b>Modelo de Evaluación Ambiental</b>	
Objetivo:	Definición del proceso y de los indicadores de análisis y evaluación ambiental
<b>Actores del sistema</b>	DINAVI - empresas constructores- adjudicatarios-usuarios
Dimensión ambiental estratégica	Herramientas a desarrollar: determinación indicadores ambientales del plan. Se identificaron 33 indicadores y se valoró su cuantificación . Determinación línea base 0 del territorio
<b>Opciones ambientales estratégicas</b>	Las opciones con mayor puntaje serán las que menor impacto al ambiente tendrían

Si se analiza la etapa 3, se debe entender cómo los indicadores propuestos pueden aportar a esta etapa. Es fundamental la participación de las distintas direcciones del MVOTMA y la intendencia donde se implantará el proyecto. Esta última debería participar en todas las instancias.

El sistema de indicadores ambientales propuestos para este programa tal como está planteado, debe estar diseñado para dar respuesta a la necesidad de disponer información confiable que permita evaluar la evolución de algún “aspecto ambiental” Se espera que posibilite el seguimiento de los resultados de las acciones realizadas, así como de valores a la planificación, y además de valor a la información disponible a la hora de tomar decisiones.

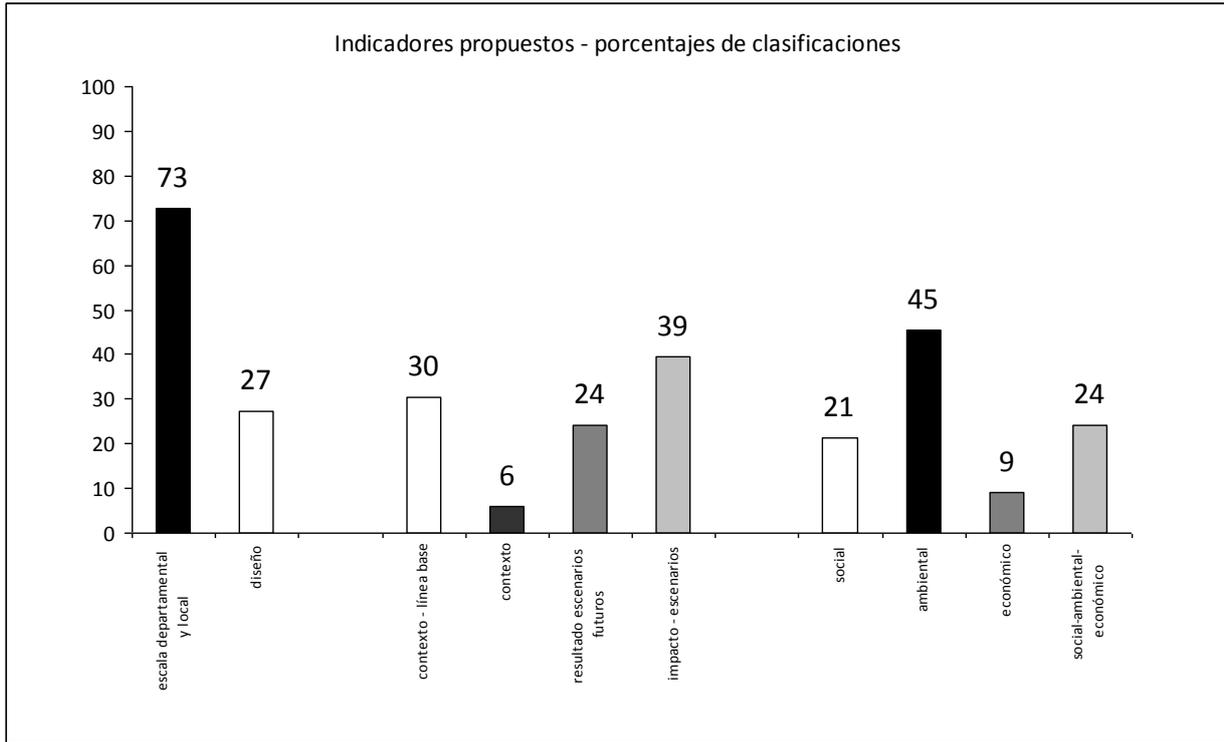


Figura 21. Clasificación de los indicadores y porcentajes. Elaboración personal.

La mayoría de los indicadores ambientales tiene que ver con su localización en el territorio ya que se entiende que es determinante para evitar los impactos negativos. Posteriormente si evaluamos los impactos, nos va a interesar los que evalúan los escenarios de cambio climático. De todos los aspectos a analizar se entiende que lo ambiental es fundamental en este programa.

Tabla 19. Fase 4, EAE. Fuente: Elaboración personal

etapa 4	
<b>Diagnóstico Ambiental.</b>	
Objetivo:	Analizar el sistema ambiental sectorial, identificando las dinámicas ambientales sectoriales estructurales, y elaborar un diagnóstico ambiental de acuerdo a los objetivos ambientales y para evaluar las alternativas
Actores del sistema	DINAVI-DINOT-DINAGUA-DINAMA - empresas constructores- adjudicatarios-usuarios
Dimensión ambiental estratégica	Análisis de la localización, memoria constructiva y del pliego de condiciones de los llamados. Participación y comunicación del diagnóstico ambiental del programa.

La etapa 4, tiene como producto final el diagnóstico ambiental, este nos permite la priorización de las ubicaciones de los proyectos en el territorio. Posteriormente debería comenzar un proceso de participación para determinar en forma consensuada el diagnóstico final.

Tabla 20. Fase 5, EAE. Fuente: Elaboración personal

etapa 5	
<b>Evaluación Ambiental de Opciones Alternativas.</b>	
Objetivo:	Evaluar ambientalmente las opciones alternativas que vaya generando el proceso de planificación
Actores del sistema	DINAVI-DINOT-DINAGUA-DINAMA - empresas constructores- adjudicatarios-usuarios
Dimensión ambiental estratégica	Evaluación de los efectos ambientales de las opciones alternativas del plan y motivación de la elección de opciones

Esta es la etapa fundamental que será desarrollada a partir de la evaluación de uno de los indicadores a modo de testeo. Se simulan decisiones de diseño - decisiones de escala inferior (elegir un proyecto y realizarlo) sólo para testear plausibilidad/factibilidad del marco de referencia planteado.

Para poder llevar a cabo de esta etapa en adelante, se parte de analizar los “productos” obtenidos en la década del 90, en el aérea metropolitana de Montevideo. Son necesarios cumplir estos pasos para luego poder desarrollar las etapas posteriores (tabla 22).

Tabla 21. Fase 6 y 7, EAE. Fuente: Elaboración personal

Fase 2	etapa 6: Prevención y Seguimiento	Se deben identificar los elementos del plan más relevantes para evaluar como es su seguimiento.
Fase 3	etapa 7:Elaboración y Consulta de Informes Finales.	Informes de lo implementado.

#### 4.2. TESTEO: SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS DE DISEÑO

##### 4.2.1. Aplicación de los indicadores a la muestra

Se analizaron los indicadores previamente definidos a los edificios que pertenecen a la muestra del programa habitacional. Se le incorporaron dos edificios más que si bien tienen características distintivas porque son viviendas para jubilados, se le aplicaron los mismos criterios.

Tabla 22. Aplicación de indicadores a la muestra. Elaboración personal

Conjunto Habitacional	144A	193	265	266	12/002/97	09/002/98
dirección	Av. Agraciada 2676	Bvar Artigas 3631	Jackson frente al 1325	Jackson frente al 1326	Gral. Flores 3295	L. A. De Herrera 3591
barrio	Arroyo Seco	Brazo Oriental			Brazo Oriental	Brazo Oriental
padrón	415094	135073	415119	415120	41684	82265
Ingreso Medio de los Hogares beneficiarios con valor locativo a precios corrientes con aguinaldo	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d
Tasa de alfabetización de los beneficiarios	terciario incompleto	terciario completo	secundaria incompleta	terciario incompleto	primaria completa	primaria completa
Organizaciones sociales existentes	No en el conjunto si en barrio	sí, organización de la administración	sí, organización de la administración			
Tipo de evacuación del servicio sanitario de los hogares	Saneamiento	Saneamiento	Saneamiento	Saneamiento	Saneamiento	Saneamiento
Hacinamiento en vivienda anterior	No	No	No	No	No	No
Existencia de infraestructura y servicios sociales	sí	sí	sí	sí	sí	sí
Tasa de empleo						
Acceso internet	Sí	Sí	sí	Sí	n/d	n/d
Tenencia computadora	Sí	Sí	n/d	Sí	No	No
Participación de electricidad de fuentes renovables y no renovables en la oferta total de electricidad	-	-	-	-	-	-
Tratamiento de efluentes industriales	-	-	-	-	-	-
Índice de calidad del agua ICA	No hay medición próxima	No hay medición próxima				
DBO industrial (mg/L y kg)	No hay industrias próximas	No hay industrias próximas				
Presencia de partículas sólidas en aire						
Emisiones de CO	-	-	-	-	-	-
Estimaciones de gases de efecto invernadero	-	-	-	-	-	-

Uso del Suelo planificado	Vivienda	Vivienda	Vivienda	Vivienda	Vivienda	Vivienda
Plomo en suelo	No	No	No	No	No	No
Gestión de Áreas protegidas	No	No	No	No	No	No
Superficie de suelo con régimen rural ocupado	0	0	0	0	0	0
producción y tratamiento desechos sólidos	colocación residuos domiciliarios en volquetas sin tratamiento ni clasificación	colocación residuos domiciliarios en volquetas sin tratamiento ni clasificación	colocación residuos domiciliarios en volquetas sin tratamiento ni clasificación	colocación residuos domiciliarios en volquetas sin tratamiento ni clasificación	colocación residuos domiciliarios en volquetas sin tratamiento ni clasificación	colocación residuos domiciliarios en volquetas sin tratamiento ni clasificación
Grado de naturalidad/Antropización	n=0	n=0	n=0	n=0	n=0	n=0
Índice de relevancia ecológica	-	-	-	-	-	-
Cumplimiento normativa ordenamiento territorial	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Localización áreas centrales o intermedias	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Transmitancia térmica de la envolvente	1.2	1	1.2	1.2	1.6	1.6
factor de huecos	49%	32%	40%	40%	42%	48%
existencia de protecciones solares	sí	sí	sí	sí	solo dorm.	solo dorm.
Índice de reducción sonora envolvente exterior	51 dB					
consumo de energía eléctrica	-	-	-	-	-	-
captación del agua de lluvia	No	No	No	No	No	No
área permeable e impermeable	100% a. impermeable apto	100% a. impermeable apto. Acceso 10% impermeable	100% a. impermeable apto. Acceso 10% impermeable			
Uso de materiales locales	No	No	No	No	No	No

*Nota: se debe aclarar que cuando se refiere a materiales locales son aquellos materiales que requieren poco procesamiento energético incorporado o cuyo transporte, costos ambientales y económicos son bajos respecto al resto de los materiales de construcción.*

Al completar el cuadro de indicadores se desprenden algunas conclusiones: **los indicadores marcados con gris son dificultosos de completar y refieren básicamente al entorno, siendo algunas de ellas muy globales y sin diferencias significativas. Por este motivo es que se entiende fundamental analizar las estrategias bioclimáticas aplicadas en cada uno de los conjuntos. Se establecen en cada uno de los espacios de la vivienda: E(estar); D1 (dormitorio 1) y D2 (dormitorio 2), los diseños elegidos por los arquitectos en cada uno de los casos.**

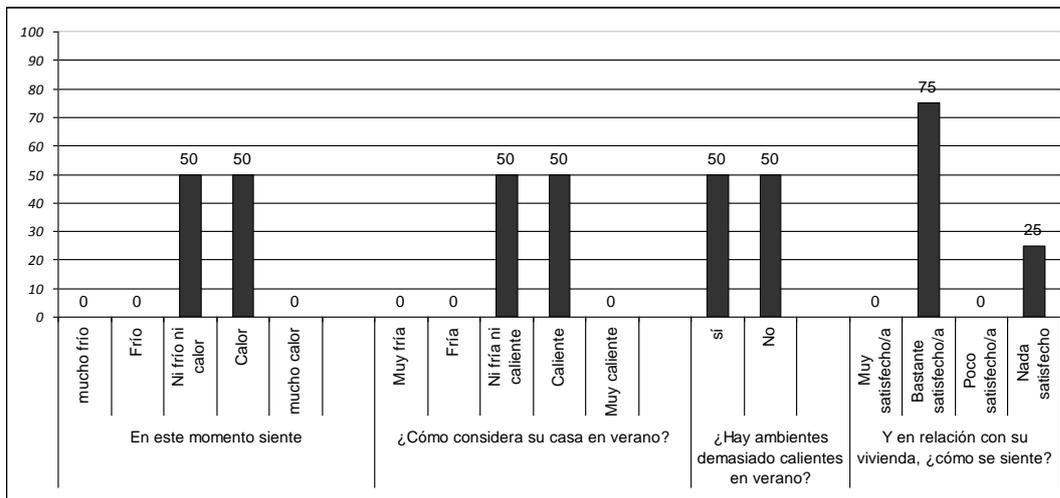
Tabla 23. Estrategias de diseño aplicadas en los espacios de las tipologías. Fuente: Elaboración personal

Estrategias bioclimáticas posibles de ser aplicables para aumentar el confort en:	MONTEVIDEO											
	CH144A			CH193			CH265			CH265		
	E	D1	D2	E	D1	D2	E	D1	D2	E	D1	D2
<b>Período caluroso</b>												
ventilación natural:	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
ventilación unilateral							X	X	X	X	X	X
ventilación cruzada	X	X	X	X	X	X						
alta inercia p/refrescamiento	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
refrescamiento evaporativo												
<b>Período frío</b>												
masa térmica	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
calentamiento solar pasivo	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
humidificación												
sombreamiento	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
protección solar exterior		X	X		X	X		X	X		X	X
protección solar interior	x			x			x			x		

**4.2.2. Evaluación del confort térmico de las viviendas seleccionadas.**

Si se vinculan estrategias de diseño (tabla 23) y aceptabilidad de las condiciones térmicas del ambiente y se vincula con la preferencia de los usuarios se determina que: Los encuestados están bastante satisfechos o nada satisfechos con las viviendas. Si esto se vincula con el comportamiento de las viviendas en el período caluroso, podemos detectar que el 50% de los usuarios percibe el apartamento como caliente. Este dato es fundamental si suponemos que en condiciones de cambio climático se producirán temperaturas superiores a las registradas (ver figuras 22 y 23) produciendo un posible sobrecalentamiento.

Figura 22. Porcentaje de las respuestas para el período caluroso de los cuatro apartamentos analizados. Fuente elaboración personal con datos Picción, et al, 2008



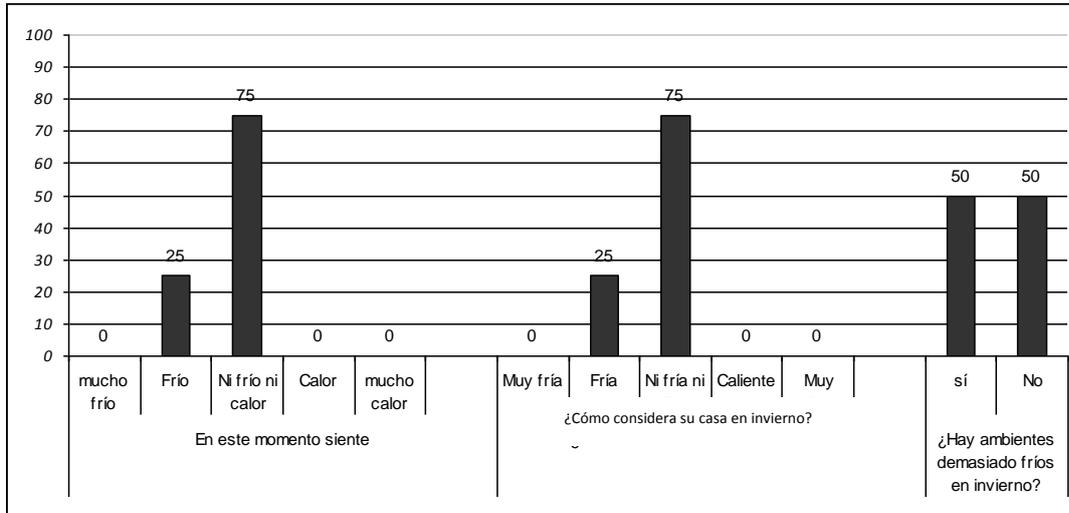


Figura 23. Porcentaje de las respuestas para el período frío de los cuatro apartamentos analizados. Fuente elaboración personal con datos Picción, et al, 2008

Por otro lado en el período frío tenemos un mayor porcentaje de personas en confort (perciben como ni frío ni caliente), esto se debe en parte a la aclimatación que tienen los usuarios al período frío en el área metropolitana de Montevideo.

#### 4.2.2. Determinación de situaciones problemas ambientales

Se entiende como problema ambiental a aquel que es visualizado como el que produce incompatibilidades al ambiente, a través de los impactos de las interacciones: sociedad -naturaleza- cultura. Entendiendo que el problema ambiental es el resultado de los impactos producidos por transformaciones o modificaciones de la actividad humana para la satisfacción de sus necesidades y que como expresión de su evolución, éste participa directamente en el deterioro de los componentes del ambiente y por ende de la calidad de vida de las poblaciones que se desarrollan en el mismo (Torres Carrasco, 2002)<sup>14</sup>.

Para poder identificar los problemas se detectan los **posibles conflictos**: el **acceso a la tierra urbana** para vivienda social en este programa en lugares con servicios públicos (agua potable, saneamiento, servicios de transporte). Estamos de acuerdo con lo que expresa Kaztman,1999 en donde se indica cómo el valor del suelo urbano juega un papel importante en esta tendencia creciente a la segregación socio-residencial: “el aumento de la densidad poblacional en la ciudad y sus alrededores, y la consecuente presión hacia el alza del valor de las tierras urbanas; la dinámica de la movilidad social, que hace que una vez que un barrio adquiere un status alto, sirva de polo de atracción a aquellos que mejoran sus condiciones económicas y que se trasladan a esas áreas buscando equilibrar su configuración de status; la acción de los agentes inmobiliarios que utilizan su capacidad como grupos de presión para desalentar cualquier iniciativa pública de localización de viviendas populares en sectores medios y altos, conscientes que la valorización de la tierra guarda estrecha relación con la homogeneidad socioeconómica del área; los procesos de ocupación ilegal de terrenos; y las políticas habitacionales que, en un intento de maximizar el aprovechamiento de recursos públicos, procuran ubicar viviendas populares en terrenos urbanos o periurbanos de menor valor”. Pero esta tierra debe estar en zonas intermedias o centrales. Esa tierra además no debe estar en áreas inundables, ni en áreas con desechos de plomo, o próxima a residuos sólidos.

Otro problema en lo que refiere a la **relación medioambiente y entorno**, es la dificultad de los usuarios en no participar en ningunas de las etapas previas de diseño ni en la construcción de las viviendas, esto puede

<sup>14</sup> Torres, Marisa. Reflexión y acción: el diálogo fundamental para la educación ambiental. Teoría y práctica

llevar a un menor grado de satisfacción con las viviendas. Se entiende pertinente lo que expone la especialista en desarrollo local, María del Huerto Delgado en referencia a las políticas habitacionales: “se debe buscar la participación de los destinatarios de las acciones, en los distintos niveles de los procesos (propuestas, diseño, control y gestión) lo que genera un mayor compromiso con las mismas y con su continuidad...”

El tercer problema refiere a una escala de análisis menor el de la aplicación o no de **estrategias de diseño bioclimáticas**. Serra (2005) plantea la existencia de manifestaciones particulares energéticas, que serán típicas de un lugar, a ello le llama «preexistencias ambientales», estas no sólo pueden ser características climáticas, también pueden ser sociales, culturales. El aplicar estas estrategias conllevará a un aumento de confort térmico interior con un menor consumo de energía asociado. Por este motivo uno de los parámetros importantes es evaluar las condiciones climáticas del lugar y vincularlas a las estrategias de diseño que se aplican en el caso particular. Por este motivo es que a continuación se simulan estrategias de diseño en funciones de distintas variabilidades climáticas y se concluye cuáles de ellos serán los más adecuados de utilizar. Otro punto importante que si bien por el momento no se observa como problema y podría llegar a serlo cuando escasee el recurso agua, es el uso indiscriminado del agua dulce potable, sin realizar estrategias de aprovechamiento de la misma, ni de reuso.

### 4.2.3. Evaluación de los modelos simulados

#### 4.2.3.1. Análisis de la base climática

Debe explicitarse que como las simulaciones se realizaron para un día de diseño específico, de verano y de invierno, los consumos de energía están sobreestimados, ya que se consideró la temperatura máxima media o mínima media dependiendo de cada caso. El programa pondera ese valor y realiza automáticamente la fluctuación diaria. Esto supone que se ponen a los modelos del lado de la seguridad. Los modelos que presentan otras investigaciones que se basan en la transformación de la base climática, no se pueden aplicar a este caso debido a la escasez de datos climáticos, por este motivo es que se adoptaron los valores que se detallan a continuación. Se debe aclarar que para el período frío los valores son extremos pero como se utilizan las simulaciones como parámetros de comparación entre escenarios y no como valores absolutos de consumo resulta entonces un indicador adecuado.

A continuación se presentan los valores para los distintos años y escenarios.

Tabla 24. Sistematización de las temperaturas exteriores simuladas. Fuente: Elaboración personal

Temperaturas exteriores de simulación											
día de referencia	P. caluroso					día de referencia	P. frío				
	base	2020		2050			base	2020		2050	
		A2	B2	A2	B2			A2	B2	A2	B2
01/19 01:00:00	30.29	30.86	30.86	31.71	30.95	06/11 01:00:00	-4.73	-4.63	-4.63	-4.54	-4.56
01/19 02:00:00	29.79	30.35	30.35	31.21	30.41	06/11 02:00:00	-5.16	-5.09	-5.09	-5.04	-5.05
01/19 03:00:00	29.35	29.91	29.91	30.77	29.94	06/11 03:00:00	-5.55	-5.50	-5.50	-5.47	-5.49
01/19 04:00:00	29.01	29.57	29.57	30.43	29.58	06/11 04:00:00	-5.84	-5.82	-5.82	-5.81	-5.82
01/19 05:00:00	28.84	29.39	29.39	30.26	29.39	06/11 05:00:00	-6.00	-5.98	-5.98	-5.98	-5.99
01/19 06:00:00	28.93	29.48	29.48	30.35	29.48	06/11 06:00:00	-5.92	-5.90	-5.90	-5.90	-5.91
01/19 07:00:00	29.31	29.87	29.87	30.73	29.90	06/11 07:00:00	-5.58	-5.54	-5.54	-5.51	-5.52
01/19 08:00:00	30.06	30.63	30.63	31.48	30.71	06/11 08:00:00	-4.92	-4.84	-4.84	-4.76	-4.78
01/19 09:00:00	31.21	31.80	31.80	32.63	31.95	06/11 09:00:00	-3.92	-3.76	-3.76	-3.62	-3.64
01/19 10:00:00	32.64	33.25	33.25	34.06	33.49	06/11 10:00:00	-2.67	-2.42	-2.42	-2.20	-2.23
01/19 11:00:00	34.26	34.90	34.91	35.68	35.24	06/11 11:00:00	-1.24	-0.90	-0.90	-0.58	-0.63
01/19 12:00:00	35.90	36.56	36.57	37.32	37.00	06/11 12:00:00	0.19	0.63	0.63	1.05	0.99
01/19 13:00:00	37.25	37.94	37.94	38.67	38.46	06/11 13:00:00	1.37	1.90	1.90	2.40	2.33
01/19 14:00:00	38.20	38.90	38.91	39.62	39.48	06/11 14:00:00	2.20	2.79	2.79	3.34	3.27
01/19 15:00:00	38.69	39.40	39.41	40.11	40.01	06/11 15:00:00	2.63	3.24	3.24	3.83	3.75
01/19 16:00:00	38.61	39.32	39.33	40.03	39.93	06/11 16:00:00	2.57	3.17	3.17	3.75	3.67
01/19 17:00:00	38.06	38.76	38.77	39.48	39.33	06/11 17:00:00	2.08	2.66	2.66	3.21	3.13
01/19 18:00:00	37.11	37.80	37.80	38.53	38.31	06/11 18:00:00	1.25	1.77	1.77	2.26	2.19
01/19 19:00:00	35.89	36.55	36.56	37.31	36.99	06/11 19:00:00	0.18	0.62	0.62	1.04	0.98
01/19 20:00:00	34.59	35.23	35.24	36.01	35.59	06/11 20:00:00	-0.96	-0.60	-0.60	-0.26	-0.31
01/19 21:00:00	33.41	34.04	34.04	34.83	34.32	06/11 21:00:00	-1.99	-1.70	-1.70	-1.43	-1.47
01/19 22:00:00	32.38	32.98	32.99	33.80	33.20	06/11 22:00:00	-2.90	-2.67	-2.67	-2.46	-2.49
01/19 23:00:00	31.50	32.09	32.10	32.92	32.26	06/11 23:00:00	-3.66	-3.49	-3.49	-3.33	-3.36
01/19 24:00:00	30.83	31.41	31.41	32.25	31.53	06/11 24:00:00	-4.26	-4.12	-4.12	-4.00	-4.03

Los resultados de las simulaciones también están sobreestimados ya que se considera para un día de diseño determinado y no se consideran las fluctuaciones de los periodos y anuales que modifican los flujos en el tiempo.

**4.2.3.2. Estrategias de diseño distintos modelos**

A partir de los modelos y los escenarios previamente establecidos se determinó la intensidad energética de cada una de los modelos, (kWh/m<sup>2</sup>). Chung et al, (2006) mostró que la intensidad energética (consumo de energía por el área), no es suficientes para describir la eficiencia de una edificación que está sometida a incontables variables, algunas de ellas extremadamente subjetivas como los hábitos de uso de los consumidores. Pero a esta afirmación McBride (1998), Florides et al.(2002) y Jacob (2003), entre otros, evaluaron la eficiencia energética verificando la relación entre el consumo de energía y los costes de la edificación. Pero es Meier et al. (2002) y Chung et al. (2006) quienes mostraron que la característica del tamaño de la edificación es determinante ya que concentra la gran parte del impacto en el consumo de energía. Es así que se presentan a continuación los resultados de intensidad de energía para el período caluroso y el frío.

Si se gráfica el consumo de energía para refrigeración se observa que todos los modelos tendrán un aumento en el mismo, para los distintos escenarios. Este crecimiento presenta una recta positiva en todos los modelos (figuras 4.11 y 4.12).

**PERIODO CALUROSO**

Tabla 25. Matriz de simulaciones período caluroso. Fuente elaboración personal

*Matriz de simulaciones - PERIODO CALUROSO*

escenarios		base			A2					
		2010			2020			2050		
		CARR.	PRAD.	AM	CARR.	PRAD.	AM	CARR.	PRAD.	AM
		refrigeración								
Modelos de vivienda	Unilateral	11.1	11.3	11.2	12.0	12.1	12.1	12.9	13.0	13.0
	Doblemente orientado	10.1	10.3	10.2	10.9	11.1	11.0	11.8	11.9	11.8
	Modelo ideal unilateral	8.6	8.7	8.7	9.4	9.5	9.4	10.2	10.3	10.2
	Modelo ideal doblemente orientado	8.9	9.0	8.9	9.5	9.7	9.6	10.4	10.5	10.5

escenarios		base			B2					
		2010			2020			2050		
		CARR.	PRAD.	AM	CARR.	PRAD.	AM	CARR.	PRAD.	AM
		refrigeración								
Modelos de vivienda	Unilateral	11.1	11.3	11.2	12.0	12.2	12.1	12.8	12.9	12.8
	Doblemente orientado	10.1	10.3	10.2	10.9	11.1	11.0	11.7	11.8	11.7
	Modelo ideal unilateral	8.6	8.7	8.7	9.4	9.5	9.5	10.1	10.2	10.1
	Modelo ideal doblemente orientado	8.9	9.0	8.9	9.6	9.8	9.7	10.3	10.4	10.4

De la tabla 25, se observa un incremento ascendente en el consumo de energía para refrigeración que es coherente con el aumento de las temperaturas exteriores (ver tabla 23). Este incremento varía en más de 3 kWh/m<sup>2</sup>. Si comparamos ahora los modelos ideales, es decir los que tienen ajustados las estrategias de diseño, en todos los escenarios tienen menos consumo de energía y por ende menores emisiones. Esto se debe al uso de estrategias de diseño bioclimáticos más ajustados.

Si comparamos los dos escenarios A2 y B2 (figuras 24 y 25) se concluye que no hay diferencias significativas en los consumos por modelo. Pero a pesar de esto, sí hay diferencias entre las zonas de Carrasco y Prado. Es en la localidad de Prado donde se produce el consumo de energía mayor, esto es sin duda debido a las temperaturas más elevadas que presenta esta estación meteorológica.

Se debe discutir por qué el modelo ideal unilateral presenta un menor consumo en todos los escenarios de emisiones, a pesar de que no cuenta con ventilación cruzada en la tipología, esto se puede explicar debido a la imposibilidad de estas simulaciones de evaluar la ventilación natural de forma eficiente en el programa. También en el modelo ideal se bajan las pérdidas y esto impacta sobre el consumo de energía en calefacción, de mayor peso. Los modelos solamente cuentan con infiltraciones permanentes, situación que no corresponde a la realidad de uso de las viviendas en circunstancias en que los usuarios pueden abrir las ventanas.

Los incrementos de consumos de acuerdo a los escenarios 2020 y 2050; no difieren sustancialmente y esto se debe a que el incremento de temperaturas exterior es similar.

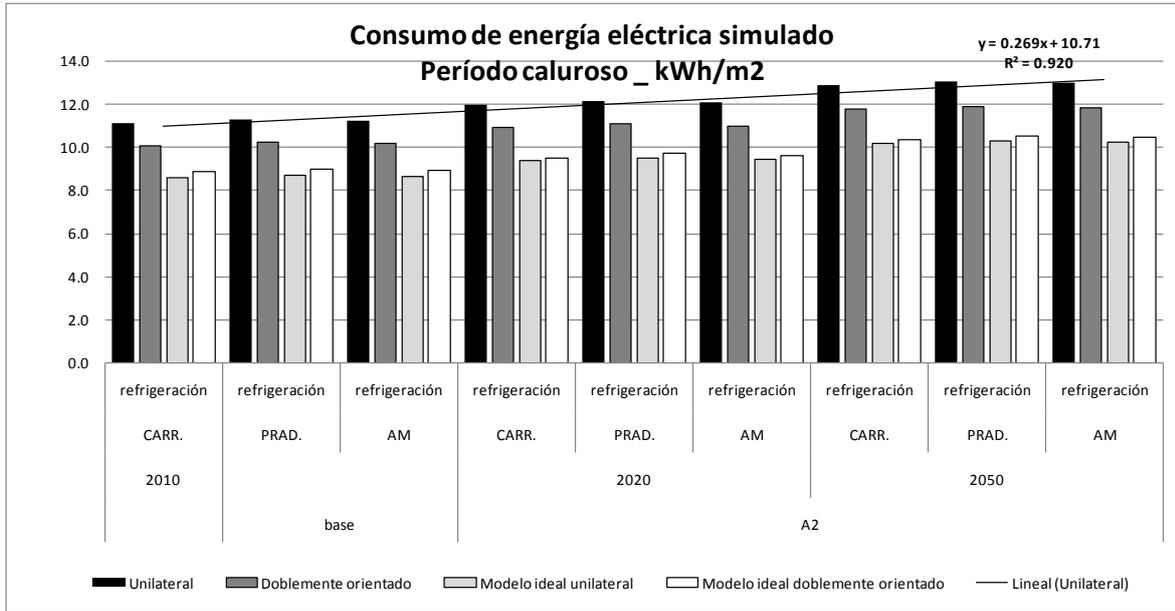


Figura 24. Consumo de energía en refrigeración escenario A2. Fuente: Elaboración personal

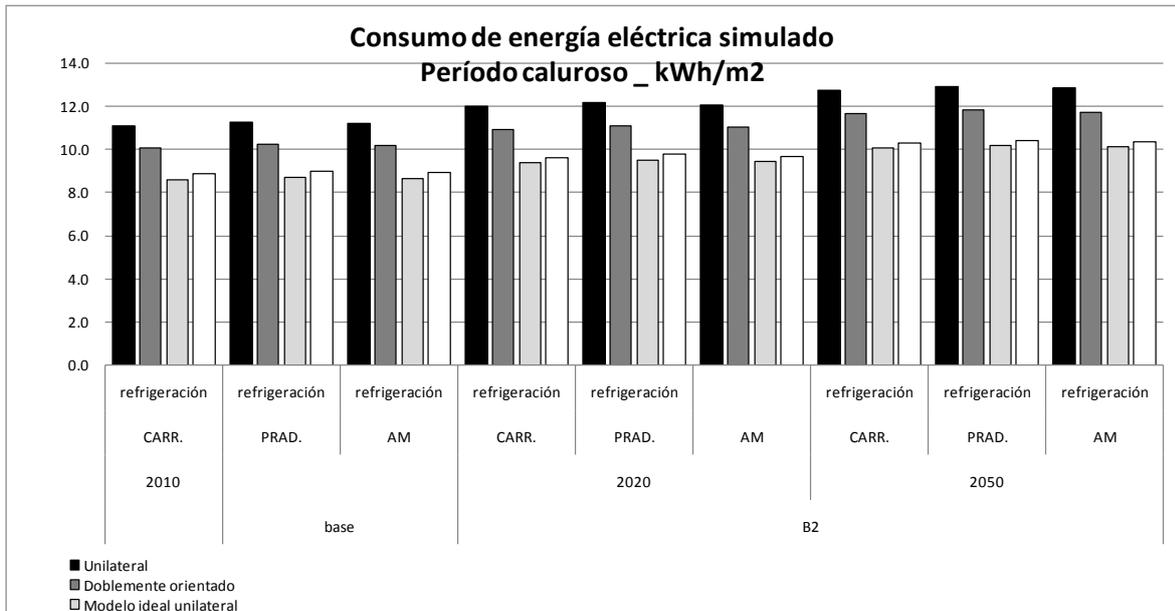


Figura 25. Consumo de energía en refrigeración escenario B2. Fuente: Elaboración personal

Tabla 26. Matriz de producción de CO2 período caluroso. Fuente: Elaboración personal

**Matriz de simulaciones**  
Producción de CO2 en ton cada 100 m2 /kWh

escenarios	base			A2					
	2010			2020			2050		
	CARR.	PRAD.	AM	CARR.	PRAD.	AM	CARR.	PRAD.	AM
	refrigeración								
Unilateral	0.06	0.06	0.06	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
Doblemente orientado	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.07	0.07
Modelo ideal unilateral	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06	0.06
Modelo ideal doblemente orientado	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06

escenarios	base			B2					
	2010			2020			2050		
	CARR.	PRAD.	AM	CARR.	PRAD.	AM	CARR.	PRAD.	AM
	refrigeración	refrigeración	refrigeración	refrigeración	refrigeración		refrigeración	refrigeración	refrigeración
Unilateral	0.06	0.06	0.06	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
Doblemente orientado	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.07	0.07
Modelo ideal unilateral	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06	0.06
Modelo ideal doblemente orientado	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06

Nota: Para el cálculo de la reducción de emisiones se trabajó con un factor de conversión de 0,575 ton CO2/MWh. Este factor se ha utilizado como referencias para los más recientes proyectos MDL desarrollados en Uruguay.  
Fuente informe proyecto EE abril, 2010

En lo que refiere al vínculo entre consumo de energía y emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas, la tabla 26 muestra estas emisiones asumiendo su cuantificación como en los proyectos de Mecanismos más limpios del país. Como se observa estas emisiones de una vivienda de 100 m<sup>2</sup> son básicamente no significativas aunque se debe considerar que el consumo de energía de un edificio depende directamente del confort térmico de su interior y, por tanto, exigido por sus ocupantes. Se desprende entonces que si un edificio está poco adaptado al clima, necesitará de un mayor aporte de energía para satisfacer los requerimientos de confort correspondientes, lo que determinará mayores emisiones de CO<sub>2</sub> debido a la matriz energética dependiente de energía fósil del país. Por lo que si se considera todo el parque habitacional del país que según el INE, 2004 es de 1279741, viviendas ya sean individuales o colectivas este número de emisiones que parece insignificante comenzó a pesar. Como las emisiones están en función de los consumos, también presentan un incremento positivo con el transcurso de los años, para los distintos escenarios.

**PERIODO FRÍO**

Tabla 27. Matriz simulaciones de energía período frío. Fuente: Elaboración personal

escenarios	base			A2					
	2010			2020			2050		
	CARR.	PRAD.	AM	CARR.	PRAD.	AM	CARR.	PRAD.	AM
	calefacción								
Unilateral	13.1	13.1	13.1	10.7	12.7	11.7	10.7	12.7	11.6
Doblemente orientado	10.9	12.8	11.9	10.5	13.3	11.9	10.5	12.4	11.0
Modelo ideal unilateral	11.1	11.8	11.5	9.6	11.5	10.5	9.6	11.5	10.2
Modelo ideal doblemente orientado	10.0	11.8	10.9	9.7	11.4	10.5	9.5	10.9	9.5

escenarios	base			B2					
	2010			2020			2050		
	CARR.	PRAD.	AM	CARR.	PRAD.	AM	CARR.	PRAD.	AM
	calefacción								
Unilateral	13.1	13.1	13.1	10.9	13.7	12.3	10.7	12.7	11.7
Doblemente orientado	10.9	12.8	11.9	10.7	13.3	12.0	10.5	12.4	11.5
Modelo ideal unilateral	11.1	11.8	11.5	10.9	13.7	12.3	9.6	12.7	11.2
Modelo ideal doblemente orientado	10.0	11.8	10.9	12.3	12.3	12.3	9.7	11.4	10.6

Cuando se analiza la tabla 26, donde se presentan las simulaciones de consumo de energía eléctrica para calefacción a partir del indicador de intensidad energética, se desprende que este consumo disminuye. Este decrecimiento se explica por el aumento de las temperaturas exteriores.

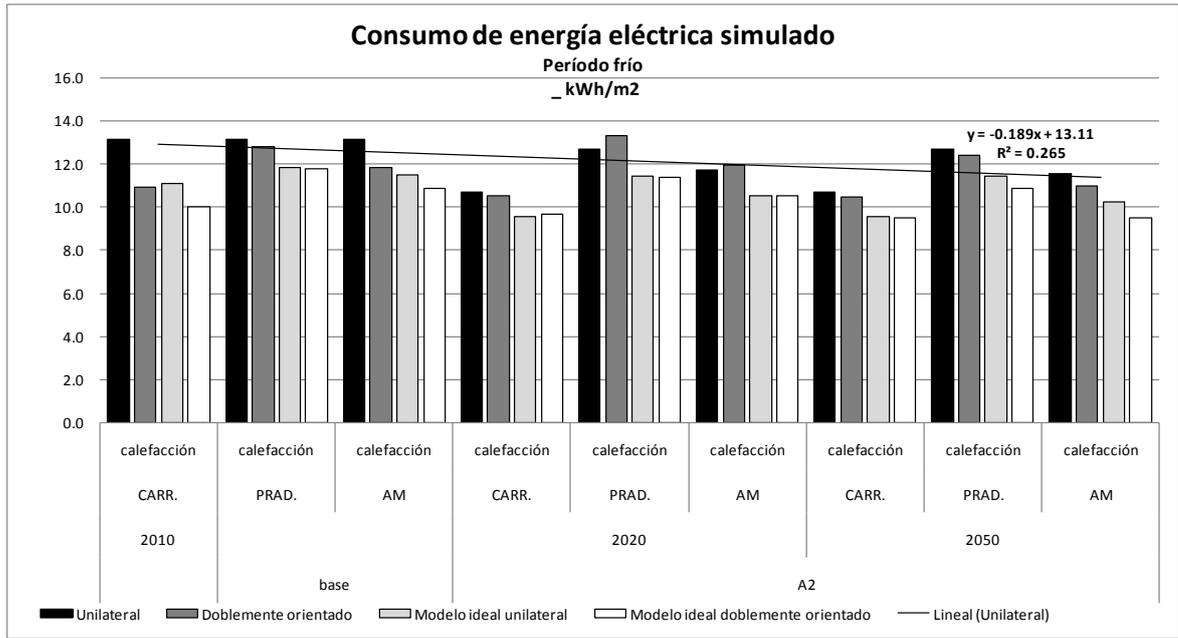


Figura 26. Consumo de energía en calefacción escenario A2. Fuente: Elaboración personal

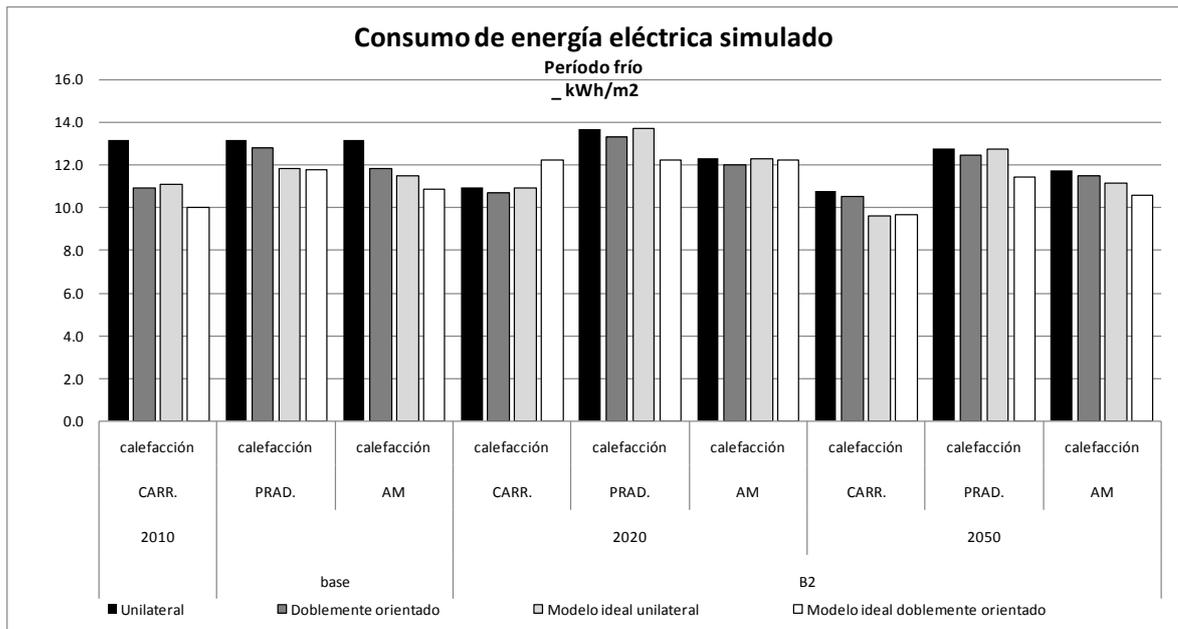


Figura 27. Consumo de energía en calefacción escenario B2. Fuente: Elaboración personal

Si se comparan ahora las dos localidades del área metropolitana se observa que los mayores consumos estarían en el área del Prado, debido a las condiciones microclimáticas. En lo que refiere a qué sucede con el área metropolitana, el consumo se aproximara más a lo que sucede en la localidad Prado (ver figuras 26 y 27). De todos los modelos es el ideal doblemente orientado el que consume menos energía. Los modelos ajustados con un diseño bioclimático aplicado son los que consumen menos en todos los escenarios. Si comparamos la intensidad energética entre el período caluroso y el frío, esta es similar, no existiendo diferencias de orden en las mismas. Se debe explicitar nuevamente que los consumos están sobrestimados.

Al igual que en el período caluroso, no existen diferencias significativas entre los dos escenarios (a2 y b2) aunque se muestran consumo mayores para el escenario b2.

Tabla 28. Matriz producción de CO<sub>2</sub>. Fuente: Elaboración personal

Producción de CO<sub>2</sub> en ton cada 100 m<sup>2</sup>/kWh

escenarios	base			A2					
	2010			2020			2050		
	CARR. calefacción	PRAD. calefacción	AM calefacción	CARR. calefacción	PRAD. calefacción	AM calefacción	CARR. calefacción	PRAD. calefacción	AM calefacción
Unilateral	0.08	0.08	0.08	0.06	0.07	0.07	0.06	0.07	0.07
Doblemente orientado	0.06	0.07	0.07	0.06	0.08	0.07	0.06	0.07	0.06
Modelo ideal unilateral	0.06	0.07	0.07	0.06	0.07	0.06	0.06	0.07	0.06
Modelo ideal doblemente orientado	0.06	0.07	0.06	0.06	0.07	0.06	0.05	0.06	0.05

escenarios	base			B2					
	2010			2020			2050		
	CARR. calefacción	PRAD. calefacción	AM calefacción	CARR. calefacción	PRAD. calefacción	AM calefacción	CARR. calefacción	PRAD. calefacción	AM calefacción
Unilateral	0.08	0.08	0.08	0.06	0.08	0.07	0.06	0.07	0.07
Doblemente orientado	0.06	0.07	0.07	0.06	0.08	0.07	0.06	0.07	0.07
Modelo ideal unilateral	0.06	0.07	0.07	0.06	0.08	0.07	0.06	0.07	0.06
Modelo ideal doblemente orientado	0.06	0.07	0.06	0.07	0.07	0.07	0.06	0.07	0.06

En lo que hace referencia a las emisiones de CO<sub>2</sub>, al igual que en el período caluroso, los números parecen muy pequeños y la aplicación de distintas estrategias parece poco significativa, aunque como decíamos anteriormente se debería multiplicar esta emisión (que es aproximada) por la cantidad de viviendas en Montevideo: 499252, cifra que determinará unas 29000 toneladas de CO<sub>2</sub>

**SINTESIS ANUAL**

Cuando se considera el consumo para todo el año comparado con el año base, se observa que en casi todos los casos estos consumos de energía aumentan, lo que llevaría por ende a un aumento de las emisiones de CO<sub>2</sub>. Los menores aumentos se dan en los modelos más ajustados de diseño, lo que determina la eficacia de su utilización en el tiempo (tabla 29).

Tabla 29. Matriz simulación de energía con consumo comparado a situación de escenario base. Fuente: Elaboración personal

Matriz de simulaciones																												
escenarios		Situación actual								Escenario A 2																		
		2010				2020				2020				2050				2050				AM						
		carrasco		Prado		carrasco		dif. carrasco		Prado		dif. Prado		Carrasco		dif. carrasco		Prado		dif. Prado		total consumo comparado Prado 2050	consum comp calefacción	consum comp refrigeración	área metropolit. prom.consumo comparado 2050			
Calefacción	refrigeración	Calefacción	refrigeración	Calefacción	refrigeración	Calefacción	refrigeración	Calefacción	refrigeración	Calefacción	refrigeración	Calefacción	refrigeración	Calefacción	refrigeración	Calefacción	refrigeración	Calefacción	refrigeración									
Modelos de vivienda	UNILATERAL	13.1	11.1	13.1	11.3	10.7	12.0	-2.4	0.87	-1.54	12.7	12.1	-0.4	0.88	0.47	10.7	12.9	-2.4	1.77	-0.64	12.7	13.0	-0.4	1.77	1.36	-2.82	3.54	0.36
	DOBLEMENTE ORIENTADO	10.9	10.1	12.8	10.3	10.5	10.9	-0.4	0.82	0.43	13.3	11.1	0.5	0.83	1.37	10.5	11.8	-0.4	1.67	1.28	12.4	11.9	-0.4	1.66	1.27	-0.78	3.34	1.28
	Modelo ideal unilateral	11.1	8.6	11.8	8.7	9.6	9.4	-1.5	0.79	-0.76	11.5	9.5	-0.4	0.77	0.39	9.6	10.2	-1.5	1.58	0.03	11.5	10.3	-0.4	1.57	1.20	-1.92	3.15	0.61
	Modelo ideal doblemente orientado	10.0	8.9	11.8	9.0	9.7	9.5	-0.4	0.65	0.30	11.4	9.7	-0.4	0.74	0.39	9.5	10.4	-0.6	1.52	0.94	10.9	10.5	-0.8	1.51	0.69	-1.40	3.03	0.82

Matriz de simulaciones																													
escenarios		Situación actual								Escenario B 2																			
		2010				2020				2020				2050				2050				AM							
		carrasco		Prado		carrasco		dif. carrasco		Prado		dif. Prado		Carrasco		dif. carrasco		Prado		dif. Prado		total consumo comparado Prado 2050	consum comp calefacción	consum comp refrigeración	total consumo comparado	área metropolit. prom.consumo comparado b2 2020			
Calefacción	refrigeración	Calefacción	refrigeración	Calefacción	refrigeración	Calefacción	refrigeración	Calefacción	refrigeración	Calefacción	refrigeración	Calefacción	refrigeración	Calefacción	refrigeración	Calefacción	refrigeración	Calefacción	refrigeración										
Modelos de vivienda	UNILATERAL	13.1	11.1	13.1	11.3	10.9	12.0	-2.22	0.89	-1.33	13.7	12.2	0.6	0.89	1.45	10.7	12.8	-2.4	1.50	-0.88	12.7	12.9	-0.4	1.66	1.27	-2.77	3.16	1.27	1.38
	DOBLEMENTE ORIENTADO	10.9	10.1	12.8	10.3	10.7	10.9	-0.21	0.84	0.63	13.3	11.1	0.5	0.84	1.38	10.5	11.7	-2.3	1.41	-0.86	12.4	11.8	-0.4	1.56	1.19	-2.64	2.97	1.19	1.30
	Modelo ideal unilateral	11.1	8.6	11.8	8.7	10.9	9.4	-0.22	0.80	0.58	18.7	9.5	6.8	0.78	7.62	9.6	10.1	-2.2	1.33	-0.89	12.7	10.2	0.9	1.47	2.38	-1.32	2.80	2.38	1.85
	Modelo ideal doblemente orientado	10.0	8.9	11.8	9.0	12.3	9.6	2.22	0.76	2.98	12.3	9.8	0.5	0.77	1.26	9.7	10.3	-2.1	1.28	-0.77	10.9	10.4	-0.8	1.42	0.60	-2.88	2.70	0.60	0.94

4.2.4. Cuantificación económica y social de las variantes de diseño

De la explicación y análisis desarrollado en la tesis (Correa, 2008) se decide utilizar la **ecuación 7, ya que para las otras ecuaciones no se cuentan con datos suficientes, tal como se expuso en el desarrollo metodológico aplicado en esta tesis.**

$$CEC = (TCC / \Delta E) \left\{ d / \left[ 1 - (1 + d)^{-n} \right] \right\}$$

Primeramente se determinó que los modelos ideales son los que permiten un ahorro de energía (tabla 27). Posteriormente se consideran para cuantificar el *ahorro energético (tabla 29)*, la cantidad de días en que es necesaria la calefacción y la refrigeración en un año y un área de 65 m2. Se utilizan como indicadores los desarrollados por ASHRAE: los *grados de día* (de calefacción y refrigeración en base =18°C y en base=27°C respectivamente). Los grados día de calefacción es un indicador del grado de rigurosidad climática de un sitio ya que relaciona la temperatura media con una cierta temperatura de confort para calefacción. En lo que refiere a grados días de refrigeración relaciona el confort interior con la temperatura exterior en el período caluroso. A partir de los cálculos realizados para Montevideo por Picción y Milicua (2005), se toma para refrigeración 4.6 días en un mes y para calefacción 1090.5 días (en 8 meses).

Tabla 30. Matriz simulación de energía con consumo comparado a situación de escenario base. Fuente: Elaboración personal

Diferencias consumo de energía escenarios										
	A2				B2				AE= Energía economizada a 2050 en Mwh - refrigeración	
	2020	diferencias	2050	diferencias	2020	diferencias	2050	diferencias	A2	B2
	Unilateral	262	-	530		120	-	496	-	-
Doblemente orientado	247	-	499		115	-	467	-	-	-
Modelo ideal unilateral	233	29	471	58	109	11	441	56	7.01020139	6.66775053
Modelo ideal doblemente orientado	208	39	453	46	104	11	424	43	5.50028817	5.13941815

Nota= suponiendo 65 m2 consumo de energía considerando los grado día para temperatura de bulbo seco= 27; 4.6 días con esas condiciones del clima en un mes. Fuente: Picción y Milicua

Diferencias consumo de energía escenarios										
	A2				B2				AE= Energía economizada a 2050 en Mwh ref+ calef	
	2020	diferencias	2050	diferencias	2020	diferencias	2050	diferencias	A2	B2
	Unilateral	262	-	530		120	-	496	-	-
Doblemente orientado	247	-	499		115	-	467	-	-	-
Modelo ideal unilateral	233	29	471	58	109	11	441	56	-200.230418	-755.961892
Modelo ideal doblemente orientado	208	39	453	46	104	11	424	43	-163.859985	-742.143097

Nota= suponiendo 65 m2 consumo de energía considerando los grado día para temperatura de bulbo seco= 27; 4.6 días con esas condiciones del clima en un mes. Fuente: Picción y Milicua

Se cuantifican las estrategias de diseño aplicadas en estos modelos, básicamente son tres:

- 1- **Porcentaje de área de huecos: 30% (30 H)**
- 2- **Transmitancia térmica del cerramiento vidriado:** doble vidriado hermético U=3.16 W/m<sup>2</sup>K y factor solar 0.77.
- 3- **Transmitancia térmica del cerramiento opacos:** U=0.7 W/m<sup>2</sup>K

Debe aclararse que la estrategia de transmitancia térmica de opacos en algunos pliegos llega al valor de U ≤ 0.85 W/m<sup>2</sup>K exigido por la Intendencia de Montevideo, siendo en algunos casos más exigente que este valor (0.8 W/m<sup>2</sup>K según pliego de condiciones para orientación de fachada comprendida entre el Sureste y Suroeste). En los casos de estudio este valor es superior a los 1.1 W/m<sup>2</sup>K. Los casos evaluados

disponen de una envolvente pesada por lo que la masa es mayor que los  $M= 400 \text{ Kg/m}^2$  recomendados por este motivo no se la considera dentro de las estrategias de conservación de energía.

En conclusión se decide, sustituir el factor de huecos de 40% con vidrios común simple ( $U=5.5 \text{ W/m}^2\text{K}$  y factor solar 0.83) y optar por tener un vidrio hermético doble que ya tiene incluido en el costo la protección y contar con 3 cm de aislante térmico en paredes exteriores. Los costos se realizaron en base a los Costos de obra de pinturas INCA elaborados por la Arq Ana Cristina Rainusso, para marzo 2011. Cuando se dice que el costo de la protección solar está incluido en el costo del DVH, significa que no se está agregando costo adicional por protección solar porque el modelo elegido ya lo tiene incluido.

Se determinaron los costos de la inversión (tabla 31) incluidos mano de obra y aportes sociales:

Tabla 31. Matriz costos económicos de las modificaciones para el ahorro energético. Fuente: Elaboración personal

	costo de la MEC c. vidriado	costo sin Mec ventana	diferencia	costo sin Mec muro	costo con MEC muro	TCC =INVERSION
<b>Unilateral</b>		<b>21571</b>		<b>80114</b>		
<b>Doblemente orientado</b>		<b>21571</b>		<b>160228</b>		
<b>Modelo ideal unilateral</b>	<b>29820</b>		<b>8249</b>		<b>100329</b>	<b>108578</b>
<b>Modelo ideal doblemen</b>	<b>29820</b>		<b>8249</b>		<b>200658</b>	<b>208907</b>

Nota : todo en pesos uruguayos

Se muestra como el costo del aislante térmico en la envolvente representa una inversión mayor. Ahora si se efectúan todos los costos en forma conjunta (tabla 32) y se analiza solo el ahorro en refrigeración, se determina que estas dos modificaciones al diseño generarían un incremento en la inversión de 2% a 5% para los escenarios A2 y B2 respectivamente. Se debe aclarar que las tasas de inversión son bajas respecto a la inflación que está teniendo la moneda.

Tabla 32. Matriz costos económicos de la utilización de distintas estrategias de diseño. Fuente: Elaboración personal

modelos	TCC =INVERSIO	AE -refrigeración		AE -todo el año		descuento 4% anual 2050		vida util	CEC solo ref. td4%		CEC td4% todo el año	
		A2	B2	A2	B2	A2	B2		A2	B2		
Modelo ideal unilateral	108578	7.01020139	6.66775053	-200.230418	-755.961892	1.6	1.5	30	24781.75	24426.12	-867.63	-0.01
Modelo ideal doblemente orientado	208907	5.50028817	5.13941815	-163.859985	-742.143097	1.6	1.5	30	60769.86	60972.08	-2039.86	-0.01
Costo de construcción de una vivienda nueva												
65m2	1267500											
promedio comparación inversión miu		1.94	incremento 2% por unidad		1521000							
promedio comparación inversión mid		4.80	incremento 5% por unidad		1901250							

Pero si se considera todo el año, en todos los casos se tendrá a favor la inversión, es decir que el ahorro de energía pagaría la inversión y se estaría ahorrando dinero. Estas modificaciones de diseño también impactan en los usuarios ya que determinan mayores horas de confort térmico interior, generando un mayor bienestar asociado.

### 4.3. DISCUSIÓN

#### ***Políticas de viviendas***

Esta tesis trata la adaptación de la EAE al programa habitacional PPT, partiendo de la definición de indicadores sustentables para el caso de estudio, y para luego efectuar una lupa en los indicadores que tienen que ver con el consumo de energía en el marco de CC.

La aplicación de la evaluación estratégica ambiental al programa PPT resulta ser adecuada aunque los indicadores propuestos deben ser discutidos entre los distintos actores del sistema, para evaluar la eficacia o no de la adaptación de los mismos.

#### ***Evaluación de estrategias de diseño centradas en el consumo de energía en condiciones de cambio climático***

Esta investigación hizo uso de simulación computacional para predecir el impacto del cambio climático en el consumo de energía y las emisiones de gases GEI, en cuatro modelos de vivienda teóricos ubicados en el área metropolitana de Montevideo, en términos de emisiones de carbono anuales. Las siguientes conclusiones pueden extraerse, teniendo en cuenta que otros tipos de edificios podrían reaccionar de forma diferente a las cambiantes condiciones:

- (1) La selección de la base climática y sus supuestos, cuando uno o modela una vivienda con el propósito de estudiar el impacto del cambio climático, son complejas. Las decisiones tomadas en estos aspectos tienen un impacto directo sobre las incertidumbres inherentes a los resultados computacionales.
- (2) El cambio climático se prevé que conduce a una ligera disminución en la emisión anual de carbono al pasar el tiempo reflejado en el menor consumo de energía, con una incertidumbre relativamente estable en las predicciones. Como el período frío en Montevideo es el que presenta mayor rigor climático, puede utilizarse al aumento de temperatura para impulsar una reducción de las emisiones de carbono y un menor consumo asociado en el sector residencial. Los cambios en el factor de conversión de gas de efecto invernadero a electricidad alterará significativamente las emisiones de carbono calculado; ya que los valores de conversión dependen de la matriz energética del país. Si consideramos las expectativas del país en contar con energía limpia, la cuantificación de las emisiones disminuirá.
- (3) Se entiende que la arquitectura puede aportar más a la adaptación al cambio climático que a la mitigación debido a que todas las viviendas evaluadas, en la realidad presentan temperaturas por debajo del rango de confort en un porcentaje alto de horas en el período frío, por tanto los usuarios que estamos evaluando subconsumen energía, determinando bajas emisiones de gases de efecto invernadero. Ese consumo de energía por debajo del que sería necesario para lograr bienestar térmico todo el año está explicado por el costo de la energía y el nivel de ingresos. Como hipótesis, si sube el ingreso sube el consumo de energía.
- (4) Diferentes zonas en el mismo piso pueden mostrar diferencias obvias en riesgo de sobrecalentamiento. La identificación de zonas térmicas con iguales requerimientos puede impactar en el riesgo de sobrecalentamiento diferentes estrategias pueden afectar significativamente el confort térmico previsto, ya que las simulaciones presentan diferencias en los consumos de energía.
- (5) Al cuantificar la inversión en estrategias de diseño más ajustadas, que permiten el ahorro energético, se parte de una serie de supuestos (desde los modelos de desarrollo hasta las tasas de descuento) que determinan una serie de incertidumbres difíciles de soslayar, aunque los resultados permiten demostrar cómo se puede “ahorrar” (energía y dinero) al realizar una mayor inversión inicial.

## Capítulo 5- Conclusiones

Esta tesis investiga sobre la aplicación de la **Evaluación Ambiental Estratégica (EAE)** a un programa habitacional, del Ministerio de Vivienda Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente (MVOTMA) el Precio Proyecto y Terreno. Este instrumento no sólo resulta ser adecuado para valorar la protección del medio ambiente, sino también para la obtención de diseños y propuestas más sostenibles que **augmenten la calidad de vida de sus ocupantes en una futura planificación**. La técnica de evaluación ambiental estratégica se revela como fundamental instrumento prospectivo que incorpora lo ambiental a la hora de la planificación aplicada a productos como un programa habitacional. Se reelaboraron cuatro de los principios de desarrollo sustentable determinados por el MVOTMA para el área costera (DINAMA, 2010), estos son: Calidad de vida y equidad social; desarrollo económico; preservación de los recursos ambientales y patrimonio cultural; el ordenamiento equilibrado del territorio. A estos se le incorporó el diseño ambientalmente consciente. Se seleccionaron 34 indicadores para la aplicación de la EAE en un programa habitacional el Precio Proyecto, Terreno (PPT) del área metropolitana de Montevideo. Los mismos brindan datos a cinco áreas de interés para la toma de decisiones que aportan parámetros cuantificables para cinco principios del desarrollo sustentable.

A partir de la aplicación de los 34 indicadores a una muestra definida en función de los construido en la década del 90 en el área metropolitana de Montevideo, se determinaron los problemas ambientales de los ejemplos. Estos parámetros permiten decidir cuáles de las alternativas de diseños habitacionales son más adecuadas desde el punto de vista del desarrollo sustentable y la planificación ambiental del territorio. De los 34 indicadores previamente mencionados **se aplican solo los indicadores de manejo de energía a las viviendas construidas en la década de los 90 por el MVOTMA a los llamados del PPT**, siendo el resto no aplicables ya que las viviendas están realizadas y habitadas. De todos modos, aparece claramente que los indicadores de localización tendrían un peso sustancial en la evaluación final del programa y del producto.

### 5.1. POTENCIALIDADES DE APLICACIÓN DE LA EAE A LAS POLÍTICAS HABITACIONALES

#### 5.1.1. Institucionales

Se entiende que las políticas públicas, en este caso las habitacionales requieren de una fuerte institucionalización a escala del gobierno central y local. Es el MVOTMA el responsable de estas. Según lo expresa la DINAVI, su misión “es hacer efectivo el acceso y la permanencia a una vivienda adecuada para todos los sectores de la población, generando una política habitacional integral articulada con el ordenamiento territorial y con el conjunto de las políticas sociales”.

A pesar de esto, existe una escasa relación institucionaliza entre las direcciones del MVOTMA, pudiendo contar con un instrumento que *potenciaría la necesidad de coordinación en un territorio concreto*.

*El gobierno central además debería coordinar con los gobiernos locales.*

La cuestión social habitacional se ve desde el comienzo al usar esta herramienta como un problema urbano territorial en donde para tomar decisiones, es necesario la participación de todos los actores del sistema.

#### 5.1.2. Metodológicas

Quienes toman decisiones, procuran hacer elecciones racionales, que son aquellas que adoptan la solución valorada como más alta, usando criterios de evaluación. Esta herramienta de evaluación permite ordenar las decisiones desde el punto de vista de lo ambiental, de una forma sistematizada, estructurada, y racional.

*Facilita la incorporación de consideraciones ambientales desde los primeros momentos del proceso de planificación.* Pero considerando las que son estratégicas para un plan habitacional.

Esta metodología debido a la necesidad de coordinación y consenso entre agentes que frecuentemente representan intereses diferentes y, en ocasiones, contrapuestos hace *necesaria la participación en varias etapas del proceso, lo que conlleva posteriormente a mayores consensos.*

Evalúa la importancia relativa de diferentes alternativas con respecto a múltiples atributos que consideran lo ambiental (cualitativos y cuantitativos) siendo estos indicadores previamente definidos. Esto se visualiza como fundamental, incluso los propios técnicos que realizan las evaluaciones diariamente observan la necesidad de contar con criterios explícitos para la toma de decisiones.

Esta herramienta permite *controlar la arbitrariedad en la selección de los índices de ponderación existentes actualmente*, para que no interfieran con el resultado global.

A partir de los indicadores previamente concertados entre todos los actores las preferencias son estructuradas, la información debe sintetizarse en una manera lógica para evaluar las alternativas.

### **5.1.3. Socio económicas**

Esta metodología permite incorporar criterios ambientales asociados a los costos de las construcciones. Se deja de lado la sola ponderación del precio por metro cuadrado construido, en relación a los costos, es que las decisiones generalmente toman en cuenta sólo los costos directos de los proyectos: construcción y terreno.

Propone evaluar los proyectos de viviendas sociales a través de la comparación de costos entre distintas localizaciones alternativas para un proyecto y entre un diseño y otro.

Una inversión pública en vivienda social conlleva un beneficio social asociado, y esta metodología a partir de indicadores permite evaluar los impactos sociales asociados a cada proyecto.

## **5.2. DEBILIDADES DE APLICACIÓN DE LA EAE A LAS POLÍTICAS HABITACIONALES**

### **5.2.1. Institucionales**

Las dificultades de la administración central que cuenta con procesos lentos de incorporación de nuevos criterios y metodologías.

La falta de coordinación existente entre las propias direcciones, a la que se le adiciona la participación de los gobiernos locales.

La formación de los agentes públicos en todos los aspectos tratados (como los técnicos, los directores), tanto para asesorar al poder político en la toma de decisiones y en la discusión de políticas, planes y programas, como para luego gestionarlos.

### **5.2.2. Metodológicas**

La inexistencia de antecedentes en la adopción de esta metodología a una política habitacional.

Las dificultades de la participación que muchas veces se cree que es la solución de todo pero que requiere de una población que realmente esté formada en la misma. Requiere de unos actores (todos) que puedan asumir sus responsabilidades en la misma

### **5.2.3. Socio económicas**

La enorme cantidad de supuesto que se debe adoptar para evaluar todos los criterios que incorpora esta metodología. No considerar desde el inicio la capacidad de pago de las familias a futuro ya que uno de los aspectos es el acceso pero también la permanencia en las viviendas.

## **5.3. CRITERIOS DE DISEÑO: EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS**

En los llamados a licitación de este programa habitacional se pondera aspectos del diseño relacionados a la energía que no son cuantificables, por este motivo y de acuerdo a los principios previamente establecidos

es que se simularon a través del programa Energy Plus 2.0.0 modelos de las viviendas con distintas alternativas de diseño para los escenarios de emisiones A2 y B2.

Las simulaciones computacionales pueden dar pistas de los diseños más adecuados para el ahorro de energía y la menor emisión de gases de efecto invernadero. Debido a las previsiones de aumento de temperatura de bulbo seco, las construcciones más ambientalmente conscientes serán las que manejen estrategias de diseño tanto del período caluroso (protecciones solares en cerramientos vidriados, sombreadamiento y ventilación natural) como del frío (bajas transmitancia térmica de la envolvente y control de infiltraciones), siendo el manejo de los flujos de energía en el tiempo fundamental debido al aumento de eventos extremos (disponer de masa térmica aislada). La adopción de estos diseños se convierte en una estrategia fundamental para la mitigación y la adaptabilidad al cambio climático, así como para el aumento de la calidad de vida de los usuarios. Es un primer intento de selección de diseños con criterios cuantificables.

La aplicación de esta herramienta supera la decisión individual por un análisis compartido en grupo, y que considera mayor cantidad de factores. Para que una alternativa sea aceptable, esta debe exceder los umbrales de desempeño dados para todos los indicadores, siendo la elegida la de mayores puntuaciones.

#### **5.4. LIMITACIONES DEL TRABAJO**

Esta tesis es acotada y deja de lado algunos de los aspectos de la metodología. En cuanto a los modelos es válida para la muestra elegida aunque no difiere sustancialmente de lo construido en el país.

La evaluación de distintos proyectos a nivel de alternativas de diseño asociadas está regida por un alto grado de incertidumbre respecto a los costos y beneficios estimados. Difícilmente los costos y beneficios reales del proyecto coincidirán con las estimaciones efectuadas durante la evaluación, pero por lo menos nos permite identificar como se comportarán para los escenarios.

#### **Conclusión final**

Esta tesis presenta cómo una herramienta de evaluación ambiental puede ser aplicada a un programa habitacional, teniendo un potencial importante para la planificación estratégica del territorio, sobretodo si se considera la variabilidad climática y el cambio climático, ya que permite identificar problemas ambientales con anterioridad. Los indicadores propuestos son una herramienta para evaluar proyectos de forma explícita. Se entiende que la arquitectura puede aportar más a la adaptación al cambio climático que a la mitigación debido a que los usuarios que estamos evaluando subconsumen energía. Las estrategias de diseño ambientalmente conscientes (ventilación natural, protecciones solares y masa térmica aislada), permiten disminuir el consumo de energía y las emisiones de gases de efecto invernadero. Esto supone una inversión inicial mayor que en suponiendo condiciones de cambio climático en 30 años se paga largamente.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Altener (2000).** Conference Report of Renewable Energy for Europe. Toulouse, France, UE, xxpp.
- ASHRAE (2004).** ASHRAE Standard 55-2004 -- Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy.
- Auliciems, (1981) A. Towards a psycho-physiological model of thermal perception. International Journal of Biometeorology, v. 25, 109-122, 1981.
- Banco Interamericano de Desarrollo (2003)** . Guía Metodológica de la EAE
- Barrenechea, (2008) (editor).** Estudio regional de economía del cambio climático – Sudamérica. Estudio Nacional del cambio climático. Montevideo, 2008
- Berkebile, R and McLennan, J (1999).** The living Building, World and I, Vol. 14
- Belcher, S., Hacker, J. and Powell, D. (2005)** Constructing design weather data for future climates. Building Services Engineering Research and Technology, 26(1):49–61.
- Bidegain, M y Camilloni, I (2004)** Performance of GCMs and Climate Baselines Scenarios for Southeastern South America. Sent to AIACC Working Paper Series.
- Bidegain M. et al.; 2005; Capitulo 14 Tendencias climáticas, hidrológicas y oceanográficas en el Río de la Plata y costa uruguaya.** Libro “El Cambio Climático en el Río de la Plata”. Proyectos AIACC LA32/26. Editores: Barros, Menéndez y Nagy. Buenos Aires.
- Bidegain, M; Caffera, M; Blixen, F; Pshennikov V; Lagomarsino, J; Forbes, E y Nagy, G (2005).** Tendencias Climáticas, Hidrológicas y Oceanográficas en el Río de la Plata y Costa Uruguaya. . Libro “El Cambio Climático en el Río de la Plata” Editores: Barros V, A Menéndez, GJ Nagy, III:14:1 7-14 , CIMA, Bs As, Argentina, Mayo 2005.
- Bischoff (2005);** Capítulo 6 Sudestadas. Libro “El Cambio Climático en el Río de la Plata” Editores: Barros V, A Menéndez, GJ Nagy, Parte 2 ,53-67 , CIMA, Bs As, Argentina, Mayo 2005.
- Bruntland, G. (ed.) (1987).** "Our common future: The World Commission on Environment and Development.. Oxford, Oxford University Press. Disponible en: [http://www.are.admin.ch/are/en/nachhaltig/international\\_uno/unterseite02330/index.html](http://www.are.admin.ch/are/en/nachhaltig/international_uno/unterseite02330/index.html), acceso en: marzo 2009.
- Camilloni I. y Bidegain M(2005);** Capitulo 4 “Escenarios Climáticos para el siglo XXI”. Libro “El Cambio Climático en el Río de la Plata”. Proyectos AIACC LA32/26. Editores: Barros, Menéndez, Nagy. Buenos Aires
- Carlo, J (2008).** Desenvolvimento de metodologia de avaliação da eficiência energética do envoltório de edificações não-residenciais. Tesis de doctorado- Programa de Pos graduacao em Engenharia civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianopolis, 215pp.Disponible en: <http://www.labee.ufsc.br/node/114>. Acceso: mayo 2011
- Chung, W, et al (2006).** Benchmarking the energy efficiency of commercial buildings. In: Applied Energy. Oxford; Elsevier, 2006. V. 83, pp 1-14
- CIBSE (2005).** Climate change and the indoor environment: impacts and adaptation. ISBN: 1903287502

**Comisión del Medio Ambiente, (2001).** Guía para la aplicación de la Evaluación Ambiental Estratégica. Dirección Ejecutiva, Departamento de Operaciones, Subdepartamento de Evaluación de Impacto Ambiental. Chile.12 pp.

**Decreto n° 4059.** Reglamento de la ley 10295. Brasil

Decreto 238/009 que establece la creación del Sistema Nacional de Respuesta al Cambio Climático y Variabilidad.

**Dec. 221/2009.** Reglamentación de LOTDS

**De Dear, R. and Brager, G.** Thermal comfort in naturally ventilated buildings: revisions to ASHRAE Standard 55. *Energy and Buildings*, v.34, n.6, p 549-561, 2002.

**De Dear, et al (1997).** Developing an Adaptive Model of Thermal Comfort and Preference. Final report, ASHRAE RP- 884, Macquarie University, 1997.

**De Freitas (2002).** Técnicas constructivas ambientalmente adecuadas. Tesis de Maestría. UFSC, 2002. Brasil

**Delgado, H. (2004).** El Área Central de Montevideo: diagnóstico y evaluación de las propuestas de revitalización del hábitat residencial. Disponible en: <http://www.farq.edu.uy/upv/Materiales%20mayo05/Proyecto%20CSIC%202003.pdf>. Acceso: mayo 2011.

**Di Gianni Scudo, Simbiosi (2003)** Una nuova alleanza tra natura e tecnologia L'ibridazione tra bio-ecologia e tecnologia per costruire in accordo con l'ambiente. En *Ambiente Costruito* N°499.

**Directiva 2002/91/EC** del Parlamento Europeo y el Consejo del 16 de diciembre 2002 sobre el desempeño energético de edificios.

**DINAMA (2005).** Indicadores ambientales

**DINAMA (2010).** Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero para el año 2004 (Resumen Ejecutivo). Disponible en: <http://www.cambioclimatico.gub.uy/images/documentos/ingei%202004%20re.pdf>. Acceso: mayo 2011

**DINAMA (2010).** Sistema Nacional de indicadores de desarrollo sustentable. Disponible en <http://www.mvotma.gub.uy/indicadores/>. Acceso: mayo 2011

**Di Paula, J et al (2008).** La descentralización de las políticas habitacionales: evaluaciones de las potencialidades y dificultades de la gobernanza local en la gestión habitacional. Informe Final. Inédito.

**Di Paula, J. (2010).** Clase en seminario Interárea. Facultad de Arquitectura. Material de clase.

**DNM (1996).** Normales climatológicas período 1961 - 1990, disponible en: <http://www.meteorologia.gub.uy/index.php/estadisticas-climaticas>. Acceso: mayo 2011-05-15

**Ecoplata,2010.** Informe de presentación del Sistema de indicadores. Disponible en: <http://www.mvotma.gub.uy/indicadores/>. Acceso: mayo 2011

**Florides, G. , et al (2002).** Measures used to lower building energy consumption and their cost effectiveness. In: *Applied Energy*. Oxford: Elsevier, 2002. v. 73 pp. 299-328

**Gauzin-Müller, D.** (2001) *L'Architecture Ecologique*, Groupe Moniteur, Ed. Gustavo Gili.

**González, E. y Bravo, G** (2001). **Toward appropriate comfort temperatures to the hot and humid climatic conditions.** Plea 2001 International Conference on Passive and Low Energy-Architecture. p. 823-827, 2001.

Green Outlook 2011: Green Trends Driving Growth” Disponible en: [http://construction.ecnext.com/coms2/summary\\_0249-360827\\_ITM\\_analytics](http://construction.ecnext.com/coms2/summary_0249-360827_ITM_analytics); acceso 16-3-2011,

**Haylock, M. R., Peterson, T. C., Alves, L. M., Ambrizzi, T., Anunciação, Y. M. T., Baez, J., Barros, V. R., Berlato, M. A., Bidegain, M., Coronel, G., Corradi, V., Garcia, V. J., Grimm, A. M., Karoly, D., Marengo, J. A., Marino, M. B., Moncunill, D. F., Nechet, D., Quintana, J., Rebello, E., Rusticucci, M., Santos, J. L., Trebejo, I., Vincent, L.A.** Trends in Total and Extreme South American Rainfall in 1960–2000 and Links with Sea Surface Temperature, *Journal of Climate* 2006 19: 1490-1512

**Hacker, et all** (2008) Embodied and operational carbon dioxide emissions from housing: A case study on the effects of thermal mass and climate change. *Energy and Buildings*, Volume 40, Issue 3, 2008, 375-384 pp.

**Herreraçy J. y Bonilla.M** (editores) Guía de evaluación ambiental. Madrid, España, 2008. 221 pp.

**Hidalgo, P** (2009) Monografía curso de estadística. Maestría en Construcción de Obras de Arquitectura. Inédito.

**Holmes, et al** (2007) Climate change, thermal comfort and energy: Meeting the design challenges of the 21st century. *Energy and Buildings*, Volume 39. 802–814 pp.

**Houghten f. and Yaglou C.** **Determining lines of Equal comfort.** ASHRAE. Transactions, 28, p 361- 384, 1983.

**Honty, (2004)** . La crisis energética puede ser una crisis ambiental. Informe Técnico. 3pp.

**Humphreys, m. and Hancock, M** **Exploring the variation of the desired thermal sensation on the ASHRAE scale.** En *Energy and Buildings*, 2007, v.39, n.7. p. 867-874, 2007

**Hurrell, J. W. (1995):** Decadal trends in the North Atlantic Oscillation: regional temperatures and precipitation. *Science*, 269: 676-679.

**Hurrell J.W., Van Loon, H (1997):** Decadal variations in climate associated with the North Atlantic Oscillation, *Climatic Change*, 36: 301-326.

**International Standards Organization (ISO). Moderate Thermal Environments: Determination of the PMV and PPD Indices and Specification of the Conditions for Thermal Comfort (ISO 7730).** Geneva, Switzerland, 1994.

**Instituto Nacional de Estadísticas (INE)** (2004). Fase I. Censo Nacional Divulgación de resultados. Disponible en: [http://www.ine.gub.uy/fase1new/divulgacion\\_definitivos.asp](http://www.ine.gub.uy/fase1new/divulgacion_definitivos.asp). Acceso: mayo 2011-

**INE, 2006.** Encuesta Nacinal de hogares ampliada. Disponible en: <http://www.ine.gub.uy/biblioteca/ech/ech2006/HOGARES%202006.pdf>. Acceso: mayo 2011

**Instituto Uruguayo de Normas Técnicas (UNIT)** (1999). Zonificación Climática. UNIT 1026:99

**Intendencia de Montevideo** (2009). Resolución N° 2928/09,

**Intendencia Municipal de Montevideo (2004).** Plan de Ordenamiento de Montevideo.

**IPCC (2007);** Cambio Climático: La base científica –Contribución del Grupo de trabajo I al Tercer informe de evaluación. Cuarto informe de evaluación. M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 116 pp.

**IPCC, (2001).** HOUGHTON J.T. *et al.* (Eds.). *Climate Change 2001: The Scientific Basis*, Cambridge University Press, 892 pp.

**IPCC (2001);** Cambio Climático: La base científica –Contribución del Grupo de trabajo I al Tercer informe de evaluación. Tercer informe de evaluación, [Third report of evaluation climatic change 2001. The scientific base. They summarize for responsible for political and summary technician]. (ed. Albritton, D.L. y Meira Filho, LG). OMM. PNUMA. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, EE.UU, 94 pp.

**Jacob, M (2003).** Exploring experience curves for the building envelope: an investigation for Switzerland for 1970-2020. Zürich: CEPE, 2003. Technical report.

**Jakob (2006);** Marginal costs and co-benefits of energy efficiency investments. The case of the Swiss residential sector. *Energy Policy* Nº34. 172–187 pp.

**Jaworowski, Z.** (1994): Ancient atmosphere - validity of ice records. *Environ. Sci. & Pollut. Res.*, 1 (3): 161-171.

**Jentsch, et al (2008),** Climate change future proofing of buildings--Generation and assessment of building simulation weather files, *Energy and Buildings*, Volume 40, Issue 12.

**Jiliberto ,R (editor) (2008).** Guía de la Evaluación Estrategica Ambiental Disponible en: [www.eclac.org/publicaciones/xml/7/37977/Guia\\_EAE.pdf](http://www.eclac.org/publicaciones/xml/7/37977/Guia_EAE.pdf). Acceso: mayo 2011

**Kibert, Ch.(2005);** Sustainable Construction. Green building design and delivery. 1st edition. ISBN 0-471-66113-9

**Köppen, W. (1936):** Das geographische System der Klimate (Handbuch der Klimatologie, Bd. 1, Teil C).

**Kumar et al (2010),** Identification of parameters for embodied energy measurement: A literature review, *Energy and Buildings*, Volume 42, Issue 8, August 201

**LEED (2009).** Certificación LEED. Disponible en: <http://wiki.ead.pucv.cl/images/f/fb/LEED.pdf>. acceso: 2011

**Lei Nº. 10.295/2001.** Ley de eficiencia energética, Brasil

**Ley Nº 16.517 .** Adopción de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, de 22 de julio de 1994,

**Ley Nº 17.279** Adopción del Protocolo de Kioto

**Ley Nº 17.775 ,** Ley General de Protección del Ambiente

**Ley Nº 18.308-** Ley de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sostenible.

**Ley Nº 18.610**, - Política Nacional de Aguas

**Ley Nº 18.597** Ley de Promoción del Uso Eficiente de la Energía

**Ley Nº 18.621**. Sistema Nacional de Emergencias

**Lo, et al (2006)**, Perceptions of building professionals on sustainable development: A comparative study between Hong Kong and Shenyang, *Energy and Buildings*, Volume 38, Issue 11, Energy and Environment of Residential Buildings in China, November 2006, Pages 1327-1334, ISSN 0378-7788, DOI: 10.1016/j.enbuild.2006.04.007.

(<http://www.sciencedirect.com/science/article/B6V2V-4K2SK71-1/2/ab62a0a7fb203fc48c6392bf96b53ab7>)

**López, V (2006)** Sustentabilidad y Desarrollo Sustentable. Editado por el Instituto Politécnico Nacional.

**Mackenzie (1998)**; *Our Changing Planet*. 2nd edition. Prentice and Hall. ISBN 0 13 271321 7. 486 pp.

**Magri, Altair (2002)**. Una reforma "exitosa": la política de vivienda en Uruguay entre 1990 y 2000. Disponible en: [www.urbarred.ungs.edu.ar/download/.../vivienda%20uruguay.doc](http://www.urbarred.ungs.edu.ar/download/.../vivienda%20uruguay.doc). Acceso: mayo 2011

**Maldonado, E. (2005)**. The Impacts of the EPBD upon the summer performance of buildings. In: International Conference Passive and Low Energy Cooling for the Built Environment (Palenc Conference), Greece.

**Mantero, S (2009)**. Informe de consultoría. MVOTMA

**Mcbride, m (1998)**. ASHRAE Standard 90.1R Criteria Development. In: ASHRAE IAQ & Energy, Proceedings.... New Orleans: ASHRAE, 1998. 18 p

**Meier, A et al (2002)**. What is an Energy-Efficient Building? In: Anais/IX Encontro Nacional de Tecnologia do ambiente construido. Foz do Iguacu, PR, 07 a 10 de mayo de 2002.

**Mimbacas, et al (2007)**; Eficiencia energética en edificaciones. Un nuevo desafío. Informe Técnico. Revista SAU NºX. Uruguay. Marzo 2007.

**Ministerio de Economía y Hacienda (2009)** Real Decreto, Actualidad jurídica ambiental. Disponible en: <http://www.actualidadjuridicaambiental.com/?m=200912&paged=2>. Acceso: mayo, 2011.

**Ministerio de Industria, Energía y Minería (2005)**. Proyecto de Eficiencia Energética. Montevideo, 2005.

**Ministerio de Industria, Energía y Minería (2008)**. Plan de Ahorro energético. Dirección Nacional de Energía y Tecnología Nuclear. Montevideo, 2008.

**Ministerio de Vivienda Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente (2010)**. Plan Nacional de Respuesta al Cambio Climático.

**Ministerio de Vivienda Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente (2010)**. Plan Nacional de Vivienda

**Ministerio de Vivienda Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente (2009)** indicadores para Monitoreo y Evaluación de la Directriz Nacional del Espacio Costero (DNEC).

**Ministerio de Vivienda Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente (2010).** Monitoreo del desarrollo sostenible para Uruguay. Disponible en: [http://www.google.com/url?sa=t&source=web&cd=2&ved=0CB8QFjAB&url=http%3A%2F%2Fwww.mvotm.a.gub.uy%2Findicadores%2Findex.php%3Fopcion%3Dcom\\_docman%26task%3Ddoc\\_download%26gid%3D4%26Itemid%3D&rct=j&q= Sistema%20de%20Indicadores%20de%20desarrollo%20sostenible%20para%20Uruguay&ei=icbKTZ-HLJK3tgeQ\\_qXuBw&usg=AFQjCNFXkmtPhlo7VyJ7wyZphULg37V1vw&sig2=kscgV4Z5T3UXylwXfVWQVg](http://www.google.com/url?sa=t&source=web&cd=2&ved=0CB8QFjAB&url=http%3A%2F%2Fwww.mvotm.a.gub.uy%2Findicadores%2Findex.php%3Fopcion%3Dcom_docman%26task%3Ddoc_download%26gid%3D4%26Itemid%3D&rct=j&q= Sistema%20de%20Indicadores%20de%20desarrollo%20sostenible%20para%20Uruguay&ei=icbKTZ-HLJK3tgeQ_qXuBw&usg=AFQjCNFXkmtPhlo7VyJ7wyZphULg37V1vw&sig2=kscgV4Z5T3UXylwXfVWQVg). Acceso: mayo 2010

**Ministerio de Vivienda Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente (2005).** Plan Nacional de Vivienda

**MITCHELL, J.F.B.; JOHNS, T.J.; GREGORY, J.M. y TETT, S.F.B. 1995:** Climate response to increasing levels of greenhouse gases and sulphate aerosols. *Nature*, 376: 501-504.

**MMA (2000).** Sistema de indicadores ambientales urbanos diseñado por el Ministerio del Medio Ambiente español.

**Naciones Unidas (1992).** Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático. Disponible en: <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>. Acceso: mayo 2011

**Nemry, F., et al. (2002),** Identifying key products for the federal product and environment policy – Final report, for Federal Services of Environment Department on Product Policy, Institut Wallon de Développement Économique et Social et d'Aménagement du Territoire ASBL/Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek, Namur/Mol, Belgium

**Nicol, j. F., y Humphreys, M (2002).** A. **Adaptive thermal comfort and sustainable thermal standards for buildings.** *Energy and Buildings*, v.34, n.6, 563-572, 2002.

**Nordauhs, William, (2007);** Critical Assumptions in the Stern . Review on Climate Change. Ed. Science Vol 317. 13.

**Partidário , R.(2006).** **Concepto, evolución y perspectivas de la evaluación ambiental.** Disponible en: [www.iirsa.org/BancoMedios/.../ease\\_taller08\\_m2\\_anexo1.pdf](http://www.iirsa.org/BancoMedios/.../ease_taller08_m2_anexo1.pdf). Acceso: mayo, 2011

**Pérez González, M<sup>a</sup> E. 2005:** «El cambio climático y las temperaturas», En Sanz Donaire (Coor.)(2005). *Ciclo de Conferencias sobre el Cambio Climático*. Real Sociedad Geográfica, Madrid.

**Pérez. M y García M. (2005)** . Críticas al «Cambio Climático» a partir de la Evolución de la Temperatura en el Atlántico Norte. Disponible en: <http://revistas.ucm.es/ghi/02119803/articulos/AGUC0606110095A.PDF>. Acceso: mayo 2011

**Picción A. et al (2008);** Pautas de diseño bioclimático. Proyecto presentado al PDT y financiando entre 2006- 2008. Informe final

**Picción A. y Milicua S. (2005).** Tratamiento de datos climáticos de localidades de Uruguay para evaluación térmica y energéticos de proyectos y edificios. Montevideo, 100pp.

**PNUD, (2007).** Material complementario al Informe Mundial Sobre Desarrollo Humano 2007-2008 Uruguay: El cambio climático aquí y ahora, Ed. PNUD. Uruguay, 35pp.

**PNUMA, (2008).** Geo Uruguay. Informe del Estado del Ambiente. Uruguay . Ed. Mosca. Uruguay, 348pp.

**PNUMA, (2010).** Guía de Autocapacitación en Evaluación Ambiental Estratégica de Políticas, Planes y Programas

**Prek, M. (2004)** Environmental impact and life cycle assessment of heating and air conditioning systems, a simplified case study, *Energy and Buildings*, Volume 36, Issue 10, REHVA Scientific, October 2004, Pages 10

**Rainusso, C (2010).** Costos de Componentes de Obra. Disponible en: [www.inca.com.uy](http://www.inca.com.uy). Acceso: mayo 2011

**Roaf, S, et al,(2005).** *Adapting Buildings and Cities for Climate Change—A 21st Century Survival Guide*, Architectural Press, An Imprint of Elsevier, Oxford, UK, 2005

**Rusticucci. M. y Renom M (2008).** Variability and trends in indices of quality-controlled daily temperature extremes in Uruguay. *International Journal of Climatology* .Volume 28, Issue 8 1083 – 1095.

**Segnestam, L. (2002).** “Indicators of environment and sustainable development: Theories and practical experience”. Environmental Economics Series. 89, The World Bank Environment Department.

**Quiroga, R. (2009).** Guía metodológica para desarrollar indicadores ambientales y de desarrollo sostenible en países de América Latina y el Caribe.

**Sattler, Miguel Aloysio (2007)** “Princípios Norteadores das atividades desenvolvidas pela LECS”. En *“Habitações de baixo custo mais sustentáveis: a Casa Alvorada e o centro Experimental de Tecnologias Habitacionais Sustentáveis”*. HABITARE, Porto Alegre, 2007.

**Sejenovich, H. (2003).** Planificación y ambiente

**Serra, F. (2005).** Parámetros para una arquitectura bioclimática. Disponible en: <http://habitat.aq.upm.es/boletin/n42/ac-scor.html#5>. Acceso: mayo 2011

**Soon, W., et al. (2003).** Reconstructing Climatic and Environmental Changes of the past 1000 years: A Reappraisal. *Energy & Environment*, 14: 233-296.

**Stern, N. (2006).** *The Economics of Climate Change*, Universidad de Cambridge, Ed. Cambridge Press, EEUU.

**Torres, M. (2002)** Reflexión y acción: el diálogo fundamental para la educación ambiental. Teoría y práctica

**UNEP, (2007).** *Buildings and Climate Change Status, Challenges and Opportunities*, Ed. UNEP, 78 pp.

**UCC- MVOTMA (2002).** *Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero de Uruguay: 2002*, Montevideo.

**UCC- MVOTMA (2006).** *Segunda Comunicación Nacional a la Conferencia de la partes de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*, Montevideo.

**Vila, et al ( 2006)** BUILDING ENERGY LABELLING IN SPAIN (CALENER): TECHNICAL BASIS

Disponible en:

[www.atecyr.org/climamed/climamed2004/books/10/BUILDING%20ENERGY%20LABELLING.pdf](http://www.atecyr.org/climamed/climamed2004/books/10/BUILDING%20ENERGY%20LABELLING.pdf). Acceso: mayo 2009

**Vincent, L et al (2005).** *Observed Trends in Indices of Daily Temperature Extremes in South America 1960–2000*. *J. of Climate*. Vol. 18. 5011-5023

**Wangpattarapong, et al (2008).** The impacts of climatic and economic factors on residential electricity consumption of Bangkok Metropolis. *Energy and buildings*. Volume 40, Issue 8, 2008, 1419-1425 pp.

**Zimmermann, et al (2005).** Benchmarks for sustainable construction A contribution to develop a standard. *Energy and Buildings* Nº 37, 1147–1157 pp



**Anexo II- Pliego de condiciones MVOTMA****CAPITULO III****PROCEDIMIENTO DE ADJUDICACION Y EVALUACION DE PROPUESTAS****Artículo II. I. EVALUACION DE PROPUESTAS**

A los efectos de la evaluación de las propuestas el Banco Hipotecario del Uruguay, tendrá en cuenta principalmente los siguientes aspectos cuya enumeración no significa orden de preferencia:

- a) Importe cotizado para la realización de la obra.
- b) Precios unitarios y total por ítem, así como la estructura de los mismos su equilibrio financiero.
- c) Capacidad financiera acreditada.
- d) Capacidad técnica acreditada.
- e) Antecedentes de contrataciones con el Banco Hipotecario del Uruguay u otros Organismos del Estado.
- f) Si se presentaren dos o más ofertas similares en su precio, plazo o calidad, si el Organismo lo considera conveniente, se invitará a los oferentes a mejorar sus ofertas otorgando un plazo no menor de 24 horas. Se consideraran ofertas similares aquellos cuyo precio no supere el 5% del de la menor. Si cumplido el plazo de 24 horas, las ofertas mejoradas resultan ser iguales, podrá ser utilizado la división preceptiva de la adjudicación o el sorteo. (Art. 57 TOCAF y Art. 479 Ley 16.226).
- g) Existiendo similitud en los diversos elementos que componen las ofertas, se otorgará preferencia a aquellas que impliquen una mayor utilización de mano de obra y materiales nacionales. El oferente debe estimar y expresar los porcentajes de mano de obra y materiales nacionales que componen el precio de la oferta. (Art.52 TOCAF).

**a) II. ANULACION DE PROPUESTAS****b)**

La admisión inicial de una propuesta no será obstáculo a su rechazo si se constataren luego defectos que violen los requisitos legales o aquellos sustanciales contenidos en el respectivo pliego.

Las ofertas que contengan apartamientos sustanciales o dichas exigencias no podrán ser consideradas. (TOCAF Art. 54).

El Banco anulará toda propuesta que:

- a) Contenga reservas o formule objeciones a los documentos de la licitación.
- b) No cumpla con las exigencias del llamado a licitación.
- c) Cuando las propuestas y/o documentación presentada sean incompletas.

- d) Cuando no se ajusten en un todo a las especificaciones del presente Pliego de Condiciones Administrativas y Legales.
- e) Cuando a juicio del Banco Hipotecario del Uruguay merezca objeciones la capacidad técnica o financiera de la Empresa proponente y/o sus antecedentes en la contratación con el Banco u otro Organismo del Estado.
- f) Cuando se compruebe que la estructura de todos o cualquiera de los costos que conforman la oferta no se ajustan a la realidad.
- g) Cuando el adjudicatario no se responsabilice en tiempo y forma de los suministros.

c) **III. ACLARACIONES**

Durante el período de evaluación de las propuestas, el Banco Hipotecario del Uruguay podrá requerir a los proponentes aclaraciones y explicaciones sobre cualquier punto de ellas. No se podrá pedir ni permitir que modifique su contenido.

d) **IV. SINTESIS**

Se destaca que se pondrá particular atención en el estudio de los aspectos reseñados precedentemente, a efectos de adjudicar la licitación a aquellas Empresas, que presenten no sólo la cotización más equilibrada sino también los mejores antecedentes técnicos y económicos.

A tal fin se descartarán las ofertas distorsionantes, y las que no ofrezcan, a juicio del Banco Hipotecario del Uruguay suficientes garantías técnicas o económicas.

**Artículo III. ADJUDICACION**

El Banco Hipotecario del Uruguay podrá adjudicar la licitación a la propuesta más conveniente a los intereses del Estado y a las necesidades del Servicio, o podrá rechazarlas todas si a su juicio, no reune la totalidad de las condiciones exigidas en el respectivo llamado a licitación sin que ello de lugar a indemnización o reclamación alguna (Art. 59 TOCAF). Resuelta la adjudicación se notificará el resultado a todos los proponentes en forma fehaciente, de conformidad con las normas del Decreto 500/91, con la precisión que se establece a continuación. Si los oferentes no concurren a notificarse a las oficinas del Banco Hipotecario del Uruguay, dentro de las 24 horas siguientes a la respectiva Resolución de Directorio, la Administración podrá disponer se proceda a la notificación personal de los proponentes en sus respectivos domicilios y en caso de que ella no pueda practicarse, se podrá dar por notificado el acto mediante telegrama colacionado o carta certificada con aviso de retorno o utilizando cualquiera de los restantes procedimientos previstos.

**Artículo IV. DEVOLUCION DE LA GARANTIA DE MANTENIMIENTO DE PROPUESTAS**

Ver pliego particular.