

Trabajo Final de Grado
Grado en Fundamentos de la Arquitectura
Curso académico 2019/2020

Título

**LA RESPUESTA TÉCNICA A LA DEMANDA ENERGÉTICA EN LA
OBRA DEL ARQUITECTO FERNANDO MORENO BARBERÁ
CASO DE ESTUDIO: LABORATORIOS DE LA FACULTAD DE
CIENCIAS DE LA UNIVERSIDAD DE VALENCIA (1960-1967)**

Autora

ENCARNACIÓN MORENO ZAMBUDIO

Director

JOSÉ LUÍS HIGÓN CALVET



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR DE
ARQUITECTURA



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Castellano

TÍTULO

La respuesta técnica a la demanda energética en la obra del arquitecto Fernando Moreno Barberá. Caso de estudio: Laboratorios de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Valencia (1960-1967).

RESUMEN

Este trabajo analiza y evalúa las estrategias de diseño escogidas para solucionar el comportamiento energético del edificio de los Laboratorios de la Facultad de Ciencias en Valencia diseñado por el arquitecto Fernando Moreno Barberá en 1960. A lo largo del trabajo, se investiga cómo dichas estrategias tratan de dar respuesta a las demandas energéticas optimizando, a su vez, su acondicionamiento basándose únicamente en conocimientos geométricos y de cálculo de soleamiento mediante protecciones solares. Tales habilidades se convirtieron así en una herramienta más a la hora de diseñar este edificio. En España, en torno a 1950, una época donde el cálculo de estructuras, la elección de materiales y los conocimientos de geometría solar, en particular, y descriptiva, en general, eran las únicas destrezas de las que disponían ampliamente los proyectistas, la solución de diseño adoptada en esta obra maestra de la Arquitectura Moderna Española sanciona la forma, orientación y cálculo de soleamiento como instrumentos competentes en la resolución del edificio en materia energética.

Valencià

TÍTOL

La resposta tècnica a la demanda energètica en l'obra de l'arquitecte Fernando Moreno Barberá. Cas d'estudi: Laboratoris de la Facultat de Ciències de la Universitat de València (1960-1967).

RESUM

Aquest treball analitza i avalua les estratègies de disseny escollides per solucionar el comportament energètic de l'edifici dels Laboratoris de Ciències a València dissenyat per l'arquitecte Fernando Moreno Barberá en 1960. Al llarg del treball, s'investiga com aquestes estratègies tracten de donar resposta a les demandes energètiques optimitzant, al seu torn, el seu condicionament basant-se únicament en coneixements geomètrics i de càlcul d'asseïllament mitjançant proteccions solars. Tals habilitats es van convertir així en una eina més a l'hora de dissenyar aquest edifici. A Espanya, al voltant de 1950, una època on el càlcul d'estructures, l'elecció de materials i els coneixements de geometria solar, en particular, i descriptiva, en general, eren les úniques destreses de què disposaven àmpliament els projectistes, la solució de disseny adoptada en aquesta obra mestra de l'Arquitectura Moderna Espanyola sanciona la forma, orientació i càlcul d'asseïllament com a instruments competents en la resolució de l'edifici en matèria energètica.

English

TITLE

The technical answer to the energy demand in the works of architect Fernando Moreno Barberá. Case study: Laboratories of the Faculty of Science from the University of Valencia (1960-1967).

SUMMARY

This work analyses and evaluates the selected design strategies to solve the energy performance of the Science Laboratories building in Valencia, which was designed by architect Fernando Moreno Barberá back in 1960. Throughout the work, the way these strategies seek to respond the energy demands is analysed, as well as it is intended to optimize its performance based only in geometrical and sun movement calculation though solar protection knowledge. Such abilities became another tool in the design of the mentioned building. In Spain, around the 1950, a time when the structure calculation, the materials selection and the knowledge about general solar geometry, in particular, and descriptive geometry, in general, were the only skills the planners were able to get profit of. The creative design solution in this architectural masterpiece validates the shape, orientation and calculation of sun movement as comeptent tools in the resolution of the building where energy is concerned.

ÍNDICE

página

Apartado 1

Introducción

El sol, el clima y la arquitectura	7
Circunstancias históricas: El Movimiento Moderno	10
Caso de estudio: Los Laboratorios de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Valencia (1960-1967). Fernando Moreno Barberá	13

Apartado 2

Fundamentos teóricos

Conceptos básicos	15
Geometría Solar: Coordenadas geográficas y coordenadas astronómicas. Movimiento aparente del Sol. Bóveda celeste	15
Representación del movimiento solar: Carta solar de Fisher. Carta solar estereográfica. Carta solar cilíndrica. Cálculo de obstrucciones solares. El método de los planos límite	19
Diseño de protecciones solares: Carta bioclimática de Givoni. Objetivos y funciones de las protecciones solares. Acceso al Sol. Cálculo de acceso al Sol mediante el procedimiento propuesto en DB HE. Máscaras de sombras. Protección solar en función de la orientación	25

Apartado 3

Plan de trabajo

33

Apartado 4

Desarrollo del trabajo

Recopilación de datos. Levantamiento del edificio en 3D	35
El edificio CON la protección solar original. Panorámicas. Programa CE3X: Envolvertes. Patrones de sombra. Instalaciones. Calificación energética. Certificación energética	40
El edificio SIN la protección solar original. Panorámicas. Programa CE3X: Envolvertes. Patrón de sombra. Instalaciones. Calificación energética. Certificación energética	55

Apartado 5

Comparativa de resultados

63

Calificación energética del edificio. Energía no primaria. Calefacción y refrigeración

Apartado 6

Conclusiones

Discusión final	69
La Geometría como instrumentos de diseño	71
Arquitectura sostenible. Arquitectura bioclimática	75

Apartado 7

Anexo ODS

77

Aplicación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030 en el Trabajo Final de Grado

Apartado 8

Bibliografía

79

Libros, tesis y artículos. Referencias electrónicas. Referencias de imágenes. Índice de figuras

Apartado 1

Introducción

El sol, el clima y la arquitectura

Desde la antigüedad, el ser humano ha hecho arquitectura con materiales cercanos, dándole la forma más apropiada para su uso, entendiendo el lugar como contexto ineludible y contando con una herramienta de proyecto extraordinaria: el Sol. Pero esta secuencia, que a priori parece lógica, ha experimentado altos y bajos a lo largo de la historia.

La relación entre el hombre y el clima ha tenido una interlocutora excepcional, la propia arquitectura, que ha sabido decirle cuándo acertaba con su propuesta y cuándo era mejorable, ya que cuando esta ha fallado las consecuencias no se han hecho esperar. Un breve recorrido histórico puede ayudar a entender este idilio:

En el *Neolítico*, cuando el hombre dejó de ser nómada y empezó a asentarse en lugares fijos para vivir de la agricultura y la ganadería, la arquitectura se caracterizó por el uso de los materiales que tenía a mano, **teniendo en cuenta las condiciones climáticas y del medio** para configurar la construcción. Principalmente piedras, pero también cañas, barro y madera fueron los elementos empleados para construir muros con cierto grosor y techo plano, adaptándose al relieve, constituyendo, así, los marcadores más significativos de esta arquitectura, en la que el Sol tenía un lugar protagonista, ya que sus actividades económicas dependían de las estaciones del año y la posición del astro en cada una de ellas. Los megalitos, por ejemplo, son muestra del conocimiento astronómico ya en esa época. (fig.1)

Más adelante, en la *Edad Antigua*, con el desarrollo de la escritura emergieron las primeras civilizaciones. La arquitectura civil en Mesopotamia estaba basada fundamentalmente en el ladrillo y la arcilla: Ladrillo seco (adobe) para el interior y ladrillo cocido para el revestimiento exterior **debido a su exposición a las inclemencias del clima**. Se construía sobre terrazas para evitar la humedad; los muros eran gruesos, lisos y verticales, sin ventanas, para mantener la temperatura en el interior y con las estancias en torno a un patio central que regulaba la iluminación. (fig.2)

Paralelamente, la civilización egipcia **observaba las estrellas y otros cuerpos celestes para orientar los edificios sagrados**. Además, alineaban sus templos en busca del orden cósmico, y perfeccionaron patrones de orientación astronómica para este propósito. (fig.3)

Siglos después, en la *Antigua Grecia*, la escasez energética en un clima soleado durante todo el año se solucionó con el **uso de la energía solar para acondicionar la vivienda**. Entendieron que la altura del sol variaba en cada estación del año y calcularon la inclinación de los rayos solares en cada una, de modo que pronto su arquitectura incorporó pórticos en las fachadas con altura y profundidad tales que permitían la incidencia solar en invierno y la impedía en verano, generando sombra. (fig.4)



figs. 1,2,3 y 4: Dolmen en Cornwall (3500 a.C.), Inglaterra. Casa circular en Mesopotamia (2500 a.C.). Pirámides de Gizeh (2500 a.C.), El Cairo. Casa en la Antigua Grecia (400 a.C.)

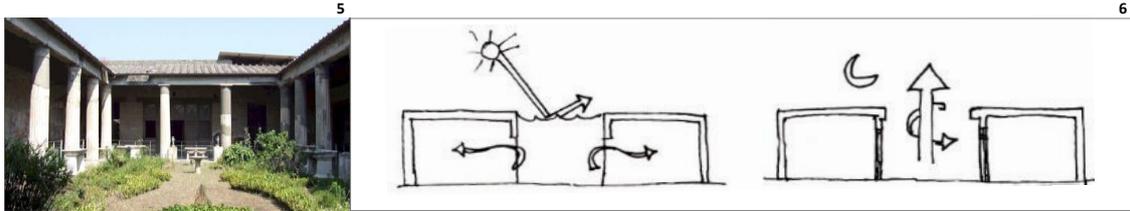


fig. 5: Domus romana (50 d.C.), Pompeya.

fig. 6: Esquema básico del funcionamiento térmico de un patio al estilo Al-Ándalus a lo largo del día

En la *época romana*, los recursos locales de madera desaparecieron rápidamente y resolvieron esta crisis de acondicionamiento arquitectónico adoptando la técnica solar griega y adecuándola a los diferentes climas del imperio. Incorporaron el vidrio en los huecos para **aumentar la ganancia térmica a modo de efecto invernadero**, hasta tal punto que el derecho al sol fue añadido en la ley romana, según la cual la casa del prójimo no debía interponerse entre el Sol y la casa propia. (fig.5)

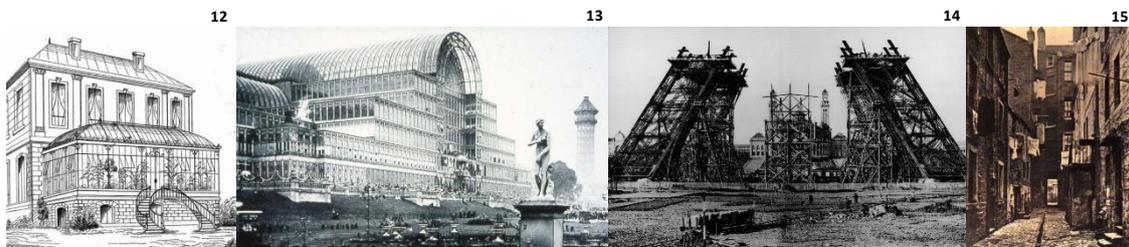
También, *Al-Ándalus* dejó en Hispania una tradición arquitectónica en que se fusionaron el patio romano y el musulmán, creando un fenómeno bioclimático excepcional capaz de **intervenir directa o indirectamente en el acondicionamiento** de las viviendas gracias a los efectos del sol durante el día y la bajada térmica durante la noche, en casas diseñadas en torno a un patio, con protección solar, vegetación abundante y presencia de agua. (fig.6)

Durante la *Edad Media*, la técnica solar cayó en desuso de modo generalizado, aunque algunos constructores, en todo el mundo y hasta nuestros días, continuaron con la tradición constructiva local: la **arquitectura vernácula** basada en orientaciones, disponibilidad de materiales locales y recursos naturales. (figs. 7-11)



figs. 7, 8, 9, 10 y 11: Ejemplos de arquitectura vernácula: Tipi, en América del Norte. Igloo, en Groenlandia. Bamiléké, en Camerún. Casas sobre pilot es, en Oceanía. Izbá, en Rusia

Iniciada la *Edad Moderna*, en Centroeuropa proliferaron los invernaderos con la técnica de la orientación solar. Este tipo de construcción empezó a incluirse en la arquitectura doméstica hacia el siglo XVIII, llegando a ser un recinto indispensable en las casas inglesas, primero como salas anexas y finalmente como salón de invierno, lo que impulsó el rescate de elementos como toldos y contraventanas para resolver el aislamiento nocturno, y agregar pequeños huecos accesibles para **mover el aire y evitar sobrecalentamientos** en verano. (fig.12)



figs. 12, 13, 14 y 15: Casa con invernadero (1873). Palacio de Cristal de J. Paxton, Inglaterra (1851). Construcción de la Torre Eiffel, París (1889). Viviendas en un barrio obrero.

Poco después, el progreso en la ciencia y los avances en diversos campos dieron lugar a un salto técnico que fue sustancial en el siglo XIX con la *Revolución Industrial*, cuya mecanización dependía de la producción del hierro, y este, a su vez, del carbón. Ya en este tiempo, profesionales químicos

que observaban la emisión de dióxido de carbono en la imparable producción industrial registraron por primera vez la expresión **calentamiento atmosférico por efecto invernadero**, calculando con acierto que ese estilo de vida provocaría el ascenso irreversible de la temperatura del planeta en los siguientes siglos.

Mientras que los edificios industriales adquirirían protagonismo por su avanzada sofisticación técnica caracterizada por la innovación constructiva, conceptual y estética, la población obrera que hacía posible esa arquitectura vivía hacinada en **viviendas insalubres donde no llegaba el sol ni se garantizaba la ventilación**, ubicadas en los suburbios de las ciudades industriales y sin condiciones de habitabilidad establecidas. De hecho, durante esta etapa sucedieron grandes crisis de salud pública provocadas por epidemias de tifus, viruela, tuberculosis y cólera. (fig.15)

Durante esta etapa, el diseño en arquitectura, en general, se alejó de las condiciones del lugar, del aprovechamiento de los recursos naturales disponibles y de los materiales cercanos, y se sumergió en el empleo de recursos energéticos fósiles, lejanos y contaminantes, pero baratos.

A finales del siglo XIX, varios arquitectos en todo el mundo comenzaron a desarrollar originales respuestas arquitectónicas a los **nuevos problemas derivados de las condiciones sociales, económicas y políticas** que se venían arrastrando.

La aparición del *Movimiento Moderno* concentró innovación constructiva y un lenguaje claramente moderno, y entre estos arquitectos y las premisas de este movimiento, hubo quienes entendieron que, con las nuevas posibilidades tecnológicas, **cabía tener en cuenta las características del lugar, el recurso solar y la autogestión energética**, junto con los materiales y técnicas locales, de modo que era la Modernidad la que llegaba para quedarse en el sitio.

Otros, sin embargo, continuaron con el dispendio técnico en soluciones arquitectónicas que daban la espalda a esta idea, desaprovechando, entre otras, la capacidad reguladora térmica de un edificio bien orientado y con los recursos constructivos apropiados.

Las consecuencias sociales y sanitarias de anteponer la forma a la función, y a su vez, esta al lugar, ya se vieron en otras épocas, pero, aun así, en algunos casos, se repiten actualmente.

La triada sol-clima-arquitectura funciona, y así lo demuestra la historia a lo largo de los siglos. Esta virtud se ha aprendido tiempo atrás con la observación del sol al hacer frente a la escasez de recursos. Y la historia se repite.

A día de hoy, el mismo Sol que calentaba hace 4000 años sigue aportando energía y está a nuestra disposición. Solo la decisión del proyectista otorgará al sol un papel beneficioso o perjudicial a la arquitectura que diseña, incluyéndolo o no como instrumento de trabajo en el proceso proyectual y durante la vida útil de la obra.

Circunstancias históricas: El Movimiento Moderno

Fueron varios los estilos arquitectónicos que definieron el Movimiento Moderno, pero todos ellos tenían en común una revolución tipológica y la renovación del diseño. Estos estilos se clasifican en tres grandes grupos, según el periodo del siglo pasado en el que alcanzaron su apogeo.

A principios del siglo XX, la *Bauhaus* en Alemania orientaba al énfasis arquitectónico en la función, invalidaba la ornamentación y fusionaba formas equilibradas y abstractas (fig.16), mientras que *De Stijl* hacía lo mismo en los Países Bajos simplificando el diseño a formas simples y colores esenciales. (fig.17)

En la Unión Soviética irrumpió a través del *Constructivismo* hasta 1930, teniendo su mayor aplicación, precisamente, en la arquitectura, con innovación tecnológica y una marcada influencia futurista rusa (fig.18).

El *estilo Expresionista* en los inicios del siglo, sin embargo, reconducía las nuevas posibilidades técnicas del acero, ladrillo y vidrio a las formas biomórficas, orgánicas y emocionales con volúmenes inusuales. (fig.19)



figs. 16, 17, 18 y 19: Escuela de la Bauhaus, Dessau (1925). Casa Schröder, Utrecht (1924). Club de Trabajadores de Zuev, Moscú (1929). Pabellón de cristal, Colonia (1914).

A mediados de siglo, el *Funcionalismo* se instaló en Centroeuropa introduciendo tintes socialistas y del humanismo moderno, cuyo lema principal demandaba la función sobre la forma, ya que se entendía que esta debía ser el resultado del propósito funcional del edificio. (fig.20)

Paralelamente, el *Minimalismo* resultó de la evolución de la Bauhaus y De Stijl, desembocando en una arquitectura sin decoración y caracterizada por diseñar con elementos simples, figuras geométricas puras, líneas limpias, materiales lisos y la repetición como modelo de ordenación. (fig.21)

En 1932 se acuñó el término *Estilo Internacional* refiriéndose al modernismo europeo extendido por todo el mundo y resumido en edificios configurados con geometrías simples sin ornamentación. (fig.22)



figs. 20, 21, 22 y 23: Sanatorio de Paimio, Paimio (1933). Casa Farnsworth, Illinois (1946). Ville Savoye, Poissy (1949). Torre de cápsulas en Nakagin, Tokyo (1972)

Más adelante, en la posguerra, surgió en Japón una variante denominada *Metabolismo* que impulsó grandes edificios inspirados en el marxismo y los procesos biológicos. La prefabricación y la modularidad eran los rasgos más característicos de este movimiento. (fig.23)

A mitad de siglo, la corriente protagonizada por el hormigón en bruto en forma monolítica pasó a designarse *Brutalismo*. Un movimiento escogido, en su mayoría, para edificios de grandes dimensiones, lo que le permitía generar formas inusuales con este material. (fig.24)

Para finales de siglo, el *Posmodernismo* supuso un cambio filosófico que replanteaba los valores modernistas con tal de revivir ideas históricas o tradicionales, el uso de los adornos y las formas esculturales, con un enfoque contextual de diseño. (fig.25)

El *Expresionismo estructural* surgió como estilo moderno tardío de arquitectura de alta tecnología, con espacios amplios, flexibles y estructura vista vinculada a la función. (fig.26)

Y, derivado del Posmodernismo, el *Deconstructivismo* surgió a finales de los años 80 reivindicando una arquitectura sin simetrías, sin armonía y distorsionada. (fig.27)



figs. 24, 25, 26 y 27: Unité d'habitation, Marsella (1965). Portland Building, Oregon (1982). Centro Pompidou, París (1977). Vitra Design Museum, Basilea (1989).

Concretamente en España, la modernidad se abrió paso a mitad del siglo XX.

A pesar de la exigencia cultural de construir arquitectura con tintes claramente nacionales, las obras de algunos arquitectos españoles se desmarcaron con apariencia y soluciones trazadas desde los postulados de la nueva corriente. Esto provocó en nuestro país un debate entre la modernidad y abstracción frente a la tradición y el lenguaje académico, que duró varios años, tanto en foros de la época como en las revistas de arquitectura que se publicaban.

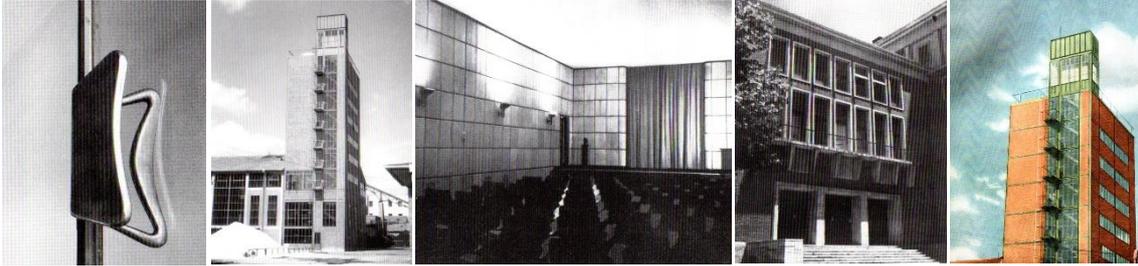
Entre estos arquitectos, nos detendremos en la teoría y obra de **Fernando Moreno Barberá** (1913-1998). Muy pronto, sus edificios se tiñeron de una rotunda modernidad donde se manifestaban públicamente las bases lógicas de la arquitectura moderna en cuanto a construcción y composición.

Sin duda, lo más simbólico del trabajo de Moreno Barberá fue la combinación entre los fundamentos universales de la arquitectura moderna que debía asumir y la permanencia en sus principios personales, lo que dio lugar a su propia lectura del movimiento moderno desde una perfecta formación en este campo.

Sus proyectos eran completos. Se situaban entre lo moderno y lo local. Lo *moderno* en cuanto a la internacionalidad contenida en esta corriente y *local* por acudir a los materiales y recursos constructivos disponibles de la zona, al clima del lugar y atender a los factores geográficos y culturales del territorio.

Las premisas compositivas que identifican su obra son: La fragmentación de los volúmenes según los paquetes funcionales, los desplazamientos y giros de estos, la repetición de elementos de diseño, el uso de grandes superficies de vidrio protegido con *brise soleil*, la vegetación autóctona y el estudio del espacio exterior.

Algunos edificios de su extensa obra, ejemplos de la modernidad en España:



figs. 28, 29, 30 y 31: Centro de Investigación Calvo Sotelo, Madrid (1945-1950)



figs. 32, 33, 34 y 35: Facultad de Derecho, Valencia (1956-1959)



figs. 36, 37 y 38: Escuela de Maestría Industrial San Blas, Madrid (1964-1968)



figs. 39, 40 y 41: Universidad Laboral de Chestre, Valencia (1965-1970)



figs. 42, 43 y 44: Centro de Promoción Profesional Obrera, Madrid (1970-1973)

Caso de estudio: Los Laboratorios de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Valencia (1960-1967). Fernando Moreno Barberá

La aportación arquitectónica de Moreno Barberá en Valencia es fácilmente reconocible. Se trata de edificios con absoluta modernidad custodiada por una colección de protecciones solares que elaboraba concretamente para cada orientación.

Sin dejar de lado su compromiso con la modernidad, Moreno Barberá supo incorporar su preocupación por el índice de radiación solar sobre los muros cortina miesianos de las fachadas de acero. Para ello, diseñaba protecciones solares en las que también se reconocía el movimiento moderno, por sus materiales, las dimensiones y la limpieza formal que obtenía el conjunto.

Estas protecciones (horizontales, verticales, escalonadas, fijas o móviles) eran elegidas con responsabilidad y conocimiento en Geometría Solar, convirtiendo al soleamiento en una herramienta más para tomar decisiones durante el diseño del proyecto, ya que la atención al clima y a las condiciones del lugar eran dos de los agregados significativos de su sello personal.



fig. 45: Campus de Blasco Ibáñez de Valencia.
Vuelo interministerial, 1973-1986.
Centro Nacional de Información Geográfica.

- Edificio de Fernando Moreno Barberá:
1. Facultad de Derecho
 2. Facultad de Filosofía y Letras
 3. Escuela de Ingenieros Agrónomos
 4. Escuela de Peritos Agrícolas (colaboración)
 5. Laboratorios de Ciencias
 6. Campo de Deportes (colaboración)

Los edificios de Moreno Barberá culminan el proyecto de Ciudad Universitaria en Valencia tras la riada de 1957. Las autoridades académicas contaron con el apoyo del régimen y su gobierno para la construcción del nuevo conjunto universitario, en el que, entre otros arquitectos, participó Fernando Moreno Barberá con postulados corbusianos adaptados a las exigencias de la vida académica valenciana y las necesidades climáticas y lumínicas de la ciudad mediterránea.

Entre sus últimas obras en Valencia, completando las manzanas universitarias de la avenida Blasco Ibáñez, Moreno Barberá proyectó el edificio destinado a albergar los **Laboratorios de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Valencia**. Debido a que en él volvió a resolver el programa que se demandaba siendo fiel a la modernidad de su época, pero con matices personales vinculados a lo local, escogí ese proyecto para desarrollar este trabajo de investigación en el que se analiza de qué manera dio respuesta técnica a la demanda energética en 1960, una época donde la preocupación por la eficiencia energética y los medios para calcularla no estaban, precisamente, entre las inquietudes de la mayoría.



figs. 46, 47, 48, 49 y 50: Laboratorios de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Valencia (1960-1967)

Actualmente, son habituales los discursos en los que se descubren las consecuencias negativas de nuestro modo de vida sobre el planeta. El *cambio climático*, que comenzó hace siglos y ahora

ha acelerado su ritmo exponencialmente, exige que cambiemos los hábitos en diversas áreas que tenemos asumidas como indiscutibles, pero no lo son; y la arquitectura tiene mucho que ver con ello.

Un edificio emite toneladas de CO₂ a la atmósfera, durante su construcción y a lo largo de su vida útil para acondicionarlo y que sea usado; además consume una cantidad de energía primaria no renovable que medida en kWh/m²año va ligada directamente a preocupaciones recogidas actualmente en la Agenda 2030 y los objetivos de desarrollo sostenible.

Aprovechando que en la actualidad existen medios informáticos que permiten calcular la contaminación y gasto que supone un edificio, aquí veremos cómo un proyecto diseñado desde la perspectiva energética, entre otras motivaciones, y con recursos geométricos puede suponer un ahorro necesario en los tiempos que vivimos, además de abogar por la responsabilidad en la disciplina arquitectónica.

Apartado 2

Fundamentos teóricos

Conceptos básicos

En este apartado se definen algunos términos destacados referidos al campo de la Geometría Solar y vinculados, a su vez, a diversos aspectos del proyecto arquitectónico.

El **sistema de protección solar** es el conjunto de elementos arquitectónicos que se disponen en los huecos de las fachadas de un edificio para intervenir la incidencia solar en el interior del mismo, con el fin de aprovechar esa fuente de energía para acondicionarlo. El conocimiento del movimiento del Sol, por un lado, y los recursos geométricos, por otro, permiten diseñar estos elementos del modo más eficaz para que la radiación solar sea un instrumento favorable a la hora de obtener resultados óptimos en el consumo energético del edificio.

La **eficiencia energética** en un proyecto es el resultado de optimizar la cantidad de energía necesaria para acondicionar un edificio mediante estrategias de diseño geoméricamente trazadas, la elección de materiales según sus cualidades técnicas y mecánicas y, por último, la aplicación de tecnología inteligente. Estos recursos, tomados en este orden, permiten reducir al máximo la energía que se emplea en dicha obra durante su construcción, funcionamiento y mantenimiento, sin que se vean afectadas la calidad del proyecto y el servicio para el que fue diseñado. La eficiencia energética se convierte así en un objetivo más del proyecto, propio de la resolución arquitectónica y en paralelo con la respuesta al programa. Actualmente, es catalogado como *edificio energéticamente eficiente* aquel que se abastece mayoritariamente de energía renovable y minimiza la no renovable, disminuyendo su impacto medioambiental en cuanto a gasto energético.

Bajo el punto de vista térmico, uno de los principales **objetivos bioclimáticos** en arquitectura consiste en absorber la energía de los rayos solares cuando sea necesaria para beneficiarse de su calentamiento en las épocas requeridas, y, a la vez, rechazar esa misma incidencia en temporadas calurosas para evitar el sobrecalentamiento, con el fin de alcanzar un equilibrio térmico a lo largo del año.

La **energía solar** es la energía que proviene de la radiación electromagnética del sol. Se trata de una fuente de energía renovable ya que es natural, limpia e inagotable. Esta energía supone un gran beneficio para el usuario que, independientemente de su localización, dispone de una fuente local no contaminante que no obedece a importaciones ni interviene en mercados de oferta y demanda, lo que la convierte en una pieza esencial en cuanto a efectos de sostenibilidad y cambio climático, de modo global. Visto así, todo lo vinculado a esta energía debería ser considerado como inversión a largo plazo.

Se entiende por **arquitectura solar pasiva** (también denominada *arquitectura solar natural*) aquella que abarca la modelización, discriminación, acumulación, distribución y uso de **tecnología solar pasiva**, es decir, la energía del sol tal y como nos llega, sin ser tratada por mecanismos artificiales para su transformación en otro tipo de energía, de modo que el edificio pueda abastecerse suficientemente para alcanzar el confort interior durante todo el año.

Geometría Solar

A continuación, es preciso rescatar la teoría de la Geometría Solar que permitirá desarrollar este trabajo. Se trata de una serie de conceptos imprescindibles con los que se detallarán las condiciones geométricas necesarias para calcular la dirección de la incidencia de la radiación solar

para una ubicación geográfica concreta. Esta teoría registra los movimientos de la Tierra, su posición respecto al Sol y el movimiento aparente de este sobre la bóveda celeste del lugar. Con los datos obtenidos, se estará en disposición de examinar si la protección solar que planteó Fernando Moreno Barberá en los Laboratorios de Ciencias de la Universidad de Valencia, objeto de estudio de este trabajo, cumple con la función para la que fue diseñada y en qué medida.

Las siguientes definiciones están basadas en los textos de la primera parte del estudio titulado *Cálculo de diseño de protecciones solares*, obra del tutor de este trabajo, el profesor José Luis Higón Calvet.

Coordenadas geográficas: Son las coordenadas que indican la ubicación geográfica de un punto concreto posicionado en la superficie terrestre. Estas coordenadas resultan de la intersección de dos líneas imaginarias y perpendiculares entre sí, referentes a un sistema de coordenadas planteado en forma de entramado ortogonal que envuelve toda la superficie de la Tierra. Dichas líneas se organizan a partir del movimiento del planeta sobre su eje de rotación, y son:

Los *paralelos*, círculos situados sobre la superficie terrestre contenidos en planos perpendiculares al eje de rotación de la Tierra. Estos planos son paralelos entre ellos y tienen el origen (o paralelo 0°) en el círculo máximo, situado sobre el ecuador terrestre. Los paralelos se miden en grados sexagesimales, con signo positivo los situados al norte del origen y signo negativo los situados al sur del mismo, tal y como sucede en un sistema cartesiano. La *latitud geográfica* (f) de un punto es el valor del ángulo que define la vertical de ese lugar respecto al plano del ecuador.

Los *meridianos*, delineados por los círculos máximos de la esfera terrestre y cuyos planos que los contienen pasan por el eje de rotación de la Tierra, definiendo en sus intersecciones la posición de los polos norte y sur geográficos. El origen de estas líneas (o meridiano 0°) se estableció en el meridiano que pasa por la ciudad de Greenwich. Los meridianos se miden en grados sexagesimales, con signo positivo los situados al este del origen y signo negativo los situados al oeste del mismo, tal y como sucede en un sistema cartesiano. La *longitud geográfica* (l) de un punto es el valor del ángulo entre meridianos medido desde el origen.

Con estos datos, dado un punto cualquiera sobre la superficie terrestre, su posición vendrá definida por los valores de latitud y longitud (f, l). Para el caso de estudio de este trabajo, las coordenadas geográficas de la ciudad de Valencia son V: ($39^\circ 28' 0.1''$ N, $0^\circ 22' 58.5''$ W)

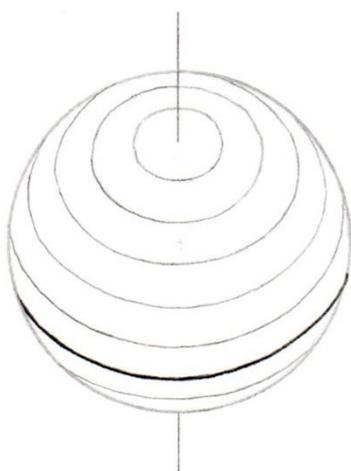


fig. 51: Red de paralelos

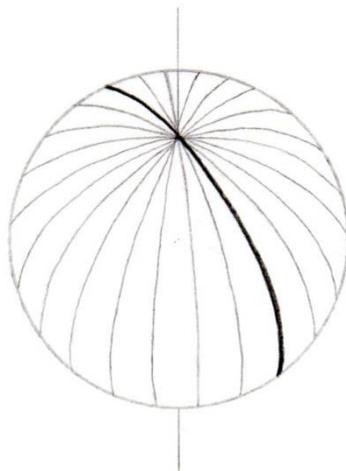


fig. 52: Red de meridianos

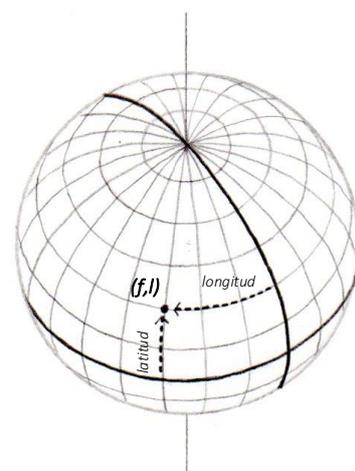


fig. 53: Coordenadas geográficas

Coordenadas astronómicas: Se obtienen a partir del estudio de la imagen del cielo proyectada sobre una esfera de radio arbitrario y con centro en un punto de coordenadas geográficas determinadas. Si trazamos un plano tangente a la superficie de la Tierra en dicho punto se obtiene

el denominado *plano horizonte* que divide a la esfera en dos partes iguales. La semiesfera superior es conocida como *esfera celeste* (o *bóveda celeste*) y será la porción observable del cielo que permitirá representar el movimiento aparente del sol mediante su proyección desde el centro de la misma.

Para localizar puntos concretos sobre la esfera celeste se utilizan las *coordenadas horizontales* del sistema de coordenadas astronómicas. Para ello, dada la recta que une el punto de observación con el cuerpo celeste del que se quieren obtener las coordenadas horizontales, se observan dos valores angulares:

La *altura sobre el horizonte* (h), que es el ángulo que forma el vector de dicha recta con su proyección sobre el plano horizonte.

El *azimut* (α), que es el ángulo que forma la proyección del vector de la recta sobre el plano horizonte respecto de la dirección del Norte geográfico del lugar.

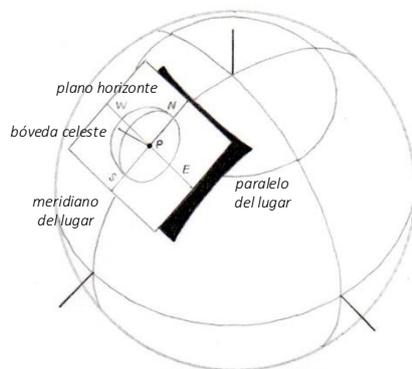


fig. 54: Bóveda celeste sobre un punto P de observación sobre la Tierra

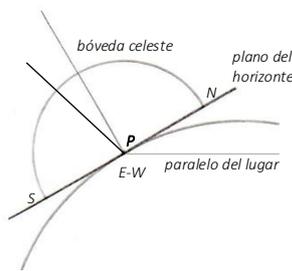


fig. 55: Detalle de la bóveda celeste

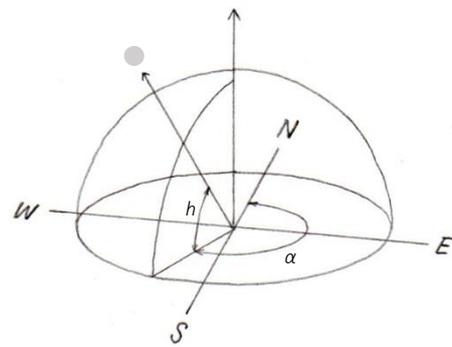


fig. 56: Coordenadas astronómicas: azimut (α) y altura sobre el horizonte (h)

Los valores de estas dos magnitudes angulares definirán un punto cualquiera de la esfera celeste.

Movimiento aparente del Sol: Los dos movimientos relativos del sistema Sol-Tierra conocidos como traslación y rotación provocan que consideremos dos movimientos aparentes del Sol sobre la esfera celeste, con variación a lo largo del día y del año.

El *movimiento diurno* es el movimiento aparente del Sol producido por el movimiento de la Tierra en torno a su eje de rotación, con duración de un día.

El *movimiento ánuo* es el movimiento aparente del Sol que produce la Tierra cuando recorre su órbita eclíptica alrededor del Sol en un año astronómico.

Debido a que el plano del ecuador de la Tierra es perpendicular a su eje de rotación y este, a su vez, no es ortogonal al plano de la eclíptica, se forma un ángulo entre la radiación solar y el ecuador celeste denominado *declinación* (δ). Este valor aumenta durante el solsticio de verano ($\delta = +23^{\circ}27'$), disminuye durante el solsticio de invierno ($\delta = -23^{\circ}27'$) y es de 0° en los equinoccios, ya que en esta situación la dirección del radio vector Sol-Tierra es paralela al plano del ecuador celeste, dando lugar a las estaciones.

Conforme varía la latitud del punto de observación, se irá adaptando la duración del día en cada caso, generando distintas bóvedas celestes.

Asimismo, la declinación solar a lo largo del día se considera despreciable, de modo que la trayectoria del Sol durante un día coincide con un paralelo celeste, distinto para cada día del año y alcanzando sus extremos en los solsticios.

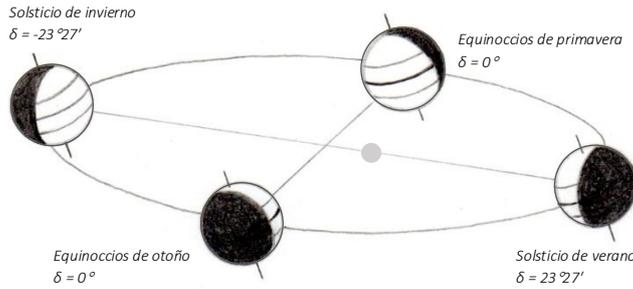


fig. 57: Movimiento de traslación en el sistema Sol-Tierra

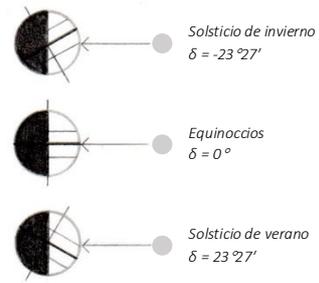


fig. 58: Dirección de incidencia de los rayos solares en los equinoccios y solsticios

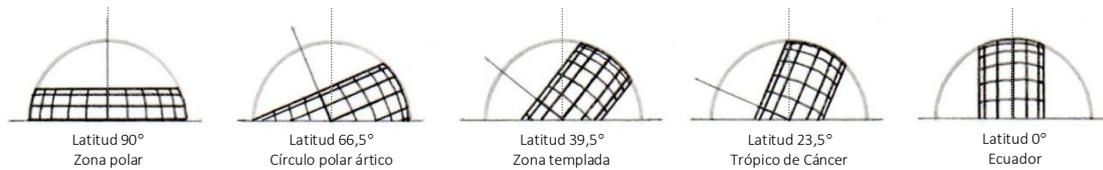


fig. 59: Duración del día en la bóveda celeste en función de la latitud del punto de observación

Bóveda celeste: Sobre la superficie de la semiesfera denominada bóveda celeste se pueden delinear las trayectorias solares anuales para un punto de observación concreto. Tales líneas producen una banda de 47° aproximadamente ($\pm 23^\circ 27'$) dividida en dos partes iguales.

Durante los equinoccios, la incidencia solar produce sobre la esfera celeste un círculo máximo y perpendicular al eje de rotación de la Tierra, coincidiendo con su ecuador; para el resto de días del año, las líneas que describen las trayectorias del Sol sobre la esfera celeste serán circunferencias contenidas en planos paralelos al ecuador celeste. Por estas disposiciones, las trayectorias solares se perciben como líneas circulares cuyo eje de giro es una recta paralela al eje de rotación de la Tierra que pasa por el punto de observación. El ángulo entre dicha recta y la vertical del lugar varía con la latitud considerada, lo que modifica la longitud de los arcos de trayectorias solares por encima del plano horizonte, influyendo en la duración del día.

Además, el sentido de la trayectoria del Sol es diferente en ambos hemisferios. En el hemisferio norte, el observador mira hacia el Sur para ver el Sol, de modo que en el movimiento diario el sol se dirige hacia la derecha, en sentido horario. Sin embargo, en el hemisferio Sur, el observador mira hacia el Norte para ver el Sol, percibiendo este movimiento hacia la izquierda, en sentido anti-horario.

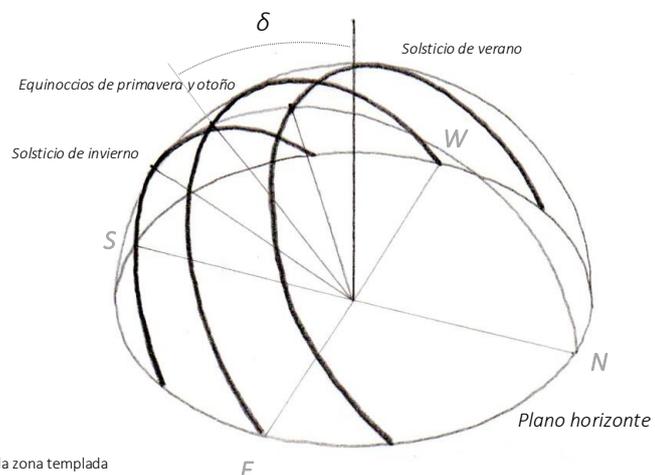


fig. 60: Trayectorias solares sobre la bóveda celeste en un punto de la zona templada

Representación del movimiento solar

Las trayectorias del Sol sobre la esfera celeste se representan gráficamente mediante *cartas solares* a partir de los valores angulares calculados. Por este motivo, las cartas solares son consideradas como un recurso ágil a la hora de definir la dirección de los rayos solares sobre un edificio en un momento concreto. Existen muchos tipos de cartas solares, y para trabajar sobre modelos relativamente sencillos, todas ellas están basadas en una serie de simplificaciones de la mecánica del movimiento solar. Estas bases simplificadas consideran que:

La Tierra es una esfera perfecta de radio R .

El Sol es una masa puntual cuya posición viene definida por la de su centro geométrico, y a una distancia tan lejana de la Tierra que la incidencia de su radiación solar opera como un haz de rayos paralelos sobre el planeta.

El centro de la Tierra se corresponde con el centro de gravedad del sistema Sol-Tierra.

La trayectoria del sol sobre la esfera celeste es una circunferencia perfecta y la velocidad de desplazamiento del Sol sobre ella es constante.

El valor de la declinación es constante a lo largo del día.

Es despreciable el efecto de adelanto y atraso sobre la hora de paso del Sol sobre el meridiano del lugar, así como los efectos que pueda producir la refracción atmosférica sobre la dirección de la radiación incidente desde el Sol.

La *carta solar* adecuada en cada caso, a partir de las coordenadas astronómicas, se crea proyectando las trayectorias solares de la esfera celeste sobre una superficie. Generalmente, suelen trazarse las trayectorias correspondientes a los equinoccios (22 de marzo y septiembre) y solsticios (22 de junio y diciembre), interpolando para el resto de meses. Se toma el valor de las 12:00 hora solar en el punto de la trayectoria que se encuentra sobre el meridiano del lugar y se mide desde dicho punto distancias angulares de 15° sexagesimales.

Entre la extensa gama de cartas solares de las que se disponen, según el tipo de superficie sobre la que se proyecta la trayectoria solar y el dato que se quiera extraer de ella, se suelen emplear concretamente en arquitectura tres de ellas:

Carta solar de Fisher: Consiste en representar en sistema diédrico las trayectorias solares de la esfera celeste correspondiente al punto de observación, utilizando una proyección ortogonal sobre dos planos que se cortan perpendicularmente. Se representan primeramente los recorridos propios de los solsticios y equinoccios como circunferencias contenidas en planos paralelos que resultan ser elipses en su proyección en planta, y el resto de meridianos se obtienen por abatimiento.

Al trazar la planta y el alzado de la bóveda celeste, es posible obtener los datos del vector solar para una hora y día concretos del año, ya que dicho vector queda representado también en planta y alzado sobre la carta solar. Manteniendo la relación diédrica entre las proyecciones del vector del Sol, estas se pueden trasladar al dibujo del que se quiera conocer el resultado de la acción solar, a condición de conocer la dirección Norte respecto de la que se mide el azimut del vector.

A continuación, se muestra el procedimiento gráfico para elaborar la carta solar de Fisher en latitud $\varphi=39,5^\circ$ correspondiente a Valencia: Planta y alzado.

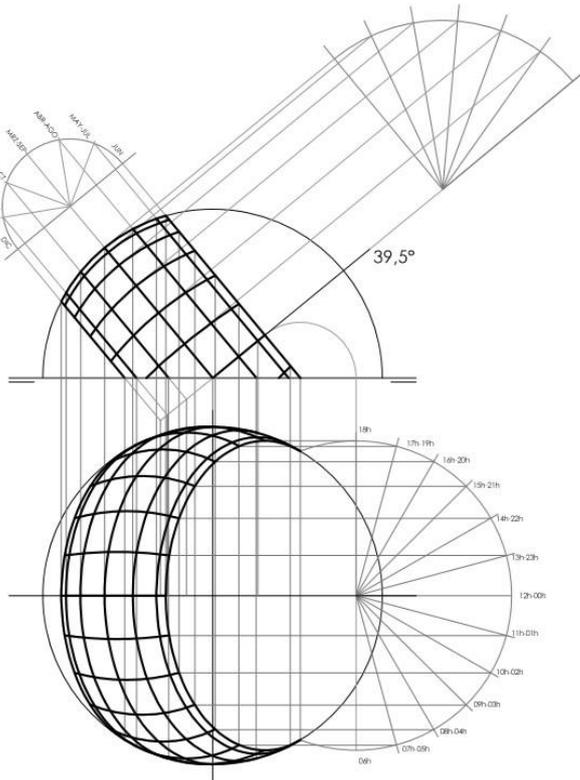


fig. 61: Elaboración de carta solar de Fisher para Valencia, latitud $\varphi = 39,5^\circ$

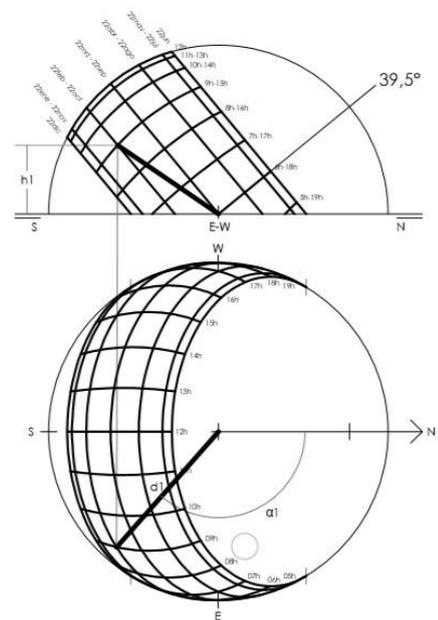
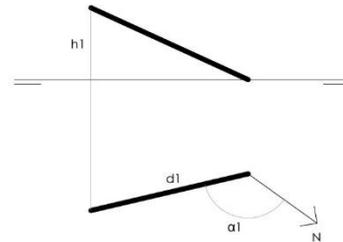


fig. 62: Cálculo del vector solar para las 09:00 horas del día 22 de octubre, latitud $\varphi = 39,5^\circ$



Carta solar estereográfica: En este tipo de carta solar se representan los puntos situados en la superficie de la esfera celeste sobre el plano horizontal, fugándolos desde un punto de la propia esfera, es decir, por proyección cónica. A partir del alzado trazado del mismo modo que en la carta anterior, se fugan los puntos que definen las trayectorias solares y se proyectan sobre el plano. Una vez obtenidas las trayectorias horarias y mensuales por abatimiento y proyección cónica, es necesario proyectar también los paralelos de forma estereográfica. Esta carta solar resulta ser un diagrama de líneas entre las que hay que localizar las del día y hora que se quiere estudiar para obtener el punto en el que se cortan y unirlo con el punto central de la carta. La prolongación de esta nueva línea cortará a la circunferencia exterior en el valor angular azimut, y dicho punto de corte marcará el valor de la altura sobre el horizonte cuando se lleva al eje Norte.

Se debe tener en cuenta que existen diferencias horarias entre la hora solar (con las 12:00 sobre el meridiano del lugar) y la hora civil (la que marca el reloj). En la Comunitat Valenciana esta diferencia es de una hora en el horario de invierno, y de dos horas en el horario de verano.

A continuación, se muestra el procedimiento gráfico para elaborar la carta solar estereográfica en latitud $\varphi=39,5^\circ$ correspondiente a Valencia; y detalle de cómo obtener las coordenadas angulares azimut y altura sobre el horizonte, que definen la dirección de un vector solar concreto.

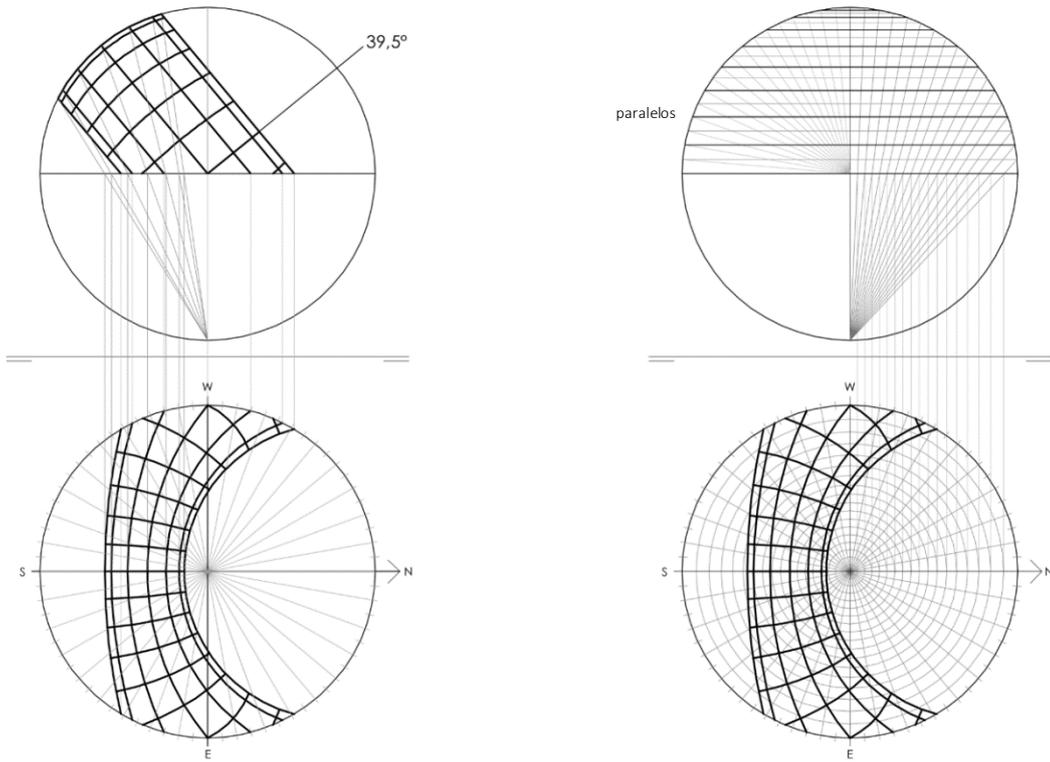


fig. 63: Elaboración de carta solar estereográfica para Valencia, latitud $\phi = 39,5^\circ$

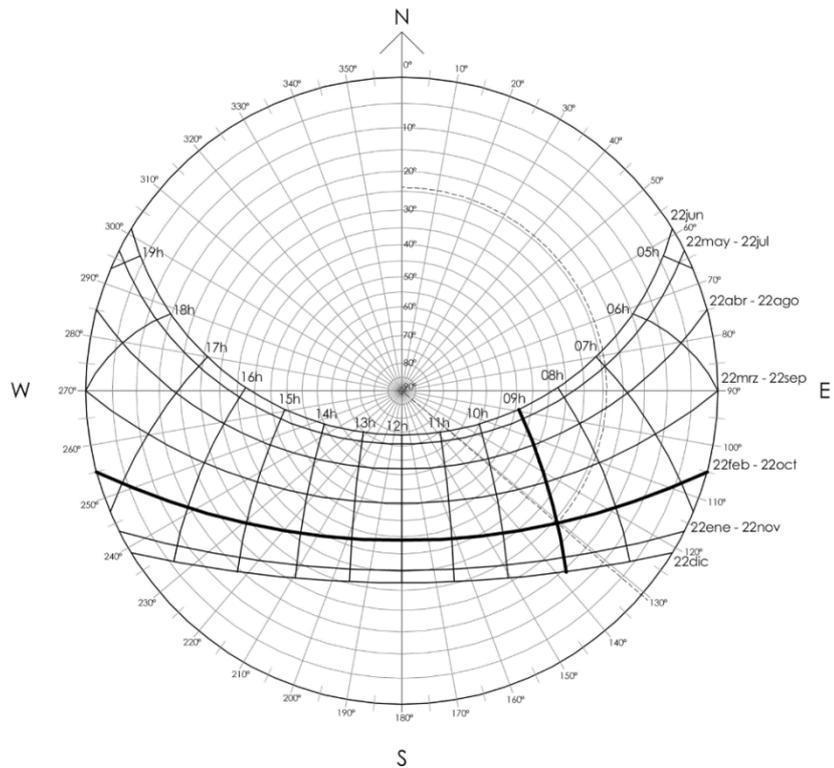


fig. 64: Cálculo del vector solar para las 09:00 horas del día 22 de octubre, latitud $\phi = 39,5^\circ$
 azimut (α) = 131°
 altura sobre el horizonte (h) = 24°

Carta solar cilíndrica: Esta carta representa las trayectorias solares de la bóveda celeste trazándolas sobre la superficie de un cilindro de revolución cuyo eje coincide con la vertical del lugar y que, además, es tangente a la bóveda celeste en el círculo del horizonte. Con el centro de proyección en el centro geométrico de la esfera celeste y mediante un sistema de proyección cónica, cualquier punto situado sobre la bóveda quedará proyectado en la superficie interior del cilindro. Al desarrollar el cilindro se podrán obtener las coordenadas angulares que definen la posición del Sol en un momento concreto: el valor de *azimut* (α) en el eje de abscisas, y el valor de *altura sobre el horizonte* (h) en el eje de ordenadas.

En esta carta solar cilíndrica, la escala del eje de abscisas se obtiene desarrollando la circunferencia del cilindro tangente a la bóveda. Pero en el eje de ordenadas, la escala lineal viene afectada por el valor de la tangente del ángulo que representa, de modo que el punto situado sobre la vertical del lugar no se podrá representar, y tampoco los puntos con altura sobre el horizonte próxima al cénit.

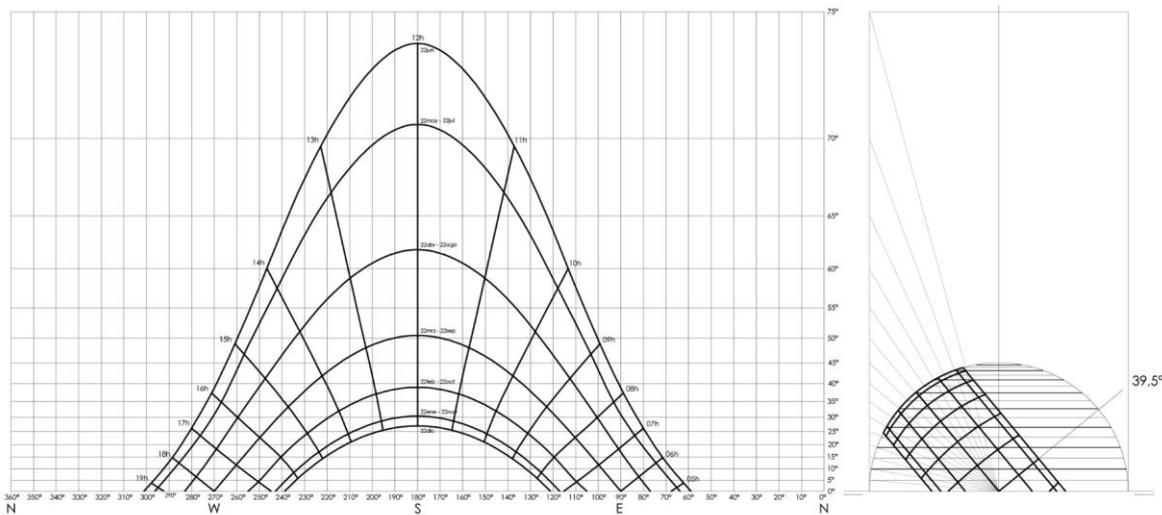


fig. 65: Carta solar cilíndrica para una latitud $\phi = 39,5^\circ$

Por este motivo, la carta que se obtiene por proyección cónica sobre la superficie cilíndrica suele corregirse para que los valores de altura sobre el horizonte no se vean afectados por la tangente del ángulo de elevación, distribuyéndolos uniformemente entre 0° y 90° , perdiendo la relación de proyección directa con la bóveda celeste pero ganando en legibilidad.

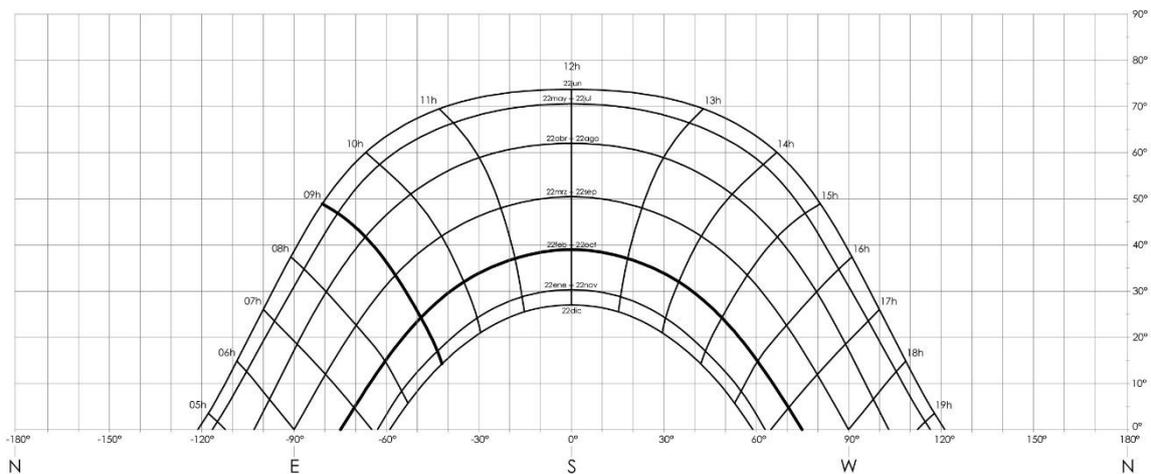


fig. 66: Carta solar cilíndrica con distribución lineal de las alturas, para una latitud $\phi = 39,5^\circ$

Cálculo de obstrucciones solares: Consiste en examinar cuándo un punto concreto recibe o no la incidencia directa del sol. Para obtener el **diagrama de cálculo de obstrucciones solares** de un punto concreto y dada la geometría del entorno, es necesario trazar, por un lado, la carta solar para dicha ubicación geográfica y, por otro lado, la imagen del entorno, ambas desde el mismo punto y mediante el mismo sistema de proyección cónica. Al superponer la porción de cielo observable con la proyección de los objetos del entorno, resultarán zonas que representan las trayectorias solares donde no inciden los rayos del sol sobre el punto que se estudia, es decir, las obstrucciones solares que produce el entorno sobre el punto. El resto del diagrama donde no haya superposición representará los intervalos de tiempo dentro del periodo anual en que es posible la incidencia solar en ese punto, sin interferencia de los objetos del entorno.

Para este procedimiento, la carta solar estereográfica se adapta a las necesidades del cálculo de las obstrucciones solares con relativa sencillez, teniendo en cuenta que, aunque la carta solar es la misma para todos los puntos del entorno, la imagen que proyectan los objetos varía al cambiar el punto de observación.

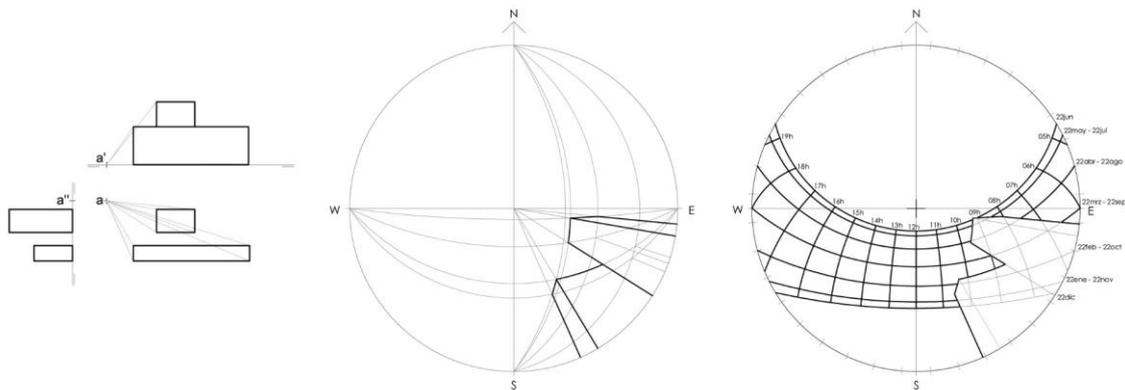


fig. 67: Superposición de imágenes y diagrama estereográfico de obstrucciones solares del punto **a**, objeto de estudio, en latitud $\varphi = 39,5^\circ$

El método de los planos límite: A diferencia del modelo anterior, este método permite analizar cómo la geometría del objeto estudiado condiciona la entrada de la radiación solar a través del hueco. Consiste en observar el comportamiento al Sol de los planos que limitan el objeto, representándolos en el mismo sistema de representación que las cartas solares, y permitiendo delimitar sobre ellas los periodos anuales en que la radiación solar incide sobre la superficie estudiada.

Definida la geometría del objeto, los planos que limitan la recepción de la radiación solar se representan por separado en proyecciones estereográficas para, una vez determinadas, superponerlas en una misma carta. La zona que resulta sin sombrear corresponde a los periodos anuales en los que la radiación solar entra a través del hueco, acotando las direcciones desde las que debe proceder dicha radiación. Para definir y representar los planos límites, hay que tener en cuenta que:

Un plano vertical en la geometría del hueco (una jamba) se representa en proyección estereográfica como una recta diametral cuyo azimut coincide con el azimut del plano.

Un plano horizontal en la geometría del hueco (un dintel) equivale a un plano inclinado sobre la horizontal cuyo azimut coincide con el de la pared que contiene al hueco y se representa en proyección estereográfica como un arco de circunferencia.

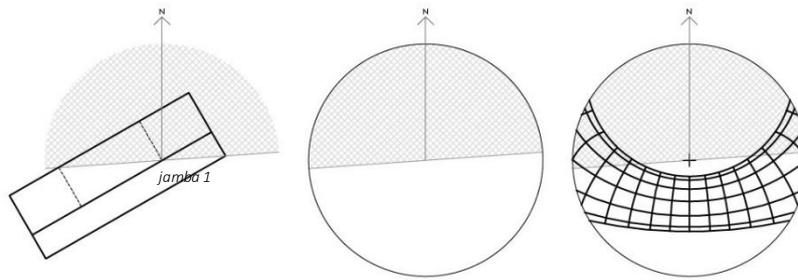


fig. 68: Definición de plano límite 1: Definición geométrica del plano límite. Representación del plano en proyección estereográfica. Superposición sobre la carta estereográfica

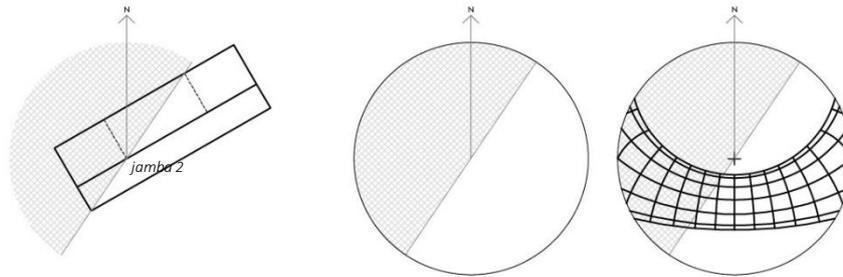


fig. 69: Definición de plano límite 2: Definición geométrica del plano límite. Representación del plano en proyección estereográfica. Superposición sobre la carta estereográfica

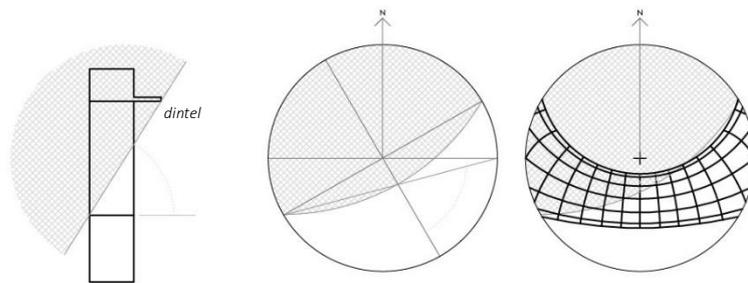


fig. 70: Definición de plano límite 3: Definición geométrica del plano límite. Representación del plano en proyección estereográfica. Superposición sobre la carta estereográfica

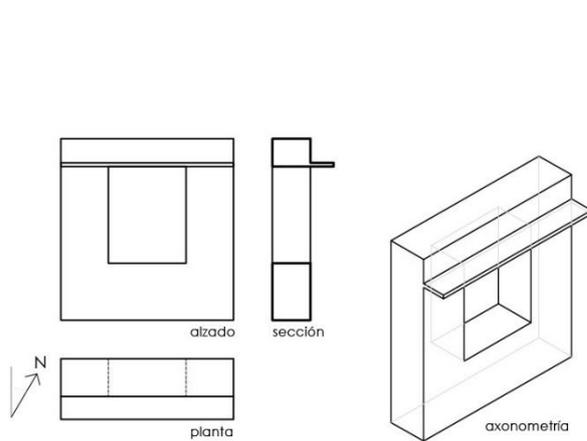


fig. 71: Definición geométrica del objeto de estudio

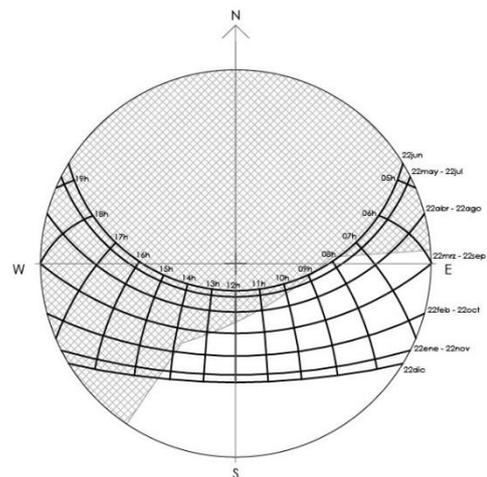


fig. 72: Superposición de planos límite sobre la carta estereográfica. Delimitación de periodos de insolación.

El método de los planos límite es una herramienta muy útil para el diseño de protecciones solares, ya que permite conocer de antemano los periodos en que la radiación solar incidirá sobre los vidrios protegidos por las protecciones.

Diseño de protecciones solares

Las protecciones solares son los mecanismos que se disponen sobre las fachadas de los edificios con el fin de controlar la incidencia de la radiación solar.

El objetivo de estos elementos es optimizar la gestión de la energía que aporta la radiación solar sobre las fachadas, regulando tanto la iluminación como el aporte de calor en cada época del año. De este modo, permitiendo la entrada de incidencia solar favorable y descartando la desfavorable para evitar el sobrecalentamiento, se reduce el consumo energético sin mermar la situación de confort en el interior del edificio.

Para alcanzar estos objetivos, se atiende a climogramas o diagramas bioclimáticos que determinan de forma gráfica la relación entre las variables térmicas del lugar y los parámetros de confort humano. Esta interacción se refleja a través de áreas de bienestar y estrategias correctivas sobre diagramas psicrométricos, especificando un rango de valores de temperatura y humedad relativa dentro de los cuales se alcanzan límites razonables de confort térmico.

Carta bioclimática de Givoni: El ábaco psicrométrico de Givoni se basa en el Índice de Tensión Térmica (ITS) para delimitar la zona de bienestar. Permite evaluar las condiciones térmicas de un lugar en función de los parámetros ambientales de temperatura de bulbo seco (T), humedad relativa (HR), temperatura de bulbo húmedo (Tbh) y tensión del vapor (Pv), introduciendo como variable el efecto de la propia edificación en el ambiente interior. A partir de ahí, sobre la carta de Givoni se delimitan varias zonas, entre las que se diferencian un polígono que representa la *zona de confort*, un área de bienestar admisible mientras no haya radiación directa en su interior, y el resto de áreas que rodean a esta, en las que se indican sistemas correctores a implementar para aproximar las condiciones higrotérmicas a los umbrales de confort.

El rango de temperaturas de confort está comprendido entre 20° y 26°, mientras que la humedad relativa de confort puede variar entre 20% y 80% para esas temperaturas. Si los datos de temperatura y humedad se desvían de la situación de confort, se deben plantear medidas correctoras que devuelvan los parámetros a las condiciones de confort.

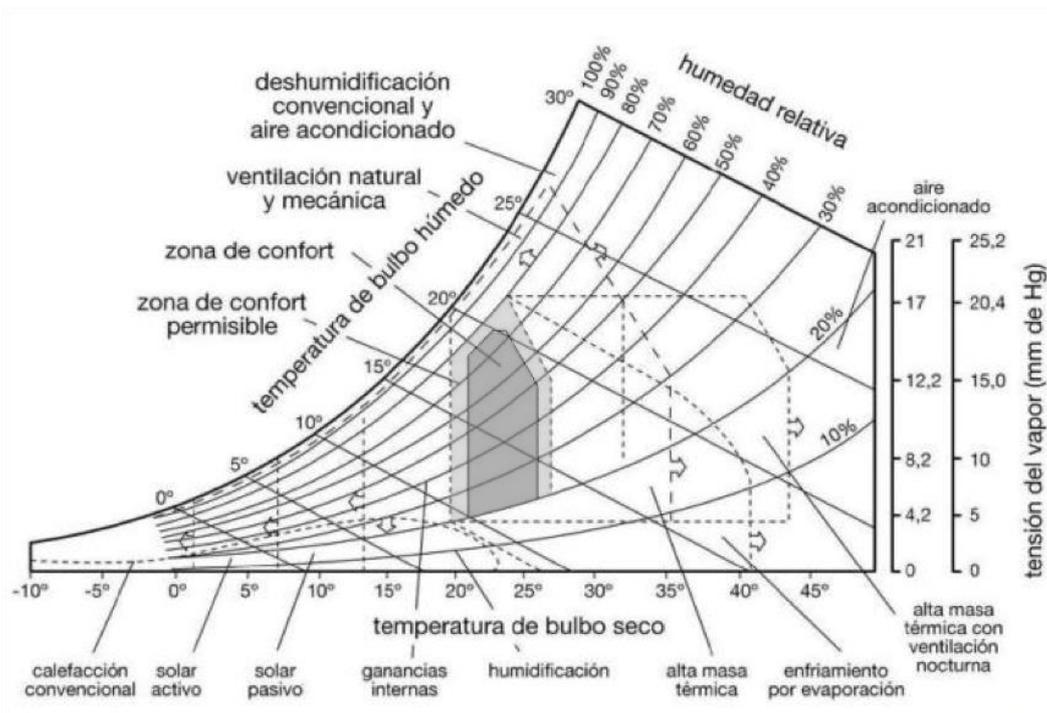


fig. 73: Carta bioclimática de Givoni

Al incorporar las condiciones climáticas del lugar (medias mensuales de temperatura máxima, mínima y humedad relativa) sobre la carta de Givoni, el diagrama se convierte en una herramienta que permite determinar estrategias bioclimáticas a adoptar en función de las condiciones higrotérmicas del edificio en una determinada época del año y establecer las zonas de posible corrección por efecto del movimiento del aire, de radiación, inercia térmica o refrigeración evaporativa.

Objetivos y funciones de las protecciones solares: La protección solar se diseña para dar respuesta conjuntamente a las situaciones de iluminación natural e insolación. En cuanto a la primera condición, la función de la protección solar es evitar deslumbramientos por sol rasante directo, durante la salida y puesta de sol, regulando el nivel de iluminación a lo largo del día. Respecto a la segunda condición, el objetivo es facilitar la ganancia térmica por insolación en el momento en que sea necesaria, e impedirla cuando no se necesite.

Para diferenciar si es favorable o desfavorable la incidencia de radiación directa sobre los vidrios de una edificación se trazan las *isopletras* de temperatura sobre la carta estereográfica del lugar, que son las líneas que encierran sobre la carta puntos de igual temperatura, previamente grafiado el promedio de valores de temperaturas horarias a lo largo del año. La isopletra de 20° discrimina la condición de la incidencia de radiación directa, ya que para temperaturas mayores o igual a 20° esta incidencia puede producir una ganancia térmica no deseada y, por lo tanto, sobrecalentamiento. Sin embargo, para temperaturas menores a este valor, la incidencia de radiación directa sobre los vidrios introduce una carga térmica en la edificación considerada favorable.

Por este motivo, la isopletra de 20° grafiada sobre la carta solar estereográfica forma parte del instrumental para el diseño de protecciones solares, dividiendo las trayectorias de la bóveda celeste en dos zonas: la *zona de captación* (favorable) y el área interior a la isopletra o *zona de protección* (desfavorable), que será la que se tratará de cubrir con la protección solar.

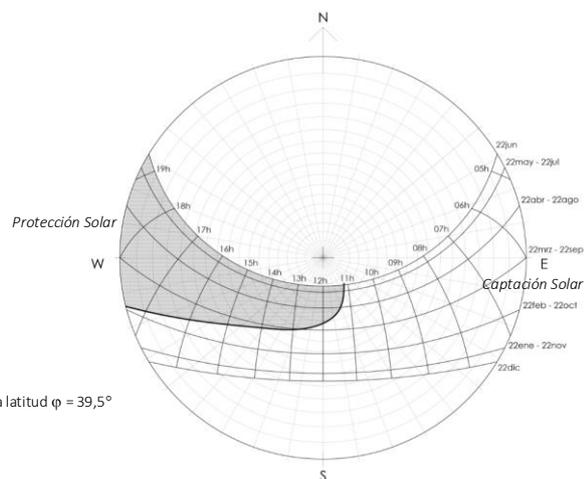


fig. 74: Isopletra de 20° sobre la carta estereográfica para latitud $\varphi = 39,5^\circ$

Acceso al Sol: La energía que proporciona la incidencia de la radiación solar sobre las partes que conforman la envolvente del edificio puede aproximar las condiciones de temperatura interior a las consideradas de confort, dependiendo del periodo anual y el lado de la isopletra 20° que se traten. En el caso del invierno, la posibilidad de aplicación de estrategias de *Captación Solar* sin aporte energético adicional está condicionada directamente por el acceso al sol de la envolvente del edificio. Del mismo modo, la *Protección Solar* como estrategia básica será suficiente en función del nivel de exposición a la radiación del Sol de cada una de las partes que configuran la envolvente del edificio.

Previamente a considerar la conveniencia o no de aplicar estrategias relacionadas con la incidencia del sol sobre un edificio concreto, es recomendable estudiar su ubicación, la orientación de la parcela y su entorno inmediato, además de analizar pormenorizadamente la orientación de cada fachada. Con estos datos, se puede valorar el aprovechamiento de la radiación solar y estimar las necesidades de protección.

Cálculo de acceso al Sol mediante el procedimiento propuesto en DB HE: Se trata de recurrir al procedimiento propuesto en el CTE denominado *Cálculo de pérdidas de radiación solar por sombras*, recogido en los puntos 3.6 del HE4 y 3.4 del HE5. Con este método se calculan las pérdidas de radiación solar que experimenta una superficie debidas a sombras circundantes, expresadas como porcentaje de la radiación solar global que incidiría sobre la superficie si no existiera sombra alguna.

Está basado en el cálculo de obstrucciones solares y consiste en comparar el perfil de obstáculos que afecta a la superficie de estudio con el diagrama de trayectorias solares mediante la superposición de las dos imágenes en proyección cónica, y cuyos resultados solo serán válidos para el punto considerado.

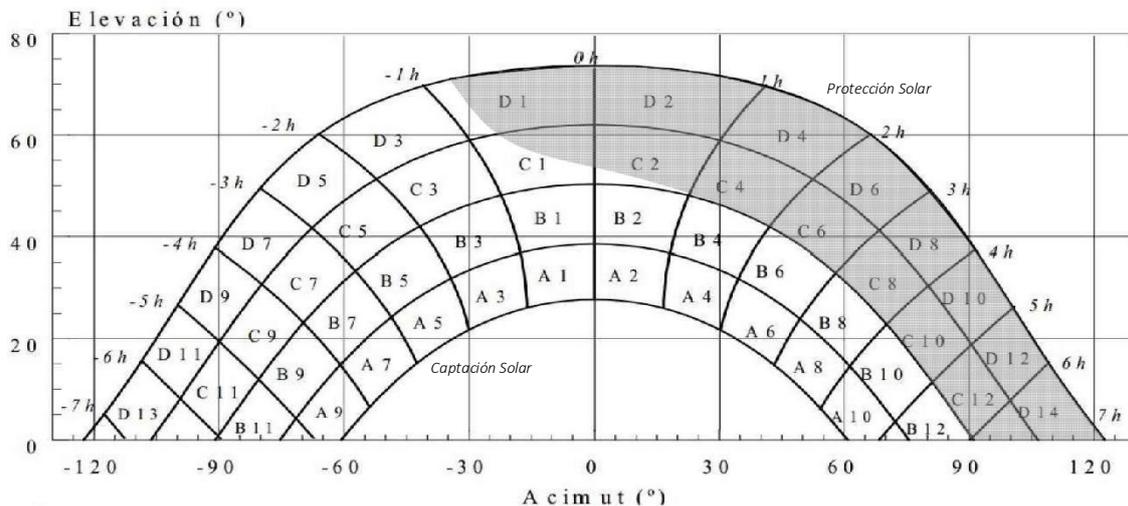


fig. 75: Carta Solar cilíndrica válida para localidades de la Península Ibérica y Baleares, figura 3.4 CTE HE5 (reinterpretada) (p.HE5-10)

El diagrama de la *figura 3.4 CTE HE5* muestra la banda de trayectorias del sol en la península a lo largo de todo el año, graficadas en una carta estereográfica cilíndrica con distribución lineal de las alturas. Esta banda viene dividida en porciones, delimitadas por las horas solares (negativas antes del mediodía solar y positivas después de este) y registradas mediante una letra y un número. Sobre la carta se diferencian dos zonas: la *zona de captación* y la *zona de protección*, sombreada.

Al superponer el perfil de obstáculos (análisis de orientaciones con o sin elementos de protección solar, o volumetrías del entorno) sobre las trayectorias solares, el hecho de que un obstáculo cubra una de las porciones supone una cierta pérdida de irradiación, concretamente la que resulte interceptada por el obstáculo. Dicha superposición da lugar a una fotografía que muestra la porción de cielo observable desde el punto que se estudia, lo que permite calificar de antemano a esa situación como favorable o desfavorable.

En el caso del análisis de acceso al sol, las necesidades de cuantificación van dirigidas a decidir si las superficies de la edificación proyectada reciben radiación solar en los momentos en que esta es necesaria para la aplicación de estrategias de **Captación Solar** al considerarse carga térmica favorable, o si, por el contrario, esa radiación solar ha de ser disipada mediante estrategias de **Protección Solar** al tratarse de carga térmica desfavorable.

La reinterpretación de la figura 3.4 CTE HE4 permite estudiar la exposición al sol de la orientación de las fachadas de un edificio representando sobre dicha imagen el plano vertical que define una fachada, delimitando el espacio exterior de la misma mediante el azimut de sus límites.

Analizando la orientación de las fachadas mediante este procedimiento, se observan las siguientes conclusiones para la latitud $\varphi = 39,5^\circ$:

La *fachada orientada a Norte* no permite el aprovechamiento de la estrategia de Captación Solar; sin embargo, resulta una orientación muy favorable a efectos de iluminación natural ya que permite la recepción de luz difusa constante.

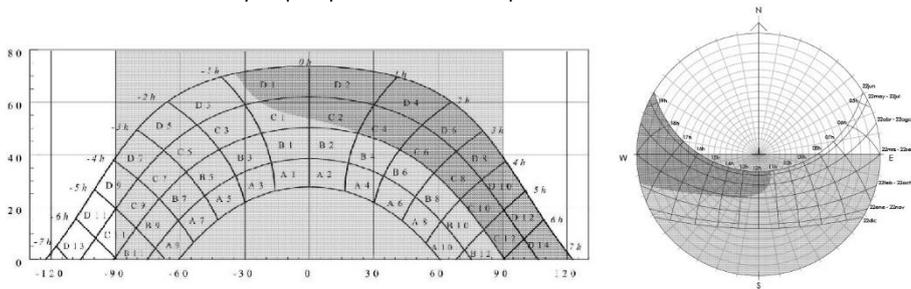


fig. 76: Carta Solar cilíndrica CTE HE5 y máscara de sombras para una fachada vertical de orientación Norte

La *fachada orientada a Este* es una orientación adecuada, con cantidad suficiente de radiación para la aplicación de la estrategia de Captación Solar y en la que son casi innecesarias las medidas de Protección Solar.

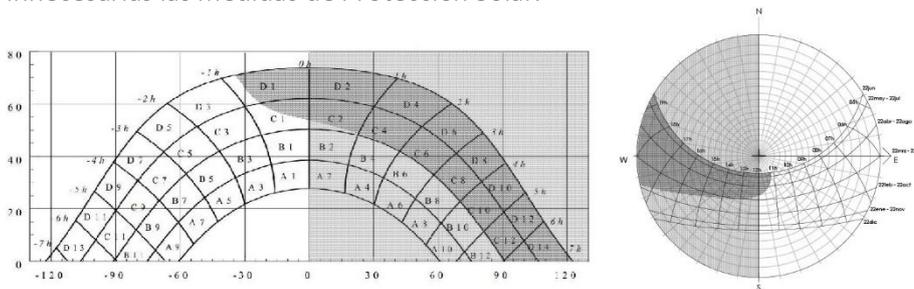


fig. 77: Carta Solar cilíndrica CTE HE5 y máscara de sombras para una fachada vertical de orientación Este

La *fachada orientada a Sureste* resulta una orientación tan adecuada a aplicar estrategias de Captación Solar como la orientación Sur debido a que en ambas se recibe casi la misma cantidad de radiación disponible. En esta orientación, las necesidades de Protección Solar son algo menores porque esta disposición sobre la carta solar evita la radiación del poniente de modo más efectivo.

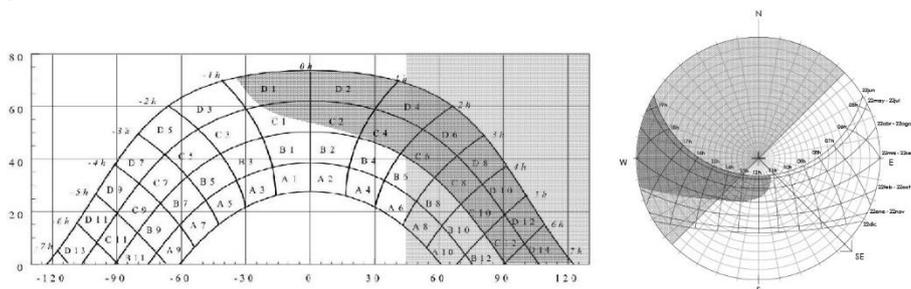


fig. 78: Carta Solar cilíndrica CTE HE5 y máscara de sombras para una fachada vertical de orientación Sureste

La *fachada orientada a Sur* es la orientación más adecuada a la aplicación de la estrategia de Captación Solar ya que en esta latitud permite recibir casi la totalidad de la radiación

disponible, sin dejar de atender a las necesidades de Protección Solar en los sectores desfavorables para evitar sobrecalentamientos.

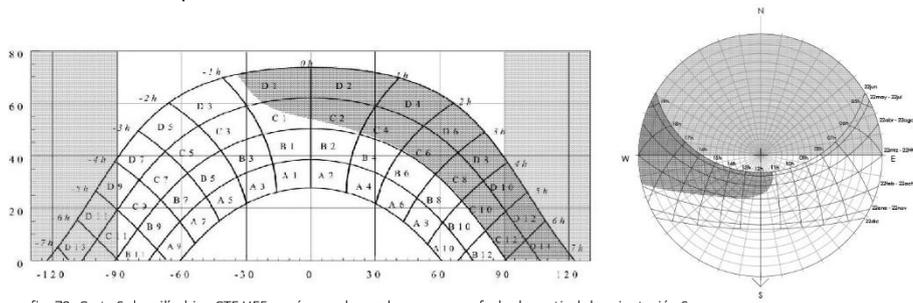


fig. 79: Carta Solar cilíndrica CTE HE5 y máscara de sombras para una fachada vertical de orientación Sur

La *fachada orientada a Suroeste* recibe toda la radiación desfavorable y necesita la aplicación de estrategias de Protección Solar para evitar el sobrecalentamiento. También resulta admisible a la aplicación de la estrategia de Captación Solar ya que dispone de suficiente radiación favorable.

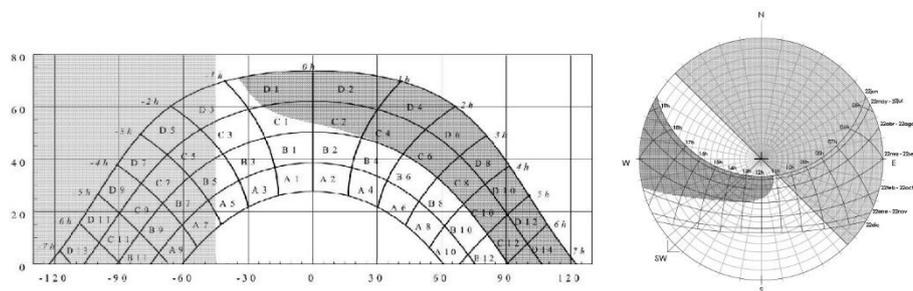


fig. 80: Carta Solar cilíndrica CTE HE5 y máscara de sombras para una fachada vertical de orientación Suroeste

La *fachada orientada a Oeste* resulta inadecuada a la aplicación de estrategias de Captación Solar, ya que prácticamente no dispone de suficientes sectores favorables y está muy expuesta a la radiación solar desfavorable, requiriendo mecanismos de Protección Solar para evitar sobrecalentamientos.

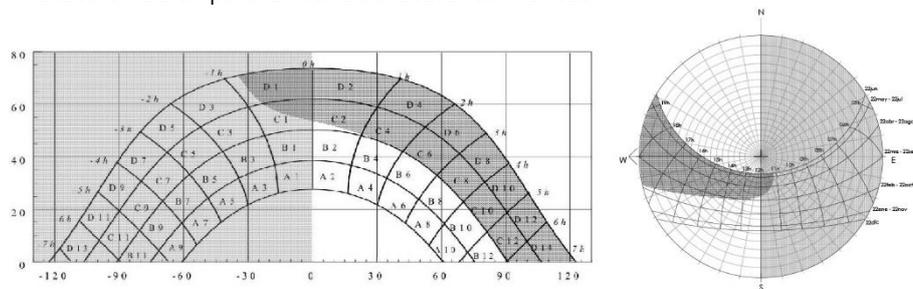


fig. 81: Carta Solar cilíndrica CTE HE5 y máscara de sombras para una fachada vertical de orientación Oeste

Asimismo, este método se emplea en el ámbito del trazado urbano, donde la capacidad de un punto concreto de recibir radiación solar queda condicionada por la forma de la trama urbana y por el acceso al sol que la geometría de la propia trama permita. Por ejemplo, las zonas de edificación abierta liberan superficie en la cota cero y, por lo tanto, son más permeables al sol que los centros históricos, donde su trama y tipo de construcción pueden dificultar el acceso al sol.

Máscaras de sombras: El cálculo de máscaras de sombras es un instrumento muy útil para diseñar protecciones solares ya que permite conocer de antemano los periodos en que la radiación solar incidirá sobre los vidrios del edificio.

Está basado en el método de los planos límite y permite analizar cómo la geometría de un hueco condiciona la entrada de la radiación solar a través de él. Para ello, se definen los planos del hueco

(y de las protecciones si las hubiera) que limitan la recepción de la radiación y se representan en una proyección estereográfica, superpuestas, a la vez, sobre las zonas de Captación Solar y Protección Solar delimitadas por la isopleta de 20°, de modo que queda registrada la permeabilidad del hueco geoméricamente definido a la incidencia solar, en función de la posición del Sol en la esfera celeste del lugar.

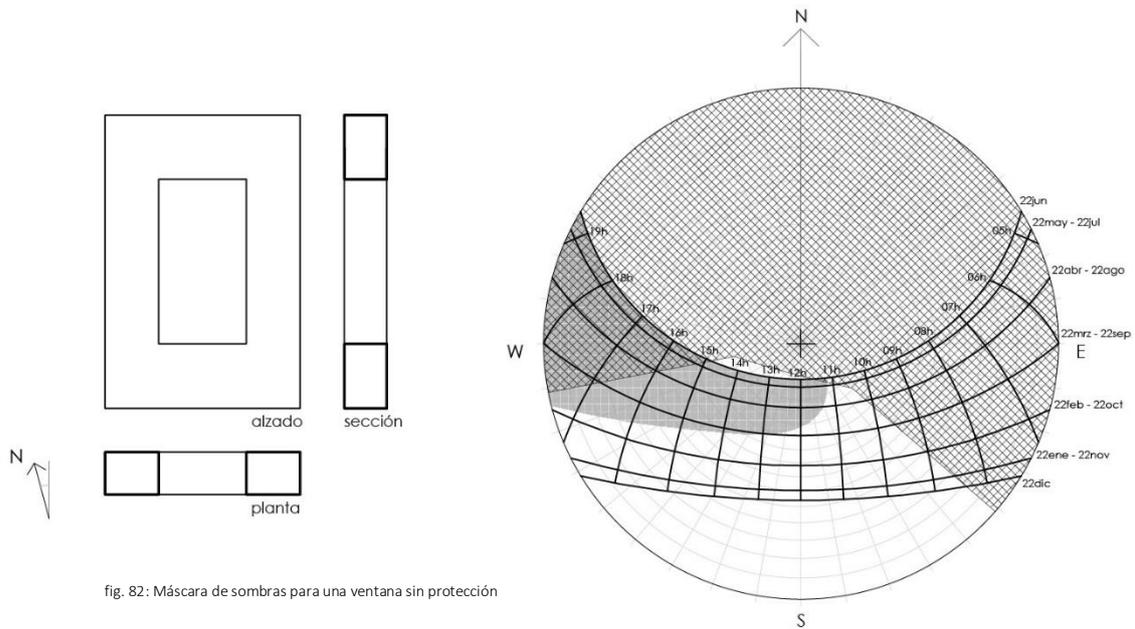


fig. 82: Máscara de sombras para una ventana sin protección

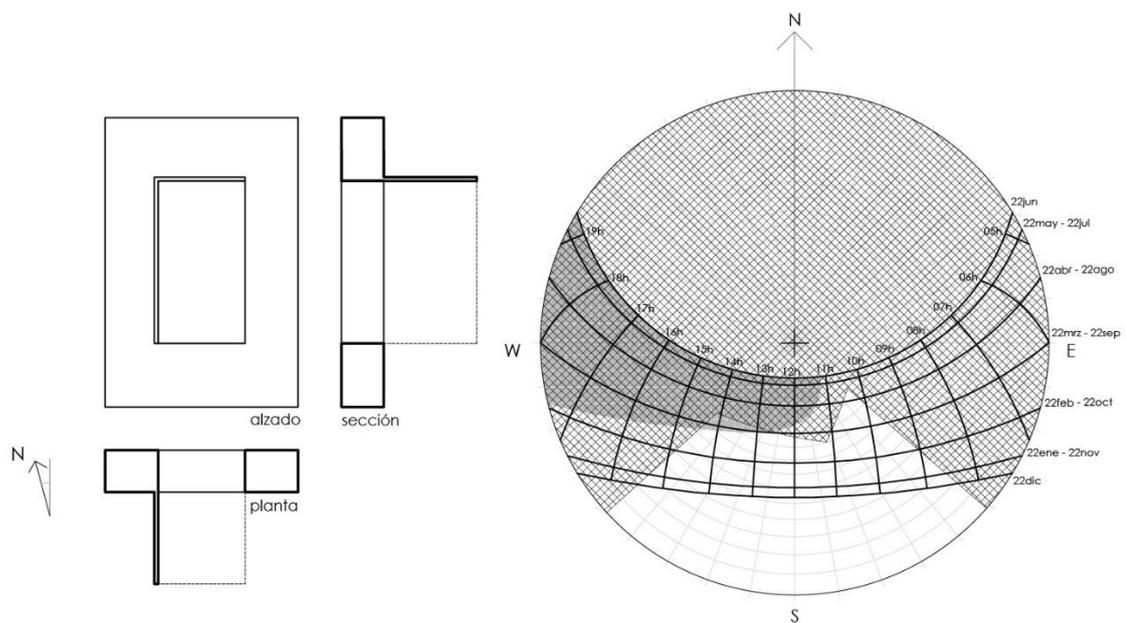


fig. 83: Máscara de sombras para una ventana con protección

Protección solar en función de la orientación: A partir de la máscara de sombras que producen los planos límite de un hueco se puede analizar cuánta radiación solar penetra por él y en qué periodos, para así evaluarla y decidir si ese hueco necesita protección solar o, en el caso de tenerla, confirmar que se adecua a la función para la que ha sido diseñada.

La disposición y geometría de las protecciones solares depende fundamentalmente de la orientación que se quiera proteger y de la forma de los huecos. Para cada orientación cardinal y atendiendo al área de sombreado, el diseño que se considera más adecuado para las protecciones solares es el siguiente:

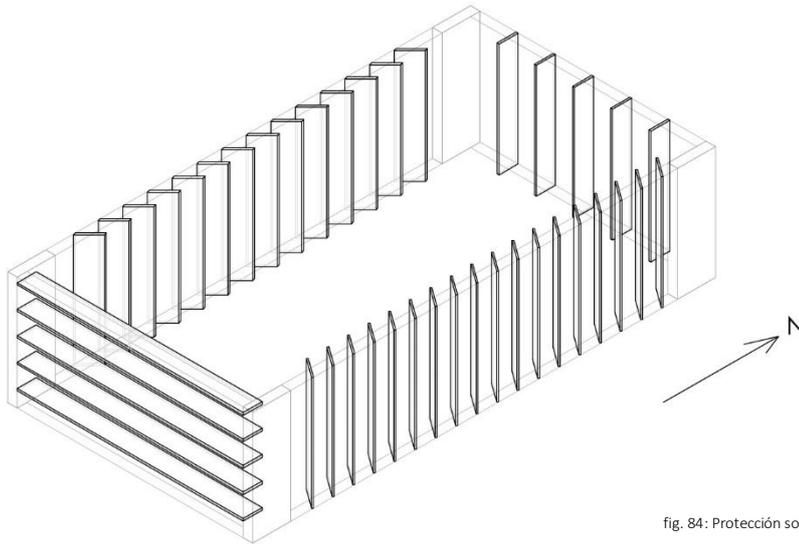


fig. 84: Protección solar ideal en función de la orientación

Para la *fachada Norte*, lamas verticales que impiden los deslumbramientos durante la salida y puesta de Sol en el solsticio de verano.

Para la *fachada Este*, lamas verticales cuya orientación coincida con la dirección de salida del Sol durante el solsticio de invierno para favorecer la entrada de radiación en esta época, mientras que conforme se aproxime el solsticio de verano limite la entrada de dicha radiación. La radiación incidente sobre esta fachada se considera favorable todo el año.

Para la *fachada Sur*, lamas horizontales o voladizos con la dimensión adecuada que permitan que la radiación atraviese la protección solar durante el otoño y el invierno para producir ganancia térmica, a la vez que sea capaz de impedir la incidencia durante el verano y evitar así sobrecalentamientos.

Para la *fachada Oeste*, lamas verticales que permitan la entrada del Sol durante el invierno, complementadas con lamas horizontales que controlen la incidencia de radiación durante el verano. El objetivo es limitar la radiación incidente en esta orientación, ya que supone una importante entrada de carga térmica a partir del equinoccio de primavera.

Apartado 3

Plan de trabajo

El objetivo de este trabajo es verificar cuantitativamente si las estrategias de diseño que se escogieron para la protección solar en las fachadas de un edificio existente mejoran el comportamiento energético del edificio frente a no tener la protección, siendo la Geometría Solar y los fundamentos expuestos en el apartado anterior la base de partida para solucionar estas exigencias; habiendo sido consideradas también en la propuesta original la ubicación de la parcela, la orientación del edificio y la volumetría final.

Para ello, se ha elegido un edificio público que pertenece a la red de obras que conforman el Campus de Blasco Ibáñez de la Universidad de Valencia, entre los cuales se encuentran varios edificios diseñados por el arquitecto Fernando Moreno Barberá, escogiendo uno de ellos: el edificio para los **Laboratorios de la Facultad de Ciencias en la Universidad de Valencia**. La elección de este edificio tiene mucho que ver con la huella de este arquitecto en la lectura de la Arquitectura Moderna en nuestro país y su enorme interés por hacer del edificio un espacio que diera respuesta a un programa concreto introduciendo, entre otras, una variable singular que, a mediados del siglo XX, suponía una estrategia innovadora: la capacidad de autogestión energética y eficiente que podría ofrecer un edificio de esta envergadura, lo que supondría un ahorro importante en cuestión económica y ecológica a largo plazo, haciendo del edificio una máquina autosuficiente y completa, un edificio que se use, disfrute y no se sufra.

Con el fin de cuantificar la respuesta energética del edificio, es necesario desarrollar un plan de trabajo que seguirá los siguientes marcadores, en dos situaciones:

1. Recopilación de información del edificio.
2. Visita al edificio y experiencia del comportamiento energético.
3. Toma de datos y fotografías.
4. Generar la volumetría del edificio con el programa AutoCAD.

A partir de aquí, para dos situaciones distintas:

CON protección solar original / SIN protección solar

5. Modelado de la volumetría en el programa 3ds max.
6. Extracción de panorámicas de cada fachada.
7. Cálculo de obstrucciones solares y patrones de sombra.
8. Introducción de datos y patrones para la elaboración del certificado de eficiencia energética con el programa CE3X.
9. Obtención del informe certificado de eficiencia energética.
10. Resumen de resultados: calificación de la construcción, demanda energética en calefacción y refrigeración, gasto de energía no renovable y emisión de dióxido de carbono.

A partir de los datos obtenidos en ambos certificados, **se podrán comparar los resultados energéticos** que caracterizan la situación del edificio en función de disponer o no la protección solar, y en qué medida se mejora el comportamiento energético con la solución adoptada en el proyecto original, adelantándose a su época en lo que a edificio bioclimático se refiere.

Esta comparativa permitirá analizar y justificar si la forma, orientación y cálculo de soleamiento en el diseño de un edificio a partir de criterios basados en Geometría Solar les convierte en instrumentos competentes en la resolución del proyecto en materia energética.

Además, se podrá comprobar si la elección de fachadas de vidrio en determinadas orientaciones de un edificio ubicado en una latitud concreta (como es el caso de Valencia), **correctamente protegidas**, cumplen con las funciones de transparencia, relaciones visuales, iluminación, captación de energía solar favorable y protección de la desfavorable, sin que mermen el resto de propiedades y participen de la gestión energética del edificio.

Apartado 4

Desarrollo del trabajo

Recopilación de datos

Fueron numerosas las referencias a la obra de Fernando Moreno Barberá durante la trayectoria académica en el área de Proyectos. En su obra subrayaban, entre otras virtudes, la atención a la organización funcional y volumétrica, la orientación, la estructura y modulación, el tratamiento de los espacios exteriores, y las relaciones entre estos y el edificio, además de ajustarse al presupuesto establecido de las obras públicas que proyectó, adquiriendo así un compromiso global con el proyecto y quienes intervenían en él.

Llamaba especialmente la atención que su obra se caracterizaba por las protecciones solares y otros elementos que participaban activa y pasivamente del acondicionamiento del edificio: los patios, las sombras y los espacios intermedios entre volúmenes, teniendo en cuenta las características climáticas del lugar. En el edificio para los *Laboratorios de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Valencia* se pueden analizar todas estas pistas que reconocen su obra.

Entre las divulgaciones dedicadas a la arquitectura de Moreno Barberá, es destacable el libro *Fernando Moreno Barberá. Modernidad y arquitectura*, publicado por el profesor Juan Blat Pizarro, en el que desarrolla un minucioso recorrido por la vida y obra del arquitecto. En la segunda parte de este texto, el autor recoge la obra completa del arquitecto con planos y fotografías originales de cada proyecto, lo que permite una primera aproximación a la obra que da nombre a este trabajo. Concretamente, sobre este edificio escribe:

BLAT (2006):

Se trata de un sencillo bloque laminar desplazado hasta el perímetro norte del solar para generar un complejo espacio intermedio entre él y el edificio de la Facultad de Ciencias. La fachada recayente a este espacio cierra las circulaciones horizontales de cada planta mediante planos de vidrio protegidos por una serie de enormes 'brise-soleil' que componen la fachada. Del conjunto sobresale volumétricamente la pieza vertical que contiene el acceso y los núcleos de comunicación y servicios. La fachada norte exhibe la armadura vertical del único pórtico seriado a que se reduce la estructura, cuyos pilares de hormigón apantallados se adelantan y limitan el ventanaje asimétrico que confiere ritmo a esta fachada. (p.184)

Y a continuación, en las páginas dedicadas a los Laboratorios de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Valencia (1960-1967) recopila los planos originales, documentos del Fondo Moreno Barberá del Archivo Histórico ÍCARO-CTAV:

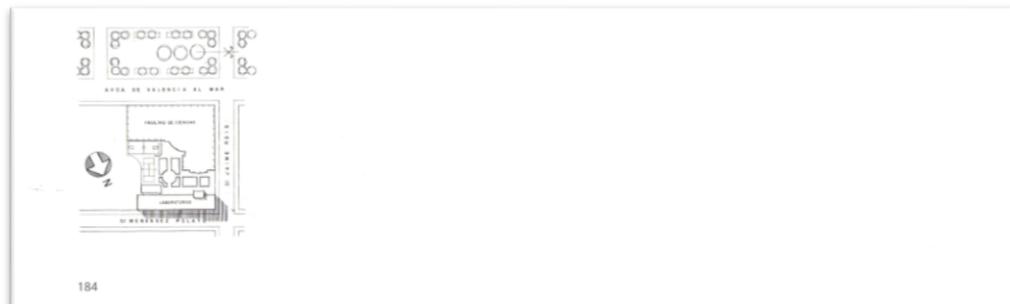
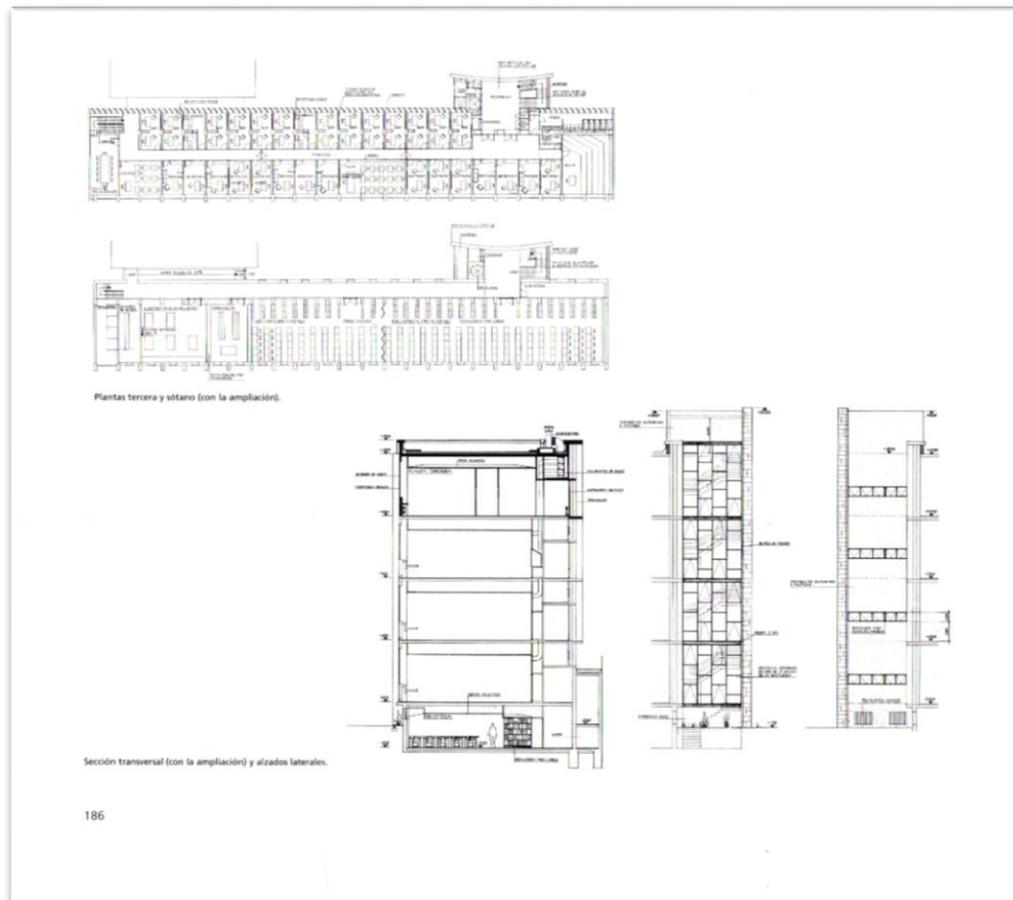
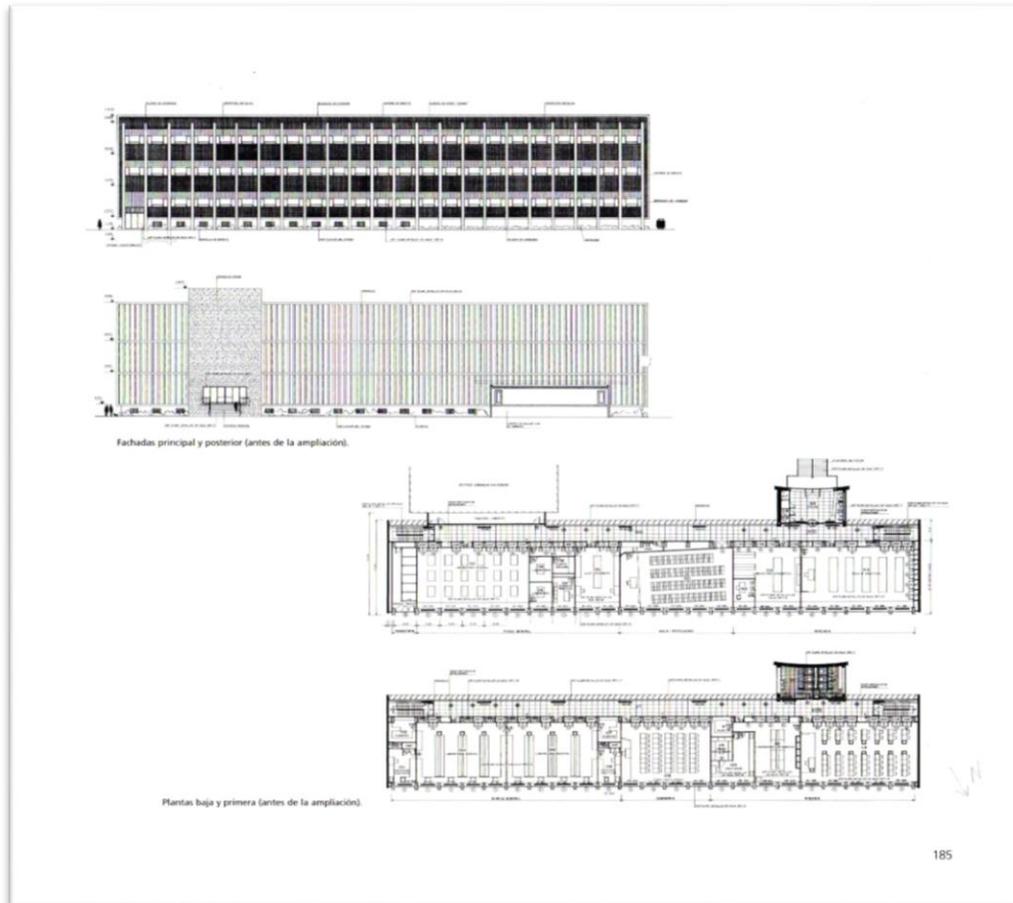


fig. 85: Emplazamiento del edificio para los Laboratorios de Ciencias en la Universidad de Valencia.



figs. 86 y 87: Plantas, alzados y secciones del edificio para los Laboratorios de Ciencias en la Universidad de Valencia.

En varias ocasiones, durante los cursos del Grado en Fundamentos de la Arquitectura en la *Universitat Politècnica de València*, se han programado visitas a algunos edificios proyectados por Moreno Barberá en el Campus de Blasco Ibáñez, y en todas ellas se ha podido verificar que el acondicionamiento de los edificios es prácticamente autónomo.

El edificio objeto de este trabajo no es de los más visitados en excursiones académicas, pero continúa la línea proyectual de los edificios más representativos y sí visitados de la Universidad de Valencia, como las originarias Facultad de Derecho, Escuela de Ingenieros Agrónomos y Facultad de Filosofía y Letras, que hoy por hoy han sido acondicionadas según las actuales normativas, y destinadas a otros Grados.

El edificio diseñado en 1960 para albergar los Laboratorios de la Facultad de Ciencias también ha sido intervenido mínimamente para adaptarlo a las actuales normativas de seguridad y accesibilidad, ampliando algunas piezas del volumen original (sobre todo en accesos) que no afectan al objeto de este trabajo, y alojando actualmente la Facultad de Enfermería y Podología, lo que permite su visita libremente. De este modo, se pudieron tomar medidas, dibujos y fotografías que completaron la información recogida en la bibliografía, al mismo tiempo que se pudo experimentar el comportamiento energético del edificio en diferentes horas del día, varios días del año.

Seguidamente, algunas fotografías tomadas en las visitas:



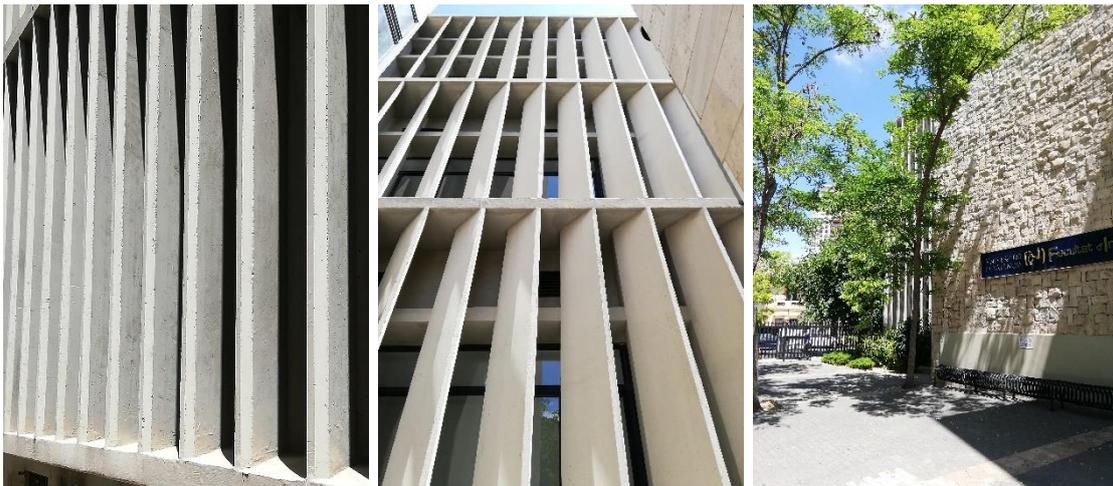
figs. 88 y 89: Fachada Norte y testero. Fachada Sur y testero. Fotografías desde la calle Jaime Roig



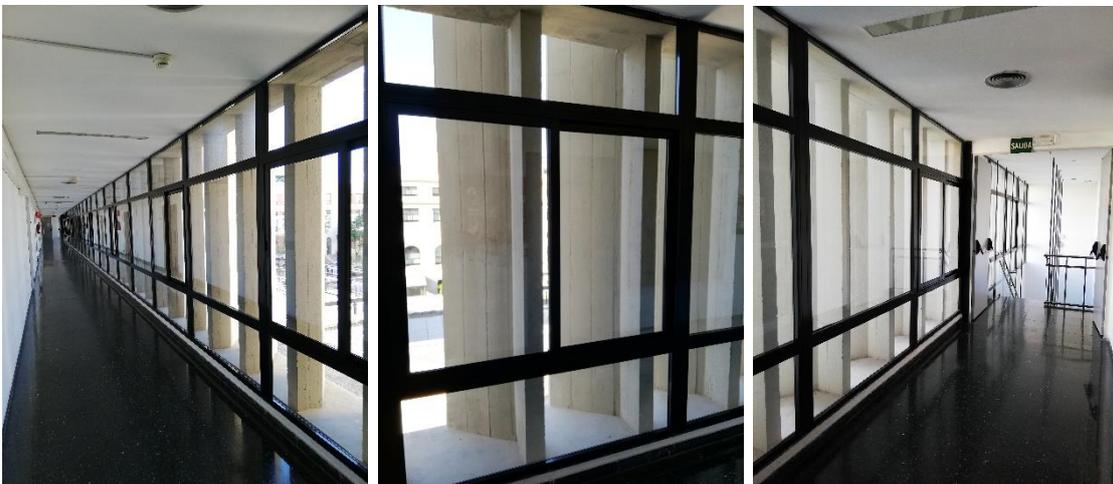
figs. 90 y 91: Fachada Sur. Fotografías desde la avenida Blasco Ibáñez



figs. 92 y 93: Fachada Sur. Detalle de la protección solar. Fotografías desde el interior del recinto



figs. 94, 95 y 96: Detalle de la protección solar. Entrada al edificio. Fotografías desde el interior del recinto



figs. 97, 98 y 99: Detalle de la protección solar. Fotografías desde el interior del edificio

Levantamiento del edificio en 3D

A partir de la información gráfica y las medidas tomadas *in situ*, se ha procedido a generar la volumetría del edificio original en AutoCAD.

Consta de **dos piezas**: un bloque principal y longitudinal de gran envergadura que recoge el programa del edificio; y un pequeño volumen vertical de comunicación y servicios, exterior al bloque y al que pincha puntualmente evitando la simetría.

Los testeros son ciegos en orientaciones Este y Oeste, mientras que las fachadas longitudinales están resueltas con distintos mecanismos, tanto por la orientación como por su relación con el exterior: La fachada Norte vuelca a la vía y presenta una seriación de ventanas sin protección solar. La fachada Sur recibe el acceso y soluciona todos los huecos con vidrio protegido por un sistema de lamas de hormigón.

Para analizar la incidencia de la radiación solar sobre el edificio a través de sus fachadas es suficiente con modelar la envolvente exterior diferenciando las capas estructura, carpintería, vidrio y protección solar.

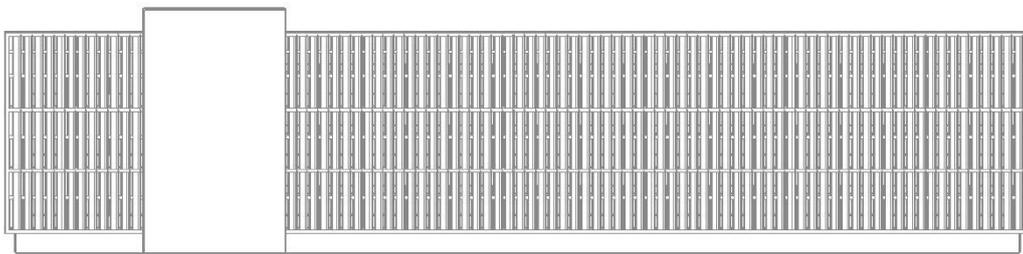


fig. 100: Fachada Sur de la axonometría

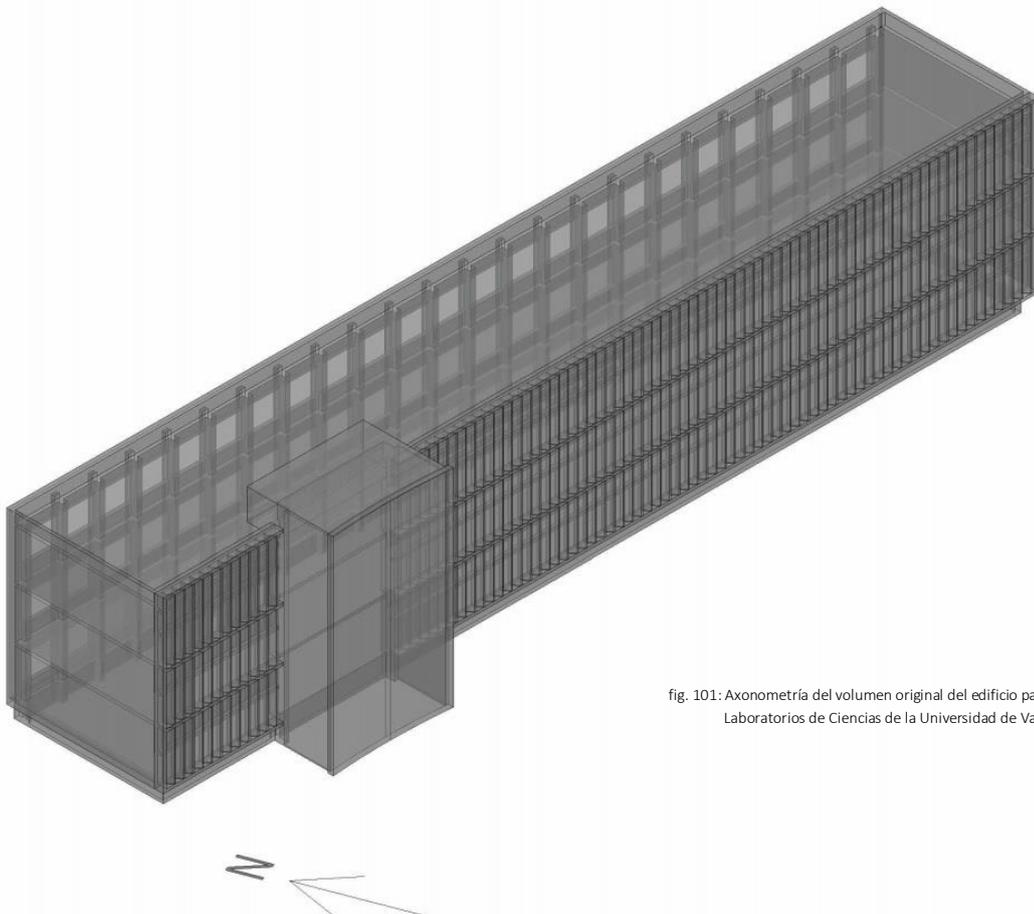


fig. 101: Axonometría del volumen original del edificio para los Laboratorios de Ciencias de la Universidad de Valencia

El edificio CON la protección solar original. Panorámicas. Programa CE3X: Envolvertes. Patrones de sombra. Instalaciones. Calificación energética. Certificación energética

Modelado de la volumetría en el programa 3ds max: Tras obtener el 3D del edificio, con la *capa protección solar activada*, es necesario cargar este modelo correctamente orientado en el programa 3ds max. Seguidamente, se exporta la esfera celeste que ha facilitado el tutor de este trabajo, en la que están trazadas las trayectorias solares correspondientes a la ciudad de Valencia. Ambos modelos superpuestos permiten obtener imágenes desde el interior del edificio en las que se puede apreciar el movimiento aparente del sol, la incidencia solar favorable (grafada en verde) y la desfavorable (grafada en rojo), analizando así el comportamiento real del edificio.

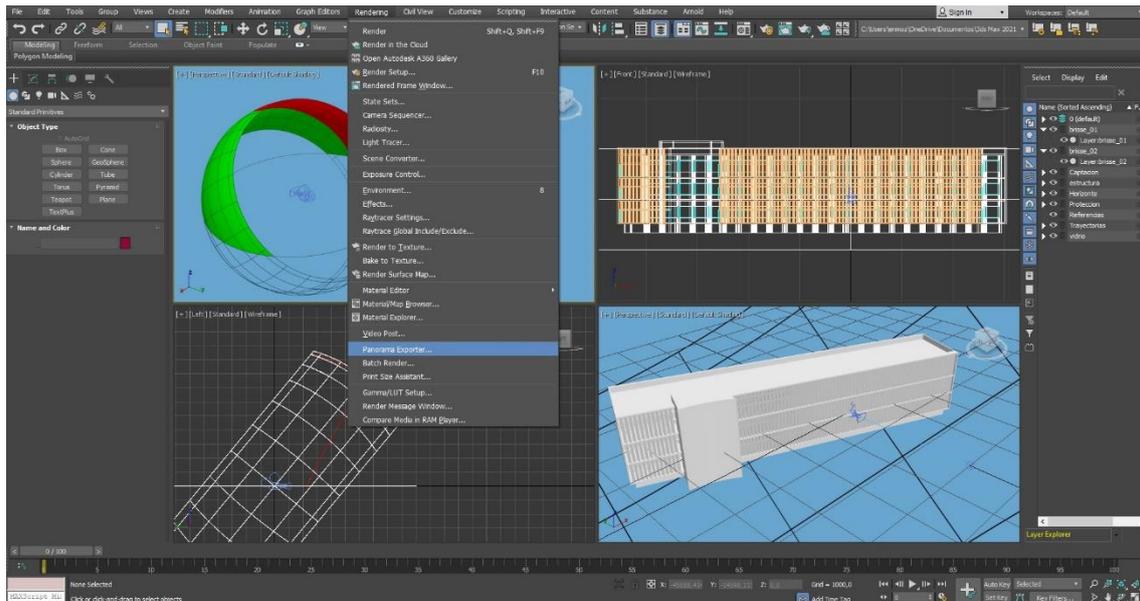


fig. 102: Captura de pantalla del programa 3ds max, con la *capa protección solar* activada

Extracción de panorámicas de las fachadas: Se escogen dos puntos significativos en los que ubicar la cámara y trazar panorámicas, uno para cada fachada a estudiar (fachada Norte y fachada Sur). Estos puntos están situados en el plano de los vidrios, a 10 cm de altura en los respectivos huecos y localizados en planta como se indica en la figura:

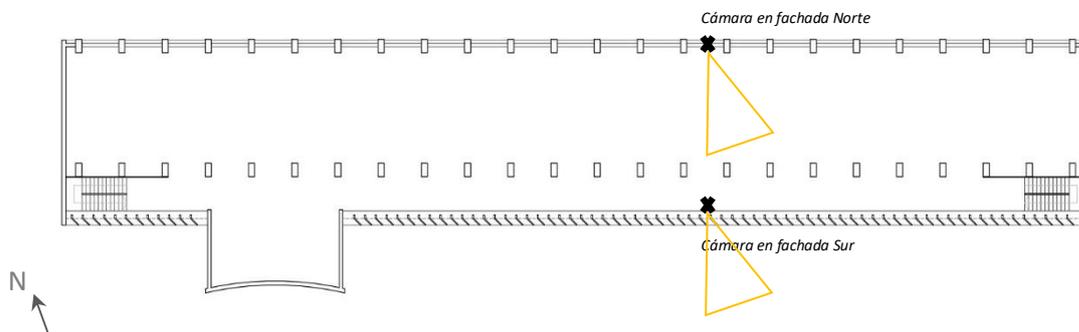


fig. 103: Puntos donde se localizan las cámaras para obtener las panorámicas

Cada cámara se inserta con el objetivo orientado a Sur para recorrer toda la trayectoria solar correspondiente a la carta solar cilíndrica con distribución lineal de las alturas para esta latitud, y sobre su ubicación habrá sido desplazado el origen del sistema de referencia universal, dispuesto ahí en el archivo de AutoCAD anteriormente, en cada caso. Este punto se habrá convertido también en el centro geométrico de la esfera celeste.

Mediante las opciones *Rendering*, *Panorama Exporter* y *Render* se obtiene la panorámica para cada fachada y se recortarán bajo el horizonte para que la imagen final rectangular tenga dimensiones: $a(\text{ancho}) \times 4a(\text{largo})$.

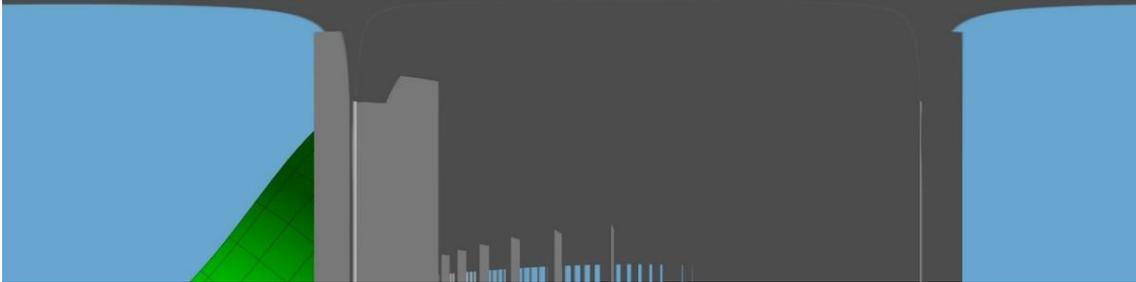


fig. 104: Panorámica recortada desde la fachada Norte, con la *capa protección solar* activada

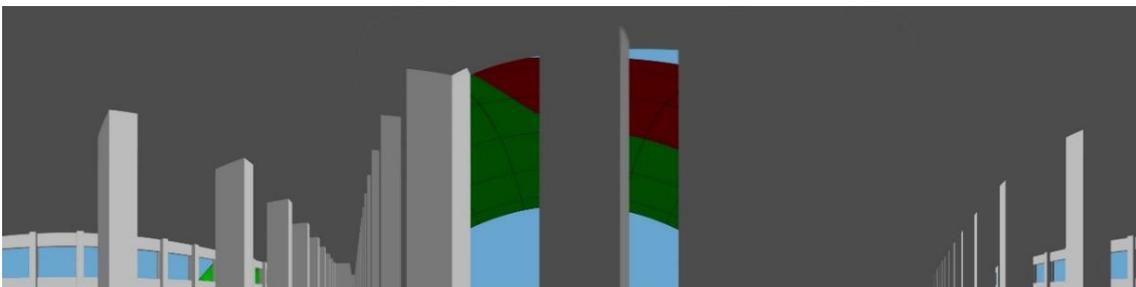


fig. 105: Panorámica recortada desde la fachada Sur, con la *capa protección solar* activada

Cálculo de obstrucciones solares y patrones de sombra: En las panorámicas se pueden leer las porciones de cielo observable desde cada punto, lo que permitirá examinar la pérdida de irradiación debido a la protección solar. Con estas imágenes, se podrán trazar los patrones de sombra a partir de delimitar los obstáculos mediante polígonos definidos en AutoCAD.

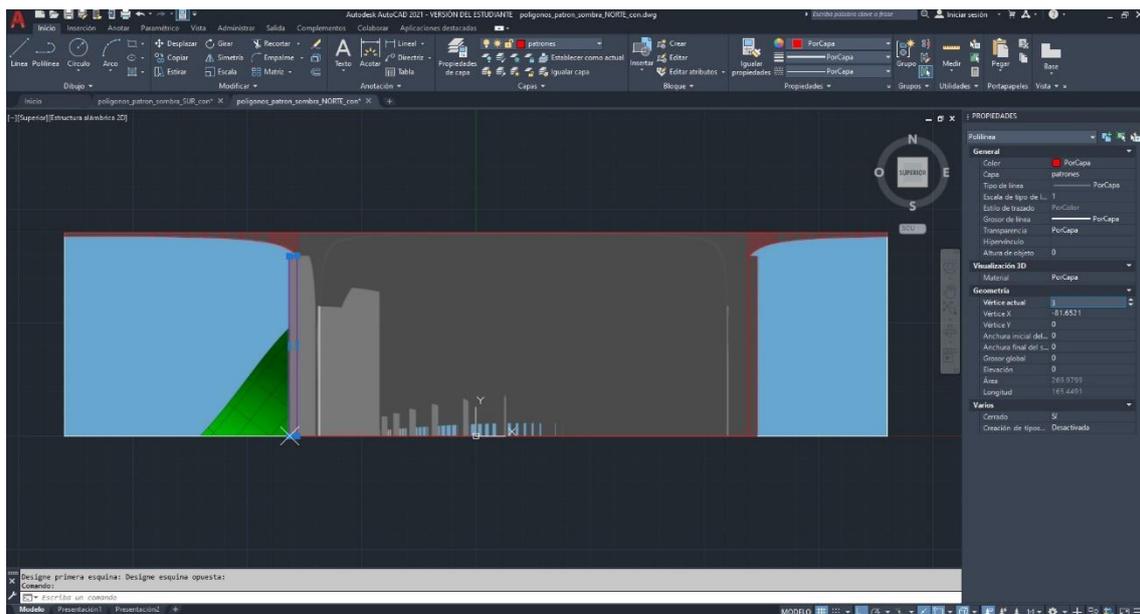


fig. 106: Captura de pantalla del programa AutoCAD. Polígonos que definen la obstrucción solar. Ventana Norte

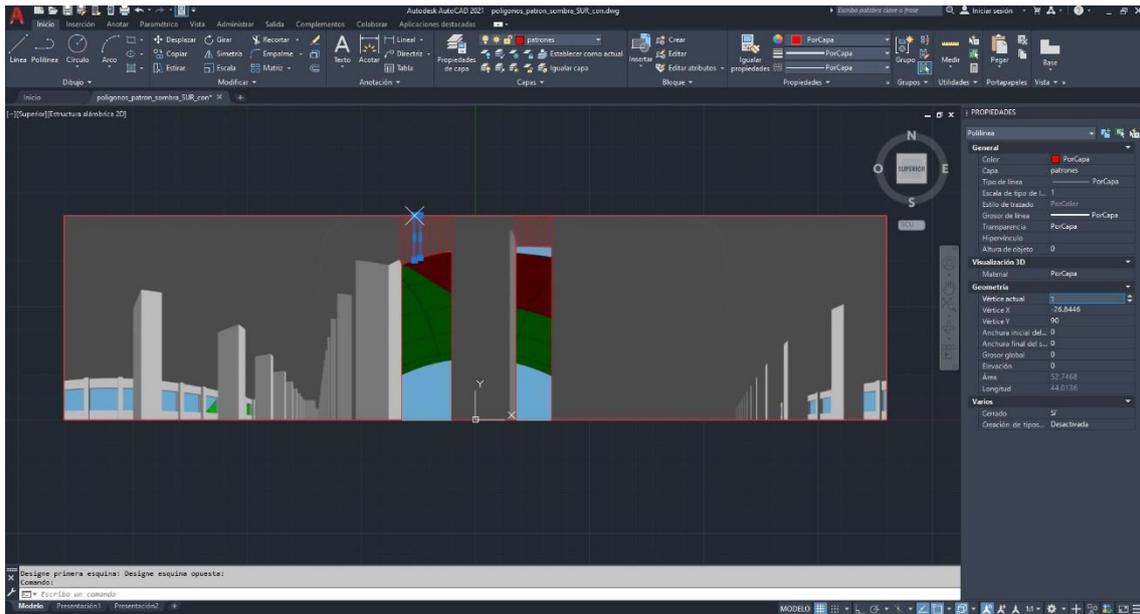


fig. 107: Captura de pantalla del programa AutoCAD. Polígonos que definen la obstrucción solar. Ventana Sur con protección solar

Al insertar la imagen en AutoCAD, su centro se desplaza al origen y se escala para que sus dimensiones originales ($ax4a$) sean 90×360 , de modo que las coordenadas cartesianas de los vértices de cada polígono se conviertan en coordenadas angulares que puedan trasladarse al diagrama polar de patrones de sombra del programa CE3X, en el que la línea del horizonte representa el azimut en grados sexagesimales, y el eje vertical la elevación desde 0° hasta el zénit.

Para cada fachada, los patrones de sombra quedan así:

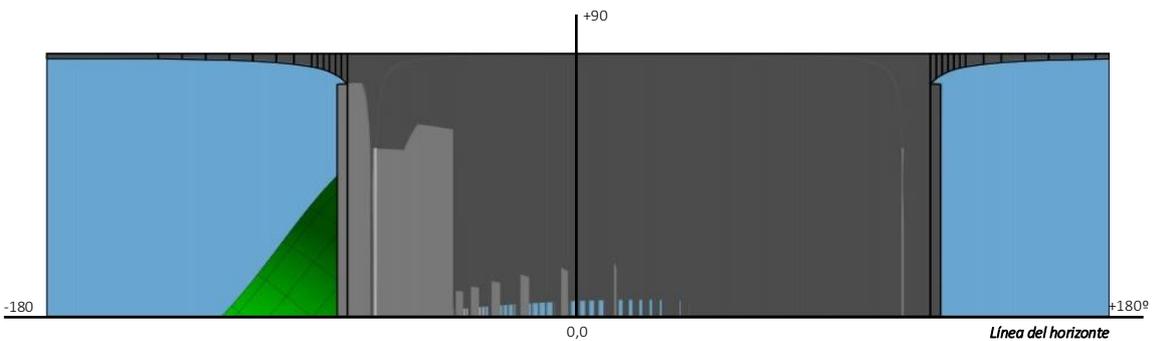


fig. 108: Patrón de sombra en AutoCAD. Ventana Norte

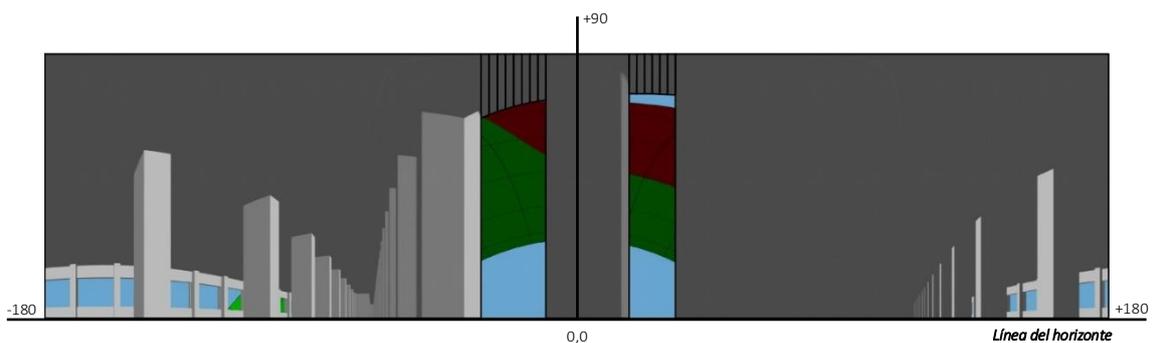


fig. 109: Patrón de sombra en AutoCAD. Ventana Sur con protección solar

Programa CE3X: El programa CE3X es un auditor energético para la obtención de certificados de eficiencia energética. Se trata de una herramienta a disposición pública desde el Ministerio de Industria, Energía y Turismo a través del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE).

The screenshot shows the 'Datos administrativos' (Administrative Data) section of the CE3X software. It is divided into three main sections: 'Localización e identificación del edificio' (Building location and identification), 'Datos del cliente' (Client data), and 'Datos del técnico certificador' (Certifying technician data). Each section contains various input fields for text, dropdown menus, and checkboxes.

Localización e identificación del edificio			
Nombre del edificio	Facultad de Enfermería y Podología de la Universidad de Valencia (antiguos Laboratorios de Ciencias de la Universidad de Valencia)		
Dirección	Calle Jaime Roig		
Provincia/Ciudad autónoma	Valencia	Localidad	Valencia
Código Postal	46010		
Referencia Catastral	6935701YJ2763F0001DP		

Datos del cliente			
Nombre o razón social	Encarni Moreno		
Dirección	xxx		
Provincia/Ciudad autónoma	Valencia	Localidad	valencia
Código Postal	46006		
Teléfono	xxx	E-mail	xxx

Datos del técnico certificador			
Nombre y Apellidos	Encarni Moreno	NIF	xxx
Razón social	xxx	CIF	xxx
Dirección	xxx		
Provincia/Ciudad autónoma	Valencia	Localidad	valencia
Código Postal	46006		
Teléfono	xxx	E-mail	xxx
Titulación habilitante según normativa vigente	arquitecta		

fig. 110: Captura de pantalla del programa CE3X. Datos administrativos

The screenshot shows the 'Datos generales' (General Data) section of the CE3X software. It includes fields for 'Normativa vigente', 'Año construcción', 'Tipo de edificio', 'Perfil de uso', 'Provincia/Ciudad autónoma', 'Localidad', and 'Zona climática'. Below this is the 'Definición edificio' (Building definition) section, which includes fields for 'Superficie útil habitable', 'Altura libre de planta', 'Número de plantas habitables', 'Ventilación del inmueble', 'Demanda diaria de ACS', and 'Masa de las particiones internas'. There are also two images: 'Imagen edificio' and 'Plano situación'.

Datos generales			
Normativa vigente	NBE-CT-79	Año construcción	1960
Tipo de edificio	Edificio completo	Perfil de uso	Intensidad Alta - 16h
Provincia/Ciudad autónoma	Valencia	Localidad	Valencia
Zona climática	B3	HE-1	HE-4

Definición edificio	
Superficie útil habitable	4100 m ²
Altura libre de planta	2.7 m
Número de plantas habitables	4
Ventilación del inmueble	0.8 ren/h
Demanda diaria de ACS	800 l/día
Masa de las particiones internas	Media
<input type="checkbox"/> Se ha ensayado la estanqueidad del edificio	

Imagen edificio Plano situación

fig. 111: Captura de pantalla del programa CE3X. Datos generales

Envolvente térmica. Suelo:

The screenshot shows the 'Envolvente térmica' configuration window for the 'Suelo' (ground) element. On the left, a tree view lists building components: 'Muro de hormigon_ESTE', 'Muro de hormigon_OESTE', 'Muro de hormigon_NORTE', 'Muro de hormigon_SUR', 'Cubierta con aire', 'Suelo con terreno', and 'PT Encuentro de fachada c'. The main panel is titled 'Envolvente térmica del edificio' and includes a diagram of the building footprint with 'Espacios habitables' indicated. The 'Suelo' option is selected, with sub-options 'En contacto con el terreno' and 'En contacto con el aire exterior'. Below, the 'Suelo en contacto con el terreno' section is active, showing a name of 'Suelo con terreno', a surface area of 988.0 m² (with dimensions 76m x 13m), and a thermal transmittance of 1.0 W/m²K. The 'Propiedades térmicas' are set to 'Por defecto'. Buttons for 'Añadir', 'Modificar', 'Borrar', and 'Vista clásica' are at the bottom.

fig. 112: Captura de pantalla del programa CE3X. Envlovente térmica. Suelo

Envolvente térmica. Cubierta:

The screenshot shows the 'Envolvente térmica' configuration window for the 'Cubierta' (roof) element. The tree view on the left highlights 'Cubierta con aire'. The main panel is titled 'Envolvente térmica del edificio' and includes the same building footprint diagram. The 'Cubierta' option is selected, with sub-options 'Enterrada' and 'En contacto con el aire'. The 'Cubierta en contacto con el aire' section is active, showing a name of 'Cubierta con aire', a surface area of 988.0 m² (with dimensions 76m x 13m), and a thermal transmittance of 0.57 W/m²K. The 'Propiedades térmicas' are set to 'Estimadas', with a 'Clase de cubierta' of 'Cubierta plana ventilada', 'Tipo de forjado' of 'Unidireccional', and 'Cámara de aire' of 'Ligeramente ventilada'. The 'Características del aislamiento térmico' section shows 'Tipo de aislamiento' as 'EPS' with a thickness of 0.05 m. Buttons for 'Añadir', 'Modificar', 'Borrar', and 'Vista clásica' are at the bottom.

fig. 113: Captura de pantalla del programa CE3X. Envlovente térmica. Cubierta

Envolvente térmica. Muros: Antes de entrar al programa para crear la envolvente-muro, es adecuado establecer previamente las características y dimensiones de los elementos de cada fachada, habiendo sido definidas sus orientaciones con el criterio establecido para ello en el Código Técnico, según la figura:

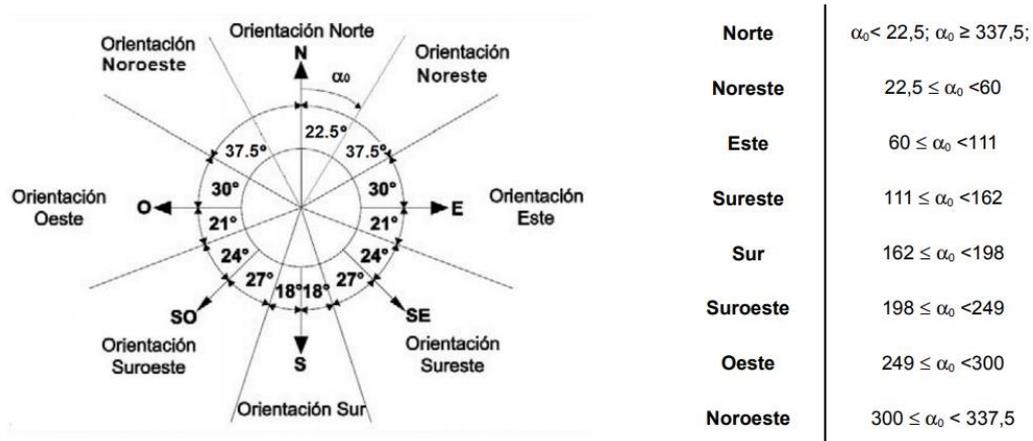


fig. 114: Criterio de orientación para las fachadas, figura A.1 del CTE DB HE1. (p.29)

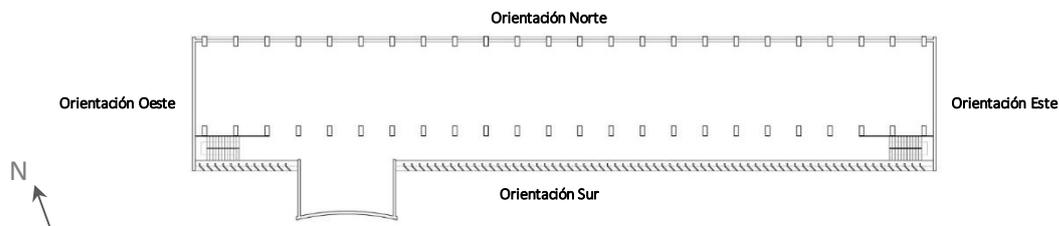


fig. 115: Orientaciones del edificio de los Laboratorios de Ciencias de la Universidad de Valencia según el criterio del CTE DB HE1

El volumen de este edificio se puede considerar un ortoedro con tres tipos de fachadas, según su forma y huecos. Los datos extraídos del modelo 3D para generar las envolventes en el programa de certificación se recogen en las tablas siguientes:

Fachadas Este y Oeste, que son opacas, prácticamente cuadradas y se denominan testeros.

Fachadas Este-Oeste	Longitud	Altura	Unidades	Total
Muro	13,00 m	15,00 m	1	195,00 m ²
Vidrio	--	--	--	--

Fachada Norte, el plano que la define es rectangular y con ventanas a la vía.

Fachada Norte	Longitud	Altura	Unidades	Total
Muro	76,00 m	15,00 m	1	1.140 m ²
Vidrio	2,75 m	2,25 m	69	426,94 m ²

Fachada Sur, también rectangular, con ventanal corrido, protección solar y accesos que configuran el alzado principal que mira al interior del recinto universitario.

Fachada Sur	Longitud	Altura	Unidades	Total
Muro	76,00 m	15,00 m	1	1.140,00 m ²
Vidrio 1	55,00 m	2,50 m	3	412,50 m ²
Vidrio 2	10,50 m	2,50 m	3	78,75 m ²

Envolvente ESTE:

The screenshot shows the 'Envolvente térmica del edificio' configuration window for the 'Este' facade. The left sidebar lists building elements, with 'Muro de hormigon_ESTE' selected. The main panel includes a legend for facade types (Cubierta, Muro, Suelo, etc.), a 3D diagram of the building facade, and detailed configuration options for the 'Muro de fachada'. The 'Muro de fachada' section shows the name 'Muro de hormigon_ESTE', dimensions of 195.0 m² (13 m length, 15 m height), and characteristics such as 'Este' orientation and 'Sin patrón' shadow pattern. The thermal properties section is set to 'Estimadas' with a thermal transmittance of 0.7 W/m²K. The insulation section is checked, with 'EPS' insulation and a thickness of 0.05 m.

fig. 116: Captura de pantalla del programa CE3X. Envlovente térmica Este

Envolvente OESTE:

The screenshot shows the 'Envolvente térmica del edificio' configuration window for the 'Oeste' facade. The left sidebar lists building elements, with 'Muro de hormigon_OESTE' selected. The main panel includes a legend for facade types, a 3D diagram of the building facade, and detailed configuration options for the 'Muro de fachada'. The 'Muro de fachada' section shows the name 'Muro de hormigon_OESTE', dimensions of 195.0 m² (13 m length, 15 m height), and characteristics such as 'Oeste' orientation and 'Sin patrón' shadow pattern. The thermal properties section is set to 'Estimadas' with a thermal transmittance of 0.7 W/m²K. The insulation section is checked, with 'EPS' insulation and a thickness of 0.05 m.

fig. 117: Captura de pantalla del programa CE3X. Envlovente térmica Oeste

Envolvente NORTE:

The screenshot displays the 'Envolvente térmica' (Thermal Envelope) configuration window in the CE3X software. The interface is divided into several sections for defining different components of the building's thermal envelope.

Envolvente térmica del edificio

- Options: Cubierta, Muro, Suelo, Partición interior, Huelco/Lucernario, Puente térmico.
- Sub-options for 'Muro': En contacto con el terreno, De fachada, Medianería.
- Diagram: A schematic of a building facade with 'Espacios habitables' (habitable spaces) indicated.

Muro de fachada

- Nombre: Muro de hormigon_NORTE
- Zona: Edificio Objeto
- Dimensiones: Superficie 1140.0 m², Longitud 76 m, Altura 15 m.
- Características: Orientación Norte, Patrón de sombras Muro de hormigon_NORTE.
- Parámetros característicos del cerramiento:
 - Propiedades térmicas: Estimadas
 - Tipo de fachada: Una hoja
 - Composición del muro: Muro de piedra
 - Tiene aislamiento térmico:
 - Características del aislamiento térmico:
 - Posición del aislamiento: Por el interior
 - Tipo de aislamiento: EPS, Espesor 0.05 m
 - Ra: m²K/W
 - Transmitancia térmica: 0.7 W/m²K

Huelco/Lucernario

- Nombre: ventana norte
- Cerramiento asociado: Muro de hormigon_NORTE
- Orientación: Norte
- Dimensiones: Longitud 2.75 m, Altura 2.25 m, Multiplicador 69, Superficie 426.94 m², Porcentaje de marco 10 %.
- Características:
 - Permeabilidad del hueco: Estanco, 50 m³/m²
 - Absortividad del marco: α, 0.5
 - Dispositivo de protección solar:
 - Patrón de sombras: Muro de hormigon_NORTE
 - Doble ventana:
- Parámetros característicos del hueco:
 - Propiedades térmicas: Estimadas
 - Tipo de vidrio: Doble
 - Tipo de marco: Metálico sin RPT
 - U vidrio: 3.3 W/m²K
 - g vidrio: 0.75
 - U marco: 5.7 W/m²K

Puente térmico

- Nombre: PT Encuentro de fachada con forjado-Muro de hormigon_NOR
- Parámetros generales:
 - Tipo de puente térmico: Encuentro de fachada con forjado
 - Cerramiento asociado: Muro de hormigon_NORTE
 - φ: 1.21 W/mK
 - Longitud: 228.0 m

Puente térmico

- Nombre: PT Contorno de hueco-ventana norte
- Parámetros generales:
 - Tipo de puente térmico: Contorno de hueco
 - Cerramiento asociado: Muro de hormigon_NORTE
 - φ: 1.07 W/mK
 - Longitud: 690.0 m

fig. 118: Captura de pantalla del programa CE3X. Envlovente térmica Norte: Muro de fachada, huecos y puentes térmicos

Envolvente SUR:

The screenshot displays the 'Envolvente térmica del edificio' configuration window in CE3X. It is divided into three main sections: 'Muro de fachada', 'Hueco/Lucernario', and 'Puente térmico'. A left sidebar shows a tree view of the building's components, with 'Muro de hormigon_SUR' and 'ventana sur' selected. A top toolbar contains various icons for file operations and navigation. The main window has tabs for 'Datos administrativos', 'Datos generales', 'Envolvente térmica', and 'Instalaciones'. The 'Envolvente térmica' tab is active, showing a 3D schematic of the building facade on the right.

Envolvente térmica del edificio

- Cubierta
- Muro
 - En contacto con el terreno
 - De fachada
 - Medianería
- Suelo
- Partición interior
- Hueco/Lucernario
- Puente térmico

Muro de fachada

Nombre: Muro de hormigon_SUR Zona: Edificio Objeto

Dimensiones: Superficie: 1140.0 m²; Longitud: 76 m; Altura: 15 m

Características: Orientación: Sur; Patrón de sombras: Muro de hormigon_SUR_conProtecc...

Parámetros característicos del cerramiento

Propiedades térmicas: Estimadas; Tipo de fachada: Una hoja; Composición del muro: Muro de piedra; Transmitancia térmica: 0.7 W/m²K

Tiene aislamiento térmico

Características del aislamiento térmico: Posición del aislamiento: Por el interior; Tipo de aislamiento: EPS; Espesor: 0.05 m

Hueco/Lucernario

Nombre: ventana sur Cerramiento asociado: Muro de hormigon_SUR Orientación: Sur

Dimensiones: Longitud: 65.5 m; Altura: 2.5 m; Multiplicador: 3; Superficie: 491.25 m²; Porcentaje de marco: 10 %

Características: Permeabilidad del hueco: Estanco; Absortividad del marco: α ; Dispositivo de protección solar; Patrón de sombras: Muro de hormigon_SUR_coni...; Doble ventana

Parámetros característicos del hueco

Propiedades térmicas: Estimadas; Tipo de vidrio: Doble; Tipo de marco: Metálico sin RPT; U vidrio: 3.3 W/m²K; g vidrio: 0.75; U marco: 5.7 W/m²K

Puente térmico

Nombre: PT Encuentro de fachada con forjado-Muro de hormigon_SUR

Parámetros generales: Tipo de puente térmico: Encuentro de fachada con forjado; Cerramiento asociado: Muro de hormigon_SUR; ϕ : 1.21 W/mK; Longitud: 228.0 m

Puente térmico

Nombre: PT Contorno de hueco-ventana sur

Parámetros generales: Tipo de puente térmico: Contorno de hueco; Cerramiento asociado: Muro de hormigon_SUR; ϕ : 1.07 W/mK; Longitud: 264.0 m

fig. 119: Captura de pantalla del programa CE3X. Envlovente térmica Sur con protección solar: Muro de fachada, huecos y puentes térmicos

Patrones de sombra:

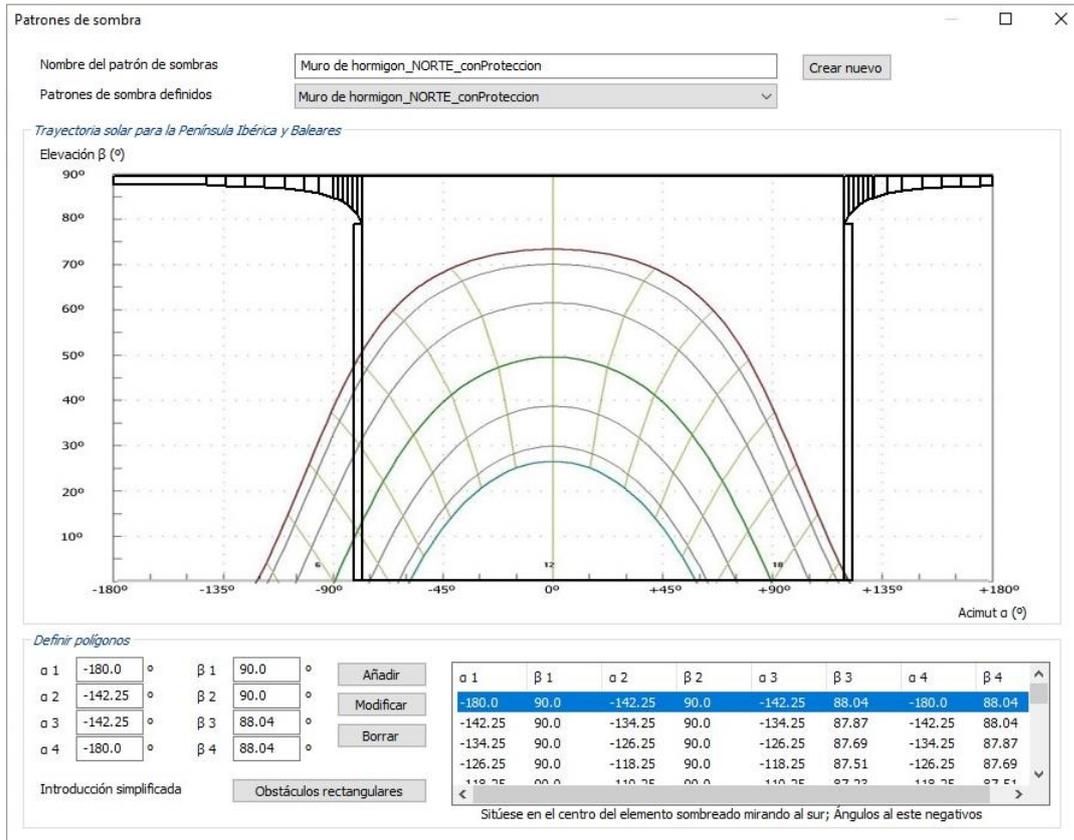


fig. 120: Patrón de sombra cargado en CE3X. Ventana Norte

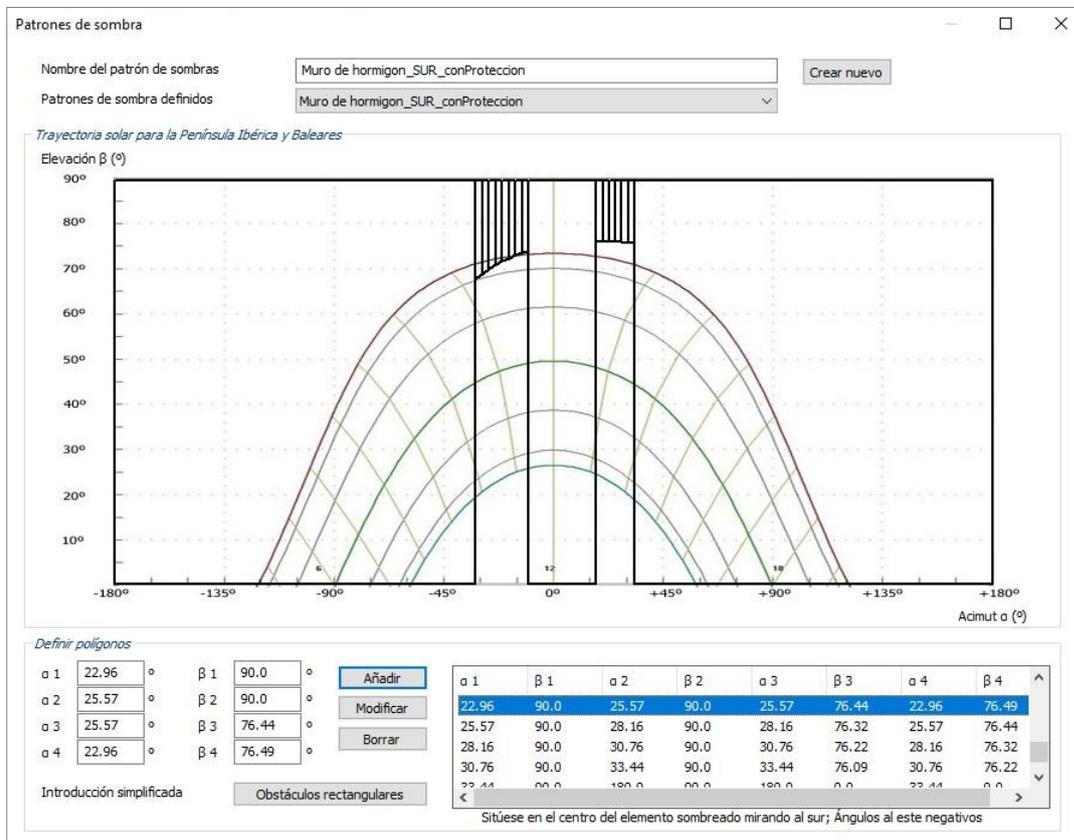


fig. 121: Patrón de sombra cargado en CE3X. Ventana Sur con protección solar

Instalaciones:

Instalaciones del edificio

Equipo de ACS
 Equipo de sólo calefacción
 Equipo de sólo refrigeración
 Equipo de calefacción y refrigeración
 Equipo mixto de calefacción y ACS
 Equipo mixto de calefacción, refrigeración y ACS

Contribuciones energéticas
 Equipos de iluminación
 Equipos de aire primario

Equipo mixto de calefacción, refrigeración y ACS

Nombre: Instalaciones Zona: Edificio Objeto

Características

Tipo de generador: Bomba de Calor
 Tipo de combustible: Electricidad

Demanda cubierta

	ACS	Calefacción	Refrigeración
Superficie (m2)	4100.0	4100.0	4100.0
Porcentaje (%)	100	100	100

Rendimiento medio estacional

Rendimiento estacional: Estimado según Instalación
 Antigüedad del equipo: Anterior a 1994

	Rendimiento nominal	%	Rendimiento medio estacional	%
A.C.S	200.0	%	202.9	%
Calefacción	200.0	%	131.1	%
Refrigeración	180.0	%	146.4	%

Con Acumulación

Zonas: [Añadir] [Modificar] [Borrar] [Vista clásica]

fig. 122: Captura de pantalla del programa CE3X. Instalaciones

Calificación energética:



fig. 123: Captura de pantalla del programa CE3X. Calificación energética CON protección solar original

Certificación energética: Con los datos y patrones introducidos en el auditor energético CE3X, el programa genera el **CERTIFICADO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA EL EDIFICIO DE LOS LABORATORIOS DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA UNIVERSIDAD DE VALENCIA, CON LA PROTECCIÓN SOLAR ORIGINAL**, cuyos resultados advierten una calificación favorable:

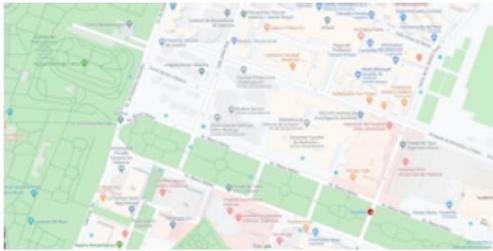
CERTIFICADO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE EDIFICIOS			
IDENTIFICACIÓN DEL EDIFICIO O DE LA PARTE QUE SE CERTIFICA:			
Nombre del edificio	Facultad de Enfermería y Podología de la Universidad de Valencia (antiguos Laboratorios de Ciencias de la Universidad de Valencia)		
Dirección	Calle Jaime Roig		
Municipio	Valencia	Código Postal	46010
Provincia	Valencia	Comunidad Autónoma	Comunidad Valenciana
Zona climática	B3	Año construcción	1960
Normativa vigente (construcción / rehabilitación)	NBE-CT-79		
Referencia/s catastral/es	6935701YJ2763F0001DP		
Tipo de edificio o parte del edificio que se certifica:			
<input type="radio"/> Edificio de nueva construcción		<input checked="" type="radio"/> Edificio Existente	
<input type="radio"/> Vivienda <input type="radio"/> Unifamiliar <input type="radio"/> Bloque <input type="radio"/> Bloque completo <input type="radio"/> Vivienda individual		<input checked="" type="radio"/> Terciario <input checked="" type="radio"/> Edificio completo <input type="radio"/> Local	
DATOS DEL TÉCNICO CERTIFICADOR:			
Nombre y Apellidos	Encarni Moreno	NIF(NIE)	xxx
Razón social	xxx	NIF	xxx
Domicilio	xxx		
Municipio	valencia	Código Postal	46006
Provincia	Valencia	Comunidad Autónoma	Comunidad Valenciana
e-mail:	xxx	Teléfono	xxx
Titulación habilitante según normativa vigente	arquitecta		
Procedimiento reconocido de calificación energética utilizado y versión:	CEXv2.3		
CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:			
CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE [kWh/m² año]		EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO [kgCO₂/ m² año]	
El técnico abajo firmante declara responsablemente que ha realizado la certificación energética del edificio o de la parte que se certifica de acuerdo con el procedimiento establecido por la normativa vigente y que son ciertos los datos que figuran en el presente documento, y sus anexos:			
Fecha: 12/07/2020			
Firma del técnico certificador			
Anexo I. Descripción de las características energéticas del edificio. Anexo II. Calificación energética del edificio. Anexo III. Recomendaciones para la mejora de la eficiencia energética. Anexo IV. Pruebas, comprobaciones e inspecciones realizadas por el técnico certificador.			
Registro del Órgano Territorial Competente:			
Fecha	12/07/2020		
Ref. Catastral	6935701YJ2763F0001DP		Página 1 de 6

ANEXO I DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS ENERGÉTICAS DEL EDIFICIO

En este apartado se describen las características energéticas del edificio, envolvente térmica, instalaciones, condiciones de funcionamiento y ocupación y demás datos utilizados para obtener la calificación energética del edificio.

1. SUPERFICIE, IMAGEN Y SITUACIÓN

Superficie habitable [m²]	4100.0
---	--------

Imagen del edificio	Plano de situación
	

2. ENVOLVENTE TÉRMICA

Cerramientos opacos

Nombre	Tipo	Superficie [m ²]	Transmitancia [W/m ² ·K]	Modo de obtención
Muro de hormigon_ESTE	Fachada	195.0	0.70	Estimadas
Muro de hormigon_OESTE	Fachada	195.0	0.70	Estimadas
Muro de hormigon_NORTE	Fachada	713.06	0.70	Estimadas
Muro de hormigon_SUR	Fachada	648.75	0.70	Estimadas
Cubierta con aire	Cubierta	988.0	0.57	Estimadas
Suelo con terreno	Suelo	988.0	1.00	Por defecto

Huecos y lucernarios

Nombre	Tipo	Superficie [m ²]	Transmitancia [W/m ² ·K]	Factor solar	Modo de obtención. Transmitancia	Modo de obtención. Factor solar
ventana norte	Hueco	426.94	3.54	0.69	Estimado	Estimado
ventana sur	Hueco	491.25	3.54	0.25	Estimado	Estimado

3. INSTALACIONES TÉRMICAS

Generadores de calefacción

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
Instalaciones	Bomba de Calor		131.1	Electricidad	Estimado
TOTALES	Calefacción				

Generadores de refrigeración

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
Instalaciones	Bomba de Calor		146.4	Electricidad	Estimado
TOTALES	Refrigeración				

Instalaciones de Agua Caliente Sanitaria

Demanda diaria de ACS a 60° (litros/día)	800.0
---	-------

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
Instalaciones	Bomba de Calor		202.9	Electricidad	Estimado
TOTALES	ACS				

5. CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO Y OCUPACIÓN (sólo edificios terciarios)

Espacio	Superficie [m ²]	Perfil de uso
Edificio	4100.0	Intensidad Alta - 16h

ANEXO II CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO

Zona climática	B3	Uso	Intensidad Alta - 16h
-----------------------	----	------------	-----------------------

1. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN EMISIONES

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES				
	13.5 C	CALEFACCIÓN		ACS	
		<i>Emisiones calefacción</i> [kgCO ₂ /m ² año]	F	<i>Emisiones ACS</i> [kgCO ₂ /m ² año]	
		2.64		0.60	
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
<i>Emisiones globales</i> [kgCO ₂ /m ² año]	<i>Emisiones refrigeración</i> [kgCO ₂ /m ² año]	C	<i>Emisiones iluminación</i> [kgCO ₂ /m ² año]		-
	10.23		0.00		

La calificación global del edificio se expresa en términos de dióxido de carbono liberado a la atmósfera como consecuencia del consumo energético del mismo.

	kgCO ₂ /m ² año	kgCO ₂ /año
<i>Emisiones CO₂ por consumo eléctrico</i>	13.47	55216.73
<i>Emisiones CO₂ por otros combustibles</i>	0.00	0.00

2. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE

Por energía primaria no renovable se entiende la energía consumida por el edificio procedente de fuentes no renovables que no ha sufrido ningún proceso de conversión o transformación.

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES				
	79.5 D	CALEFACCIÓN		ACS	
		<i>Energía primaria calefacción</i> [kWh/m ² año]	G	<i>Energía primaria ACS</i> [kWh/m ² año]	
		15.56		3.54	
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
<i>Consumo global de energía primaria no renovable</i> [kWh/m ² año]	<i>Energía primaria refrigeración</i> [kWh/m ² año]	C	<i>Energía primaria iluminación</i> [kWh/m ² año]		-
	60.40		0.00		

3. CALIFICACIÓN PARCIAL DE LA DEMANDA ENERGÉTICA DE CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN

La demanda energética de calefacción y refrigeración es la energía necesaria para mantener las condiciones internas de confort del edificio.

DEMANDA DE CALEFACCIÓN	DEMANDA DE REFRIGERACIÓN
10.4 G	45.3 C
<i>Demanda de calefacción</i> [kWh/m ² año]	<i>Demanda de refrigeración</i> [kWh/m ² año]

El indicador global es resultado de la suma de los indicadores parciales más el valor del indicador para consumos auxiliares, si los hubiera (sólo ed. terciarios, ventilación, bombeo, etc...). La energía eléctrica autoconsumida se descuenta únicamente del indicador global, no así de los valores parciales

El edificio SIN la protección solar original. Panorámicas. Programa CE3X: Envolventes. Patrón de sombra. Instalaciones. Calificación energética. Certificación energética

Se realizan los mismos pasos que en el ejercicio anterior, pero considerando al edificio desprovisto de la protección solar. Esta modificación solo afectará a la fachada orientada a Sur:

Modelado de la volumetría en el programa 3ds max:

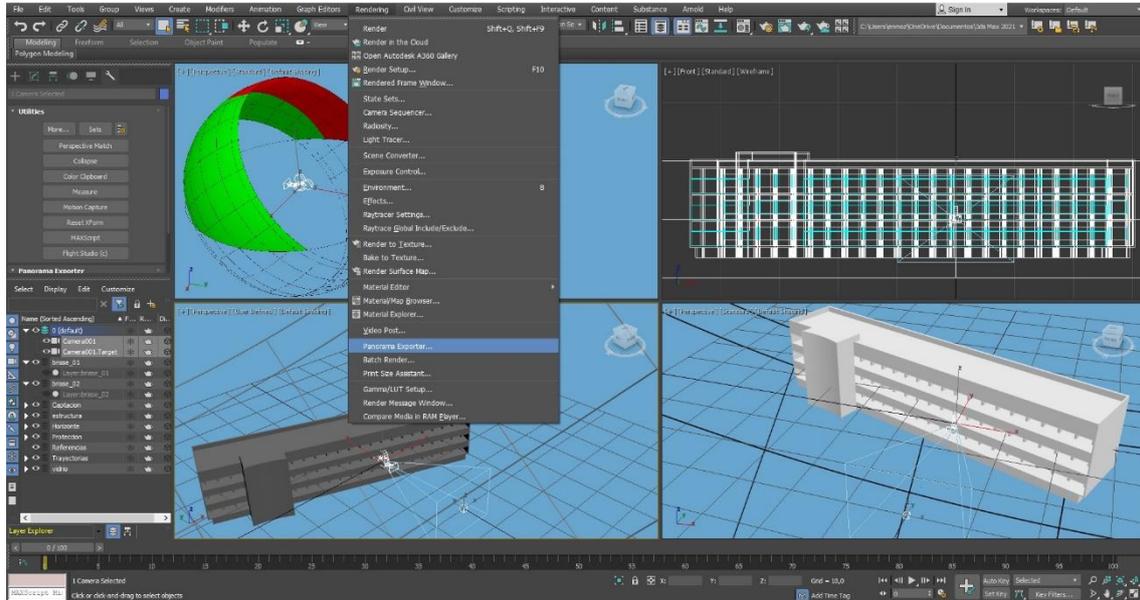


fig. 124: Captura de pantalla del programa 3ds max, con la *capa protección solar* desactivada

Extracción de panorámica de la fachada Sur:

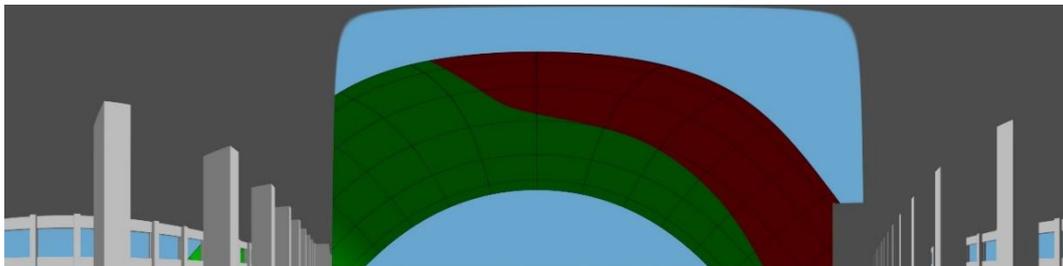


fig. 125: Panorámica recortada desde la fachada Sur, con la *capa protección solar* desactivada

Cálculo de obstrucciones solares y patrón de sombra:

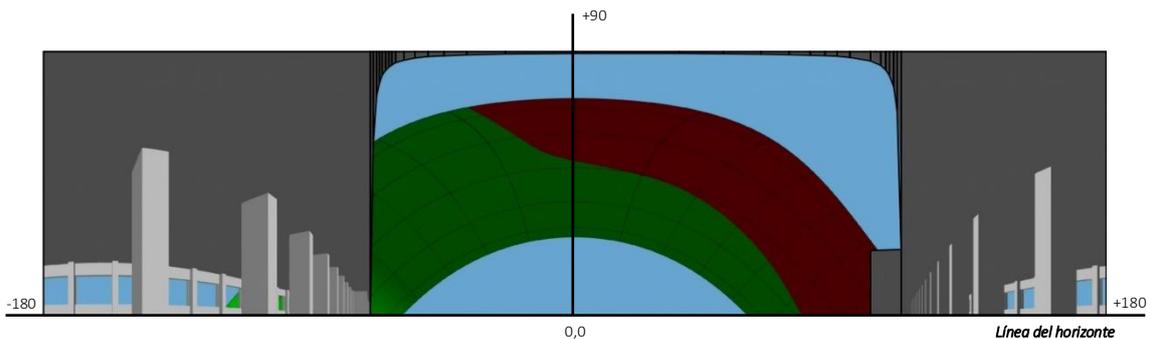


fig. 126: Patrón de sombra en AutoCAD. Ventana Sur sin protección solar

Programa CE3X: Se mantienen todos los datos anteriores excepto los referentes a la envolvente Sur, que son diferentes debido a que se ha anulado la protección solar para este supuesto.

Envolvente SUR:

The screenshot displays the 'Envolvente térmica del edificio' (Building Thermal Envelope) configuration window in the CE3X software. The interface is divided into several sections:

- Envolvente térmica del edificio:**
 - Options: Cubierta, Muro, Suelo, Partición interior, Huevo/Lucernario, Puente térmico.
 - Sub-options for 'Muro': En contacto con el terreno, De fachada, Medianería.
 - Diagram: A 2D cross-section of the building showing 'Espacios habitables' (habitable spaces).
- Muro de fachada (Wall facade):**
 - Nombre: Muro de hormigon_SUR
 - Zona: Edificio Objeto
 - Dimensiones: Superficie 1140.0 m², Longitud 76 m, Altura 15 m.
 - Características: Orientación Sur, Patrón de sombras Muro de hormigon_SUR_sinProteccio.
 - Parámetros característicos del cerramiento:
 - Propiedades térmicas: Estimadas, Tipo de fachada Una hoja, Composición del muro Muro de piedra.
 - Transmitancia térmica: 0.7 W/m²K.
 - Tiene aislamiento térmico: .
 - Características del aislamiento térmico: Posición del aislamiento Por el interior, Tipo de aislamiento EPS, Espesor 0.05 m.
- Huevo/Lucernario (Window/Lucarne):**
 - Nombre: ventana sur
 - Cerramiento asociado: Muro de hormigon_SUR
 - Orientación: Sur
 - Dimensiones: Longitud 65.5 m, Altura 2.5 m, Multiplicador 3, Superficie 491.25 m², Porcentaje de marco 20 %.
 - Características: Permeabilidad del hueco Estanco (50 m³/hm²), Absorbtividad del marco α (0.5), Dispositivo de protección solar (no checked), Patrón de sombras Muro de hormigon_SUR_sinP, Doble ventana (no checked).
 - Parámetros característicos del hueco:
 - Propiedades térmicas: Estimadas, Tipo de vidrio Doble, Tipo de marco Metálico sin RPT.
 - U vidrio: 3.3 W/m²K, g vidrio: 0.75, U marco: 5.7 W/m²K.
- Puente térmico (Thermal bridge):**
 - Nombre: PT Encuentro de fachada con forjado-Muro de hormigon_SUR
 - Parámetros generales: Tipo de puente térmico Encuentro de fachada con forjado, Cerramiento asociado Muro de hormigon_SUR.
 - φ: 1.21 W/mK, Longitud: 228.0 m.
- Puente térmico (Thermal bridge):**
 - Nombre: PT Contorno de hueco-ventana sur
 - Parámetros generales: Tipo de puente térmico Contorno de hueco, Cerramiento asociado Muro de hormigon_SUR.
 - φ: 1.07 W/mK, Longitud: 264.0 m.

fig. 127: Captura de pantalla del programa CE3X. Envolvente térmica Sur sin protección solar: Muro de fachada, huecos y puentes térmicos

Patrón de sombra:

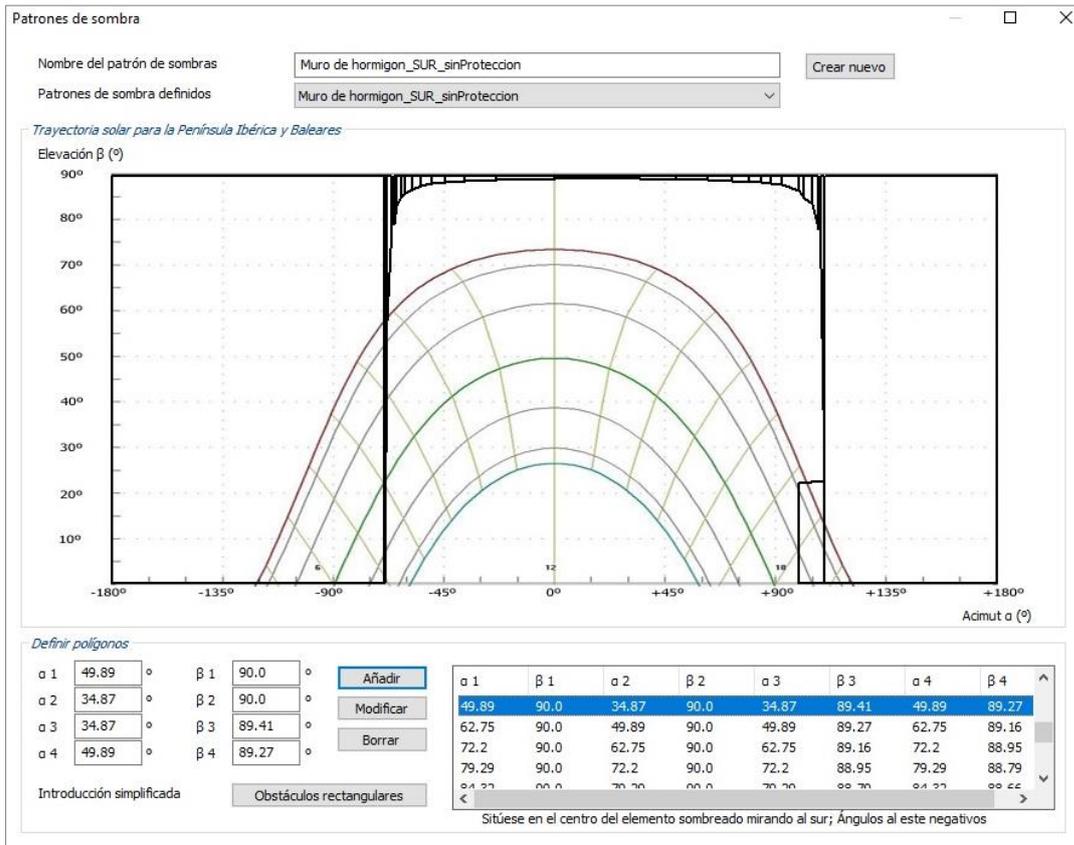


fig. 128: Patrón de sombra cargado en CE3X. Ventana Sur sin protección solar

Calificación energética:

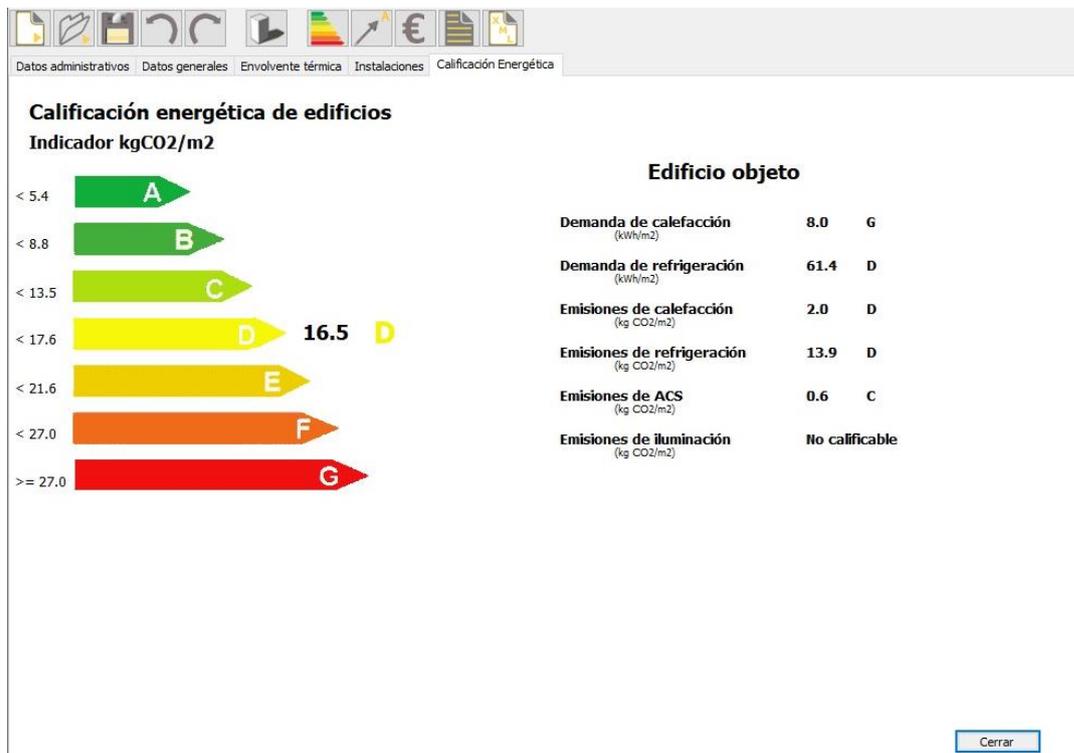


fig. 129: Captura de pantalla del programa CE3X. Calificación energética SIN protección solar original

Certificación energética: Con los datos y el nuevo supuesto para la fachada Sur, el programa CE3X genera el **CERTIFICADO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA EL EDIFICIO DE LOS LABORATORIOS DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA UNIVERSIDAD DE VALENCIA, SIN LA PROTECCIÓN SOLAR**, cuyos resultados advierten una calificación menos favorable respecto al caso anterior:

CERTIFICADO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE EDIFICIOS			
IDENTIFICACIÓN DEL EDIFICIO O DE LA PARTE QUE SE CERTIFICA:			
Nombre del edificio	Facultad de Enfermería y Podología de la Universidad de Valencia (antiguos Laboratorios de Ciencias de la Universidad de Valencia)		
Dirección	Calle Jaime Roig		
Municipio	Valencia	Código Postal	46010
Provincia	Valencia	Comunidad Autónoma	Comunidad Valenciana
Zona climática	B3	Año construcción	1960
Normativa vigente (construcción / rehabilitación)	NBE-CT-79		
Referencia/s catastral/es	6935701YJ2763F0001DP		
Tipo de edificio o parte del edificio que se certifica:			
<input type="radio"/> Edificio de nueva construcción		<input checked="" type="radio"/> Edificio Existente	
<input type="radio"/> Vivienda <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Unifamiliar <input type="radio"/> Bloque <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Bloque completo <input type="radio"/> Vivienda individual 		<input checked="" type="radio"/> Terciario <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="radio"/> Edificio completo <input type="radio"/> Local 	
DATOS DEL TÉCNICO CERTIFICADOR:			
Nombre y Apellidos	Encarni Moreno	NIF(NIE)	xxx
Razón social	xxx	NIF	xxx
Domicilio	xxx		
Municipio	valencia	Código Postal	46006
Provincia	Valencia	Comunidad Autónoma	Comunidad Valenciana
e-mail:	xxx	Teléfono	xxx
Titulación habilitante según normativa vigente	arquitecta		
Procedimiento reconocido de calificación energética utilizado y versión:	CEXv2.3		
CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:			
CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE [kWh/m² año]		EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO [kgCO₂/ m² año]	
97.4 D		16.5 D	
El técnico abajo firmante declara responsablemente que ha realizado la certificación energética del edificio o de la parte que se certifica de acuerdo con el procedimiento establecido por la normativa vigente y que son ciertos los datos que figuran en el presente documento, y sus anexos:			
Fecha: 12/07/2020			
Firma del técnico certificador			
Anexo I. Descripción de las características energéticas del edificio. Anexo II. Calificación energética del edificio. Anexo III. Recomendaciones para la mejora de la eficiencia energética. Anexo IV. Pruebas, comprobaciones e inspecciones realizadas por el técnico certificador.			
Registro del Órgano Territorial Competente:			
Fecha	12/07/2020		
Ref. Catastral	6935701YJ2763F0001DP		Página 1 de 6

ANEXO I DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS ENERGÉTICAS DEL EDIFICIO

En este apartado se describen las características energéticas del edificio, envolvente térmica, instalaciones, condiciones de funcionamiento y ocupación y demás datos utilizados para obtener la calificación energética del edificio.

1. SUPERFICIE, IMAGEN Y SITUACIÓN

Superficie habitable [m²]	4100.0
---	--------

Imagen del edificio	Plano de situación
	

2. ENVOLVENTE TÉRMICA

Cerramientos opacos

Nombre	Tipo	Superficie [m ²]	Transmitancia [W/m ² ·K]	Modo de obtención
Muro de hormigon_ESTE	Fachada	195.0	0.70	Estimadas
Muro de hormigon_OESTE	Fachada	195.0	0.70	Estimadas
Muro de hormigon_NORTE	Fachada	713.06	0.70	Estimadas
Muro de hormigon_SUR	Fachada	648.75	0.70	Estimadas
Cubierta con aire	Cubierta	988.0	0.57	Estimadas
Suelo con terreno	Suelo	988.0	1.00	Por defecto

Huecos y lucernarios

Nombre	Tipo	Superficie [m ²]	Transmitancia [W/m ² ·K]	Factor solar	Modo de obtención. Transmitancia	Modo de obtención. Factor solar
ventana norte	Hueco	426.94	3.54	0.69	Estimado	Estimado
ventana sur	Hueco	491.25	3.78	0.62	Estimado	Estimado

3. INSTALACIONES TÉRMICAS

Generadores de calefacción

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
Instalaciones	Bomba de Calor		131.1	Electricidad	Estimado
TOTALES	Calefacción				

Generadores de refrigeración

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
Instalaciones	Bomba de Calor		146.4	Electricidad	Estimado
TOTALES	Refrigeración				

Instalaciones de Agua Caliente Sanitaria

Demanda diaria de ACS a 60° (litros/día)	800.0
---	-------

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
Instalaciones	Bomba de Calor		202.9	Electricidad	Estimado
TOTALES	ACS				

5. CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO Y OCUPACIÓN (sólo edificios terciarios)

Espacio	Superficie [m ²]	Perfil de uso
Edificio	4100.0	Intensidad Alta - 16h

ANEXO II CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO

Zona climática	B3	Uso	Intensidad Alta - 16h
-----------------------	----	------------	-----------------------

1. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN EMISIONES

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES			
	16.5 D		CALEFACCIÓN	ACS
	<i>Emisiones calefacción</i> [kgCO ₂ /m ² año]	D	<i>Emisiones ACS</i> [kgCO ₂ /m ² año]	C
	2.03		0.60	
	REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
<i>Emisiones globales</i> [kgCO ₂ /m ² año]	<i>Emisiones refrigeración</i> [kgCO ₂ /m ² año]	D	<i>Emisiones iluminación</i> [kgCO ₂ /m ² año]	-
	13.87		0.00	

La calificación global del edificio se expresa en términos de dióxido de carbono liberado a la atmósfera como consecuencia del consumo energético del mismo.

	kgCO ₂ /m ² año	kgCO ₂ /año
<i>Emisiones CO₂ por consumo eléctrico</i>	16.50	67638.27
<i>Emisiones CO₂ por otros combustibles</i>	0.00	0.00

2. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE

Por energía primaria no renovable se entiende la energía consumida por el edificio procedente de fuentes no renovables que no ha sufrido ningún proceso de conversión o transformación.

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES			
	97.4 D		CALEFACCIÓN	ACS
	<i>Energía primaria calefacción</i> [kWh/m ² año]	G	<i>Energía primaria ACS</i> [kWh/m ² año]	C
	11.96		3.54	
	REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
<i>Consumo global de energía primaria no renovable</i> [kWh/m ² año]	<i>Energía primaria refrigeración</i> [kWh/m ² año]	D	<i>Energía primaria iluminación</i> [kWh/m ² año]	-
	81.89		0.00	

3. CALIFICACIÓN PARCIAL DE LA DEMANDA ENERGÉTICA DE CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN

La demanda energética de calefacción y refrigeración es la energía necesaria para mantener las condiciones internas de confort del edificio.

DEMANDA DE CALEFACCIÓN	DEMANDA DE REFRIGERACIÓN
8.0 G	61.4 D
<i>Demanda de calefacción</i> [kWh/m ² año]	<i>Demanda de refrigeración</i> [kWh/m ² año]

El indicador global es resultado de la suma de los indicadores parciales más el valor del indicador para consumos auxiliares, si los hubiera (sólo ed. terciarios, ventilación, bombeo, etc...). La energía eléctrica autoconsumida se descuenta únicamente del indicador global, no así de los valores parciales

Apartado 5

Comparativa de resultados

Calificación energética del edificio. Energía no primaria. Calefacción y refrigeración.

Con ambos certificados de eficiencia energética se podrán comparar y analizar los resultados para sacar conclusiones sobre la eficiencia energética en el diseño original, que incorpora la protección solar, frente a la hipótesis de que esta no existiera.

*Se considerará en primer lugar la situación CON protección solar original, tal y como fue diseñado el edificio, como se construyó y se conserva actualmente.

Calificación energética del edificio en emisiones:

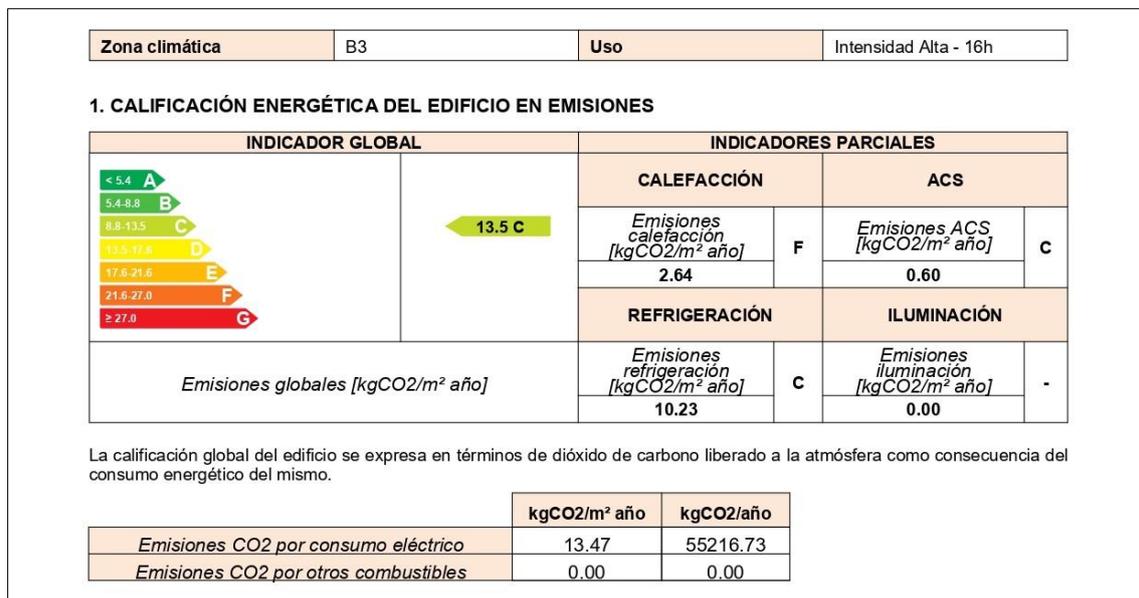


fig. 130: Calificación energética del edificio en emisiones CON protección solar original

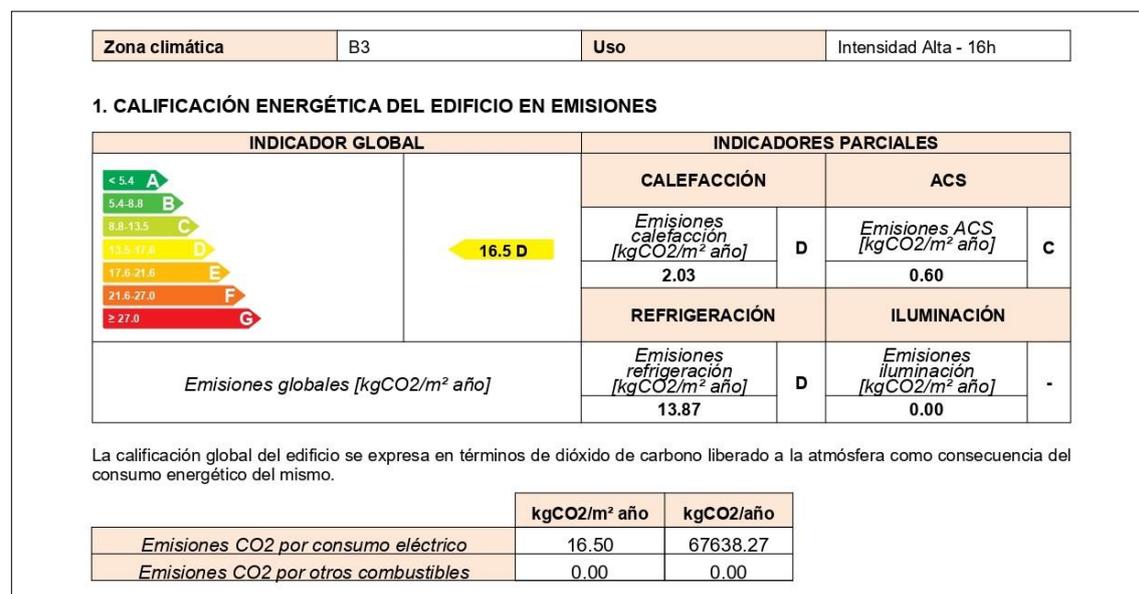


fig. 131: Calificación energética del edificio en emisiones SIN protección solar original

Tabla resumen de los datos obtenidos en la calificación energética del edificio en emisiones:

	CON protección solar original	SIN protección solar	Diferencia
Calificación energética	13,5 (C)	16,5 (D)	
Emisiones CO ₂ por consumo eléctrico (KgCO ₂ /año)	55.216,76	67.638,27	-12.421,51
Emisiones CO ₂ por otros combustibles (KgCO ₂ /año)	0,00	0,00	0,00
Total (KgCO ₂ /año)	55.216,76	67.638,27	-12.421,51

La letra asignada para la calificación energética es un indicador que representa el consumo de energía del edificio en relación a cómo de eficiente es. Permite posicionar su comportamiento en esta materia dentro de una escala de letras que va desde la A para señalar edificios con máximo grado de eficiencia energética, hasta la G, para edificios menos eficientes; según la figura:



fig. 132: Escala de calificación energética de edificios

En los datos recogidos en la tabla se observa que cuando el edificio objeto de este trabajo se audita energéticamente en su estado original diseñado con protección solar en la fachada Sur, la calificación energética (C) está posicionada en la triada eficiente de la escala; mientras que si no existiera dicha protección la calificación descendería una letra (D) enmarcando al edificio en una situación de consumo medio, con un leve empeoramiento en cuando a eficiencia energética.

La configuración del edificio en su estado actual (y original) **evita una emisión de 12.421,51 kgCO₂/año** (12,42 tCO₂/año) debido a la disminución de consumo eléctrico que supone haber diseñado una protección solar de este modo y desde el principio.

El dióxido de carbono (CO₂) es un gas presente espontáneamente en la naturaleza que se crea también como consecuencia de la quema de combustibles de origen fósil y biomasa, así como de cambios en el uso de la tierra y otros procesos industriales. Es el principal gas de efecto invernadero (GEI) antropogénico que afecta al balance radiactivo de la Tierra, y se toma de referencia para medir y comparar el potencial de calentamiento global de otros GEI producidos en procesos que también originan emisiones, como la crianza de una cabeza de ganado o excavar los materiales para construir una vivienda.

En la actualidad, el precio medio del kgCO₂/año es de 27,33€/t, y, según la encuesta GHG Market Sentiment Survey 2019 realizada entre los miembros de la Asociación Internacional de Comercio de Emisiones (IETA) formada por entidades financieras, consultoras internacionales y la industria energética nacional e internacional, se espera que el precio ascienda a 36,05€/t pero sin lograr alcanzar el Acuerdo de París de diciembre 2015 en el que se estableció un marco global para prevenir un cambio climático peligroso y limitar el calentamiento a menos de 2 °C.

Calificación energética del edificio en consumo de energía primaria no renovable:

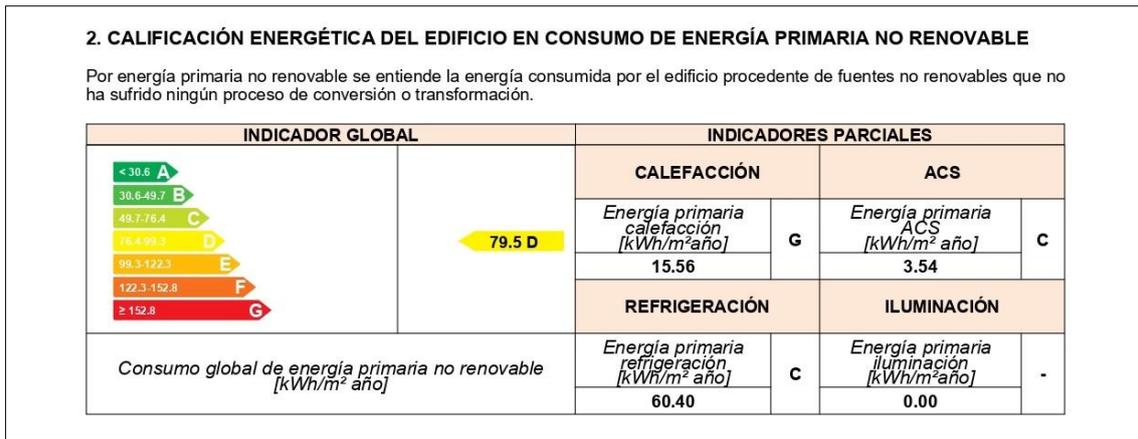


fig. 133: Calificación energética del edificio en consumo de energía primaria no renovable CON protección solar original

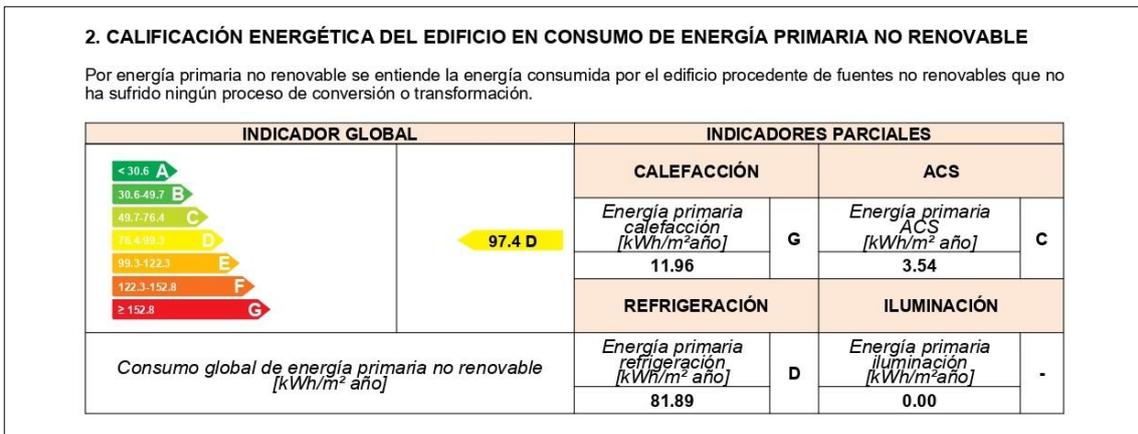


fig. 134: Calificación energética del edificio en consumo de energía primaria no renovable SIN protección solar original

Tabla resumen de los datos obtenidos en la calificación energética del edificio en consumo de energía primaria no renovable:

	CON protección solar original	SIN protección solar	Diferencia
Energía primaria no renovable CALEFACCIÓN (KWh/m² año)	15,56	11,96	+3,60
Energía primaria no renovable REFRIGERACIÓN (KWh/m² año)	60,40	81,89	-21,49
Total (KWh/m² año)	75,96	93,85	-17,89

Entre la situación real y la hipótesis que elimina la protección solar, se manifiestan claramente los beneficios del proyecto original. El supuesto de retirar la protección solar disminuye ligeramente el consumo de energía primaria para calefacción; sin embargo, aumenta llamativamente el consumo para refrigeración debido a que la radiación solar penetraría al interior del edificio en orientación Sur en la latitud de Valencia durante los meses de verano, con las consecuencias de sobrecalentamiento que eso generaría.

Referente a la **calefacción**, en el estado actual el consumo es de 15,56kWh/m² año que disminuiría a 11,96 kWh/m² año en caso de no tener la protección solar. Esta disminución del 23,14%, aunque parezca significativa no lo es en cuanto a términos generales, ya que está referenciada a datos de

consumo de energía considerados bajos, desde un punto de vista global. Es decir, un consumo de 15,56kWh/m²año es un consumo reducido de por sí, lo que es un indicador de la óptima elección de orientación del edificio en la parcela. Además, si se analiza el rango de horas en que se usa este edificio, como la temperatura exterior en épocas de frío es muy baja durante la noche, que es cuando este edificio permanece cerrado y tiene demanda energética cero, se puede concluir que el consumo de energía primaria no renovable para calefacción es bajo en ambas situaciones y presenta muy buen comportamiento para esta condición.

Referente a la **refrigeración**, en el estado actual el consumo es de 60,40kWh/m²año que aumentaría a 81,89kWh/m²año en caso de no tener la protección solar. Este aumento del 35,58% justifica la labor de la protección solar en el edificio. En esta latitud, la ganancia térmica derivada de la incidencia de los rayos del sol durante la época de calor es significativa y protagonista del acondicionamiento que se debe garantizar en una edificación. El consumo de energía durante los meses de primavera y verano pesa más que el de las otras estaciones debido a las características del lugar. El reto está, precisamente, en mejorar las condiciones de refrigeración por esta razón. Asimismo, analizando el rango de horas en que se usa el edificio, la franja horaria de mayor incidencia solar coincide con las del uso del edificio, por lo que es muy importante que esta demanda quede satisfecha en la medida de lo posible, ya que es ahí donde deriva el verdadero ahorro energético.

Como se ha visto en los apartados anteriores, las aportaciones térmicas pueden ser de Captación (carga térmica favorable) y Protección (carga térmica desfavorable), y como se ha podido observar a lo largo del estudio del comportamiento térmico de este edificio, el objetivo energético de la protección solar es beneficiarse de la Captación y evitar, en lo posible, la Protección, aunque conlleve un pequeño aumento de consumo en calefacción, ya que supone un gran ahorro en consumo de refrigeración que, en nuestro caso, es la mayor causa del gasto.

Considerando un precio de 0,1318 €/kWh, la disposición de la protección solar que se diseñó en el proyecto original **viene ahorrando alrededor de $17,89 \times 0,1318 \times (66,5 \times 2,5 \times 3) = 1.176,00 \text{ €/año}$** , en consumo de energía primaria no renovable; siendo el gasto anual en la situación actual de $75,96 \times 0,1318 \times (66,5 \times 2,5 \times 3) = 4.993,25 \text{ €/año}$, considerablemente menor que la media de edificios de las mismas características.

Este edificio se construyó entre 1960-1967. Tomando 1960 como fecha inicial de consumo de energía, y considerando un gasto de energía durante su construcción dentro de la media de la época, según la estimación anterior, desde que se construyó hasta nuestros días:

Este edificio lleva ahorrados $17,89 \text{ kWh/m}^2 \text{ año} \times 0,1318 \text{ €/kWh} \times (66,5 \times 2,5 \times 3) \text{ m}^2 \times 60 \text{ años} = 70.560,22 \text{ €}$ en consumo de energía primaria no renovable, gracias a las decisiones previas sobre la forma, orientación en la parcela y, sobre todo, por disponer una protección solar en la fachada Sur, cuyo diseño no arbitrario sigue unas pautas basadas en conocimientos de Geometría Solar.

Del mismo modo, referente a las emisiones expresadas en términos de dióxido de carbono liberado a la atmósfera como consecuencia del consumo energético del edificio, y despreciando las emisiones durante su construcción consideradas menores que la media de la época por la conciencia ecológica del proyectista y una metodología basada en la economía de medios, según los datos obtenidos en la calificación energética en emisiones, desde que se construyó hasta nuestros días:

Este edificio ha evitado emitir a la atmósfera $12,42 \text{ tCO}_2 \text{ /año} \times 60 \text{ años} = 763,2 \text{ tCO}_2$.

Calificación parcial de la demanda energética de calefacción y refrigeración:

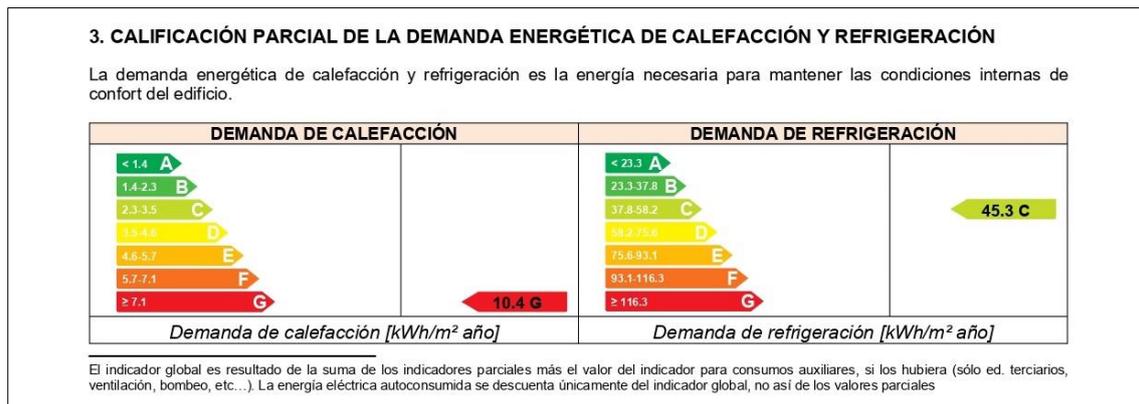


fig. 135: Calificación parcial de la demanda energética de calefacción y refrigeración CON protección solar original

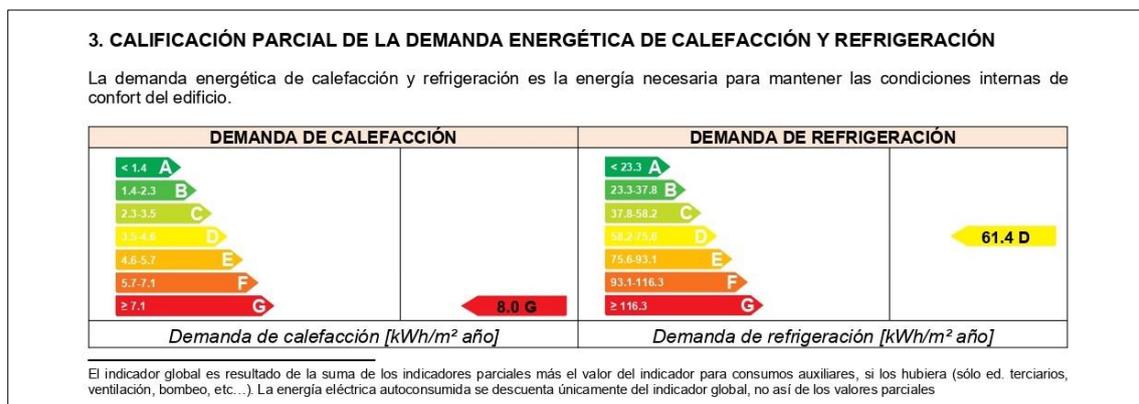


fig. 136: Calificación parcial de la demanda energética de calefacción y refrigeración SIN protección solar original

Tabla resumen de los datos obtenidos en la calificación parcial de la demanda energética de calefacción y refrigeración:

	CON protección solar original	SIN protección solar	Diferencia
Demanda de CALEFACCIÓN (kWh/m ² año)	10,4	8,0	2,4
Demanda de REFRIGERACIÓN (kWh/m ² año)	45,3	61,4	-16,1
Total	55,7	69,4	-13,7

Las condiciones internas de confort a las que se refiere este apartado vienen fijadas por la normativa vigente CTE y RITE. El citado Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios establece las condiciones que deben cumplir las instalaciones destinadas a atender la demanda de bienestar térmico e higiene a través de las instalaciones de calefacción, climatización y agua caliente sanitaria para conseguir un uso racional de la energía.

En cuanto a la demanda energética, en esta tabla se observa que los indicadores parciales de demanda de calefacción y refrigeración van en la misma línea que el indicador global de consumo energético: La diferencia entre la situación real del edificio y la hipótesis de haber sido diseñado y construido sin la protección solar en la fachada Sur, tendría consecuencias fundamentalmente en la demanda de refrigeración debido a las características climáticas del lugar y las condiciones de bienestar térmico establecidas, aumentando en un 24,6% esta demanda en términos totales, con los efectos económicos y ecológicos perjudiciales que conllevaría a largo plazo.

Apartado 6

Conclusiones

Discusión final

Es sabido que cualquier edificio que se construya pasa a formar parte del tejido urbanístico del lugar donde se ubica, configurando el perfil de la ciudad, albergando un programa, dando servicio a una población y, en ocasiones, siendo concedido con una volumetría y material que le otorga cierta condición artística dentro del entorno en el que se enmarca. Pero su papel no queda ahí: la arquitectura es patrimonio histórico con un componente soberano frente a otras artes, ya que además de ser un elemento contemplativo es, sobre todo, un elemento funcional.

De este modo, la arquitectura no puede desentenderse del entorno en el que existe, ni del momento histórico al que pertenece, ni de su compromiso con ambos. Es cierto que este deber se desarrolla en numerosas esferas que van desde lo puramente artístico hasta lo más técnico, pero ***en este amplio recorrido haremos una parada en su responsabilidad con el planeta.***

Proyectar un edificio es todo un reto, desde la idea hasta su materialización. La persona que lo proyecta ha de dominar un amplio abanico de conocimiento en muchas áreas, sin perder de vista que está al servicio de otros; que donde ahora no hay nada se erigirá un elemento constructivo en que se depositarán ciertas expectativas para esta y posteriores generaciones.

En la mayoría de los casos, el edificio se proyecta para que permanezca así mucho tiempo ya que en origen supone un importante despliegue técnico y económico, dando lugar a una obra que nos sobrevivirá y será testimonio del paso del tiempo. ¿Cómo queremos que sea nuestra intervención arquitectónica? ¿Qué arquitectura dejaremos en herencia? ¿Será una intervención agradecida o, por el contrario, supondrá un lastre? Estas cuestiones son algunas a las que deberá enfrentarse el proyectista en su labor de diseño para dar una solución al proyecto que se le propone y del que decide responsabilizarse, si su propuesta es la elegida.

Actualmente, cuando planteamos acciones efectivas de la arquitectura sobre el planeta se pone el foco en cómo colabora el edificio en lo que denominamos *cambio climático*. La arquitectura tiene mucho que ver con esto porque toca todos los palos que intervienen en el cambio climático, directa o indirectamente, haciendo que la arquitectura sea un suceso transversal, lo que la posiciona como una de las bases en esta preocupación. La manera en que se desarrolla cada uno de los pasos que ordenan el proceso proyectual tiene una consecuencia, aunque sea mínima, en el resultado del edificio y su actuación sobre el lugar, en particular; y sobre el planeta, en general.

Todo suma. Por esto es tan importante que entendamos que un edificio que se diseña y construye en un momento concreto no acaba ahí. Su uso y permanencia, en la mayoría de los casos muy prolongada en el tiempo, son las responsables, en mayor medida, de su acción sobre el planeta, y por ello parece necesario plantear de antemano cómo será la gestión energética del edificio durante ese tiempo. Esta gestión debería abordarse analizando previamente cuál será su consumo energético durante todo el año y de qué modo mejoraría la demanda energética en calefacción y refrigeración para alcanzar las condiciones de confort, cumpliendo la normativa y sin degradar, a cambio, lo que hay fuera.

Para este fin, disponemos actualmente de programas informáticos de auditoría energética que permiten calcular estas cantidades y calificar al edificio según una escala que lo posiciona entre construcción de bajo o alto consumo, así como qué cantidad de CO₂ emite a la atmósfera cada año. De hecho, una vez auditado es posible introducir medidas de mejora para aproximar esos valores a otros más sostenibles y obtener así un cómputo global de gasto energético lo más efectivo posible. Pero no pasemos por alto que esto último sería una intervención sobre un edificio existente, es decir, algo así como “arreglar lo que estaba mal”, mejorarlo; cuando lo

verdaderamente eficiente hubiera sido diseñarlo y construirlo con esas peculiaridades, favorables energéticamente, desde el principio.

En mi caso, de entre todos los edificios que podría haber escogido para estudiar su comportamiento energético, no dudé en elegir uno de la extensa obra de Fernando Moreno Barberá, ya que la solución escogida para sus obras, aunque claramente identificable con su estilo, responden a un compromiso consciente con el lugar.

En vez de trabajar con el *edificio patológico* estándar, solucionado con grandes superficies de vidrio sin proteger, en fachadas orientadas caprichosamente, decidí investigar sobre el *edificio sano* en el que el criterio de diseño para proyectar edificios con un consumo suficiente y responsable es emplear el conocimiento en Geometría Solar para resolver la demanda energética a través de orientaciones y protecciones solares, un recurso oportuno por su fácil disposición, sobre todo si se proyectan desde el principio como elementos aptos para solucionar una fachada.

Escogido el edificio diseñado en 1960 para los *Laboratorios de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Valencia*, a lo largo de este trabajo de investigación se han ejecutado los pasos necesarios para auditarlo en materia energética. Finalmente, los resultados han puesto de manifiesto los beneficios de reconocer la forma, la orientación y el cálculo de soleamiento como instrumentos adecuados para la resolución del edificio en materia energética.

Así, al obtener el certificado de eficiencia energética del edificio original, que ha llegado hasta nuestros días, y el certificado en la hipótesis de haber sido diseñado y construido sin el criterio solar, los datos obtenidos al comparar el consumo energético entre ambos son abrumadores: primero porque, en sí mismos, son más bajos que la media de edificios con las mismas características en cuanto a superficies y envergadura, y en segundo lugar porque, teniendo en cuenta que el estado actual es el de los datos favorables, hemos computado la **cantidad de energía en kWh/m²año ahorrada y toneladas de CO₂ no emitidas a la atmósfera** en los sesenta años que lleva en pie.

Pese a que Moreno Barberá no tuvo la oportunidad de auditar sus edificios porque la tecnología no alcanzaba para ello en su época, fue capaz de diseñar protecciones solares que han permitido ahorrar significativas cantidades de dinero y, lo más importante con esta decisión, restringir a valores mínimos la contaminación al planeta, que es el elemento perdurable a pesar de la arquitectura y del ser humano que lo habita.

La huella ecológica de este edificio, entendida como un indicador de sostenibilidad que trata de medir el impacto de nuestro modo de vida sobre el entorno, se manifiesta en cómo los usuarios disponen de la infraestructura de modo que puedan aprovechar los recursos con responsabilidad, minimizando el derroche energético y las consecuencias económicas que una actitud pródiga conlleva en una sociedad donde lo público es de todos.

El tratamiento especial para cada fachada, en las que la orientación y latitud adquieren el protagonismo para dictar la protección solar, era una característica del lenguaje arquitectónico propio de Moreno Barberá. Su actitud coherente en cuanto al aprovechamiento del recurso solar, fuente de energía inagotable, no le impidió experimentar, entre otras ideas, con la traba entre lo vertical y lo horizontal, jugar con la escala entre lo humano y lo monumental o el contraste de elementos, tan presentes en su obra.

El edificio adquiere así un doble deber: para con la ciudadanía y el planeta, porque uno es subconjunto del otro. Es imprescindible que el proyecto permita desarrollar la actividad para la que haya sido diseñado, pero sin mermar el deber ecológico, y por consiguiente económico, que adquiere con el lugar en el que se construye y la sociedad a la que se ofrece.

La Geometría como instrumentos de diseño

En los primeros niveles de la educación básica, los contenidos teóricos sobre el sistema solar permiten asimilar e intuir con facilidad cómo funciona, a grandes rasgos, el sistema Sol-Tierra. Además, la experiencia de la incidencia solar diaria y anual nos hace percibir de modo natural nuestra relación con el astro Sol y sus mecanismos.

Paralelamente, en esa misma educación básica, se nos instruye en diversas disciplinas entre las que destacan las Matemáticas, y dentro de ella, la Geometría, que tuvo su origen en la necesidad de resolver problemas relativos a obtener medidas, lo que permitió estudiar propiedades de las figuras en el plano y, más adelante, en el espacio. De hecho, gracias a ella podemos describir posiciones y movimientos mediante un sistema cartesiano o conocimientos en Trigonometría; y es la base teórica del Dibujo Técnico y la Geometría Descriptiva.

Aprovechando esta herramienta y el conocimiento del sistema Sol-Tierra, es posible representar de qué modo inciden los rayos del Sol en un punto del planeta, según la latitud del lugar y su posición en cada hemisferio. Es decir, podemos prever la inclinación de los rayos solares en cada momento del día, y en cada día del año, así como las sombras que se generan; de tal modo que, introduciendo elementos arquitectónicos en esta ecuación y la intervención del proyectista, descubrimos cómo la Geometría participa cual instrumento de diseño en el proceso proyectual.



fig. 137: Parte del equipo de proyectos del despacho del arquitecto Fernando Moreno Barberá AFMB, en los años setenta

La Geometría es de los utensilios más antiguos en la historia de la expresión en todas las artes. Concretamente; ordena, armoniza, proporciona y da unidad a los elementos que componen el ejercicio arquitectónico, desde el inicio, cuando la arquitectura es solo una intención, hasta que finaliza el edificio y su posterior puesta en marcha.

Pero también economiza el proceso. La Geometría es, a su vez, uno de los recursos más económicos con lo que cuenta la arquitectura. Solo precisa de su conocimiento para hacerla rentable y emplearla en todas las etapas del proceso. Tal y como se ha demostrado en los apartados anteriores de este trabajo, el **manejo acertado de principios básicos geométricos** es el responsable directo, por ejemplo, del resultado óptimo en materia energética cuando con ellos se trazan las fachadas, o participa en la forma definitiva del edificio y la orientación en la parcela. Pero también lo es en otros aspectos como la distribución del espacio o la dimensión e, incluso ya en obra, evitando desperdicio de materiales.

La Arquitectura, en todas sus esferas, es Geometría, en cualquiera de sus formas.

Algunos ejemplos de una marcada aportación geométrica en las obras de Moreno Barberá:

Facultad de Derecho, Valencia (1956-1959)

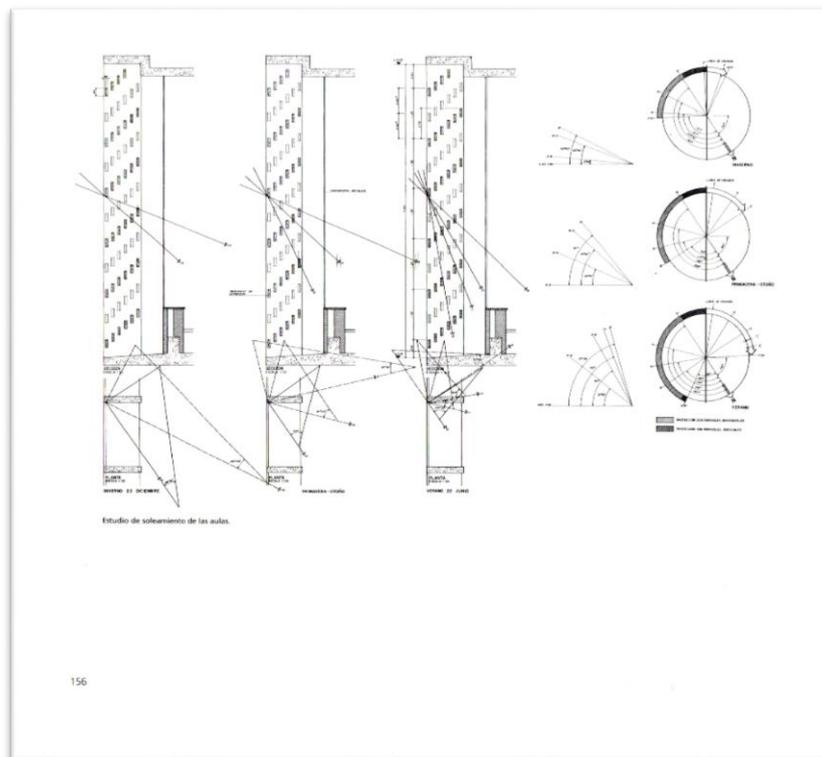


fig. 138: Estudio de soleamiento en las aulas de la Facultad de Derecho, Valencia (1956-1959)



fig. 139: Protección solar de la fachada orientación Este de la Facultad de Derecho, Valencia (1956-1959)

Escuela de Maestría Industrial en Santiago de Compostela, A Coruña (1959-1966)

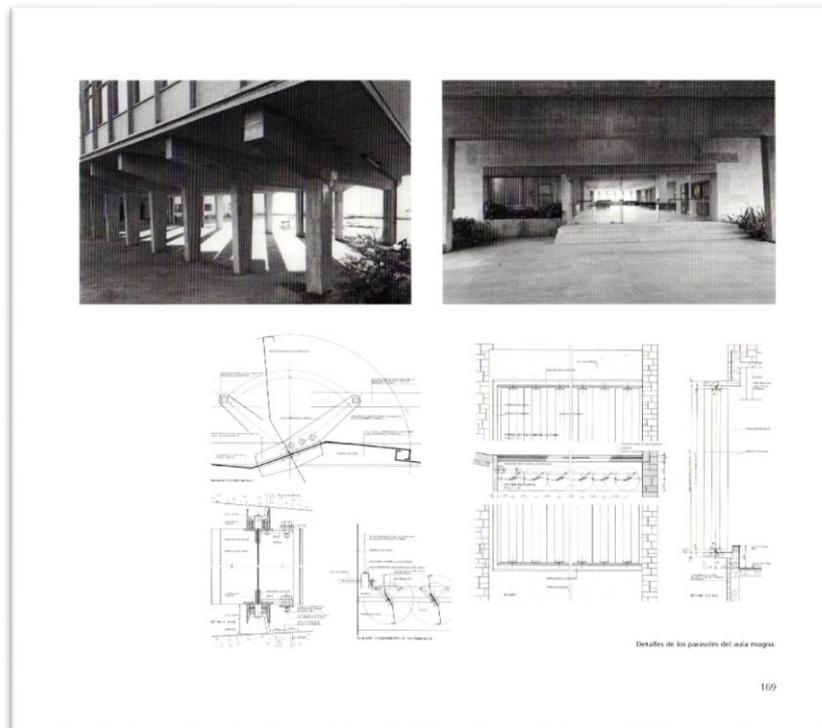


fig. 140: Detalle de los parasoles del aula magna en la Escuela de Maestría Industrial, Santiago de Compostela, A Coruña (1959-1966)

Escuela de Ingenieros Agrónomos, Córdoba (1964-1970)

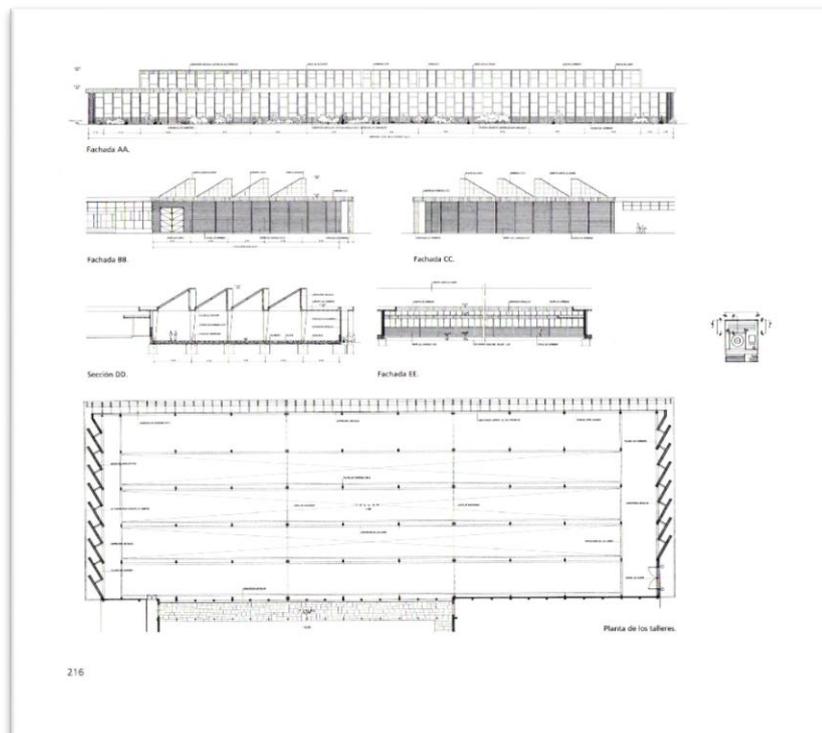


fig. 141: Planta de los talleres con protecciones solares en tres fachadas. Escuela de Ingenieros Agrónomos, Córdoba (1964-1970)

Centro de Universidades Laborales, Málaga (1972-1982)

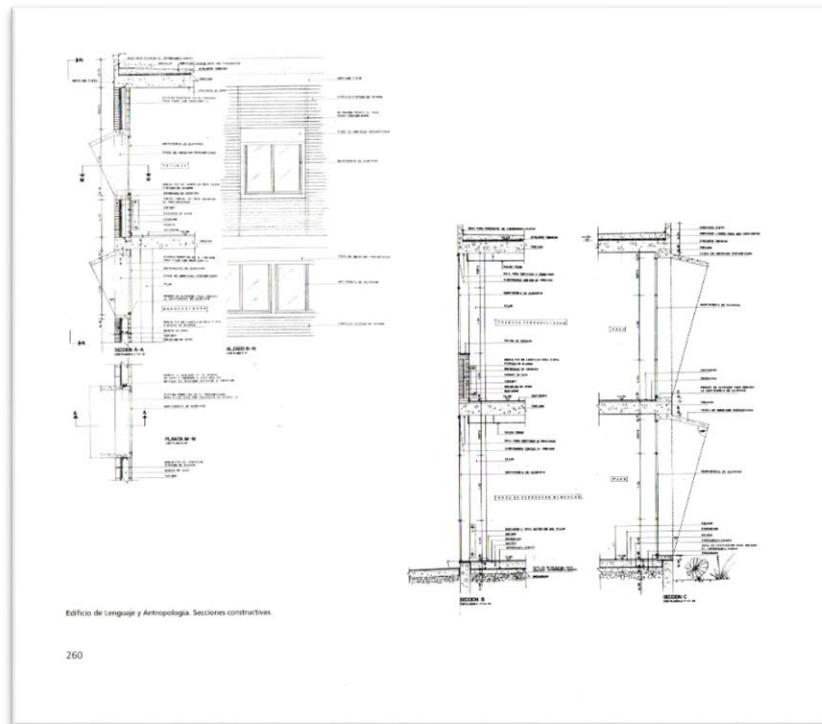


fig. 142: Secciones constructivas con voladizos en el edificio de Lenguaje y Antropología del Centro de Universidades Laborales, Málaga (1972-1982)

Centro de Universidades Laborales Blas Tello, Toledo (1971-1978), caracterizado por una rígida geometría hexagonal en planta para trabajar la agrupación arracimada de volúmenes, poniendo en valor la repetición modular y donde el control solar no viene resuelto a través de protecciones solares sino con sistemas de porches, espacios abiertos, orientaciones y elemento verde.

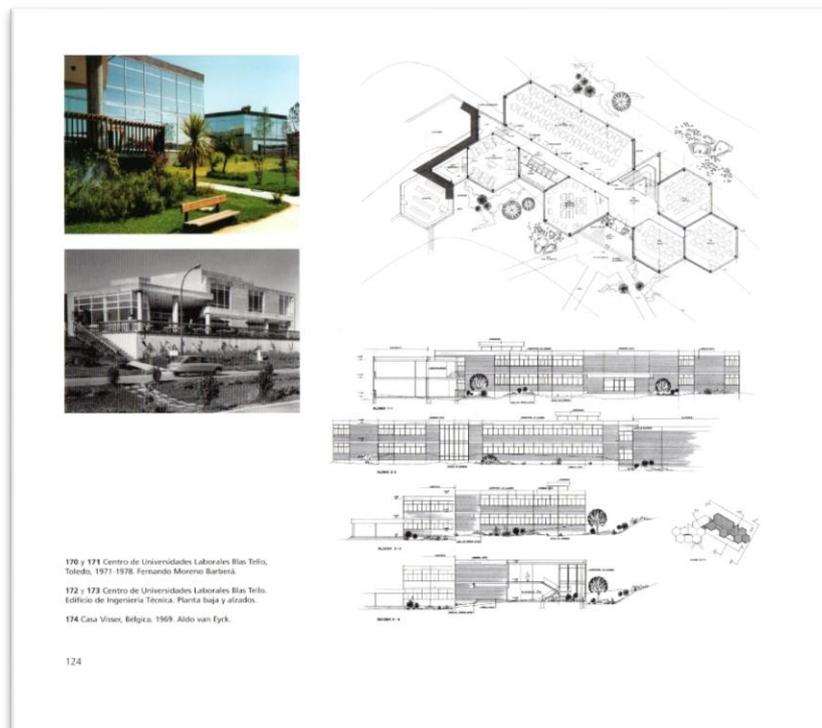


fig. 143: Centro de Universidades Laborales Blas Tello, Toledo (1971-1978)

Arquitectura sostenible. Arquitectura bioclimática

Es importante distinguir entre estos dos términos que, a primera vista, parecen sinónimos, pero no lo son: Arquitectura sostenible vs. Arquitectura bioclimática

La **arquitectura sostenible** (también conocida como *arquitectura sustentable*, *arquitectura verde*, *eco-arquitectura* o *arquitectura ambientalmente consciente*) es aquella que manifiesta, a través de ciertos marcadores estéticos, un conocimiento climático a la hora de proyectar pero que no garantiza una eficacia energética real en el edificio. Esta base de conocimiento se exterioriza mediante la construcción de fachadas verdes, por ejemplo, que, aun siendo naturales y sugerentes, no por ello responden a un ejercicio de optimización de recursos naturales para resolver la climatización o acondicionamiento del edificio.

La **arquitectura bioclimática**, en cambio, basa su diseño en el clima, siendo la imagen final del edificio el resultado de maclar un programa con el interés y aprovechamiento de los recursos naturales para acondicionar un edificio a la hora de proyectarlo. Supone diseñar de tal modo que las fuentes no contaminantes e inagotables del planeta sean herramientas de proyecto tales que tengan peso de decisión a la hora de escoger orientaciones, formas y volumetrías, sin mermar las necesidades para las que sea diseñada la obra, con el objetivo de alcanzar un bienestar interior respetuoso y acorde con el medio ambiente. Obras que, además, por ejemplo, incorporan instalaciones que distribuyen el agua en circuitos blanco-gris-negro para reutilizarla y alargar el uso de este recurso escaso. De este modo, podríamos decir que la arquitectura bioclimática basa su teoría –y práctica– en responder a las necesidades del programa desde los recursos naturales como punto de partida, teniendo presente que la fuente infinita proporciona un acondicionamiento seguro y que el recurso finito se puede recuperar de otro modo para volver a utilizarlo antes de desecharlo.

La arquitectura de Moreno Barberá se caracteriza por su preocupación en la construcción, la técnica y la proporción, limitando los elementos para su lenguaje arquitectónico, conservando principios universales de la modernidad, pero nunca faltando a su vocación personal de estudiar el lugar, el clima y las condiciones topográficas, valorando el espacio exterior y decidiendo desde la teoría el comportamiento que debía ofrecer el edificio a todos los niveles, para con esa premisa llevar su diseño a la práctica, aunque él prefería decirlo así, tal y como recoge en su libro el profesor Blat (2006, p.25):

La expresión arquitectónica ha de encontrarse utilizando los elementos indispensables para construir sin añadir nada superfluo [...] contrastes de luz y sombras, relación de volúmenes, ritmo y proporción entre huecos y macizos, [...] despojarse de toda preocupación formalista, no acordarse de ninguna forma aprendida con anterioridad, procurar volver a un estado de inocencia arquitectónica.

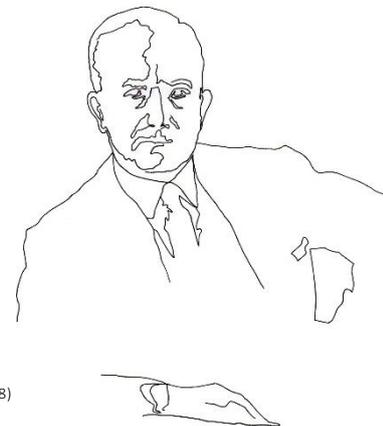


fig. 144: Fernando Moreno Barberá (1913-1998)

Apartado 7

Anexo ODS

Aplicación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030 en el Trabajo Final de Grado

Ya en las primeras obras de Fernando Moreno Barberá se vislumbraba la intención de proyectar una arquitectura de corte purista, funcional y propia del lugar frente a las normas clásicas que académicamente se desarrollaban en un país como España, recién salido de una Guerra Civil y sentenciado con una dictadura. Muy pronto, su obra sobresalió y se alejó de sus contemporáneos nacionales a través de proyectos formalmente basados en la modernidad, que descubrió, entre otros, en Le Corbusier y Mies van der Rohe. Funcionalismo que había experimentado tras su paso por Alemania al acabar sus estudios. Precisamente, la conciliación entre esos principios universales y el modo en que él entendía la arquitectura dio lugar a una obra de mucha calidad caracterizada por el diseño y técnicas constructivas que resolvían el programa y sus demandas, a todos los niveles.

El ejercicio proyectual y la manera en que Moreno Barberá afrontaba este, le convertían en un polímata que no olvidaba ninguno de los ámbitos que rodeaban a la obra: un programa determinado en un lugar concreto y con unos instrumentos precisos. Esta manera de entender la arquitectura la distinguía como función social que debía satisfacer un encargo por y para una población, como hizo durante su etapa de arquitecto de construcciones civiles del Ministerio de Educación, y en adelante. Ya en esta etapa (a partir de 1943), entre sus propósitos se pueden apreciar algunos de los que ahora se denominan Objetivos de Desarrollo Sostenible. Cabe destacar, por ejemplo, el **Objetivo 7** que trata sobre la energía sostenible y no contaminante. Dicho objetivo es sustancial porque afecta directamente en el logro de otros objetivos de la Agenda 2030. En lo que atañe al objeto del arquitecto, mejorar el rendimiento energético de los edificios usando fuentes renovables, concretamente la inagotable energía solar, proponía generar comunidades más sostenibles para la resiliencia ante problemas ambientales como el cambio climático. Sus diseños resolvían el acondicionamiento de los edificios públicos a través de materiales autóctonos y dispuestos bajo patrones geométricos estudiados para que disminuyera la proporción de energía utilizada por unidad de PIB. En el caso de estudio de este trabajo, el edificio de los Laboratorios de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Valencia construida en la década de los sesenta, supone (como el resto de su obra) un innato compromiso con las bases de este objetivo. Asimismo, podríamos decir que el **Objetivo 13** de los ODS venía de serie en lo que caracteriza a su obra, ya que la solución arquitectónica que Moreno Barberá ideó para sus proyectos era sostenible y respetuosa con el medio ambiente. Tal y como sucede en los Laboratorios, este objetivo se reconoce en el control térmico dentro del edificio, que fue resuelto mediante una solución viable y económica que, además, manifestaba su destreza y conocimiento en este campo. Esta maestría implicaba construir estructuras que no dañaban el medio ambiente y desarrollaban más y mejor su función con menos recursos (también a lo largo del tiempo), siendo este el principal apartado del **Objetivo 12** en lo que a arquitectura se refiere: un edificio donde la gestión sostenible y el uso eficiente de recursos naturales como el Sol y las corrientes de aire permiten reducir costos económicos, ambientales y -consecuentemente- sociales, ya que se trata de una gestión ecológicamente racional. Finalmente, y relacionado con el **Objetivo 11**, esta manera de proyectar el edificio revela una arquitectura que va adquiriendo un compromiso cada vez más grande conforme se amplía la escala del lugar en el que actúa, alcanzando a mejorar la planificación y gestión urbana con el fin de obtener espacios urbanos resilientes, sostenibles, seguros e inclusivos.

En la obra de Fernando Moreno Barberá, estos propósitos se traducen, básicamente, en una arquitectura moderna que resuelve el edificio con un reducido número de materiales, una técnica

constructiva local y una geometría sencilla. Esta última, permitió que sus edificios despearan, en aquella época, en lo que a nivel de acondicionamiento y autosuficiencia energética se refiere. Actualmente, tenemos programas que certifican la eficiencia energética y nos permiten medir la cantidad de energía que se ahorra en cada fachada y en cualquier estación del año. Podemos, así, evaluar y analizar de qué manera el conocimiento en Geometría Solar para el diseño de la envolvente y el volumen final de un edificio son herramientas seguras de proyecto para alcanzar, entre otros fines, lo que se persigue con los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

Apartado 8

Bibliografía

Puesto que un Trabajo Fin de Grado exige una labor de investigación y, por tanto, de documentación, a la hora de referenciar las distintas fuentes consultadas para este trabajo se ha seguido el modelo de Harvard, según la recomendación del Departamento de Expresión Gráfica.

Libros, tesis, artículos y revistas

Blat, J. (2006). *Fernando Moreno Barberá. Modernidad y arquitectura*. Barcelona: Fundación Caja de Arquitectos.

Casa, F. (2000). *Adecuación bioclimática en la subregión de Madrid para el diseño de los edificios y sus elementos constructivos*. [Tesis doctoral]

Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid. Madrid.

Recuperado de <http://oa.upm.es/563/>

[Consulta: mayo 2020]

Domingo, J. y Murad, M. (Ed.). (2018). *La arquitectura de Fernando Moreno Barberá. Universalidad técnica*. Valencia: General de Ediciones de Arquitectura.

Frampton, K. (2007). *Historia crítica de la arquitectura moderna*. Barcelona: Gustavo Gili.

Higón, J. L. (2004). *Contribuciones al estudio del asoleo geométrico. Procedimientos para el cálculo del factor de obstrucción solar. Aplicaciones*. [Tesis doctoral]

Universitat Politècnica de València. Valencia.

Recuperado de <http://hdl.handle.net/10251/2343>

[Consulta: mayo 2020]

Apartado 2

Alonso, E. *Geometría Solar. Apuntes de Arquitectura bioclimática*.

Higón, J.L. *Apuntes de Cálculo y diseño de protecciones solares*.

Sección, H.E.4: Contribución solar mínima de agua sanitaria.

Código Técnico de la Edificación. BOE de 28/03/2006.

Programes i informacions tècniques.

[Consulta: mayo 2020]

Sección, H.E.5: Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica.

Código Técnico de la Edificación. BOE de 28/03/2006.

Programes i informacions tècniques.

[Consulta: mayo 2020]

Sección, H.E.4: Contribución solar mínima de agua sanitaria.

Código Técnico de la Edificación. BOE de 28/03/2006.

Programes i informacions tècniques.

[Consulta: mayo 2020]

Siegfried, V., Domínguez, J. y Magro, R. (2011). *Sobre la posición del Sol en la bóveda celeste y la dirección de sus rayos*. AXA. Una revista de Arte y Arquitectura, 3.

Recuperado de <https://revistas.uax.es/index.php/axa/article/view/1064>

[Consulta: mayo 2020]

Apartado 4

Sección, H.E.1: Limitación de la demanda energética.

Código Técnico de la Edificación. BOE de 28/03/2006.

Programes i informacions tècniques.

[Consulta: julio 2020]

Referencias electrónicas

Apartado 1

12 estilos del Movimiento Moderno. Plataforma Arquitectura.

Recuperado de <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/931380/12-estilos-del-movimiento-moderno-explicados>

[Consulta: julio 2020]

Jordá, C., Palomares, M., Iborra, F., Gradolí, C., Herrero, P., Usó, F. (2020). *Conservation management plan Cheste workers university auditorium (Spain)*. A getty foundation keeping it modern grant, ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences.

<https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLIV-M-1-2020-861-2020>

[Consulta: julio 2020]

La orientación de las pirámides de Gizeh. National Geographic.
Recuperado de https://historia.nationalgeographic.com.es/a/orientacion-piramides-gizeh_8498
[Consulta: julio 2020]

Los edificios universitarios de Fernando Moreno Barberá en el campus de Blasco Ibáñez de Valencia: nuevas aportaciones a su cronología y construcción.

David Sánchez Muñoz. Universitat de València

Recuperado de [file:///C:/Users/enmoz/Downloads/Dialnet-LosEdificiosUniversitariosDeFernandoMorenoBarberaE-6577464%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/enmoz/Downloads/Dialnet-LosEdificiosUniversitariosDeFernandoMorenoBarberaE-6577464%20(1).pdf)
[Consulta: julio 2020]

Movimiento Moderno. Arquitectura.

Recuperado de <https://www.hisour.com/es/modern-movement-33608/>

[Consulta: julio 2020]

Una brevísima historia de la arquitectura solar.

Recuperado de <http://habitat.aq.upm.es/boletin/n9/amvaz.html>

[Consulta: julio 2020]

Apartado 2

Arquitectura eficiente. Diagrama bioclimático de Givoni.

Recuperado de <https://pedrojhernandez.com/2014/03/03/diagrama-bioclimatico-de-givoni-2/>

[Consulta: mayo 2020]

IEA – International Energy Agency (Agencia Internacional de la Energía)

Recuperado de <https://www.iea.org/>

[Consulta: mayo 2020]

Ministerio de Fomento. (Junio 2018). Documento Básico HE Ahorro de energía con comentarios del Ministerio de Fomento. [Figura A.1].

Recuperado de https://app.maeswell.com/wp-content/uploads/2018/08/CTE_HE4.pdf

[Consulta: julio 2020]

Sun Earth Tools: Herramientas para consumidores y diseñadores de energía solar.

Recuperado de https://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos_sun.php?lang=es

[Consulta: mayo 2020]

Apartado 5

Comisión europea. Energía. Cambio climático. Medio ambiente. Acción por el clima.

Recuperado de https://ec.europa.eu/clima/policies/international/negotiations/paris_es

[Consulta: julio 2020]

El periódico de la energía.

Recuperado de <https://elperiodicodelaenergia.com/un-aumento-del-precio-del-co2-hasta-36-euros-t-no-hara-bajar-las-emisiones-en-la-proxima-decada/>

[Consulta: julio 2020]

Fomento del Medio Ambiente y lucha frente al Cambio Climático. Región de Murcia.

Recuperado de <http://cambioclimaticomurcia.carm.es/calculadora/preguntas.htm>

[Consulta: julio 2020]

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Energía y desarrollo sostenible.

Recuperado de

<https://energia.gob.es/desarrollo/Medioambiente/CambioClimatico/Paginas/CambioClimatico.aspx>

[Consulta: julio 2020]

Apartado 6

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Exposiciones del CENEAM.

Recuperado de <https://www.miteco.gob.es/es/ceneam/exposiciones-del-ceneam/exposiciones-itinerantes/huella-ecologica/default.aspx>

[Consulta: julio 2020]

Plataforma Arquitectura. Arquitectura bioclimática en España.

Recuperado de <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/907338/arquitectura-bioclimatica-en-espana-insosteniblemente-sostenible>

[Consulta: mayo 2020]

Apartado 7

Naciones Unidas. Objetivos de Desarrollo Sostenible. Objetivo 7: Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos

Recuperado de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/energy/>

[Consulta: abril 2020]

Naciones Unidas. Objetivos de Desarrollo Sostenible. Objetivo 11: Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles

Recuperado de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/cities/>

[Consulta: abril 2020]

Naciones Unidas. Objetivos de Desarrollo Sostenible. Objetivo 12: Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles
Recuperado de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/sustainable-consumption-production/>
[Consulta: abril 2020]

Naciones Unidas. Objetivos de Desarrollo Sostenible. Objetivo 13: Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos.
Recuperado de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/climate-change-2/>
[Consulta: abril 2020]

Índice de figuras

- Portada Edificio Laboratorios de la Universidad de Ciencias en la Universidad de Valencia
Dibujo de elaboración propia
- Apartado 1
- Fig. 1 Dolmen en Cornwall, Inglaterra (3500 a.C.)
Recuperado de <https://www.pinterest.com.mx/pin/804737027140381900/> [Consulta: julio 2020]
- Fig. 2 Casa circular en Mesopotamia (2500 a.C.)
Recuperado de <https://historiaarqups.files.wordpress.com/2012/06/informe-mesopotamia.pdf> [Consulta: julio 2020]
- Fig. 3 Pirámides de Gizeh, El Cairo (2500 a.C.)
Recuperado de <https://www.lacamaradelarte.com/2016/04/las-piramides-de-gizeh.html> [Consulta: julio 2020]
- Fig. 4 Reconstrucción de una casa en la Antigua Grecia (400 a.C.)
Recuperado de <https://mariablender.com/quien-invento-la-arquitectura-bioclimatica/> [Consulta: julio 2020]
- Fig. 5 Domus romana en Pompeya (50 d.C.)
Recuperado de <http://www.domuspompeiana.com/Web%20Arqueologica/0546109eb21104903/index.html> [Consulta: julio 2020]
- Fig. 6 Esquema básico del funcionamiento térmico de un patio estilo Al-Ándalus a lo largo del día
Recuperado de <https://arquitecturaclimatica.wordpress.com/2014/04/14/el-patio-andaluz/> [Consulta: julio 2020]
- Fig. 7 Tipi, en pueblos indígenas nómadas de Estados Unidos
Recuperado de <https://www.pinterest.es/pin/266275396701976968/> [Consulta: julio 2020]
- Fig. 8 Iglú, en poblaciones de Inuit en Groenlandia y Canadá
Recuperado de <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/899103/25-ejemplos-de-viviendas-vernaculas-alrededor-del-mundo> [Consulta: julio 2020]
- Fig. 9 Bamiléké, en poblados de Camerún
Recuperado de <https://tectonica.archi/articles/arquitectura-bamileke-ii/> [Consulta: julio 2020]
- Fig. 10 Casa sobre pilotes, en América Central y Oceanía
Recuperado de <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/899103/25-ejemplos-de-viviendas-vernaculas-alrededor-del-mundo> [Consulta: julio 2020]
- Fig. 11 Izbá, casa rural en Rusia
Recuperado de <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/899103/25-ejemplos-de-viviendas-vernaculas-alrededor-del-mundo> [Consulta: julio 2020]
- Fig. 12 Invernadero adosado a una casa burguesa (1873)
Recuperado de http://oa.upm.es/48820/1/INVE_MEM_2017_265972.pdf [Consulta: julio 2020]
- Fig. 13 Palacio de Cristal de J. Paxton, Inglaterra (1851)
Recuperado de <https://www.pinterest.es/pin/336855247126469500/> [Consulta: julio 2020]
- Fig. 14 Construcción de la Torre Eiffel, París (1889)
Recuperado de <https://www.toureffel.paris/es/el-monumento/historia> [Consulta: julio 2020]
- Fig. 15 Viviendas obreras en la época de la Revolución Industrial
Recuperado de http://www.historiacontemporanea.com/pages/bloque1/revolucion-demografica-y-revolucion-industrial/fuentes_graficas/viviendas-obreras [Consulta: julio 2020]
- Fig. 16 Escuela de la Bauhaus, Dessau (1925). Walter Gropius
Recuperado de <http://www.cultier.es/bauhaus-la-primera-escuela-de-diseno-del-siglo-xx/> [Consulta: julio 2020]
- Fig. 17 Casa Schröder, Utrecht (1924). Gerrit Rietveld
Recuperado de <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-75429/clasicos-de-arquitectura-casa-rietveld-schroder-gerrit-rietveld/davemendelson> [Consulta: julio 2020]
- Fig. 18 Club de trabajadores de Zuev, Moscú (1929). Golosov
Recuperado de <https://www.pinterest.es/pin/443534263278610978/> [Consulta: julio 2020]
- Fig. 19 Pabellón de cristal, Colonia (1914). Bruno Taut
Recuperado de <http://www.circlobellasartes.com/revistaminerva/articulo.php?id=499> [Consulta: julio 2020]
- Fig. 20 Sanatorio de Paimio, Paimio (1933). Alvar Aalto
Recuperado de https://aplust.net/blog/alvar_aalto_sanatorio_de_paimio_turku_finlandia/idioma/es/ [Consulta: julio 2020]
- Fig. 21 Casa Farnsworth, Illinois (1946). Mies van der Rohe
Recuperado de <https://www.archdaily.mx/mx/02-169324/clasicos-de-arquitectura-casa-farnsworth-mies-van-der-rohe> [Consulta: julio 2020]
- Fig. 22 Ville Savoye, Poissy (1949). Le Corbusier
Recuperado de <https://www.lacamaradelarte.com/2016/05/willa-saboya.html> [Consulta: julio 2020]
- Fig. 23 Torre de cápsulas en Nakagin, Tokyo (1972). Kisho Kurokawa
Recuperado de <https://www.metalocus.es/es/noticias/torre-de-capsulas-nakagin-tokio-1969-72> [Consulta: julio 2020]
- Fig. 24 Unité d'habitation, Marsella (1965). Le Corbusier
Recuperado de <https://heritagetribune.eu/france/unesco-corbusiers-cite-radieuse-marseille-could-lose-world-heritage-status/> [Consulta: julio 2020]
- Fig. 25 Portland Building, Oregon (1982). Michael Graves
Recuperado de <https://www.pinterest.es/pin/463941199116430879/> [Consulta: julio 2020]

- Fig. 26 Centro Pompidou, París (1977). R. Piano, R. Rogers
Recuperado de <http://esculturasymonumentos.com/c-francia/centro-pompidou/> [Consulta: julio 2020]
- Fig. 27 Vitra Design Museum, Basilea (1989). Frank Gehry
Recuperado de <https://www.vitra.com/es-es/campus/architecture/architecture-vitra-design-museum> [Consulta: julio 2020]
- Figs. 28-31 Centro de Investigación Calvo Sotelo, Madrid (1945-1950). F. Moreno Barberá
Blat, J. (2006). *Fernando Moreno Barberá. Modernidad y arquitectura*. Barcelona: Fundación Caja de Arquitectos, p. 140-143
- Figs. 32-35 Facultad de Derecho, Valencia (1956-1959). F. Moreno Barberá
Blat, J. (2006). *Fernando Moreno Barberá. Modernidad y arquitectura*. Barcelona: Fundación Caja de Arquitectos, p. 146-157
- Figs. 36-38 Escuela de Maestría Industrial San Blas, Madrid (1964-1968). F. Moreno Barberá
Blat, J. (2006). *Fernando Moreno Barberá. Modernidad y arquitectura*. Barcelona: Fundación Caja de Arquitectos, p. 200-203
- Figs. 39-41 Universidad Laboral de Cheste, Valencia (1965-1970). F. Moreno Barberá
Blat, J. (2006). *Fernando Moreno Barberá. Modernidad y arquitectura*. Barcelona: Fundación Caja de Arquitectos, p. 218-227
- Figs. 42-44 Centro de Promoción Profesional Obrera, Madrid (1970-1973). F. Moreno Barberá
Blat, J. (2006). *Fernando Moreno Barberá. Modernidad y arquitectura*. Barcelona: Fundación Caja de Arquitectos, p. 238-243
- Fig. 45 Campus de Blasco Ibáñez de Valencia. Vuelo Interministerial, 1973-1986.
Centro Nacional de Información Geográfica. Edificio de Fernando Moreno Barberá
[file:///C:/Users/enmoz/Downloads/Dialnet-LosEdificiosUniversitariosDeFernandoMorenoBarberaE-6577464%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/enmoz/Downloads/Dialnet-LosEdificiosUniversitariosDeFernandoMorenoBarberaE-6577464%20(1).pdf) [Consulta: julio 2020]
- Figs. 46-50 Laboratorios de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Valencia
Fotografías propias

Apartado 2

- Fig. 51 Red de paralelos
Dibujo de elaboración propia
- Fig. 52 Red de meridianos
Dibujo de elaboración propia
- Fig. 53 Coordenadas geográficas
Dibujo de elaboración propia
- Fig. 54 Bóveda celeste sobre un punto P de observación sobre la Tierra
Dibujo de elaboración propia
- Fig. 55 Detalle de la bóveda celeste
Dibujo de elaboración propia
- Fig. 56 Coordenadas astronómicas: azimut (α) y altura sobre el horizonte (h)
Dibujo de elaboración propia
- Fig. 57 Movimiento de traslación en el sistema Sol-Tierra
Dibujo de elaboración propia
- Fig. 58 Dirección de incidencia de los rayos solares en los equinoccios y solsticios
Dibujo de elaboración propia
- Fig. 59 Duración del día en la bóveda celeste en función de la latitud del punto de observación
Dibujo de elaboración propia
- Fig. 60 Trayectorias solares sobre la bóveda celeste en un punto de la zona templada
Dibujo de elaboración propia
- Fig. 61 Elaboración de carta solar de Fisher para Valencia, latitud $\varphi = 39,5^\circ$
Dibujo de elaboración propia
- Fig. 62 Cálculo del vector solar para las 09:00 horas del día 22 de octubre, latitud $\varphi = 39,5^\circ$
Dibujo de elaboración propia
- Fig. 63 Elaboración de carta solar estereográfica para Valencia, latitud $\varphi = 39,5^\circ$
Dibujo de elaboración propia
- Fig. 64 Cálculo del vector solar para las 09:00 horas del día 22 de octubre, latitud $\varphi = 39,5^\circ$
Dibujo de elaboración propia
- Fig. 65 Carta solar cilíndrica para una latitud $\varphi = 39,5^\circ$
Dibujo de elaboración propia
- Fig. 66 Carta solar cilíndrica con distribución lineal de las alturas, para una latitud $\varphi = 39,5^\circ$
Dibujo de elaboración propia
- Fig. 67 Superposición de imágenes y diagrama estereográfico de obstrucciones solares del punto a, objeto de estudio, en latitud $\varphi = 39,5^\circ$
Dibujo de elaboración propia
- Fig. 68 Definición de plano límite 1: Definición geométrica del plano límite. Representación del plano en proyección estereográfica. Superposición sobre la carta estereográfica
Dibujo de elaboración propia
- Fig. 69 Definición de plano límite 2: Definición geométrica del plano límite. Representación del plano en proyección estereográfica. Superposición sobre la carta estereográfica
Dibujo de elaboración propia
- Fig. 70 Definición de plano límite 3: Definición geométrica del plano límite. Representación del plano en proyección estereográfica. Superposición sobre la carta estereográfica
Dibujo de elaboración propia

- Fig. 71 Definición geométrica del objeto de estudio
Dibujo de elaboración propia
- Fig. 72 Superposición de planos límite sobre la carta estereográfica.
Delimitación de periodos de insolación.
Dibujo de elaboración propia
- Fig. 73 Carta bioclimática de Givoni
Recuperado de <https://pedrojehernandez.com/tag/disenio-bioclimatico/page/3/> [Consulta: mayo 2020]
- Fig. 74 Isopleta de 20° sobre la carta estereográfica para latitud $\varphi = 39,5^\circ$
Dibujo de elaboración propia
- Fig. 75 Carta Solar cilíndrica válida para localidades de la Península Ibérica y Baleares,
figura 3.4 CTE HE5 (reinterpretada) (p.HE5-10)
Recuperado de https://www.coit.es/system/files/link_group/he_5_contribucion_fotovoltaica_minima_de_energia_electrica_77f479a7.pdf
[Consulta: mayo 2020]
- Fig. 76 Carta Solar cilíndrica CTE HE5 y máscara de sombras para una fachada vertical de
orientación Norte
Montaje y dibujo de elaboración propia
- Fig. 77 Carta Solar cilíndrica CTE HE5 y máscara de sombras para una fachada vertical de
orientación Este
Montaje y dibujo de elaboración propia
- Fig. 78 Carta Solar cilíndrica CTE HE5 y máscara de sombras para una fachada vertical de
orientación Sureste
Montaje y dibujo de elaboración propia
- Fig. 79 Carta Solar cilíndrica CTE HE5 y máscara de sombras para una fachada vertical de
orientación Sur
Montaje y dibujo de elaboración propia
- Fig. 80 Carta Solar cilíndrica CTE HE5 y máscara de sombras para una fachada vertical de
orientación Suroeste
Montaje y dibujo de elaboración propia
- Fig. 81 Carta Solar cilíndrica CTE HE5 y máscara de sombras para una fachada vertical de
orientación Oeste
Montaje y dibujo de elaboración propia
- Fig. 82 Máscara de sombras para una ventana sin protección
Dibujo de elaboración propia
- Fig. 83 Máscara de sombras para una ventana con protección
Dibujo de elaboración propia
- Fig. 84 Protección solar ideal en función de la orientación
Dibujo de elaboración propia
- Apartado 4
- Fig. 85 Emplazamiento del edificio para los Laboratorios de la Facultad de Ciencias de la
Universidad de Valencia
Blat, J. (2006). *Fernando Moreno Barberá. Modernidad y arquitectura*. Barcelona: Fundación Caja de Arquitectos, p. 184 (recortada)
- Fig. 86 Alzados y plantas del edificio para los Laboratorios de la Facultad de Ciencias de la
Universidad de Valencia
Blat, J. (2006). *Fernando Moreno Barberá. Modernidad y arquitectura*. Barcelona: Fundación Caja de Arquitectos, p. 185
- Fig. 87 Plantas y secciones del edificio para los Laboratorios de la Facultad de Ciencias de
la Universidad de Valencia
Blat, J. (2006). *Fernando Moreno Barberá. Modernidad y arquitectura*. Barcelona: Fundación Caja de Arquitectos, p. 186
- Fig. 88 Fachada Norte y testero
Fotografía desde la calle Jaime Roig
- Fig. 89 Fachada Sur y testero
Fotografía desde la calle Jaime Roig
- Fig. 90 Fachada Sur
Fotografía desde la avenida Blasco Ibáñez
- Fig. 91 Fachada Sur
Fotografía desde la avenida Blasco Ibáñez
- Fig. 92 Fachada Sur
Fotografía desde el interior del recinto
- Fig. 93 Detalle de la protección solar
Fotografía desde el interior del recinto
- Fig. 94 Detalle de la protección solar
Fotografía desde el interior del recinto
- Fig. 95 Detalle de la protección solar
Fotografía desde el interior del recinto
- Fig. 96 Entrada al edificio
Fotografía desde el interior del recinto
- Fig. 97 Detalle de la protección solar
Fotografía desde el interior del edificio

- Fig. 98 Detalle de la protección solar
Fotografía desde el interior del edificio
- Fig. 99 Detalle de la protección solar
Fotografía desde el interior del edificio
- Fig. 100 Fachada Sur de la axonometría
Dibujo de elaboración propia
- Fig. 101 Axonometría del volumen original del edificio para los Laboratorios de Ciencias de la Universidad de Valencia
Dibujo de elaboración propia
- Fig. 102 Captura de pantalla programa 3ds max con la *capa protección solar* activada
- Fig. 103 Puntos donde se localizan las cámaras para obtener las panorámicas
Dibujo de elaboración propia
- Fig. 104 Panorámica recortada desde la fachada Norte, con la capa protección solar activada
Dibujo de elaboración propia
- Fig. 105 Panorámica recortada desde la fachada Sur, con la *capa protección solar* activada
Dibujo de elaboración propia
- Fig. 106 Captura de pantalla del programa AutoCAD. Polígonos que definen la obstrucción solar. Ventana Norte
- Fig. 107 Captura de pantalla del programa AutoCAD. Polígonos que definen la obstrucción solar. Ventana Sur con protección solar
- Fig. 108 Patrón de sombra en AutoCAD. Ventana Norte
Dibujo de elaboración propia
- Fig. 109 Patrón de sombra en AutoCAD. Ventana Sur con protección solar
Dibujo de elaboración propia
- Fig. 110 Captura de pantalla del programa CE3X. Datos administrativos
- Fig. 111 Captura de pantalla del programa CE3X. Datos generales
- Fig. 112 Captura de pantalla del programa CE3X. Envoltente térmica. Suelo
- Fig. 113 Captura de pantalla del programa CE3X. Envoltente térmica. Cubierta
- Fig. 114 Criterio de orientación para las fachadas, figura A.1 del CTE DB HE1 (p.29)
Recuperado de https://app.maeswell.com/wp-content/uploads/2018/08/CTE_HE4.pdf [Consulta: julio 2020]
- Fig. 115 Orientaciones del edificio de los Laboratorios de Ciencias de la Universidad de Valencia según el criterio del CTE DB HE1
Dibujo de elaboración propia
- Fig. 116 Captura de pantalla del programa CE3X. Envoltente térmica Este
- Fig. 117 Captura de pantalla del programa CE3X. Envoltente térmica Oeste
- Fig. 118 Captura de pantalla del programa CE3X. Envoltente térmica Norte: Muro de fachadas, huecos y puentes térmicos
- Fig. 119 Captura de pantalla del programa CE3X. Envoltente térmica Sur con protección solar: Muro de fachadas, huecos y puentes térmicos
- Fig. 120 Patrón de sombra cargado en CE3X. Ventana Norte
Dibujo de elaboración propia
- Fig. 121 Patrón de sombra cargado en CE3X. Ventana Sur con protección solar
Dibujo de elaboración propia
- Fig. 122 Captura de pantalla del programa CE3X. Instalaciones
- Fig. 123 Captura de pantalla del programa CE3X. Calificación energética CON protección solar original
- Fig. 124 Captura de pantalla del programa 3ds max, con la *capa protección solar* desactivada
- Fig. 125 Panorámica recortada desde la fachada Sur, con la *capa protección solar* desactivada
Dibujo de elaboración propia
- Fig. 126 Patrón de sombra en AutoCAD. Ventana Sur sin protección solar
Dibujo de elaboración propia
- Fig. 127 Captura de pantalla del programa CE3X. Envoltente térmica Sur sin protección solar: Muro de fachadas, huecos y puentes térmicos
- Fig. 128 Patrón de sombra cargado en CE3X. Ventana Sur sin protección solar
Dibujo de elaboración propia
- Fig. 129 Captura de pantalla del programa CE3X. Calificación energética SIN protección solar original

Apartado 5

- Fig. 130 Calificación energética del edificio en emisiones CON protección solar original
Fragmento del certificado de eficiencia energética CON protección solar original
- Fig. 131 Calificación energética del edificio en emisiones SIN protección solar original
Fragmento del certificado de eficiencia energética SIN protección solar original
- Fig. 132 Escala de calificación energética de edificios
Recuperado de <https://www.apuntoarquitectura.com/como-interpretar-el-certificado-energetico/?cn-reloaded=1#unast> [Consulta: julio 2020]
- Fig. 133 Calificación energética del edificio en consumo de energía primaria no renovable CON protección solar original
Fragmento del certificado de eficiencia energética CON protección solar original
- Fig. 134 Calificación energética del edificio en consumo de energía primaria no renovable SIN protección solar original
Fragmento del certificado de eficiencia energética SIN protección solar original
- Fig. 135 Calificación parcial de la demanda energética de calefacción y refrigeración CON protección solar original
Fragmento del certificado de eficiencia energética CON protección solar original
- Fig. 136 Calificación parcial de la demanda energética de calefacción y refrigeración SIN protección solar original
Fragmento del certificado de eficiencia energética SIN protección solar original

Apartado 6

- Fig. 137 Parte del equipo de proyectos del despacho del arquitecto Fernando Moreno Barberá AFMB, en los años setenta
Recuperado de <https://www.tccuadernos.com/blog/fernando-moreno-barbera-arquitecto-obra/> [Consulta: julio 2020]
- Fig. 138 Estudio de soleamiento en las aulas de la Facultad de Derecho, Valencia (1956-1959)
Blat, J. (2006). *Fernando Moreno Barberá. Modernidad y arquitectura*. Barcelona: Fundación Caja de Arquitectos, p. 156
- Fig. 139 Protección solar de la fachada orientación Este de la Facultad de Derecho, Valencia (1956-1959)
Recuperado de <https://www.lasprovincias.es/culturas/arquitecto-irrepetible-valencia-20180127025057-nt.html> [Consulta: julio 2020]
- Fig. 140 Detalle de los parasoles del aula magna en la Escuela de Maestría Industrial en Santiago de Compostela, A Coruña (1959-1966)
Blat, J. (2006). *Fernando Moreno Barberá. Modernidad y arquitectura*. Barcelona: Fundación Caja de Arquitectos, p. 169
- Fig. 141 Planta de los talleres con protecciones solares en tres fachadas. Escuela de Ingenieros Agrónomos, Córdoba (1964-1970)
Blat, J. (2006). *Fernando Moreno Barberá. Modernidad y arquitectura*. Barcelona: Fundación Caja de Arquitectos, p. 216
- Fig. 142 Secciones constructivas con voladizos en el edificio de Lenguaje y Antropología del Centro de Universidades Laborales, Málaga (1972-1982)
Blat, J. (2006). *Fernando Moreno Barberá. Modernidad y arquitectura*. Barcelona: Fundación Caja de Arquitectos, p. 260
- Fig. 143 Centro de Universidades Laborales Blas Tello, Toledo (1971-1978)
Blat, J. (2006). *Fernando Moreno Barberá. Modernidad y arquitectura*. Barcelona: Fundación Caja de Arquitectos, p. 124
- Fig. 144 Fernando Moreno Barberá (1913-1998)
Dibujo de elaboración propia

Extracto del informe de originalidad de Turnitin

48487524:TFG_EncarniMorenoZambudio_DEFINITIVO_julio202.

INFORME DE ORIGINALIDAD

21%	13%	11%	14%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	fcae.ua.es Fuente de Internet	5%
2	Submitted to Universitat Politècnica de València Trabajo del estudiante	4%
3	José Luís Higón Calvet. "Contribuciones al estudio del asoleo geométrico. Procedimientos para el cálculo del factor de obstrucción solar. Aplicaciones.", Universitat Politecnica de Valencia, 2004 Publicación	3%
4	C. Jordá, M. Palomares, F. Iborra, C. Gradolí, P. Herrero, F. Usó. "CONSERVATION MANAGEMENT PLAN CHESTE WORKERS UNIVERSITY AUDITORIUM (SPAIN). A GETTY FOUNDATION KEEPING IT MODERN GRANT", ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 2020 Publicación	2%
5	www.ilcalcioa5.com Fuente de Internet	1%
6	David Sánchez Muñoz. "Los edificios universitarios de Fernando Moreno Barberá en el campus de Blasco Ibáñez de Valencia: nuevas aportaciones a su cronología y construcción", Boletín de Arte, 2018 Publicación	1%
7	docplayer.es Fuente de Internet	<1%
8	hdl.handle.net Fuente de Internet	<1%
9	Submitted to Universidad de León Trabajo del estudiante	<1%
10	oa.upm.es Fuente de Internet	<1%
11	static.eoi.es Fuente de Internet	<1%
12	repositori.uji.es Fuente de Internet	<1%
13	Submitted to Universidad Carlos III de Madrid Trabajo del estudiante	<1%