

## **DISEÑO SUSTENTABLE, SU ENSEÑANZA EN ARQUITECTURA**

**Gonzalo G.E., Ledesma S.L., Nota V.M., Cisterna M.S., Márquez Vega S.G., Quiñones G.I., Llabra C., Garbero, L.**  
Centro de Estudios Energía y Medio Ambiente - Instituto de Acondicionamiento Ambiental  
Facultad de Arquitectura y Urbanismo - Universidad Nacional de Tucumán  
Av. Roca 1900 - 4000 Tucumán – Argentina - Tel.+ .54.381.4364093 int. 7914  
Email: sledesma@arnet.com.ar – vnota01@yahoo.com.ar

**RESUMEN:** Se presenta la experiencia docente desarrollada en la Facultad de Arquitectura de la Universidad Nacional de Tucumán (FAU-UNT), en el dictado de las asignaturas de grado “Acondicionamiento Natural” y “Diseño de Instalaciones”, las cuales forman parte de la currícula obligatoria de la Carrera de Arquitectura y en el Seminario de Postgrado “Metodología de la investigación científica para una Arquitectura Bioclimática”, dirigido a Arquitectos, que tienen como objetivo la provisión de información, fundamentos técnicos y generación de actitudes y valores que permitan a los alumnos desarrollar una postura reflexiva y crítica sobre la arquitectura sustentable y resolver edificios energéticamente eficientes a partir de resolver en forma adecuada la relación Clima-Hábitat-Hombre con disposiciones arquitectónicas y con la incorporación de fuentes energéticas renovables.

Se presentan las propuestas pedagógicas y resultados alcanzados en cada asignatura, que se fueron desarrollando los largo de más de veinte años de dictado en la Carrera.

**Palabras clave:** arquitectura, edificación sustentable, eficiencia energética, educación.

### **INTRODUCCIÓN**

Reconociendo la responsabilidad ambiental que le cabe a la arquitectura, los edificios deben ser proyectados, construidos y utilizados, respondiendo al propósito de respetar y proteger el medio ambiente, minimizar el uso recursos no renovables y disminuir la emisión de contaminantes, lo cual que se alcanza a partir de un diseño sustentable. El diseño sustentable se debe asentar en una visión cultural que tenga en cuenta las particularidades locales, tales como el sitio, el clima y las costumbres de las personas (Gonzalo G.E., 2003).

Para lograr una arquitectura sustentable serán fundamentales y determinantes las decisiones de diseño adoptadas en la etapa del proyecto, las que van a determinar la sustentabilidad del edificio, sus condiciones de habitabilidad, su condiciones de consumo energético, entre otros.

Un aspecto principal en el diseño de un hábitat sustentable será la consideración de pautas de diseño bioambientales que consideren una adecuada respuesta a las condiciones climáticas del sitio en donde se implanta el edificio. Estas pautas condicionarán el proyecto desde la forma del edificio, ubicación y orientación de locales y aberturas, características de las protecciones hasta la elección de materiales y sistemas constructivos. Las decisiones de diseño adoptadas definirán las condiciones térmicas, de iluminación, de ventilación de los espacios construidos, que redundarán en la calidad ambiental de los espacios y en los requerimientos energéticos de los mismos.

En el Centro de Estudios Energía y Medio Ambiente del Instituto de Acondicionamiento Ambiental (IAA) de la FAU-UNT, a lo largo de más de veinte años de desarrollo de actividades de docencia, investigación y extensión, se desarrolló y transfirió una metodología para abordar el diseño bioclimático y la eficiencia energética en la edificación, tendiendo a resolver la complejidad que representa el lograr una arquitectura sustentable. Se presenta aquí una apretada síntesis de las propuestas pedagógicas y los resultados alcanzados, a partir de la aplicación de la mencionada metodología en los diferentes niveles de enseñanza: grado y postgrado.

### **DESARROLLO:**

La temática del diseño sustentable en la currícula de la Carrera de Arquitectura de la FAU-UNT, está incorporada desde hace aproximadamente veinticinco años, a lo largo de los cuales las asignaturas fueron modificadas y ampliadas. Las materias de grado que se dictan son “Acondicionamiento Natural” y “Diseño de Instalaciones” y de postgrado el seminario “Metodología de la investigación científica para una Arquitectura Bioclimática”. La asignatura Acondicionamiento Ambiental I, del Plan de Estudios aprobado por resolución N° 031-1979, se equiparó con las asignaturas “Acondicionamiento Natural” y “Diseño de Instalaciones I” del Plan de Estudios aprobado por resolución N° 2002-2007 del H.C.S. de la UNT.

El objetivo principal en las materias y cursos que se dictan sobre la mencionada temática, es el de formar estudiantes y profesionales concientes sobre el rol que les cabe en la determinación de la sustentabilidad del hábitat e instrumentarlos con las herramientas adecuadas para que sean decisores apropiados y guías sociales en el uso racional de la energía y utilización de energías renovables en la edificación.

En estas materias y en el seminario, se transfieren, en distintas escalas de abordaje de la temática, metodologías y simulaciones para el cálculo del comportamiento energético edilicio desarrolladas e integradas a trabajos de investigación que realizan los integrantes del grupo de trabajo, lo cual le permite acceder a conocimientos y metodologías actuales, con una apreciación integradora y globalizante de los problemas ambientales, así como adquirir actitudes y aptitudes tendientes a alcanzar desde el ejercicio profesional de cada individuo, un desarrollo sustentable y respetuoso del medio ambiente.

La materia “Acondicionamiento Natural” tiene como objetivo fundamental capacitar, ejercitar y promover en los estudiantes una conducta apropiada en el tratamiento de los aspectos bioclimáticos, tendiente a lograr espacios exteriores e interiores confortables con el mínimo consumo de energías convencionales, aprovechando los recursos naturales disponibles. En la materia “Diseño de Instalaciones” el objetivo es, más allá de capacitar al estudiante en el diseño de las instalaciones complementarias en un edificio de baja complejidad, habilitarlos para incorporar en ellos el uso de fuentes energéticas no convencionales.

El diseño curricular creado, permite que todos los estudiantes de grado de arquitectura, reciban capacitación básica en la temática durante el primer ciclo de sus estudios, que luego puede ser completada por su participación en el Seminario “Metodología de la investigación científica para una Arquitectura Bioclimática”, que permite a jóvenes profesionales y alumnos avanzados, profundizar sobre la temática (metodologías, softwares y simulaciones para el cálculo del comportamiento energético edilicio y elaboración de proyectos), aplicar una metodología científica de análisis e incorporarse en los proyectos de investigación que lleva adelante la Cátedra.

Con el objetivo de que el alumno entienda a la relación hábitat construido - hombre - medio ambiente como una acción integral y globalizadora del proceso de diseño, en los programas de Acondicionamiento Natural y de “Metodología de la investigación científica para una Arquitectura Bioclimática”, se abordan seis temas: análisis climático y determinación de pautas y estrategias para el diseño bioclimático; asoleamiento; transmisión térmica en los elementos de la construcción; iluminación natural; ventilación natural y diseño bioclimático. En la materia de grado realizan proyectos de edificios de baja complejidad, en diferentes situaciones climáticas y en la de postgrado realizan la evaluación energética de edificios y espacios urbanos existentes y diseñan propuestas de mejoramiento.

En la materia “Diseño de Instalaciones”, además de abordar el diseño de instalaciones sanitarias, eléctricas y de gas, los estudiantes diseñan sistemas de calentamiento solar de agua y sistemas fotovoltaicos para provisión de energía eléctrica

Con el objetivo de promover la construcción compartida del conocimiento y lograr así una apropiación activa del mismo por parte de cada alumno es que se plantea, en la materia de grado, el trabajo en forma grupal.

Los trabajos prácticos se plantean bajo la modalidad semipresencial, las actividades con asistencia obligatoria se desarrollaron con la modalidad de trabajo de taller, en donde los grupos reunidos en comisiones dirigidos por docentes, exponen sus trabajos y son evaluados por sus coordinadores y compañeros de comisión. En esta instancia el docente tiene un rol fundamental, ya que participa como coordinador de las actividades, pero sobre todo incentiva al alumno para la participación y genera discusiones que conducen a los grupos y a cada estudiante en particular a arribar a conclusiones que permiten aclarar y entender los diferentes conceptos abordados.

En esta etapa se emplea además la evaluación intergrupal como una instancia más dentro del proceso de aprendizaje, la cual promueve el análisis crítico como una herramienta para alcanzar la construcción del conocimiento y permite la verificación, por parte de los alumnos, de los resultados obtenidos.

En el Seminario, siendo uno de los objetivos introducir al alumno en la aplicación de una metodología científica de análisis, es que se organiza el proceso en distintas etapas (Hernández Sampieri R. *et al*, 1998), las cuales incluyen:

- La elaboración de un “marco teórico”, que les permite determinar el estado actual del conocimiento acerca del tema, así como ponerse en contacto con la temática elegida y disponer de información actual y fehaciente que les sirva de base para el desarrollo del trabajo práctico posterior.

- El planteo de la “hipótesis” en las cuales explican, en forma tentativa, la situación que van a investigar, su marco conceptual y las posibles variables intervinientes a analizar.

- La definición de los “objetivos” para el plan de investigación propuesto, lo que les permite plantear correctamente el problema y organizar adecuadamente las actividades a desarrollar fin de alcanzar el resultado final esperado.

- La propuesta de una “metodología” a aplicar, para medir o verificar las hipótesis planteadas en el proyecto, y de un “plan de trabajo” que permite explicitar las actividades y su período de ejecución en función del tiempo disponible para el cursado de la materia.

- El desarrollo de la investigación anteriormente planteada, con la discusión de los resultados alcanzados y las conclusiones inferidas.

La evaluación del proceso de aprendizaje se lleva a cabo de dos formas: una durante el transcurso de la materia mediante entrevistas semi-estructuradas o conversacionales, realizadas semanalmente al grupo de trabajo, en donde se discuten los avances de la propuesta, y otra, al finalizar la materia, mediante la evaluación del informe final presentado por los alumnos.

#### **ANÁLISIS CLIMÁTICO Y DETERMINACIÓN DE ESTRATEGIAS DE DISEÑO**

Los estudios, se inician con el conocimiento de las particularidades locales del lugar en donde se emplazarán los proyectos, tales como el sitio y su clima, para ello se realiza un estudio pormenorizado de los elementos del clima que intervienen en la definición del hecho arquitectónico, tales como su temperatura, humedad, condiciones de cielo, radiación solar, vientos, etc.

y se analizan también las especificaciones para cada una de las zonas bioambientales definidas por la Normas IRAM 11.603. Dichos estudios permiten caracterizar con precisión al clima del lugar en donde realizarán el proyecto.

Completa el mencionado estudio, la determinación de las estrategias de diseño bioclimático a considerar para alcanzar las condiciones de confort interior las cuales se definen a partir del uso del diagrama psicrométrico. Las mencionadas estrategias, permiten definir pautas generales de diseño para la localidad analizada.

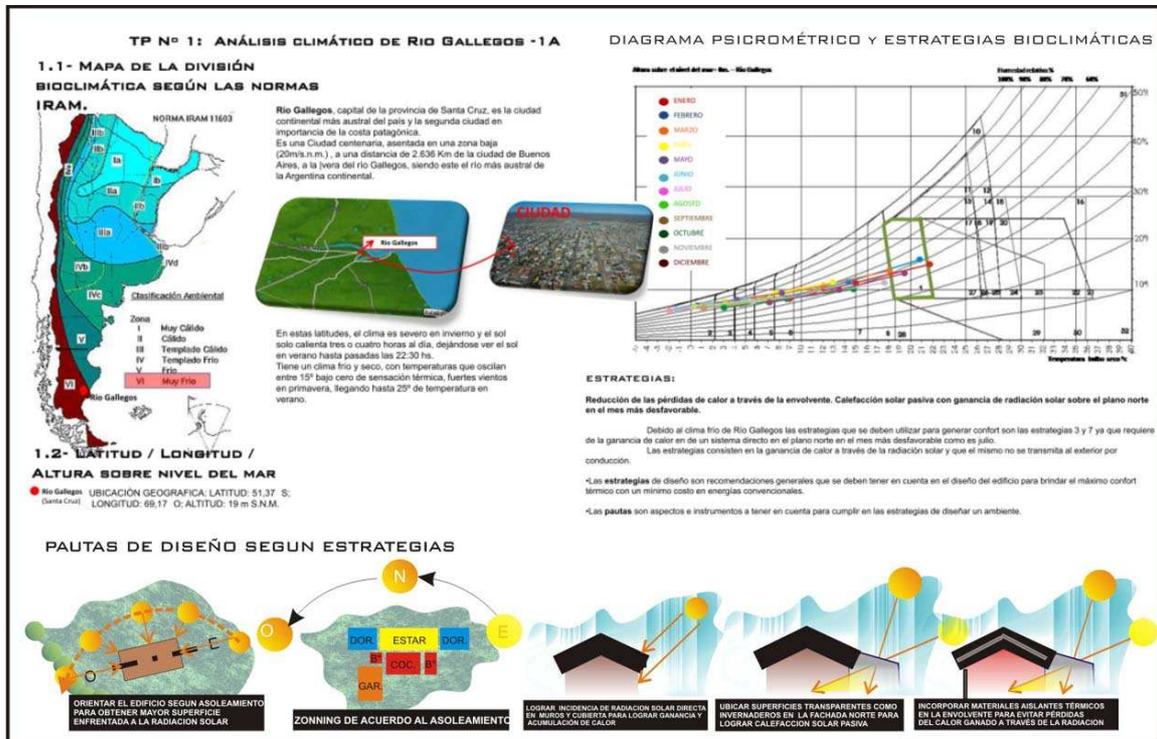


Figura 1: Ejemplo de la metodología aplicada por los alumnos de la materia Acondicionamiento Natural para el análisis climático y la determinación de estrategias y pautas de diseño bioclimático en San Miguel de Tucumán.

### ANÁLISIS TERMICO

El conocimiento de la incidencia de la radiación solar sobre los componentes opacos y transparentes de la envolvente y su consecuencia sobre el comportamiento energético final del edificio resulta fundamental en la toma de decisiones del proyecto de arquitectura. Por tal motivo los estudiantes realizan un estudio pormenorizado sobre las necesidades de aprovechamiento o protección de la radiación solar, para las distintas estaciones del año, según la situación climática en análisis.

En la materia Acondicionamiento Natural el alumno determina y analiza pautas relacionadas al asoleamiento, que condicionarán su respuesta de diseño desde la forma del edificio, ubicación de locales, tamaño, forma y ubicación de aberturas, entre otros. El estudiante accede también al conocimiento de la trayectoria solar y su incidencia en los distintos planos de la envolvente y al manejo de metodologías gráficas que le permitirán evaluar el comportamiento de sus propuestas frente a la radiación solar, así también dimensionar las protecciones solares del edificio.



Figura 2. Ejemplo del diseño de las protecciones solares para S. M. de Tucumán desarrollado por los alumnos de la materia Acondicionamiento Natural.

En el seminario “Metodología de la investigación científica para una Arquitectura Bioclimática”, los alumnos realizan propuestas de diseño para los aventamientos de edificios construidos con el objetivo de lograr el control de la radiación solar optimizando el ingreso de luz natural, de manera tal de contribuir a la calefacción solar pasiva en invierno y evitar el ingreso

de sol en verano sin comprometer el confort lumínico. Para ello, los alumnos realizan la evaluación de las condiciones existentes utilizando programas computacionales, métodos gráficos y encuestas a los usuarios. A partir de ello realizan propuestas de diseño tendientes a mejorar la situación original de los edificios analizados, las cuales son evaluadas mediante programas computacionales o con maquetas a escala en el simulador solar del IAA. Los edificios analizados corresponden a resoluciones tipológicas de viviendas, aulas de escuelas, oficinas, sectores de edificios universitarios, etc.

### ASPECTOS TÉRMICOS

A partir del estudio de esta temática los estudiantes pueden llegar a conocer el comportamiento térmico de la envolvente edilicia y verificar que el diseño de la misma responda al objetivo de "regular de manera adecuada el intercambio de calor entre el espacio exterior y el interior".

En la materia Acondicionamiento Natural los alumnos analizan las determinantes de las condiciones de confort higrotérmico de los espacios interiores, acceden al manejo de metodologías para la definición del coeficiente de transmisión térmica K y la verificación del riesgo de condensación en la envolvente, conocen lo que establece la normativa al respecto, determinan y evalúan el balance térmico total para régimen periódico para un prototipo con diferentes resoluciones constructivas.

Los mencionados estudios les permiten alcanzar conclusiones tendientes a la definición de pautas de diseño considerando la respuesta a los requerimientos de minimizar las ganancias de calor entre el exterior e interior para una situación de clima cálido o de favorecer las ganancias de calor a través de la envolvente para una situación de clima frío teniendo en cuenta aspectos tales como: las dimensiones de la envolvente, la orientación de muros y cubierta y la volumetría del edificio, entre otros.

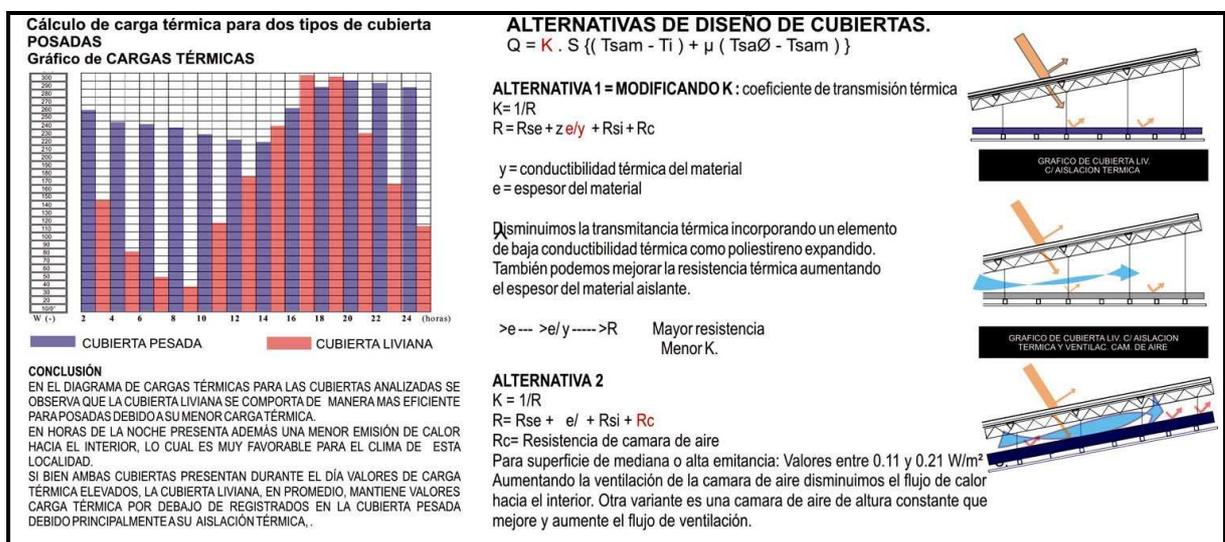


Figura 3. Ejemplo del análisis térmico para clima cálido de diferentes soluciones constructivas desarrollado por los alumnos de la materia Acondicionamiento Natural.

En el seminario “Metodología de la investigación científica para una Arquitectura Bioclimática”, los alumnos realizan propuestas de diseño para mejorar el comportamiento térmico de la envolvente de distintas tipologías de edificios construidos, tales como viviendas, aulas de escuelas, oficinas, sectores de edificios universitarios, entre otros, a efectos de lograr el confort térmico interior y reducir los costos en el acondicionamiento artificial.

Para ello desarrollan, en una primera etapa, la determinación y evaluación del comportamiento térmico de las superficies opacas y transparentes de la envolvente de los edificios seleccionados para el análisis. Para ello acceden al manejo y aplicación de los programas computacionales específicos diseñados por el CEEMA, que les permiten determinar los valores de Transmitancia Térmica y verificar el cumplimiento de los valores normados por IRAM (CEEMAKMP.exe), realizar simulaciones de la cantidad de calor que intercambia el edificio a través de sus superficies opacas y transparentes (CEEMAQT2K2.exe) como así también establecer el riesgo de condensación superficial e intersticial de distintos componentes de la envolvente (CEEMACON.exe).

Evalúan además, los parámetros que determinan las condiciones higrotérmicas del aire interior (temperatura y humedad) en los distintos locales analizados, para ello acceden al manejo de los registradores HOBO, a los protocolos que deben aplicar para realizar correctamente las mediciones in situ, como así también al análisis y procesamiento de los datos registrados.

Para completar la etapa de diagnóstico, los alumnos realizan entrevistas y encuestas a fin de determinar la respuesta ocupacional de los usuarios frente a las condiciones térmicas y de asoleamiento de los locales analizados, en particular en los aspectos referidos a la percepción y nivel de confort.

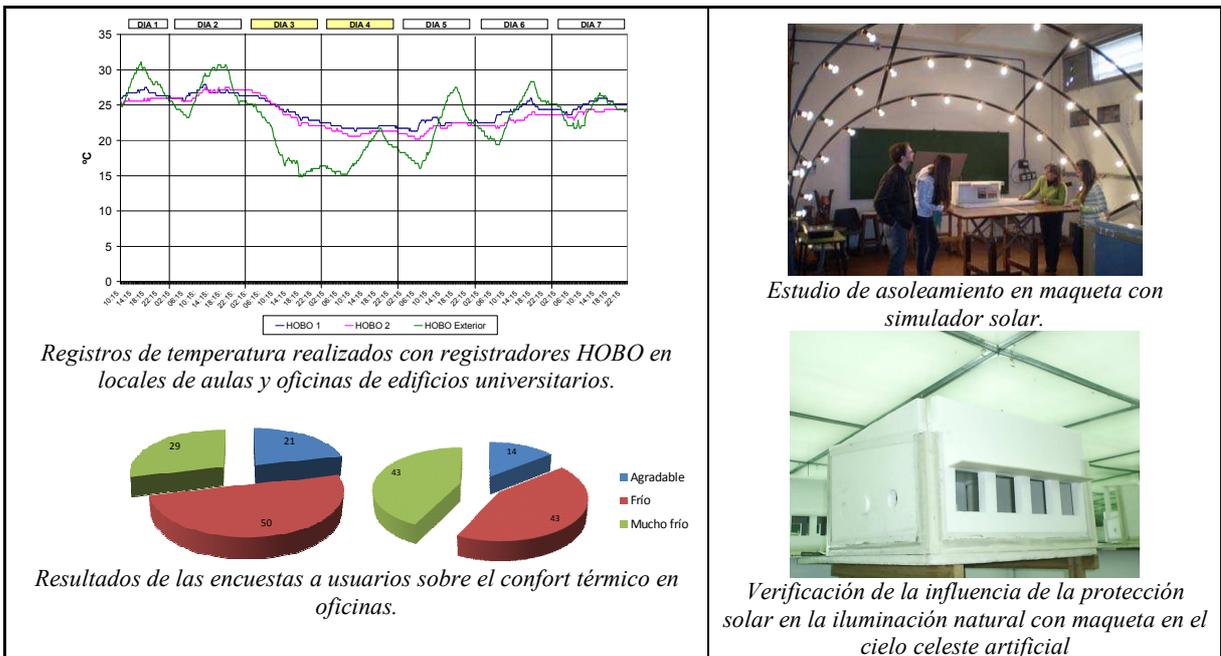


Figura 4: Ejemplo de diferentes estudios térmicos y de asoleamiento realizados por alumnos del Seminario.

En una segunda etapa y, a partir de la evaluación de los resultados obtenidos en la etapa de diagnóstico, los alumnos realizan propuestas de diseño tendientes a mejorar el comportamiento térmico de los edificios o locales analizados, las cuales involucran aspectos tales como: incorporación de materiales térmicamente más adecuados, modificación de la relación superficie vidriada/superficie transparente, rediseño de las aberturas y sus protecciones solares, incorporación de vegetación y tratamiento de los espacios exteriores, entre otros. Dichas propuestas son evaluadas y verificadas térmicamente mediante la aplicación de los programas computacionales.

### ASPECTOS LUMINICOS

El conocimiento de los aspectos relativos al aprovechamiento de la iluminación natural permite al alumno determinar pautas y condicionantes básicas para alcanzar el confort lumínico interior, de manera tal de garantizar el normal desarrollo de las actividades en ellos previstas y lograr el confort visual de los ocupantes, con utilización racional de sistemas de iluminación artificial, con el consiguiente ahorro en energético que traerá aparejado.

En el desarrollo de esta temática, en la materia Acondicionamiento Natural, los alumnos acceden al manejo de una metodología para determinar los niveles de iluminación natural interior y verificar los valores mínimos establecidos por Normas IRAM. Se capacita además a los alumnos, en el manejo de instrumental de medición (luxímetro) que les posibilita analizar el comportamiento lumínico *in situ* de locales y proponer pautas de diseño para mejorar las condiciones de iluminación en sus dos aspectos: cualitativos y cuantitativos, en los espacios interiores.

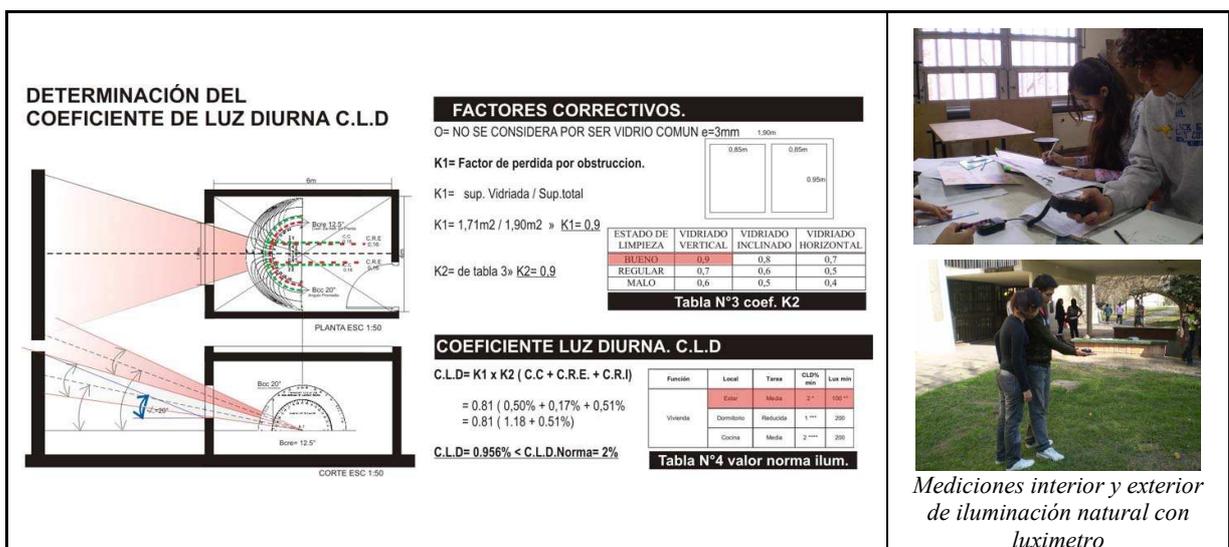


Figura 5. Ejemplo de determinación del coeficiente de luz diurna desarrollado y mediciones de iluminación natural realizados por los alumnos de la materia Acondicionamiento Natural.

Con el objeto de lograr el máximo aprovechamiento de la iluminación natural para lograr el confort lumínico y reducir los costos en la iluminación artificial en edificios construidos, en el seminario “Metodología de la investigación científica para una Arquitectura Bioclimática”, los estudiantes realizan propuestas de diseño tendientes a alcanzar mejoras del comportamiento lumínico interior, tales como viviendas, aulas de escuelas, oficinas, sectores de edificios universitarios, entre otros. Los resultados, que se encuentran enmarcados en los proyectos de investigación que desarrolla la Cátedra, son transferidos a los organismos correspondientes.

Para ello los alumnos son capacitados en primera instancia para realizar la determinación y evaluación de las condiciones lumínicas de los locales, a partir del manejo y aplicación de programas computacionales que les permitan determinar los niveles de iluminación natural interior y verificar el cumplimiento de los valores recomendados por las normas IRAM. Son capacitados además en el manejo de instrumental específico, que les posibilita relevar in situ los niveles de iluminación exterior de los locales analizados; en los protocolos que deben aplicar para realizar correctamente las mediciones en el lugar; como así también en la forma de realizar los análisis y procesamiento de los datos registrados. Además, los alumnos llevan a cabo entrevistas y encuestas a fin de evaluar la respuesta ocupacional de los usuarios frente a las condiciones lumínicas en el interior de los locales analizados, a fin de determinar el nivel de confort visual percibido por los ocupantes. En algunos casos se realizaron de igual forma estudios de la iluminación natural en espacios exteriores, de acuerdo con las conformaciones edilicias urbanas en diferentes sectores de la ciudad.

Finalmente, y a partir de la evaluación de los resultados obtenidos en la etapa de diagnóstico, los alumnos realizan propuestas de diseño tendientes mejorar las condiciones lumínicas interiores de los locales analizados, las cuales involucran aspectos tales como: modificación de las superficies de los aventanamientos, rediseño de las protecciones solares, tratamiento de las superficies interiores, entre otros. Dichas propuestas son evaluadas y verificadas desde el punto de vista lumínico mediante la aplicación de los programas computacionales o con maquetas en el cielo celeste artificial del IAA.

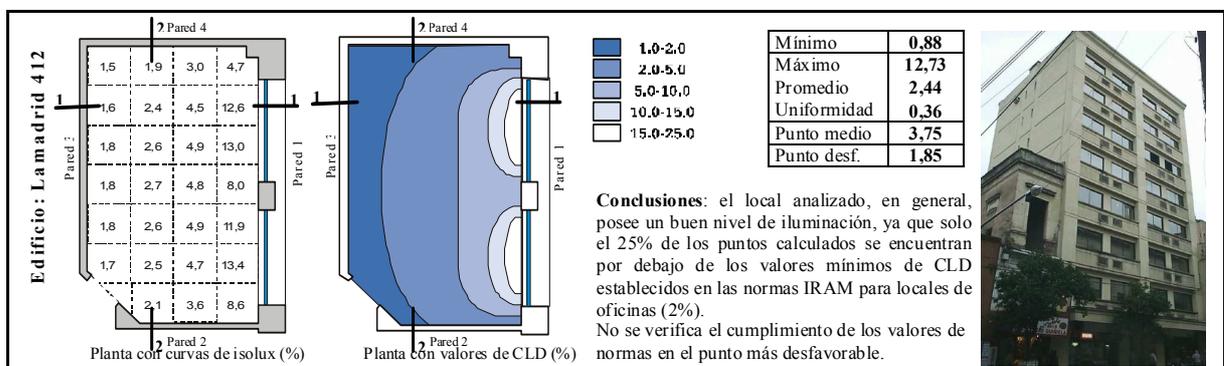


Figura 6: Ejemplo de evaluación de los niveles de iluminación natural interior en un edificio de oficinas realizado por los alumnos de los seminarios con programas computacionales.

### ASPECTOS VENTILANTES

La importancia de la ventilación natural y su incidencia en el confort interior de los edificios es analizada, en diferentes escalas, en ambas asignaturas.

En la materia Acondicionamiento Natural, los alumnos analizan el comportamiento ventilante en una determinada localidad y definen, a partir del mismo, pautas de diseño que posibiliten al edificio responder satisfactoriamente a las estrategias de aprovechamiento de la ventilación natural, en las zonas cálidas o de protección de los vientos, en las zonas frías. Se transfieren metodologías para determinar los requerimientos para mantener las condiciones higiénica del aire interior, para cuantificar la capacidad de enfriamiento estructural del aire y los caudales posibles de alcanzar aplicando el efecto chimenea, entre otros.



Figura 7. Ejemplo del análisis de la ventilación natural en clima cálido de diferentes disposiciones arquitectónicas para una vivienda desarrollado por los alumnos de la materia Acondicionamiento Natural.

En el seminario “Metodología de la investigación científica para una Arquitectura Bioclimática” los alumnos realizan propuestas de diseño para mejorar el comportamiento ventilante de distintas tipologías de edificios construidos, tales como viviendas, aulas de escuelas, oficinas, sectores de edificios universitarios, entre otros, a efectos de aprovechar la ventilación natural para disminuir la sensación térmica de los ocupantes y producir, en horas nocturnas, el refrescamiento de la estructura interna del edificio.

Para ello, analizan los edificios seleccionados, en función de las pautas básicas para el aprovechamiento de la ventilación natural y de la dirección de los vientos dominantes en la localidad de análisis. Mediante entrevistas y encuestas se evalúa la influencia de la ventilación natural en el confort térmico percibido por los ocupantes. A partir de la evaluación de los resultados obtenidos, realizan propuestas de diseño tendientes a posibilitar el aprovechamiento de la ventilación natural, las cuales involucran aspectos tales como: modificación de las aberturas y divisiones interiores, incorporación de sistemas para la ventilación por efecto térmico y la ventilación nocturna, entre otros.

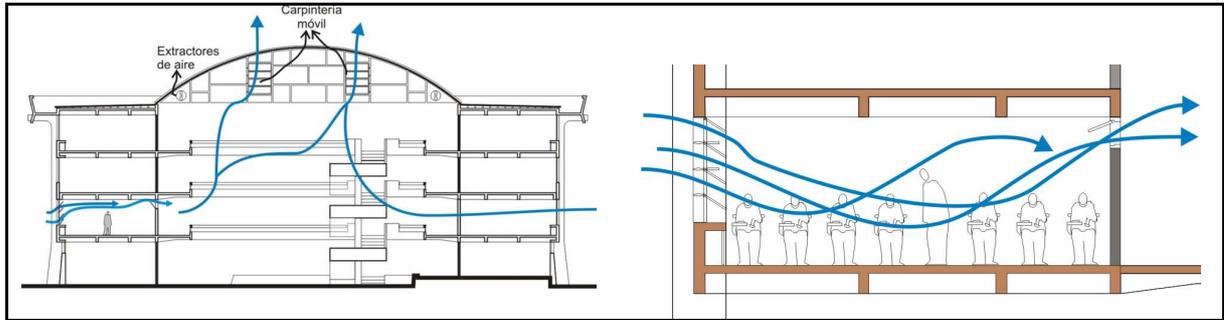


Figura 8: Propuesta de diseño para el aprovechamiento de la ventilación natural por efecto térmico y de modificación de las carpinterías en un edificio universitario realizada por los alumnos del seminario.

#### ASPECTOS ACÚSTICOS

El acondicionamiento acústico es analizado en la materia “Acondicionamiento Natural”, en la cual los estudiantes manejan ecuaciones que les permiten analizar la influencia de los ruidos exteriores en los edificios y las posibilidades de soluciones de diseño para la reducción de los mismos, así como para el control del sonido en el interior.

En el seminario “Metodología de la investigación científica para una Arquitectura Bioclimática”, los alumnos realizan propuestas de diseño para alcanzar mejoras de las condiciones acústicas en el interior de los edificios. Para ello acceden al manejo de instrumental específico, como los decibelímetros, que les permiten medir el nivel de sonoro interior y con métodos de cálculo que les permiten determinar la calidad de reproducción del sonido. Mediante entrevistas y encuestas determinan las condiciones de confort acústico percibido por los ocupantes. A partir de la evaluación de los resultados obtenidos, realizan propuestas de diseño tendientes a mejorar las condiciones acústicas interiores de los locales analizados.

#### DISEÑO BIOCLIMÁTICO

Al abordar esta temática en la materia de grado, los alumnos realizan ejercicios de diseño de edificios de baja complejidad a partir del conocimiento de los temas: clima y diseño, helioenergética, comportamiento térmico, lumínico y ventilante de la envolvente, los que les permitieron definir pautas bioclimáticas que condicionan el diseño y determinan la manera en que el mismo pueda responder en forma adecuada a las condicionantes climáticas del sitio de emplazamiento del edificio.

Los aspectos básicos considerados para el diseño bioclimático del edificio son: volumetría, posición en el terreno y orientación del edificio; forma, ubicación y orientación de locales y aberturas; características de las protecciones solares de superficies opacas y transparentes; materiales y sistemas constructivos de la envolvente, ubicación y características de la vegetación, entre otros.



Figura 9: Maquetas de proyectos para climas cálidos y fríos, realizadas por los alumnos.

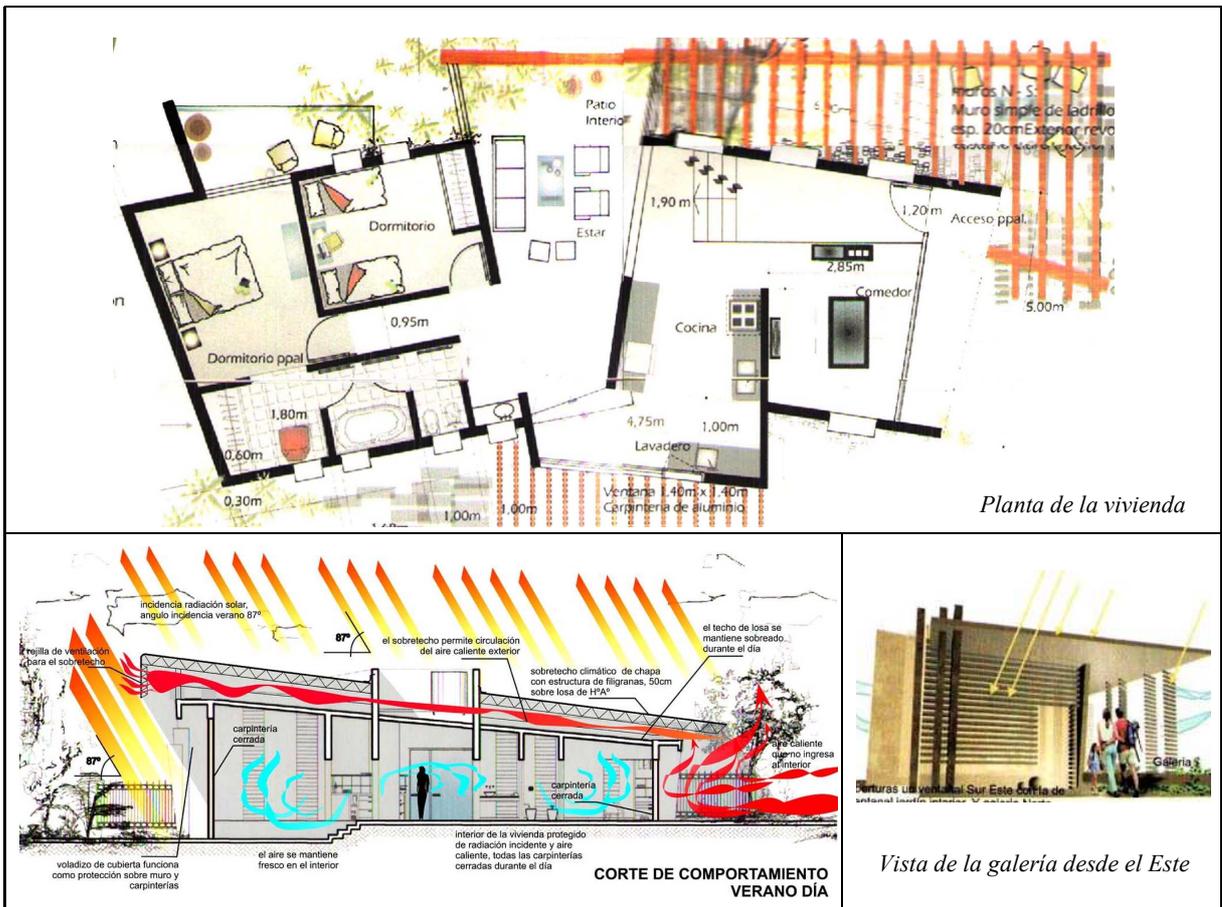


Figura 10. Ejemplo del proyecto bioclimático de vivienda en clima cálido-húmedo desarrollado por los alumnos de la materia Acondicionamiento Natural.

### DISEÑO DE INSTALACIONES COMPLEMENTARIAS

La asignatura de grado “Diseño de las instalaciones complementarias”, ubicada en el tercer nivel de la carrera (sanitaria, eléctrica y de gas) capacita a los alumnos para desarrollar el diseño y cálculo de la instalación sanitaria, eléctrica y de gas en edificios de baja complejidad, incorporando a los mismos los sistemas con energías renovables para la provisión de energía eléctrica y para el calentamiento de agua sanitaria. Se brinda a los estudiantes las herramientas necesarias para realizar el predimensionado de los equipos, así como el diseño y ubicación de sus componentes en el edificio.

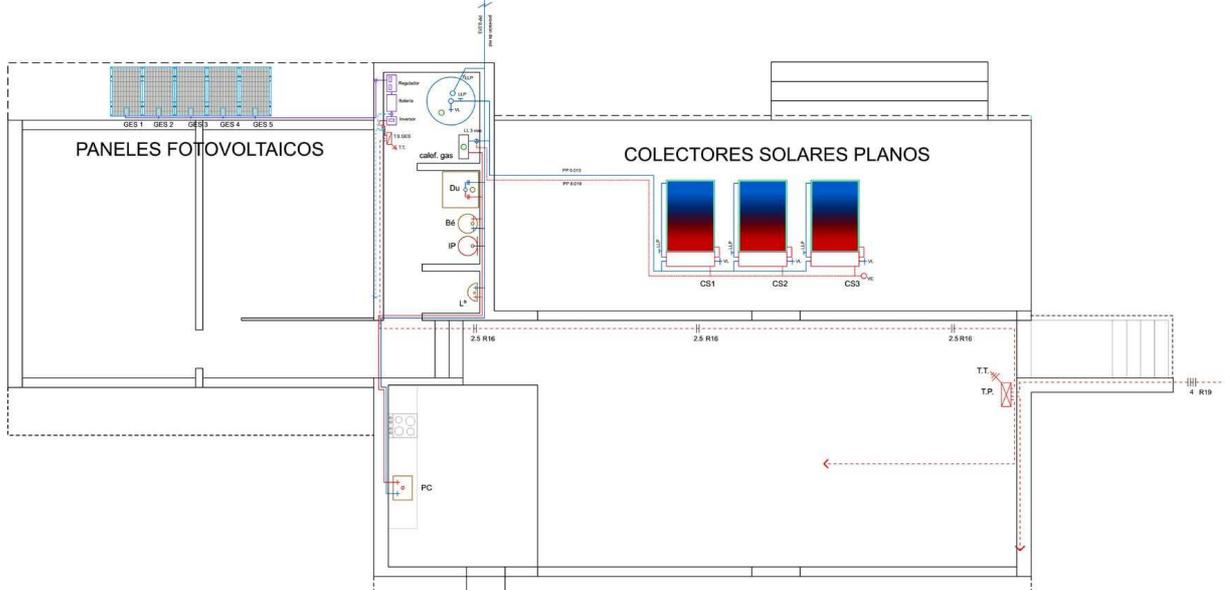


Figura 11: Propuesta de incorporación de sistemas solares para el calentamiento de agua y para la provisión de energía eléctrica fotovoltaica en los proyectos de los alumnos de la Materia Diseño de Instalaciones 1.

## CONCLUSIONES

A partir de la aplicación de esta metodología se logró que el alumno comprenda la importancia de la consideración de los aspectos climáticos desde el inicio del proceso de diseño y su influencia en el comportamiento energético del edificio. La organización de los temas en cursos permitió profundizar las diferentes temáticas y entender como las condiciones climáticas condicionan la respuesta de diseño en sus diferentes escalas, desde la forma y posición del edificio hasta los detalles de carpinterías y sistemas constructivos de los elementos de la envolvente.

El estudio de la incidencia de la radiación solar y del comportamiento térmico de los componentes de la envolvente y su consecuencia en el balance térmico del edificio, permitió a los estudiantes establecer propuestas de diseño necesarias a aplicar para lograr la eficiencia del edificio desde en punto de vista del acondicionamiento térmico. Dichas propuestas abarcaron temas tales como: forma y posición del edificio, materiales de la envolvente, características de los aventanamientos y sus protecciones solares, uso de la vegetación, entre otros.

La comprensión de la importancia del aprovechamiento de la iluminación natural y de las metodologías de predicción y análisis, permitió a los alumnos establecer las pautas básicas a aplicar en diseño para lograr condiciones lumínicas interiores que aseguren el confort visual de los ocupantes, brindando un adecuado nivel y distribución de la luz natural y evitando el discomfort visual por deslumbramiento.

El conocimiento de los aspectos involucrados en la ventilación natural y su influencia en las condiciones térmicas interiores, permitió a los alumnos establecer disposiciones arquitectónicas que posibiliten el aprovechamiento de los vientos o su protección según las características climáticas del lugar, como así también asegurar los caudales mínimos de renovación de aire para garantizar la calidad del aire interno.

El análisis de los factores que influyen en el acondicionamiento acústico, permitió que los estudiantes comprendan la influencia de los ruidos exteriores en los edificios y determinen las soluciones de diseño que pueden aplicar para lograr ambientes acústicamente confortables.

El estudio de las instalaciones complementarias permitió capacitar a los alumnos en el diseño y cálculo de la instalación sanitaria, eléctrica y de gas en edificios de baja complejidad. Esto les permite acceder al conocimiento de los sistemas que utilizan energías renovables posibles de incorporar al edificio, tales como colectores solares planos y fotovoltaicos, y establecer las consideraciones a tener en cuenta para su instalación.

Estos aspectos son abordados con distintos niveles de profundidad tanto en la materia de grado “Acondicionamiento Natural” como en el Seminario de postgrado “Metodología de la investigación científica para una Arquitectura Bioclimática”, logrando, en este último caso, que el estudiante maneje las herramientas básicas para una evaluación ambiental, tanto de edificios como de espacios urbanos, que conozca una nueva forma de analizar y abordar los diferentes problemas que se le puedan presentar aplicando para ello una metodología científica de análisis, como así también que se incorpore a los proyectos de investigación que se desarrollan en la Cátedra.

Con la metodología aplicada en la materia de grado se logró superar el problema de la masividad de los alumnos que cursan la materia, promoviendo en el estudiante una participación activa en el proceso de evaluación. Mediante la elaboración de un ejercicio de diseño, en donde los alumnos proyectan un edificio adecuado a las condiciones climáticas de la localidad de análisis, se logró transferencia al diseño de los temas abordados y así superar la disociación entre teoría y práctica.

Los resultados alcanzados permiten verificar que es fundamental abordar la problemática energética y el diseño sustentable en la Carrera de Arquitectura, ya que la consideración del tema desde la perspectiva arquitectónica, permite concientizar al futuro profesional acerca de la influencia que tienen sus decisiones de diseño en el comportamiento energético final del edificio y la manera en que, desde su disciplina, con el planteo de un diseño adecuado e inclusive con la incorporación de sistemas de provisión de energías renovables, es posible contribuir al ahorro energético del edificio y al cuidado del planeta.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- Gonzalo G.E. (2003). Manual de Arquitectura Bioclimática, 2ª Edición, Ed. CP67. Bs. As.
- Gonzalo G.E., Ledesma S.L., Nota V.M., Martínez C.F., Cisterna M.S., Quiñones G.I., Márquez Vega, S.G., Llabra C. “Nuevo enfoque didáctico para integrar estudiantes y egresados en el área de arquitectura bioclimática”. Memorias X Congreso y XXV Encuentro ARQUISUR. ISBN 950-554-516-9. 1º Edición CD-ROM. Págs. 3-1 a 3-10. Universidad Nacional de Tucumán. Tucumán, Argentina. Octubre 2006.
- Gonzalo G.E., Ledesma S.L., Nota V.M., Martínez C.F., Cisterna M.S., Quiñones G.I., Márquez Vega, S.G., Llabra C., Ramos M., Mostajo M. de los A. “Condicionantes climáticas en el diseño arquitectónico. Experiencia docente en la materia Acondicionamiento Ambiental 1”. Memorias X Congreso y XXV Encuentro ARQUISUR. ISBN 950-554-516-9. 1º Edición CD-ROM. Págs. 3-95 a 3-104. Universidad Nacional de Tucumán. Tucumán, Argentina. Octubre 2006.
- Gonzalo G.E. (2001). Métodos y técnicas de la investigación científica. Material gráfico de apoyo: guía de estudios y transparencias. Biblioteca FAU-UNT. Inédito.
- Hernández Sampieri R., Fernández Collado C. y Lucio P.B. (1998), “Metodología de la Investigación”, XXVI Mc.Graw Hill.

Koenigsberger O. (1977). Viviendas y edificios en zonas cálidas y tropicales. Madrid, Paraninfo.

Mazria E. (1983). El libro de la energía solar pasiva. Ed. G. Gili. Mexico.

Normas IRAM 11601 (1996). Acondicionamiento térmico de edificios. Métodos de cálculo.

Normas IRAM AADL J20-04 (1976). Iluminación Natural en Industrias. Características.

Rimoldi H.J.A. (1980). "La educación del investigador", Revista-Libro Hitos, N° 6, 33.

**Abstract:** Teaching experience developed in the Faculty of Architecture at the Universidad Nacional de Tucumán (FAU-UNT), in teaching the subjects "Natural Architecture" and "Design of plumbing, electricity and gas in buildings", which are part of the core curriculum of the School of Architecture and the graduate Seminar "Methodology of scientific research for Bioclimatic Architecture" for graduates in architecture and engineering, which are mainly aimed at providing information, generation and technical foundations of attitudes and values that enable students to develop a reflective and critical thinking on sustainable architecture, energy efficient buildings and design energy efficient buildings from properly resolving the relationship Weather - Habitat - Man with provisions and incorporating architectural renewable energy sources.

The paper presents a summary of the pedagogical and the results achieved in each of the subjects, which were developed and adjusted in the course of more than twenty years taught in our School of Architecture.