

## **EL DIBUJO DE LO INTANGIBLE. LUZ, VENTILACIÓN Y BIOCLIMATISMO EN LA OBRA DE LE CORBUSIER**

**REQUENA RUIZ, Ignacio**

Departamento de Expresión Gráfica y Cartografía, Universidad de Alicante.  
Alicante, España  
e-mail: irr9@alu.ua.es

### **Resumen**

El aprovechamiento arquitectónico de los recursos naturales fue una deuda no resuelta por la modernidad que ha marcado a la arquitectura contemporánea. La dificultad para medir y representar fenómenos dinámicos como temperatura, ventilación o iluminación provocó que la ingeniería de la edificación no los abordara en toda su complejidad.

Sin embargo, a principio de los años 30, Le Corbusier inició un periodo de investigación que culminó con la integración en su arquitectura, dos décadas después, del *brise-soleil* y el *aerateur* como sistemas de control climático.

El dibujo constituyó su principal herramienta de análisis, diseño y cálculo. Evolucionó desde la medición y representación de los efectos lumínicos en Pompeya (1911) a los sofisticados *Epure du soleil*, que resumían en un dibujo la complejidad de los cálculos solares desarrollados años antes. Del mismo modo, sus esquemas iniciales de instalaciones, con analogías humanas y flechas, se convirtieron en el *Grille Climatique* y las representaciones en planta con flujos de aire amorfos.

En definitiva, llevó a cabo investigaciones y prototipos que potenciaban la relación entre arquitectura y entorno. Sus dibujos anticiparon a los manuales clásicos del bioclimatismo de Olgyay (1963) y Givonni (1969), así como a las actuales herramientas de simulación informática. Por esta razón, los trabajos y metodologías desarrolladas por Le Corbusier, suponen un material de investigación aplicada de primer orden necesario de revisar e interpretar.

**Palabras clave:** Le Corbusier, Arquitectura bioclimática, Dibujo, Instalaciones.

### **Abstract**

#### ***The drawing of the intangible. Bioclimatics aspects in Le Corbusier's work***

The architectural use of natural resources was an unsolved debt by modernity that has marked the contemporary architecture. The difficulty to measure and draw dynamics phenomenon like temperature, ventilation or lighting caused that building engineering doesn't tackled them in all its complexity.

However, at the beginning of the 30s, Le Corbusier began a research period which culminated with the integration in his architecture, two decades later, of the *brise-soleil* and the *aerateur* as climate control systems.

The drawing was his main tool of analysis, design and calculation. He evolved from the measurement and drawing of light effects in Pompeii (1911) to the sophisticated *Epure du soleil*, which with one drawing resumes the complexity of the solar calculations developed years earlier. Similarly, his initials facilities schemes, with arrows and human analogies, turned into the *Grille Climatique* and the plans with amorphous air flows.

In summary, Le Corbusier carried out many researches and prototypes that promoted the relation between architecture and environment. His drawings anticipated to the classics manuals of bioclimatism of Olgyay (1963) and Givonni (1969), as well as the current computer simulation software. Because of this reason, the works and methodologies developed by Le Corbusier, suppose an important material of applied research which need to be reviewed and interpreted.

**Keywords:** Le Corbusier, Bioclimatic architecture, Environmental drawing, Facilities.

## 1. Introducción

A partir de los años veinte la relación entre la arquitectura moderna y su entorno climático fue relegada a un plano meramente tecnológico, generando una dependencia energética cuyo fruto ha germinado posteriormente a gran escala y largo plazo. La ingeniería asociada a la edificación, apoyada en los avances industriales, apartó del proyecto arquitectónico aquellos recursos no procesables mediante los protocolos de cálculo elaborados hasta el momento. Sin embargo el espacio no sólo se compone de estructura y cerramientos, sino también de aire, luz, temperatura y humedad, parámetros variables y de difícil predicción que intervienen de forma decisiva en la experiencia de la arquitectura.

Le Corbusier, como voz individual y representativa del colectivo de arquitectos modernos, abordó esta cuestión desde principio de los años treinta hasta el final de su obra. A través de sus dibujos se vislumbra la aparición progresiva de los aspectos ambientales, que al ser dibujados y calculados se equiparaban a las clásicas cuestiones tectónicas de la arquitectura, iniciando un proceso que se encuentra en auge en nuestros días.

## 2. Metodología

La culminación del periodo formativo de Le Corbusier se llevó a cabo con su *Grand tour* particular, el Viaje a Oriente (1911) [1]. Tal como sucedió con otros turistas centroeuropeos, le sorprendió la intensidad de la luz mediterránea que disipa los matices y potencia lo tectónico frente a lo superficial, reduciendo sus dibujos al claroscuro. Su atención se desplazó del ornamento a la geometría y, con la acotación profusa de sus dibujos, analizó la arquitectura y el urbanismo del Foro, las Termas y las villas romanas de Pompeya.

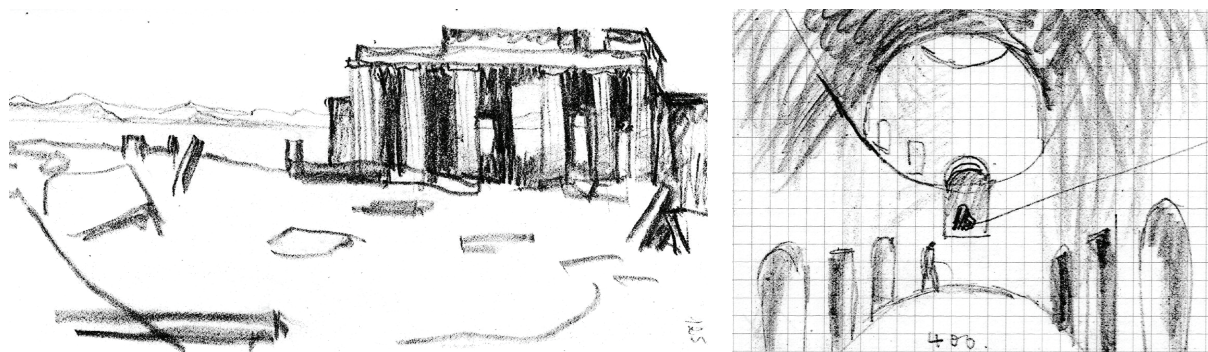


Fig. 1. Dibujos de los *carnets* de Le Corbusier en Atenas y Roma (*Carnets Voyage d'Orient* [2]. Carnet 3 p.125 y carnet 5 p.69)

Durante los años veinte definió la arquitectura como “el juego sabio, correcto y magnífico de los volúmenes reunidos bajo la luz” [3], por tanto, su representación se subordinaba al mismo cometido. El sombreado de los dibujos era un mecanismo delineador de las formas modernas, apoyado en la metodología académica de proyección de sombras a 45°. Su cometido era meramente explicativo, las sombras definían el carácter tectónico de la arquitectura y potenciaban su valor formal, especialmente en dibujos de concursos como en la Sociedad de Naciones (Ginebra) y en el Centrosoyuz (Moscú), donde sombreó fachadas de distinta orientación con el mismo ángulo de rayos solares.

A nivel constructivo la arquitectura se grafiaba independiente del medio, al modo de un esquema industrial [4] que definía el despiece del objeto y su proceso de fabricación empleando detalles constructivos en axonometrías seccionadas. La autonomía de la arquitectura también era climática, el control higrotérmico se resolvía mediante las tecnologías de la calefacción y el aire acondicionado, haciendo análogo su funcionamiento al del sistema respiratorio humano, tanto funcional como gráficamente.

La ciudad era un prototipo industrial más, sólo le importaba describir su nuevo modelo urbano. La *Ville Contemporaine* (1922) aparecía como una suma de módulos base, constituidos por una porción de viario equipado y un bloque de apartamentos, extendiéndose a lo largo de un territorio que únicamente le servía de soporte, ya que negaba cualquier relación con el paisaje natural o construido.

Fue éste el periodo de la *machine à habiter*, cuando el auge de otros sectores industriales le condujeron hacia una arquitectura autónoma e industrializada que hiciera accesible la vivienda moderna a cualquier usuario del mundo. Desarrolló el *mur neutralisant* y la *respiration exacte* [5], mecanismos que trataban de conseguir una temperatura de confort interior de 18 °C independientemente de las condiciones exteriores.

Los contratiempos en la materialización surgieron de inmediato debido a la imposibilidad de satisfacer los requerimientos de la máquina de habitar con el nivel tecnológico del momento. Económicamente surgieron en el proyecto del Centrosoyuz (Moscú, 1929), donde el sobrecosto de construcción y mantenimiento del sistema de climatización hizo inviable su ejecución. Los problemas constructivos y funcionales se mostraron con el sobrecalentamiento del muro cortina de la Cité de Refuge (París, 1929), que le obligaron a introducir ventanas en el muro cortina estanco tras ser construido y demandado por vía judicial.

Si la arquitectura moderna no se puede entender sin el dibujo, la imposibilidad de representar la luz, el aire y los efectos higrotérmicos los excluía del proyecto, provocando consecuencias descontroladas. Su naturaleza primaria requería intervenir frente a ellos con soluciones arquitectónicas de base que los introdujeran en el proyecto desde las primeras decisiones.

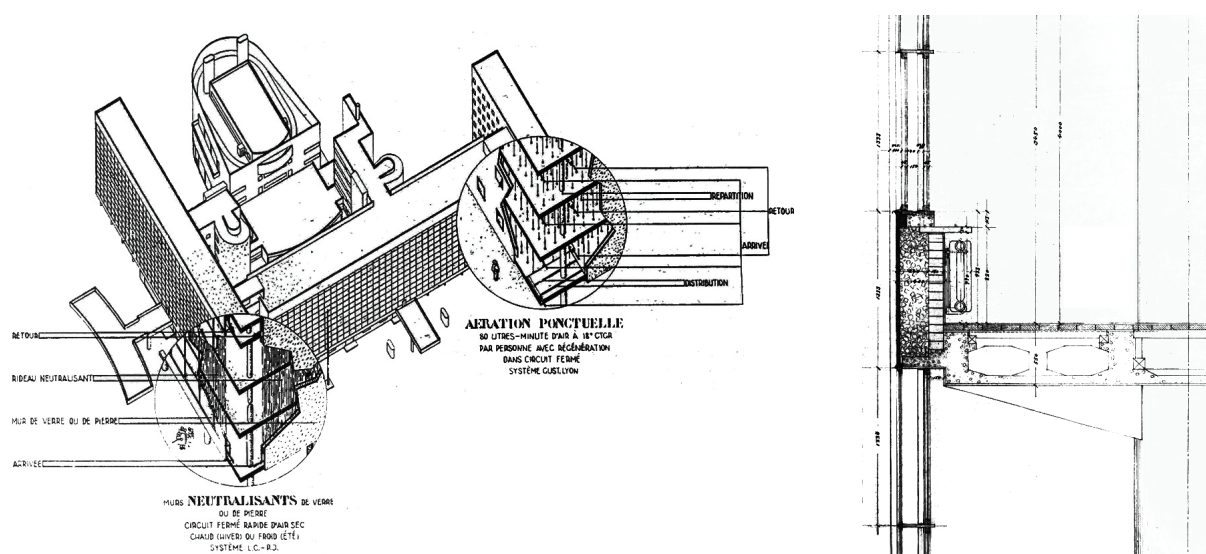


Fig. 2. Sistema de *mur neutralisant* y *respiration exacte* en Centrosoyuz (FLC 15690 y FLC 15742)

Las directrices del cambio surgieron en los viajes a Sudamérica (1929) y Argel (1933), donde conoció arquitecturas tradicionales que, adaptándose a las exigencias de un clima agreste, creaban espacios habitables con respuestas de una plasticidad no premeditada.

En Sudamérica había dos corrientes diferenciadas. La primera encarnada por la arquitectura oficial, presente en las capitales e importada de Europa sin posibilidad de adaptarse a las condiciones climáticas. La segunda, la arquitectura colonial, que mezclaba la cultura sudamericana, árabe y europea en una construcción ligera con voladizos y *muxarabis* que protegían los cerramientos del sol directo, manteniendo una ventilación constante que eliminara la alta humedad ambiental.

En Argel, la climatología requería soluciones de masa que respondían ante la fuerza de la luz mediterránea con *loggias*, patios y *mashrabiyyas*, construyendo así espacios umbríos que impresionaron a Le Corbusier en la Casbah de Argel, las villas de M'Zab y el oasis de Ghardaïa.

La relación histórico-cultural entre dos emplazamientos de climas extremos y el contexto de renovación arquitectónica latente en Brasil, sentaron las bases de las investigaciones que habría de realizar en los años venideros en busca de una arquitectura que interactuara con el medioambiente

Fruto de la necesidad, a final de los años veinte comenzó a indagar en propuestas parciales de protección solar que actuaban como mecanismos superpuestos a la fachada en formato de celosías, estores o voladizos que proyectaran sombra sobre los paños acristalados en los proyectos de Ma Maison (París, 1929), Alojamiento para obreros (Barcelona, 1929), Inmueble Clarté (Ginebra, 1930) y Pabellón Suizo (París, 1930).

La introducción en el planeamiento urbano de los métodos de cálculo gráfico de sombras a partir de “*The orientation of buildings*” [6] definió una corriente de aproximaciones científicas al soleamiento, entre las que destacó “Ciencia del planeamiento urbano” [7]. Teoría que definía *l’axe heliothermique*, eje en cuya dirección se generaba una simetría térmica [8] en los edificios durante la jornada y el año. En París se fijaba una desviación de 19° con respecto al eje norte-sur, lo cual orientaba las fachadas a sureste y noroeste. Al contradecir las ideas científicas clásicas que defendían la orientación a norte-sur, generó polémica en el ámbito del planeamiento urbano.

La doble lectura técnico-plástica con la que Le Corbusier concebía sus proyectos y su relación con el higienismo centroeuropeo le llevó a buscar un aporte científico que impulsara sus indagaciones sobre el control solar. Con el eje heliotérmico estableció *l’armature du tracé urbain* [9] que determinaba el trazado de la Ville Radiuse (1930) y, con ella, las bases conceptuales de la ciudad moderna.

El cálculo gráfico de sombras proyectadas se mostró en las secciones del Sanatorium de Zurich (1934) con el fin de estimar el escalonamiento entre plantas y la longitud de los voladizos que garantizaran la accesibilidad solar, añadiendo en cada plano un esquema con la orientación del dibujo y la inclinación de los rayos solares en los solsticios (fig. 3). Precisamente la evolución técnica se observa en la complejidad del símbolo de norte en las plantas, recogiendo junto a la orientación tres barras que indicaban el soleamiento durante los equinoccios y los solsticios.

Acentuó el carácter técnico en el proyecto del Centro nacional de festejos populares (1936), donde estimó las plazas afectadas por el soleamiento directo en diferentes propuestas, dibujos que resultaron fundamentales en la solución final. Del mismo modo realizó el análisis de sombras proyectadas entre los bloques *Redent* del proyecto Jeu Ville Radieuse (1938).

La principal aportación de esta etapa fue la consecución del *brise-soleil* como elemento conformador de la arquitectura lecorbusierana en el proyecto del Rascacielos del distrito la Marine (Argel, 1938). La *loggia* de hormigón cubrió las fachadas, se adaptó a la estructura interior, aumentó su profundidad y potenció la relación interior-exterior. Se dejó atrás la lectura de prótesis superpuesta para centrarse en la envolvente profunda como un espacio de transición, a través del cual luz y temperatura exterior se suavizaban gradualmente hasta conseguir unas condiciones interiores habitables.

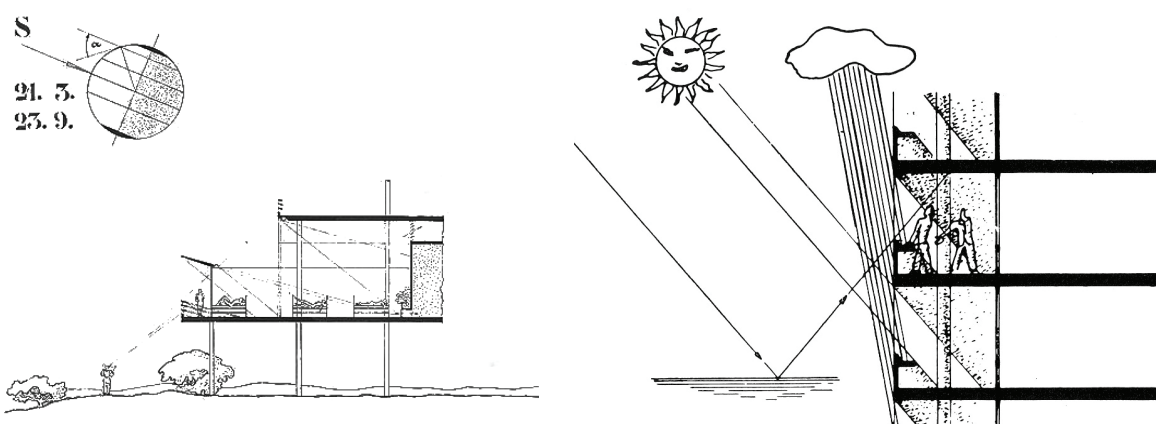


Fig. 3. Secciones con el trazado de rayos solares en el Sanatorium de Zurich (FLC 30136) y en el Rascacielos Quartier la Marine (Le Corbusier. *Oeuvre Complete* 1946-1952 p.52)

La fundación de ATBAT [10] como sustento técnico les permitió someter al *brise-soleil* a un riguroso proceso de cálculo y comprobación previo a su ejecución en las obras de la Manufactura Duval (Saint-Die) y de la Unité d’Habitation (Marsella). Tras el dimensionado inicial de la fachada se realizaron numerosos dibujos calculando la proyección de sombras en planta y sección, durante los solsticios de verano e invierno y en los equinoccios, con el objetivo de comprobar el funcionamiento acorde a los requerimientos climáticos y funcionales. Los requerimientos lumínicos de los talleres de la Manufactura Duval necesitaron del trazado de gráficos en sección que demostraran el nivel lumínico estimado en el plano de trabajo.

Como resultado del periodo de investigación el colaborador André Wogenscky publicó el artículo “*Reglage de l’ensoleillement*” (1945) [11] mostrando las posibilidades formales y funcionales de la protección solar en la arquitectura moderna. También destacó su necesaria permeabilidad al paso del aire, la vista y la radiación solar invernal, a la vez que debía proteger del soleamiento directo en verano.

El propio Le Corbusier defendió su creación en el artículo “*Problèmes de l’ensoleillement*” (1946) [12], justificando su necesidad como mecanismo de control solar en base a la evolución histórica del hueco y la ventana en arquitectura.

A pesar de su fijación en estos años con el control solar, las instalaciones conservaban un peso fundamental en sus proyectos, lo que se reflejó en los dibujos de dos maneras. Por una parte estaban los trazados de las redes de distribución que tenían una traducción directa entre plano y obra, introduciendo el color como factor distintivo. Por otra, surgían los elementos principales que merecían un detalle constructivo propio otorgándoles un carácter escultórico añadido. Sirvan de ejemplo el *sol artificiel* y las chimeneas de las Unité d’habitation o el *canal de fumée* del Pabellón Suizo, todos con una formalización orgánica distante de su propia naturaleza industrial.

Paralelamente, el campo de la vivienda aislada le sirvió para experimentar sobre construcción con muros de mampostería de piedra, estructura de madera, hormigón o bóvedas catalanas y cubiertas vegetales. Realizó los proyectos de la Maison Errazuriz, Ville Mandrot, Ville le Sextant o Maisons Murondins, mostrando en los esquemas de las últimas una circulación de un flujo de ventilación natural. Idea que trasladó a la Unité d’habitation, en cuyas secciones se permitía la posibilidad de establecer ventilaciones cruzadas en la viviendas mediante el uso de las carpinterías abatibles, aunque las grandes obras de estos años mantuvieron la primacía de los sistemas de calefacción y ventilación centralizados, cuyo cálculo siempre se ha basado en negar la interacción del usuario.

La necesidad de crear un elemento específico destinado a controlar los flujos de aire, liberando a las ventanas de esa función, le llevó a proponer diferentes mecanismos de compuertas en las viviendas Roq et Rob (Cap Martin, 1949). Sin embargo, el movimiento natural del aire continuaba siendo una cuestión de difícil representación y cálculo, impidiendo que se introdujera como factor de proyecto.

A principio de los cincuenta el Atelier Le Corbusier inició los proyectos de Chandigarh y Ahmedabad en los que, al encontrarse en un contexto climático diferente del europeo, necesitó de la colaboración del ingeniero André Missenard [13]. Dada la envergadura de las obras y su lejanía, tuvieron que desarrollar metodologías que aseguraran la calidad de proyecto y obra sin la presencia constante de Le Corbusier, empresa acometida por el recién contratado Iannis Xenakis [14].

Primero sistematizó la compleja maquinaria de cálculos heliotécnicos desarrollados y experimentados en años anteriores, de modo que los nuevos proyectistas mantuvieran esa relación directa con el sol sin el apoyo técnico de ATBAT. Creó los *Epure du soleil* [15], un dibujo específico a cada emplazamiento a partir del cual, fijando el azimut, la fecha y la hora, se obtenía el ángulo de incidencia solar tanto en planta como en sección. El mismo plano, en su margen derecho, incluía las instrucciones de uso, por lo que su aplicación era directa sobre plantas o secciones, facilitando el proceso de diseño y comprobación del *brise-soleil*.

Posteriormente escribió el “*Etude théorique de l’ensoleillement (lumineux)*” [16] donde explicaba el procedimiento de obtención de los ángulos solares de cada emplazamiento que constituían la base de los *Epure du soleil*. Era un documento con carácter de manual interno que permitió a Irvind Talati continuar con la elaboración de cálculos y dibujos tras la marcha de Xenakis. Debido a su carácter eminentemente práctico y a su concepción hacia la fase de diseño, se redujo notablemente la cantidad de planos que analizaban la incidencia solar en el proyecto de ejecución.

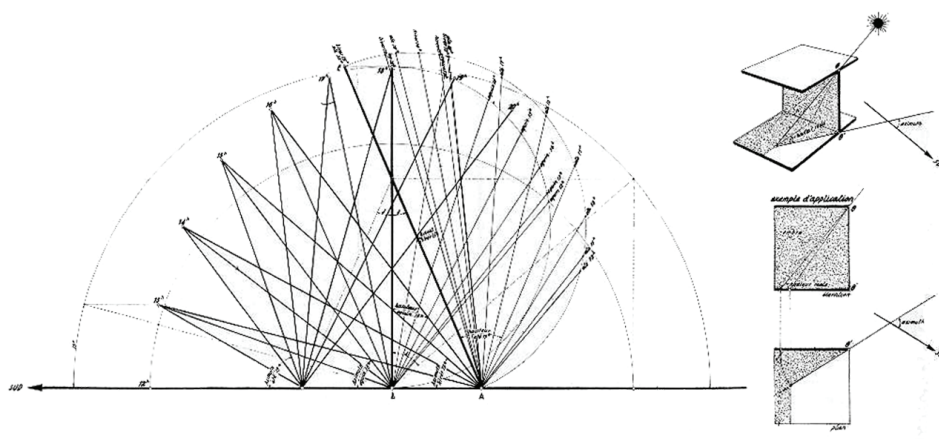


Fig. 4. *Epure du soleil* en París (FLC 30662)

Con idéntica pretensión Xenakis elaboró, con la ayuda de Balkrishna V. Doshi y Missenard, una segunda herramienta orientada a caracterizar el clima del emplazamiento y a decidir las actuaciones bioclimáticas a llevar a cabo en el proyecto, fue el llamado *Grille climatique*. Basándose en los cuatro parámetros de confort en arquitectura establecidos por Missenard midieron en 1951 la temperatura del aire, humedad, velocidad del aire y temperatura radiante de Chandigarh y Ahmedabad (India).

Se resumió en una tabla con cuatro filas, una por cada parámetro, y tres columnas: datos climáticos, correcciones a realizar y procedimientos arquitectónicos. En la segunda columna explicaba las conclusiones obtenidas de la toma de datos: subir/bajar temperatura del aire, impedir movimiento del aire, recuperar radiación de muros en invierno, etc. En la tercera columna se indicaban las soluciones arquitectónicas que permitían llevar a cabo esas correcciones.

Fig. 5. *Grille Climatique* (FLC 05623)

Para ilustrar las medidas arquitectónicas acompañó la tabla con catorce croquis de soluciones pasivas para una vivienda tipo de 110 m<sup>2</sup>. Fue en estos dibujos donde, por primera vez, la ventilación pasó de los diagramas abstractos, a representarse físicamente a modo de flujo amorfo que atravesaba la edificación atemperándolo.

Tal como hizo anteriormente, redactó el “*Programme d’études des conditions climatiques optima et des moyens architecturaux de correction*” [17] explicando cómo se definían las condiciones de confort y el tipo de medidas a llevar a cabo para alcanzarlas en base a los datos climatológicos de cada emplazamiento.

Aunque la temperatura y el movimiento del aire ya eran factores de proyecto, no se podían representar y calcular sus flujos dinámicos con la misma precisión que los rayos solares. Los diseños del Atelier L.C. se mantuvieron en el plano de los esquemas intuitivos que actuaban sobre los datos del *Grille climatique*, de los cuales se saltaba directamente a los detalles constructivos de compuertas de ventilación. De este modo establecieron un proceso de investigación prueba-error que les condujo a evolucionar desde la ventana estándar abatible al complejo *aerateur*.

Con el objetivo de concretar y difundir las aportaciones sobre ventilación del atelier, Xenakis redactó el “*Sommaire technique de la consultation de M. Missénard*” [18] (1956). En él se definía el porqué del movimiento del aire, los ángulos de entrada del *aerateur* y del flujo del aire, distancia entre compuertas, funcionamiento de chimeneas de aspiración y la aportación artificial de aire acondicionado, calefacción y ventiladores.

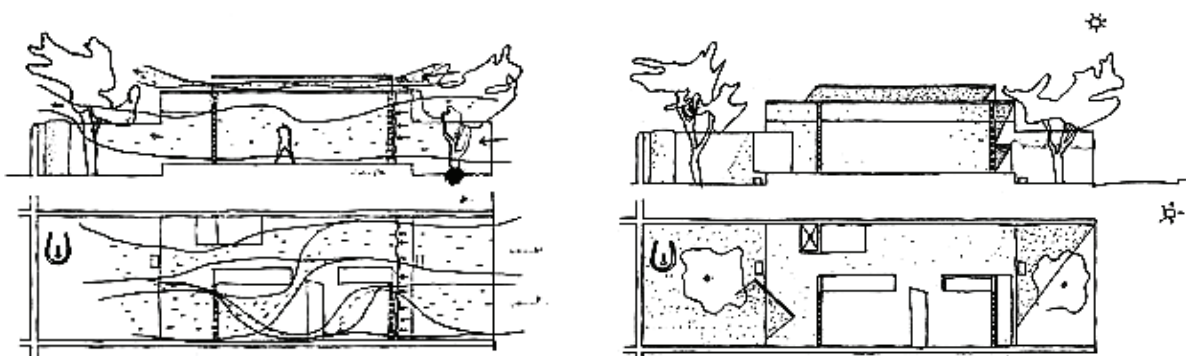


Fig. 6. Ventilación y soleamiento en las viviendas tipo para obreros (FLC 5605 y FLC 05601)

### 3. Resultados y Conclusiones

En su última década de existencia el Atelier L.C. contaba con una metodología de trabajo que aglutinaba los protocolos más ingenieriles con los procesos proyectuales. A partir de una importante componente gráfica, sus investigaciones entre los años treinta y sesenta iniciaron un proceso que equiparaba los aspectos intangibles del confort en arquitectura con las clásicas cuestiones tectónicas.

Paralelamente, durante los años cincuenta, Victor Olgyay realizaba las investigaciones sobre ventilación, soleamiento e higrotérmia que le conducirían a la publicación en 1963 del que ha sido considerado manual base del bioclimatismo "*Design with climate. Bioclimatic approach to architectural regionalism*" [19]. Desde una óptica científica sus trabajos se apoyaron en ensayos y mediciones de carácter empírico que concluyó con leyes de fácil aplicación. Sin embargo sus teorías, especialmente en cuanto al control solar, se ilustraban con numerosos ejemplos de celosías y *brise-soleil* de otros autores, entre los que se encontraban los del propio Le Corbusier.

En ambos casos se creó una metodología que permitía prever la relación entre la arquitectura y el medio ambiente, siendo el campo de ensayos en un caso el laboratorio y en otro la propia obra construida, lo que provocó que la suerte a lo largo de la historia haya sido dispar.

En la actualidad, mediante la ayuda de los ordenadores y del software de simulación, se ha hecho posible una predicción más certera en fase de proyecto de los fenómenos higrotérmicos, lumínicos y de ventilación. De nuevo resulta un proceso que hace visibles aspectos intangibles de la arquitectura, esenciales para el proyecto cuya representación y cálculo no responde a técnicas tradicionales.

Lejos de la descalificación desde el ámbito del bioclimatismo hacia la obra de Le Corbusier, los trabajos y metodologías elaborados por el maestro suizo-francés se muestran como un material de investigación aplicada de primer orden. Son, además, un conjunto de investigaciones que actualmente se encuentra en plena vigencia y que junto con su obra construida, constituyen un laboratorio que permite testear la relación entre la arquitectura moderna y el medio ambiente, como base de una visión de la arquitectura en la que lo termodinámico se equipare en importancia a otros valores ya asentados en la disciplina.

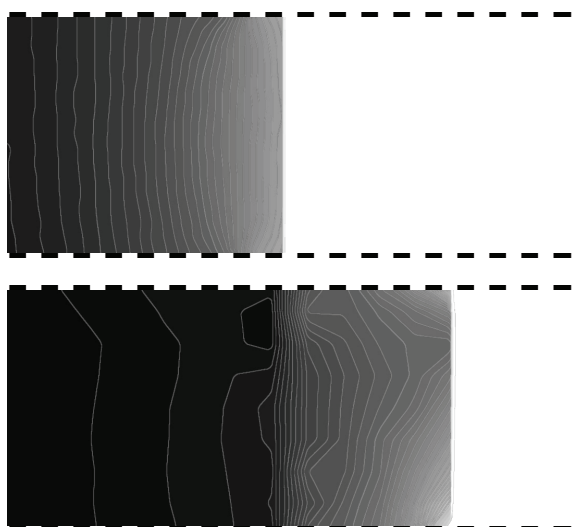


Fig. 7. Planta de nivel de iluminancia con y sin *brise-soleil* (elaboración propia)

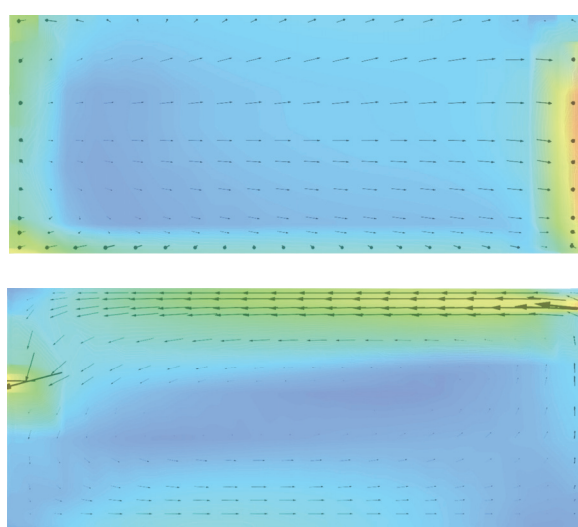


Fig. 8. Planta de ventilación con y sin *aérateurs* (elaboración propia)

### 4. Citas y Referencias bibliográficas

[1] Inició el viaje con su amigo August Klipstein planificando visitas relacionadas con la cultura, la industria y el folklore a lo largo Alemania, Praga, Checoslovaquia, Austria, Hungría, Yugoslavia, Rumanía, Turquía, Grecia e Italia.

[2] LE CORBUIER. *Voyage d'Orient. Carnets*. Milan: Electa Architecture y Fondation L.C., 2002

[3] LE CORBUSIER. *Hacia una arquitectura*. Traducido por MARTÍNEZ, J. 2ª ed. Barcelona: Poseidón, 1998. 243 p. Traducción de Vers une architecture.

- [4] Destacaron el sistema Dom-ino (1914), la casa Citrohan (1920) o la villa Savoye (1928).
- [5] El *mur neutralisant* era un sistema constructivo de muro cortina de vidrio de doble hoja por cuya cámara circulaba aire climatizado que actuaba a modo de aislamiento térmico activo. La *respiration exacte* se basaba en una unidad central de tratamiento del aire que lo distribuía por conductos a los espacios, en definitiva, el esquema de un aire acondicionado actual.
- [6] ATKINSON, William. *The Orientation of Buildings or Planning for Sunlight*. New York: John Wiley and Sons, 1912.
- [7] REY, A.; PIDOUX, J.; BARDE, C. *La science des plans de villes, ses applications à la construction, à la l'extension, à l'hygiène et à la beauté des villes, orientation solaire des habitations*. París: Payot et Cie., 1928. 493 p.
- [8] Los cálculos se realizaron considerando un edificio con cerramiento de piedra completamente simétrico, carente de ventanas, sin efecto invernadero del vidrio y sin sombras proyectadas. HARZALLAH, A.; SIRET, D.; MONIN, E. y BOUYER, J. Controverses autour de l'axe héliothermique: l'apport de la simulation physique à l'analyse des théories urbaines. *Limites disciplinaires. Repenser les limites: l'architecture à travers l'espace, le temps et les disciplines*.
- [9] LE CORBUSIER. *La Ville Radieuse*. Boulougne: Éditions de l'Architecture d'aujourd'hui, 1935. 348 p. Colección L'équipement de la civilisation machiniste.
- [10] El Atelier Batisieurs (ATBAT) fue fundado en 1943 por Le Corbusier como apoyo técnico en los proyectos de las Unites d'habitation y la Manufactura Duval, fue cerrado en 1946.
- [11] WOGENSCKY, A. Réglage de l'ensoleillement. *Techniques et architecture*. Agosto de 1945, vol. 7-8, p.209-211.
- [12] LE CORBUSIER. Problèmes de l'ensoleillement, le brise-soleil. *Techniques et architecture*. Julio de 1946, p.26-28. El artículo realmente fue escrito por Le Corbusier en 1939, por lo que sólo explica sus ideas hasta esa fecha, aunque fue completado con un párrafo para su publicación en 1946.
- [13] André Missenard era un ingeniero formado en la Ecole Polytechnique vinculado a un importante fabricante de calefacción y ventilación. Recibió el premio Ernst Riestchel en 1928 por su investigación sobre temperaturas ambiente. Fue colaborador habitual del Atelier Le Corbusier desde 1951 interviniendo en las obras de Chandigarh, Ahmedabad, Maison du Brésil, Couvent de la Tourette.
- [14] Fue empleado del Atelier Le Corbusier desde 1947 a 1953, llegando a ser arquitecto jefe de diversos proyectos. Su creatividad también fue reconocida en el ámbito de la música como compositor.
- [15] STERKEN, S. Iannis Xenakis. Ingénieur et architecte. Une analyse thématique de l'oeuvre, suivie d'un inventaire critique de la collaboration avec Le Corbusier, des projets architecturaux et des installations réalisées dans le domaine du multimédia. Tesis (Doctorado en ciencias aplicadas). Gante: Universiteit Gent, 2004. 595 p.
- [16] FLC F2-16-9 a F2-16-41
- [17] FLC P2-1-1 a P2-1-2
- [18] FLC P1-10-306. Nota redirigida por Xenakis junto a la carta de Le Corbusier a Varma el 26 de Mayo de 1956.
- [19] OLGAY, V. *Design with climate. Bioclimatic approach to architectural regionalism*. New Jersey: Princeton University Press, 1963.