



**ENTAC2006**

A CONSTRUÇÃO DO FUTURO | XI Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído | 23 a 25 de agosto | Florianópolis/SC

## **ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO TERMICO DE LA CASA CURUTCHET. MEDICIONES Y SIMULACIONES.**

**Carlos Raspall (1); John Martín Evans (2)**

(1) Centro de Investigación Hábitat y Energía – Universidad de Buenos Aires, Argentina – e-mail: carlosraspall@fibertel.com.ar

(2) Centro de Investigación Hábitat y Energía – Universidad de Buenos Aires, Argentina – e-mail: evans@fadu.uba.ar

### **RESUMEN**

**Propuesta:** El diseño de Le Corbusier para La Casa Curutchet (1949-1955), en la ciudad de La Plata, incorpora las estrategias bioclimáticas de captación solar, protección estival e inercia térmica. Este trabajo estudia el comportamiento térmico de esta obra, las condiciones de habitabilidad interior y la eficacia de las estrategias de diseño bioambiental. La metodología incluye tres etapas de avance. Primeramente se registraron las temperaturas exteriores y en varios locales interiores incluyendo vivienda y consultorio utilizando sensores portátiles HOBO durante 5 semanas. En una segunda etapa, se desarrolló un modelo de simulación térmica calibrado: se realizaron simulaciones numéricas de los locales estudiados considerando igualdad de condiciones exteriores a las registradas y se compararon los resultados obtenidos con los medidos. Posteriormente, se elaboró una alternativa constructiva utilizando tecnologías actuales, aplicando el modelo de simulación a fin de estimar el comportamiento higrotérmico de la casa. Los resultados de mediciones y simulaciones demuestran que las estrategias bioclimáticas utilizadas son muy acertadas, pero las tecnologías constructivas empleadas no permiten un desempeño térmico adecuado, debido principalmente a los bajos niveles de aislamiento térmico y una infiltración de aire excesiva. De acuerdo con los resultados de los ensayos, la aplicación de tecnologías actuales, aislamientos livianos y carpinterías de buena hermeticidad en la materialización del diseño de la casa, incrementarían considerablemente la eficiencia energética y los niveles de confort. Se aclara que esta propuesta es un ensayo teórico, ya que la "Casa Curutchet" al ser Patrimonio Cultural posee el carácter de intangibilidad.

Palabras clave: simulación térmica, medición térmica, características térmicas

### **ABSTRACT**

**Propose:** The design for the Curutchet House (1949-1955) in La Plata, Argentina, incorporates the following bioclimatic strategies: solar gain, summer protection and thermal inertia. This work studies the connection of this bioclimatic strategies with the thermal performance of the house. The methodology includes three steps. First, exterior and interior temperatures were registered during 5 weeks, using HOBO sensors. Then, a simulation model was created and calibrated: thermic simulations were compared with the actual temperatures registered inside the house. Finally, inside temperatures were simulated considering construction variations to the house. The results of the measurings and the simulations show that bioclimatic strategies are very appropriated, but constructive technology prevents the house's good thermal performance. Incorporating present technologies like light insulation and airtight windows would considerably increase the inside comfort of the house.

Keywords: thermal simulation, thermal characteristic, temperature measurement

## 1 INTRODUCCION

Este trabajo estudia el comportamiento térmico y la habitabilidad la Casa Curutchet y su relación con las características térmicas de materiales y cerramientos en la obra y estrategias de diseño implementadas. La casa fue diseñada en 1949 por el arquitecto Le Corbusier para el médico Dr. Curutchet. Está ubicada en la ciudad de la Plata, es un edificio entre medianeras cuya fachada principal está orientada al N y posee vistas al bosque de la Plata. La elección de esta casa en particular se debe a su carácter de obra paradigmática del movimiento moderno en Argentina, construida con técnicas tradicionales pesadas pero incorporando en su diseño una serie de estrategias bioclimáticas:

- Captación solar con protección estival: Debido a las grandes superficies vidriadas con orientación N y NO y el correcto diseño de los parasoles, el ingreso de rayos solares es máximo en invierno superando el 75% de la superficie vidriada durante el mediodía, y nulo en verano ingresando solamente radiación difusa. El árbol ubicado frente al estar comedor, de hoja caduca, reduce el ingreso de radiación difusa en verano, disminuyendo aún más las ganancias en esta estación.

- Inercia térmica: La construcción de la casa, en hormigón armado con cerramientos de mampostería, materiales de gran capacidad térmica, disminuye las variaciones de temperatura en el interior del edificio. En combinación con una buena protección solar, evita el sobrecalentamiento en verano, pero dificulta el calentamiento de la casa en invierno. Los datos de la casa están resumidos en la Tabla 5.

### Los objetivos de este trabajo son:

- Evaluar empíricamente la eficiencia de las soluciones bioclimáticas adoptadas en la Casa Curutchet, estudiando mediante mediciones de temperatura el comportamiento térmico en invierno y verano.
- Estimar el comportamiento incorporando tecnología constructiva actual, es decir, incorporando aislación liviana en muro y techos y carpinterías de doble contacto y doble vidrio hermético.
- Verificar el aporte de las características térmicas de los elementos constructivos en las condiciones de habitabilidad interior.

## 2 METODOLOGIA

La metodología desarrollada incluye los siguientes pasos:

- Registro de las temperaturas interiores y temperatura de referencia exterior durante 2 semanas en invierno y 2 semanas en verano, utilizando sensores portátiles Hobo y TinyTalk con mediciones cada 30 minutos. La casa, en proceso de restauro, no posee prácticamente ganancias internas, a excepción de un obrero y esporádicos visitantes.
- Comparación de los datos de temperatura exterior medidos en la casa con registros de la estación meteorológica del CIHE.
- Simulación numérica en programa Quick, incorporando los datos constructivos de la casa y datos de temperatura y radiación exterior correspondientes al período medido. Estudio de dos sectores de la casa, el consultorio y el estar/comedor, con doble altura.
- Verificación de resultados simulados y registrados y ajuste del modelo de simulación.
- Proyección de comportamiento considerando mayores niveles de aislación en muros y techos y carpinterías con baja infiltración y doble vidrio hermético en el sector del Consultorio.

### 3 RESULTADOS DE LOS REGISTROS DE TEMPERATURA EN LA CASA

Los primeros registros se realizaron durante el invierno, en el período del 22/08/03 al 12/09/03. Se colocaron 5 sensores, 4 interiores y 1 exterior de referencia, en la terraza de la casa. Las temperaturas de verano se midieron del 12/12/03 al 29/12/03, colocándose 8 sensores, 2 de ellos exteriores. La ubicación de los sensores elegida para el invierno se modificó considerando los primeros resultados obtenidos con el fin de optimizar las mediciones de verano.

Los gráficos 1 y 2 muestran las temperaturas exteriores e interiores a lo largo de un día soleado, obtenidas del promedio de varios días consecutivos. Se elaboró información similar con las mediciones de invierno.

En los registros de invierno, el sensor exterior, ubicado en la terraza de la casa, estaba expuesto a influencia de la radiación solar, por lo cual fue preciso ajustar los valores tomando datos de la central meteorológica del CIHE, en ciudad universitaria, indicadas en el gráfico 1 con la leyenda “Li-1400”. En el verano, las temperaturas exteriores se registraron tanto en la terraza como en la planta baja.

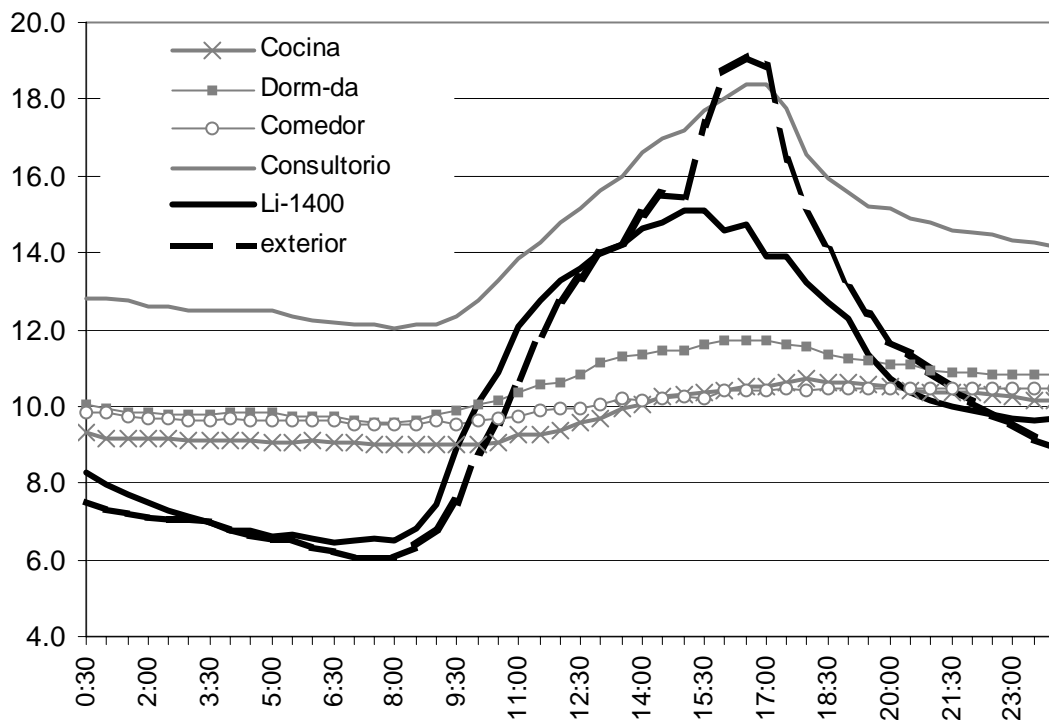
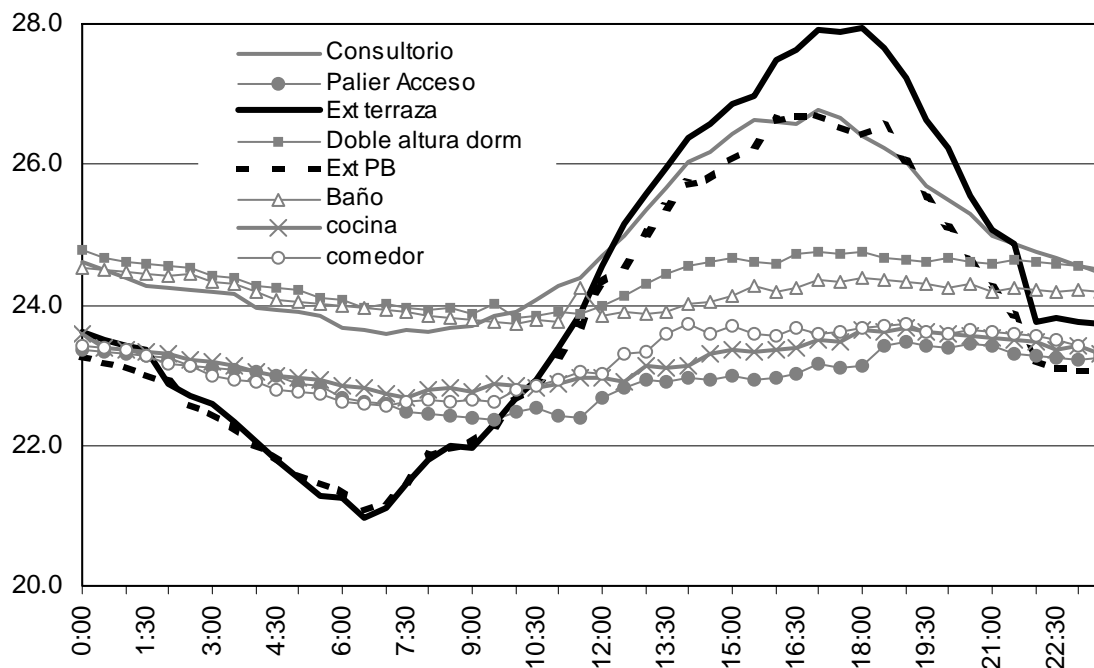


Gráfico 1. Temperaturas medias a lo largo de un día de invierno (promedio del 29/08 al 03/09)

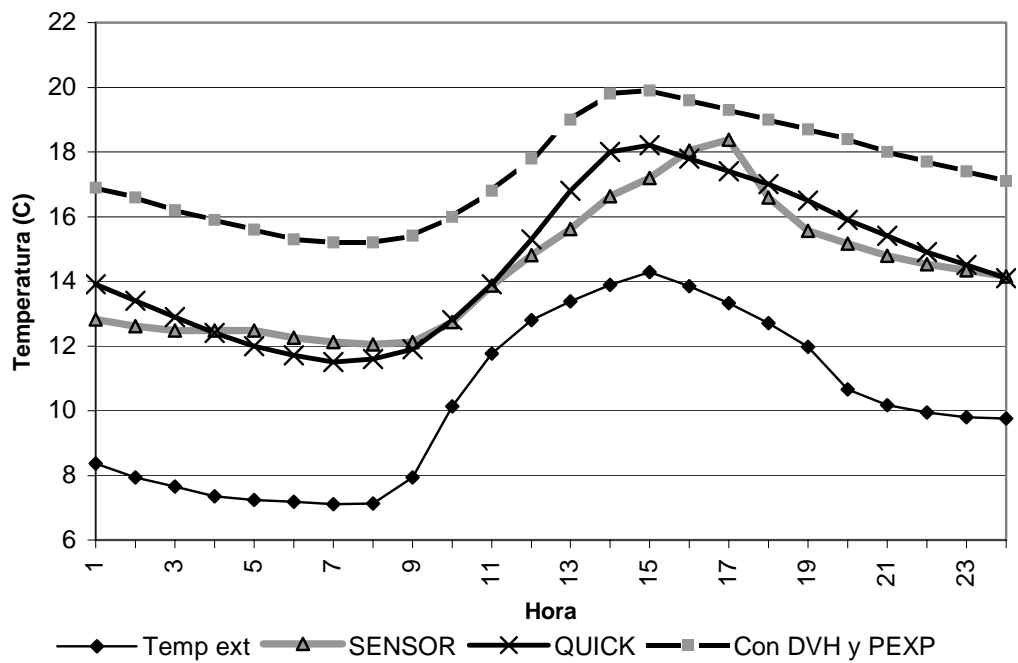


**Gráfico 2. Temperaturas medias a lo largo de un día de verano (promedio del 17/12 al 21/12)**

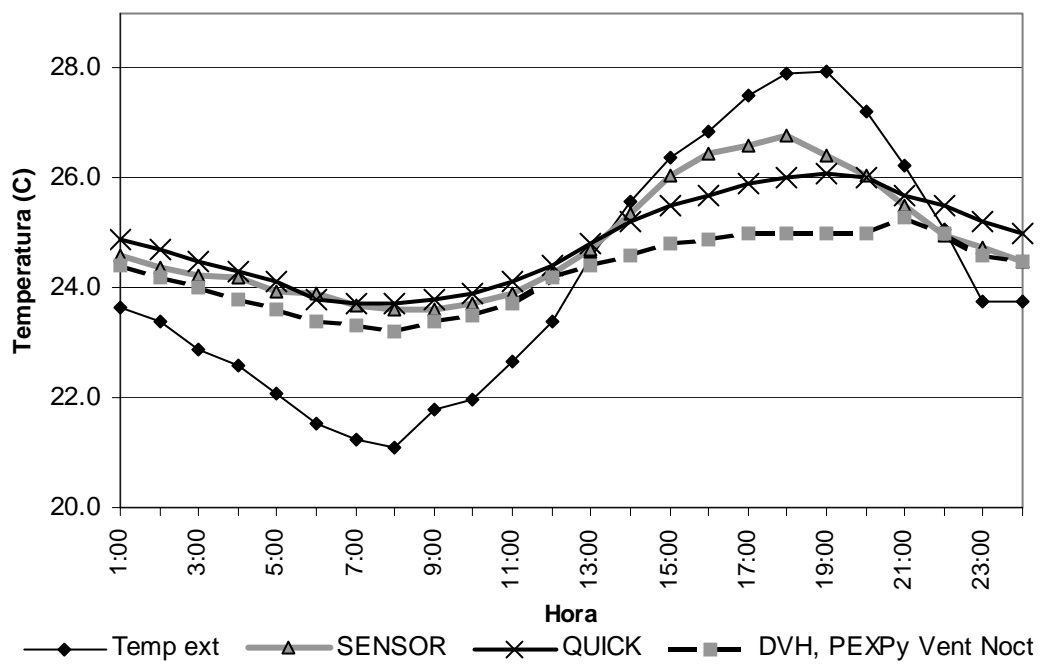
#### **4 RESULTADO DE LAS SIMULACIONES NUMERICAS**

En esta a segunda fase, se realizaron simulaciones numéricas digitales del comportamiento higrotérmico del consultorio y del espacio de doble altura de la vivienda. El estudio se efectuó utilizando el software Quick, que incorpora el método de las constantes de tiempo. Este programa ya había sido puesto a prueba para condiciones interiores en vivienda en climas tropicales y subtropicales, con resultados de simulación favorables, y con proyección de comportamiento introduciendo modificaciones al proyecto. El trabajo en la Casa Curutchet aquí desarrollado es similar, con una primera verificación de resultados medidos y simulados y una posterior proyección de las condiciones de habitabilidad con alteraciones constructivas y de diseño al proyecto original.

Los datos ingresados en el programa de simulación incluyen la ubicación del local, latitud y longitud, huso horario, condiciones climáticas de la zona, características constructivas de los cerramientos y sus correspondientes superficies, volumen del espacio, orientación de muros y ventanas, elementos de protección solar, entre otros. La información climática utilizada proviene de las mediciones de los sensores de temperatura exteriores, ingresando valores promedio de los registros obtenidos para varios días consecutivos con características similares. Los datos técnicos se obtuvieron de revistas sobre la casa y de información facilitada por el Colegio de Arquitectos de la Provincia de Buenos Aires. Los gráficos 3 y 4 sintetizan los resultados de las simulaciones y de las mediciones para el local correspondiente, y una proyección del comportamiento incluyendo modificaciones constructivas.



**Gráfico 3. Resultados de Mediciones y simulación en invierno para la zona de Consultorio.**



**Gráfico 4. Resultados de Mediciones y simulación en verano para la zona de Consultorio.**

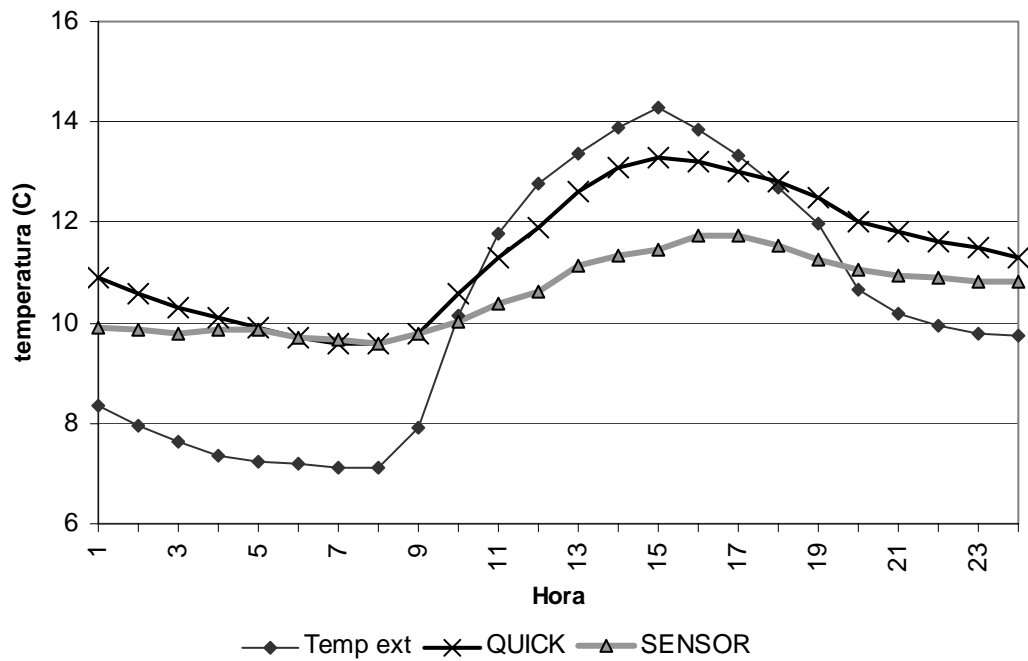


Gráfico 5. Resultados de Mediciones y simulación en invierno para la zona de Estar-Comedor

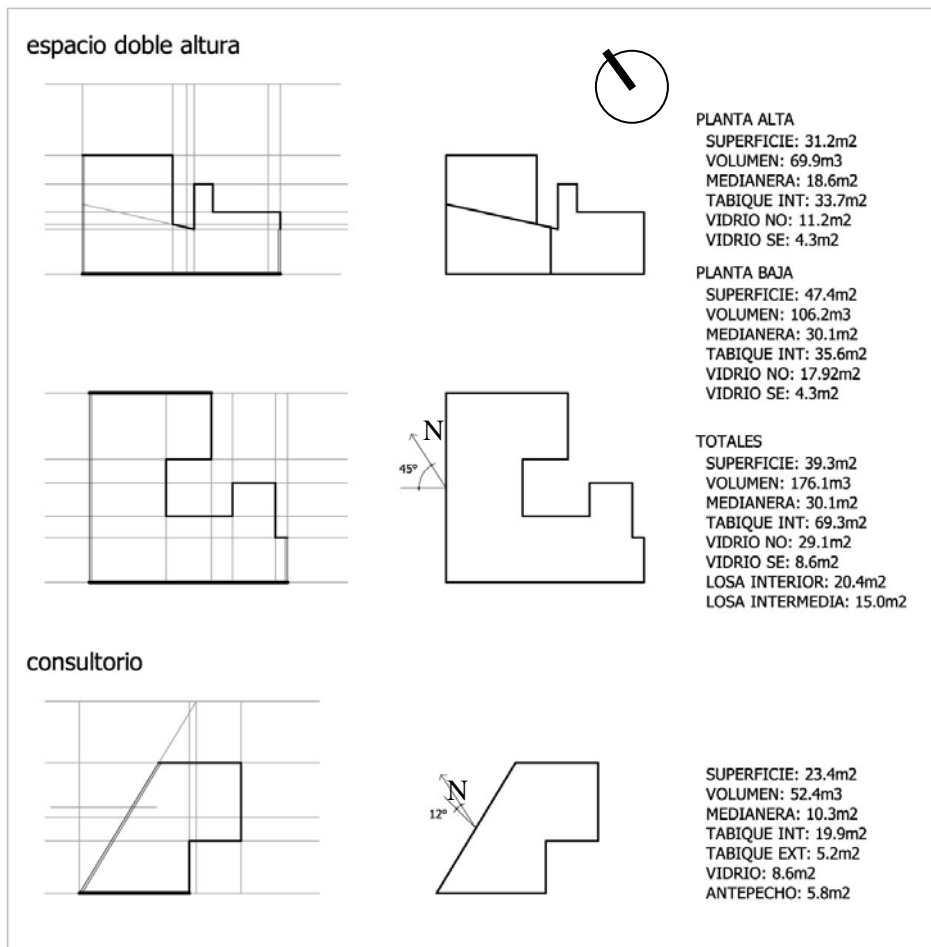


Gráfico 6. Síntesis de datos ingresados en programa de simulación

## 5 CONCLUSIONES

### 5.1 Comportamiento térmico de la casa Curutchet:

**Invierno.** Los resultados de las mediciones muestran que si bien la casa tiene una muy buena captación solar en invierno, la baja aislación térmica, la inercia térmica y los altos niveles de infiltración no permiten que la temperatura interior alcance niveles cercanos a los de confort. Es posible que el sistema de claraboyas que resuelven correctamente la iluminación y ventilación natural de los baños en planta alta permitan un excesivo escape de calor. Debido a la elevada inercia interior, las variaciones interiores de temperatura fueron muy bajas, con una amplitud mínima en el estar comedor, de 3°C, y una máxima en el consultorio, de 6.5°C. El consultorio fue el local con mejor desempeño térmico en invierno, como consecuencia de su óptima orientación y su menor volumen interior. Los niveles de temperatura, alcanzan valores de confort sólo de 16 a 17.30 en el consultorio, mientras que el resto de los locales no alcanzan en ningún momento temperaturas de confort.

**Verano.** Las temperaturas interiores son muy aceptables para un edificio con grandes superficies vidriadas. El local más caluroso es el consultorio, en el cual también se registraron mayores temperaturas en invierno. En la vivienda, los locales de la planta primera registraron temperaturas aproximadamente 1°C más elevadas que los ambientes de la planta baja, y el local con menor temperatura fue el hall de acceso, ubicado en un nivel inferior. Se comprueba la existencia de estratificación en el aire interior de la vivienda, con un aumento de temperatura en locales más elevados de la casa.

### 5.2 Resultados de las simulaciones:

Los resultados de las simulaciones higrotérmicas fueron satisfactorios para el consultorio, un local prismático y con límites precisos con otros locales. Se verificó un buen grado de ajuste entre los datos medidos y los simulados; las diferencias máximas apenas superan el grado centígrado.

En el estar comedor con dormitorio en planta alta, los resultados de la simulación no muestran un buen ajuste, se presume que debido a la complejidad del local. Este espacio presenta una doble altura, no es prismático y resulta difícil de delimitar por la continuidad espacial. Además la existencia de estratificación del aire, una característica que no puede ser simulada mediante el programa Quick, probablemente sea otra causa importante de los resultados desfavorables.

Se concluyen, por lo tanto, que para ambientes simples y prismáticos, el Quick y el método de las constantes de tiempo presentan resultados aceptables, pero se desaconseja su utilización en espacios más complejos.

### 5.3 El diseño de la Casa Curutchet.

Las estrategias bioclimáticas presentes en la casa son acertadas y fundamentales para una arquitectura sustentable, pero las técnicas constructivas utilizadas no permiten un desempeño óptimo de la casa. En verano, se demostró la eficacia de la inercia térmica y la protección solar, evitando picos grandes de temperatura. El incremento del nivel de aislación térmica simulado no produjo una mejora importante en la habitabilidad, pero la ventilación nocturna mostró un favorable descenso de la temperatura y especialmente en el pico máximo al mediodía. En invierno, es muy favorable la ganancia solar a través de las grandes superficies vidriadas, pero el bajo nivel de aislación impidió alcanzar niveles de confort. Las simulaciones demuestran que un incremento en la aislación equivalente a 5 cm de poliestireno expandido en todos los cerramientos y vidrio doble en las ventanas permitiría condiciones de confort prácticamente durante más de 17 horas al día sin medios mecánicos de calefacción, conservando el diseño sin modificaciones.

· *Inercia térmica:* Favorable para evitar sobrecalentamiento en horas calurosas del verano. Dificulta el calentamiento en invierno.

- *Aislación térmica:* Insuficiente para mantener niveles de temperatura confortables, con riesgos de condensación en invierno y con un costo de climatización seguramente muy elevado. Una mejora en los niveles de aislación es muy recomendado para el desempeño en invierno.
- *Captación solar y orientación:* Óptima para el consultorio y buena en la casa, permitiría un buen rendimiento en invierno si se disminuyen las pérdidas.
- *Parasoles:* Su diseño es muy bueno, la protección estival es completa y no perjudica sensiblemente la captación en invierno.
- *Ventilación selectiva en verano:* Permitiría optimizar el comportamiento, aprovechando horarios más fríos para eliminar el calor acumulado.

**Grafico 7. Documentación gráfica de la casa y zonas estudiadas. Datos de la obra.**

	<p><b>Autor:</b>  <b>CHARLES EDOUARD JEANNERET</b> -  <b>"LE CORBUSIER"</b> (1887-1965)</p> <p><b>Ubicación de la Obra:</b>          Ciudad de la Plata – provincia de Buenos Aires.          Lat: -34°55'          Long: 57° 56'          Altura sobre el nivel del mar: 20m</p> <p><b>Dirección de Obra:</b>          Arq. AMANCIO WILLIAMS (primera etapa) Arq. SIMON UNGAR (segunda etapa) Ing. ALBERTO VALDES (tercera etapa)</p> <p><b>Propietario:</b>          DR. PEDRO D. CURUTCHET</p> <p><b>Destino:</b>          vivienda y consultorio médico</p> <p><b>Superficie del terreno:</b>          180,00 m<sup>2</sup></p> <p><b>Superficie cubierta:</b>          345,00 m<sup>2</sup></p> <p><b>Ubicación:</b>          Boulevard 53 N° 320 – La Plata -          Provincia de Buenos Aires - Argentina          Año de proyecto: 1949</p> <p><b>Años de construcción:</b>          1949/1955</p> <p><b>Construcción:</b>          Pesada y húmeda, estructura de hormigón armado y paredes de mampostería. Gran inercia térmica y niveles bajos de aislación. Las grandes superficies vidriadas, con marco de madera con surco para una hoja de vidrio sin marco, tienen niveles de infiltración altos.</p>
--	---

## 6 REFERENCIAS

ARROYO, A.G. et al. **Bases para el diseño solar pasivo**. InstitutoTorroja de la Construcción y el Cemento, Madrid. 1983.

PUPPO E.Y PUPPO G.. **Acondicionamiento Natural y Arquitectura**. Boixareu Editores, Barcelona. 1979.

CROISET, MAURICE. **Humedad y temperatura en los edificios**, Editores Técnicos Asociados, Barcelona. 1970.

CHARTERED INSTITUTION OF BUILDING SERVICES ENGINEERS, **CIBSE Guide** Volume A, CIBSE, Londres. 1988

INSTITUTO ARGENTINO DE NORMALIZACIÓN. **Norma IRAM 11.601**. Métodos de cálculo, propiedades térmicas de los componentes y elementos de construcción en régimen estacionario, IRAM, Buenos Aires. 1997.

INSTITUTO ARGENTINO DE NORMALIZACIÓN. **Norma IRAM 11.605**. Condiciones higrotérmicas de habitabilidad en viviendas. Valores máximos admisibles, coeficiente 'k' de transmitancia térmica , IRAM, Buenos Aires. 1985

CEN **ISO 7730**, Moderate thermal enviroments. Determination of the PMD and PBD indices and specifications of the conditions for termal comfort. International Organization for Standarization, Ginebra. 1994.