



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Arquitectura

Recreación virtual de la obra no construida de Louis Kahn.
Las casas parasol mediante Unreal Engine

Trabajo Fin de Grado

Grado en Fundamentos de la Arquitectura

AUTOR/A: Weng Xu, Haihan Angel

Tutor/a: Lillo Giner, Santiago

Cotutor/a: Iñarra Abad, Susana

CURSO ACADÉMICO: 2023/2024

“Todo aquello que no se construye no está realmente perdido. Una vez que se ha establecido su valor, la demanda de presencia es innegable. Tan sólo está esperando las circunstancias adecuadas.” -Louis Isadore Kahn

RESUMEN

A lo largo de la historia, numerosos arquitectos han propuesto y teorizado obras que nunca se han llegado a construir ya sea por tratarse de proyectos experimentales, teóricos o utópicos. Que la obra no se materializara no significa que no fueran proyectos de gran interés, en muchas ocasiones resulta incluso ser lo opuesto, como abordaremos a lo largo del trabajo. Se analizarán y redibujarán las Casas Parasol, unas viviendas colectivas proyectadas por Louis Kahn.

Kahn dedica sus primeros veinte años de profesión a proyectar vivienda social, sin embargo únicamente diez proyectos llegan a materializarse. Entre las viviendas sin construir cabe destacar el proyecto de las Parasol Houses. Su objetivo trataba de generar la unidad proyectual -Planning unit- que respondiera a las nuevas necesidades de la vivienda social. La propuesta de Kahn se basó en los temas actividades sociales que potenciaban tanto la privacidad como la comunidad vecinal. Se diseñaron unas viviendas en hilera, que estaban resguardadas por el elemento característico del proyecto, una gran cubierta que se asemeja a un plano infinito debido a sus largas dimensiones pero de fina esbeltez, la cubierta parasol.

Existen en la actualidad numerosas técnicas de representación arquitectónica que nos permiten construir digitalmente la arquitectura no construida y permitir así la difusión de este valioso patrimonio. Entre las diferentes tecnologías de modelización y renderizado, la aparición de Unreal Engine aporta un concepto nuevo, el render en tiempo real, esto significa que nos permite ver los resultados de todos los cambios que realizamos en la escena en tiempo real y mientras trabajamos sobre ella, sin tener que estar constantemente realizando pruebas y renderizados a cada momento para ver el resultado de los cambios que realizamos. Además, ya no estaremos limitados a imágenes estáticas, sino que permite la interacción y libertad del movimiento en las escenas, otorgando un nuevo nivel de inmersión y apreciación del proyecto.

El trabajo aquí propuesto empleará esta tecnología como una herramienta para poder vivir la experiencia arquitectónica de una forma cercana a la realidad. La avanzada industria de videojuegos como aliada para la difusión del patrimonio arquitectónico. Se modelizará el proyecto de las Parasol Houses a partir de la documentación gráfica existente y mediante Unreal Engine se permitirá un recorrido en tiempo real acercando al usuario a la experiencia de visitar una obra de Kahn.

PALABRAS CLAVE:

Unreal Engine; recreación virtual; casas parasol; Louis Kahn; no construido; modelo 3D; visualización arquitectónica

RESUM

Al llarg de la història, nombrosos arquitectes han proposat i teoritzat obres que mai no s’han arribat a construir ja sigui per tractar-se de projectes experimentals, teòrics o utòpics. Que l’obra no es materialitzés no vol dir que no fossin projectes de gran interès, en moltes ocasions resulta fins i tot ser allò oposat, com abordarem al llarg del treball. S’analitzaran i redibuixaran les Cases Parasol, uns habitatges col·lectius projectats per Louis Kahn.

Kahn dedica els seus primers vint anys de professió a projectar habitatge social, però només deu projectes arriben a materialitzar-se. Entre els habitatges sense construir cal destacar el projecte de les Parasol Houses. El seu objectiu intentava generar la unitat projectual -Planning unit- que respongués a les noves necessitats de l’habitatge social. La proposta de Kahn es va basar en els temes activitats socials que potenciaven tant la privadesa com la comunitat veïnal. Es van dissenyar uns habitatges en filera, que estaven arrecerats per l’element característic del projecte, una gran coberta que s’assembla a un pla infinit a causa de les seves llargues dimensions però fina esveltesa, la coberta para-sol.

Actualment hi ha nombroses tècniques de representació arquitectònica que ens permeten construir digitalment l’arquitectura no construïda i permetre així la difusió d’aquest patrimoni valuós. Entre les diferents tecnologies de modelització i renderitzat, l’aparició d’Unreal Engine aporta un concepte nou, el render en temps real, això vol dir que ens permet veure els resultats de tots els canvis que realitzem a l’escena en temps real i mentre treballem sobre ella, sense haver d’estar constantment realitzant proves i renderitzats a cada moment per veure el resultat dels canvis que realitzem. A més, ja no estarem limitats a imatges estàtiques, sinó que permet la interacció i la llibertat del moviment a les escenes, atorgant un nou nivell d’immersió i apreciació del projecte.

El treball proposat aquí emprarà aquesta tecnologia com una eina per poder viure l’experiència arquitectònica de manera propera a la realitat. L’avançada indústria de videojocs com a aliada per a la difusió del patrimoni arquitectònic. Es modelitzarà el projecte de les Parasol Houses a partir de la documentació gràfica existent i mitjançant Unreal Engine es permetrà un recorregut en temps real apropant l’usuari a l’experiència de visitar una obra de Kahn.

PARAULES CLAU:

Unreal Engine; recreació virtual; cases parasol; Louis Kahn; no construït; model 3D; visualització arquitectònica

1.1 INTRODUCCIÓN

A través de los años, la arquitectura ha sido el escenario para la concepción de numerosos proyectos ambiciosos y visionarios que, por diversas circunstancias, nunca llegaron a tomar forma en la realidad. Estas obras no construidas, aunque permanezcan en el ámbito teórico o experimental, poseen un valor trascendental al representar la inventiva y el coraje de los arquitectos para explorar nuevas ideas y enfoques en el diseño del entorno construido.

En las últimas décadas, los avances tecnológicos han revolucionado la forma en que la arquitectura es concebida, visualizada y comunicada. La representación arquitectónica virtual y en 3D ha emergido como una herramienta poderosa que ha transformado la industria. Mediante el uso de innovadores software y dispositivos, los arquitectos y diseñadores ahora pueden crear modelos digitales altamente precisos y realistas de sus proyectos, permitiéndoles explorar y comunicar sus ideas de una manera nunca antes posible.

En este trabajo de investigación y desarrollo, se toma a uno de los arquitectos más reconocidos del siglo XX para tratar su obra no construida. Por tanto, nos proponemos rescatar y revivir sus Casas Parasol, mediante el uso de tecnologías de recreación virtual. La aplicación del motor de juego Unreal Engine nos permitirá recrear con precisión y en tiempo real, un recorrido virtual tomando los planos originales de Kahn y ofrecer a la comunidad una oportunidad para explorar y experimentar la propuesta llegó a ver el sol.

1.2 OBJETIVOS

Louis Kahn, una de las figuras más influyentes del siglo XX, dotó a sus monumentales y atemporales construcciones de una “construcción reflexiva de los espacios”, según su propia definición. Enfocándose en la materialidad y la luz, logró resaltar el carácter monolítico de sus edificios mediante la sencillez y la pulcritud del hormigón visto y el ladrillo. Además, en el interior de sus obras, su hábil manejo de la luz proporciona un dramatismo que busca expresar el alma y la voluntad de los materiales.

Pese a que Kahn destacó más por sus proyectos dotacionales o de carácter público, también ha realizado un gran número de proyectos residenciales. De entre todas las viviendas, las Casas Parasol son las que representan al Kahn más cercano al movimiento moderno, utilizando conceptos de la planta libre o liberar al muro de su función estructural. Además de apostar por los nuevos sistemas constructivos de prefabricación modular en la cubierta Parasol.

El presente trabajo tiene como principal propósito estudiar el proyecto no construido de las Casas Parasol y su contexto histórico, para rescatarlo y poner en valor la memoria arquitectónica del reconocido arquitecto Louis Kahn. Se comentaran algunos de los proyectos que realizó en la década de los 40s y los motivos por los que le llevaron a resolver las Casas Parasol de esa manera, siendo de los pocos proyectos residenciales donde utiliza un sistema reticular de pilares, característico Le Courbisier o Mies van der Rohe, donde separa la estructura del muro. Sin embargo, debido a diversas circunstancias, las Casas Parasol nunca llegaron a ver la luz en el mundo físico. A pesar de ello, sus planos y bocetos han sobrevivido, inmortalizando de la visión de un joven y moderno Kahn, que acabaría abandonando dicha corriente para buscar su propio lenguaje arquitectónico.

La difusión del legado arquitectónico de Louis Kahn es otro pilar fundamental de este proyecto. Se busca compartir la trascendencia histórica y artística de sus creaciones, y así inspirar a las generaciones actuales y futuras de arquitectos a explorar ideas innovadoras y nuevas maneras de construir. A través de la recreación virtual de las “Casas Parasol”, aspiramos a que su visión alcance un alcance global, trascendiendo barreras geográficas y temporales, y reafirmando la relevancia perdurable de su obra en el panorama arquitectónico mundial.

1.3 METODOLOGÍA

El desarrollo del trabajo se ha dividido en los siguientes apartados:

Investigación bibliográfica:

Consulta documental para recopilar información relevante sobre las Casas Parasol y el contexto histórico para entender la trayectoria de Kahn y sus motivaciones a la hora de proyectar las Casas Parasol. Se han tomado fuentes primarias y secundarias, incluyendo planos, bocetos, escritos y entrevistas relacionadas con el proyecto.

Redibujado y modelado 3D:

A partir de la documentación obtenida de los croquis de Kahn. Se analiza el proyecto y posteriormente, se utilizarán importan los croquis originales de Kahn a los programas informáticos, como ArchiCAD, 3D max o Rhino para redibujar los planos y levantar un modelo 3D, para su posterior importación a Unreal Engine. También se estudian otros proyectos coétaneos que si fueron construidos por Kahn para tomar como referencia su materialidad, mobiliario, acabados, etc.

Importación a Unreal Engine y D5 Render:

Los modelos 3D se importarán y adaptarán al motor de juego Unreal Engine para crear un entorno virtual en tiempo real. Se realizará un aprendizaje autodidacta del Unreal Engine mediante tutoriales. Para mejorar la representación gráfica y arquitectónica del proyecto, se realizarán imágenes estáticas mediante el motor de renderizado D5 Render.

Resultados y conclusiones:

Reflexión sobre el proyecto de las Casas Parasol y las nuevas tecnologías de recreación virtual, la conservación del patrimonio arquitectónico a través de estas. Obtención de resultados tras el apartado de análisis y caso práctico.

Difusión y accesibilidad:

Se compartirán tanto los planos y modelos 3D empleados en la recreación virtual de las “Casas Parasol” en un drive, buscando recuperar dicha obra de Kahn y difusión entre la comunidad arquitectónica y el público en general.

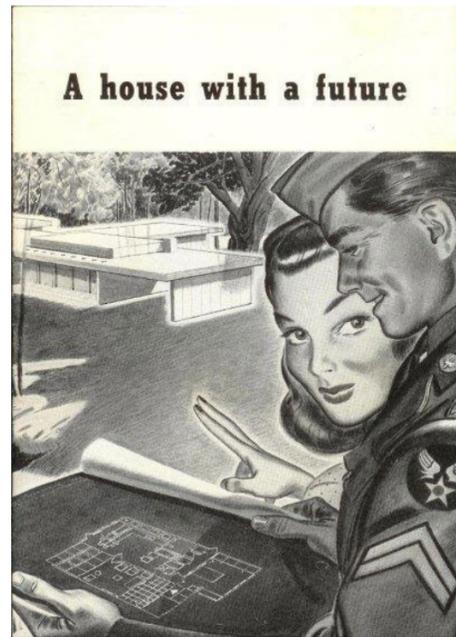


Figura 1. Revere Copper Brass . Cartel publicitario. 1942.

2. LAS CASAS PARASOL. PROYECTO NO CONSTRUIDO

2.1 Contexto histórico

Urbanismo y arquitectura de posguerra.

En Estados Unidos, los proyectos de “viviendas de defensa” dejaron de construirse a partir de 1943 y la arquitectura empezó a imaginar cómo quedarían las casas después de la guerra. Muchas publicaciones y proveedores de productos propusieron desafíos y concursos imaginativos en arquitectura. El objetivo era moldear las percepciones de la gente sobre el hogar suburbano ideal y cómo vivirían allí después del conflicto.

Varios arquitectos, como Kahn y Stonorov, se sumergieron en esta cultura de la anticipación, dejando atrás un período de construcción masiva en favor de proyectos incumplidos. Su objetivo era redefinir la arquitectura moderna en consonancia con el ascenso de la sociedad de consumo. Después de la Segunda Guerra Mundial, Estados Unidos experimentó un período de prosperidad sin precedentes, en el que surgió un nuevo estilo de vida suburbano marcado por la importancia del automóvil, el crecimiento de los grandes centros comerciales y la introducción de nuevos bienes de consumo como la televisión o el microondas. Todo esto generó un fuerte deseo de prosperidad en el ámbito doméstico que chocó con la visión austera del Movimiento Moderno en arquitectura (Sudjic, 1999).

Más adelante, a raíz de las campañas publicitarias de las empresas que intentaban reorientar su producción, anteriormente centrada en la guerra, veremos cómo la arquitectura se vio obligada a adaptarse y cumplir con las expectativas de la población. Una de estas empresas constructoras, Revere Copper and Brass, promovió anuncios con los lemas “después de una guerra plena puede llegar una vida plena” o “una casa con futuro” (figs. 1 y 2), dirigidos principalmente a los soldados que estaban regresando a casa. En 1944, se aprobó la Ley de Reinserción de los Soldados, conocida como la GI Bill. Dicha Ley se promulgó con el propósito de brindar apoyo a los soldados estadounidenses que habían estado combatiendo en la Segunda Guerra Mundial y que estaban regresando a sus lugares de origen (Greenspan, 2008), lo que fomentó un proceso de urbanización excesiva que colonizó las áreas periféricas de las ciudades, creando así el concepto del barrio residencial estadounidense.

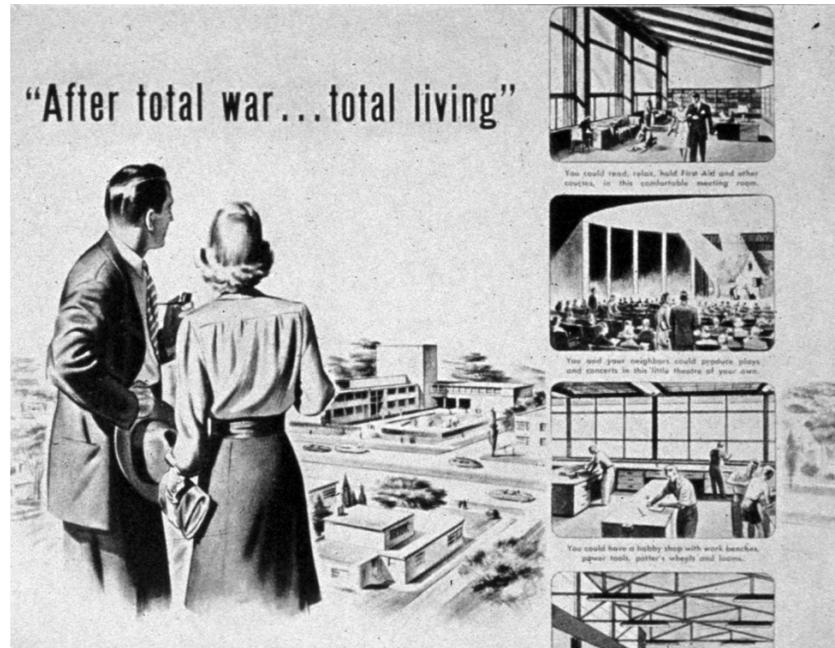


Figura 2. Revere Copper Brass . Cartel publicitario. 1942.

Las campañas publicitarias buscaban difundir esta imagen, pero también hubo un interés significativo por parte de empresas en la planificación urbana de los vecindarios. Promovieron la creación de folletos que seguían destacando la participación ciudadana en la configuración de las comunidades. Para promocionar sus materiales de construcción, la Revere Copper Company contrató a Kahn y Stonorov para diseñar algunos de estos folletos sobre arquitectura de posguerra. El primer proyecto implicó la rehabilitación de cuatro manzanas preexistentes en Filadelfia, conocido como el “Model Neighborhood Rehabilitation Project”. En respuesta a este encargo, los arquitectos tuvieron que crear un programa comunitario que incluyera una guardería, una zona de juegos y una tienda (MacCarter, 2009).

Según Kahn y Stonorov (1943), los barrios más antiguos deberían preservarse en lugar de demolerse. Se dieron cuenta de que agregar servicios y espacios verdes podría dar nueva vida a estos vecindarios. Se refirieron a esta estrategia como “armadura protectora” porque, al incluir estos espacios comunitarios, la comunidad podría volverse autosuficiente y resistir la devastación (fig. 3).

En julio de 1943, se promovió en la revista Saturday Evening Post un folleto titulado “Why City Planning Is Your Responsibility”. En un esfuerzo por demostrar cómo debe proceder la planificación en estas áreas se representó en una imagen a la gente estableciendo un consejo de planificación de vecindario, mientras que en otra, se ilustraba cómo la demolición de una manzana de un barrio era reemplazada por un edificio comunitario. Tan solo un mes después de su publicación, se habían distribuido más de 111.000 copias, lo que reflejaba el alto interés de la sociedad estadounidense en aprender sobre la arquitectura de la posguerra. (Kahn, 1943)

Kahn utilizaba simbólicamente a la familia como el núcleo central en sus propuestas de planificación. Su enfoque estaba en el diseño de la vivienda, pero, en un sentido más amplio, su trabajo en la planificación urbana se conectaba en sucesivos niveles que irradiaban desde la familia: el vecindario, la ciudad, la región y la nación (fig. 4).

Tomando en cuenta las relaciones que propone Kahn, se refuerza la necesidad de concebir las comunidades desde sus propios residentes y sus hogares, en contraposición a un enfoque a nivel nacional. El principio fundamental del urbanismo es que debe respetar la libertad individual y centrarse en las necesidades de cada familia y su hogar.



Figura 3. Kahn y Stonorov . Model Neighborhood Rehabilitation Project. Filadelfia, 1943.

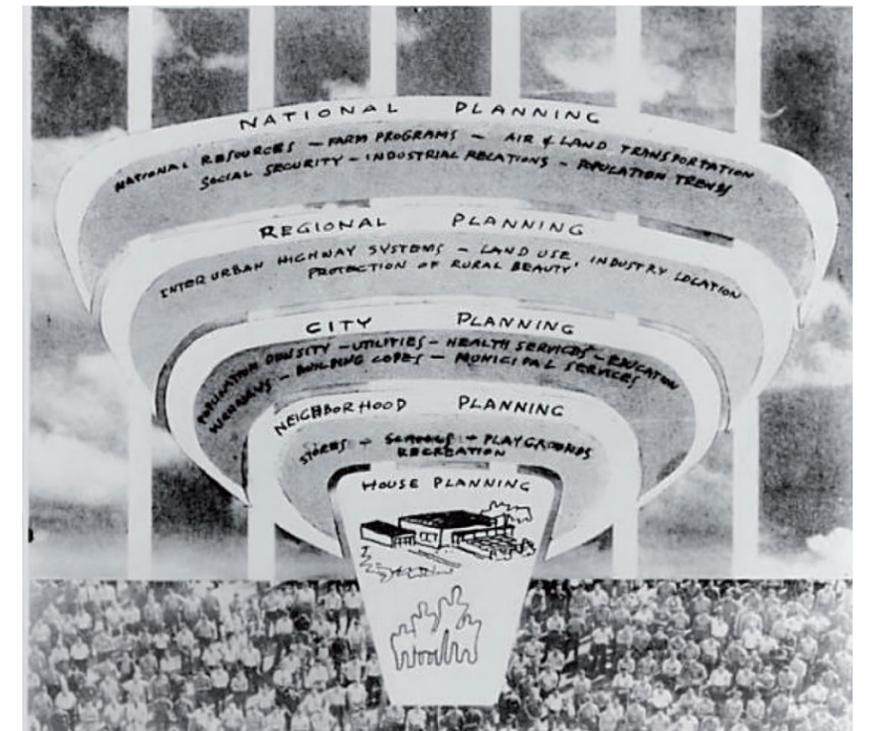


Figura 4. Kahn y Stonorov . Esquema de planificación urbana. Filadelfia, 1944.

La nueva vivienda de posguerra. La casa del 194X.

En ese período, Kahn y Stonorov no limitaron sus esfuerzos únicamente a proyectos que reflejaban sus ideales comunitarios en arquitectura. Siguiendo la tendencia de muchos otros arquitectos estadounidenses, y ante la escasez de proyectos gubernamentales, se sumergieron en los debates acerca de la vivienda y la arquitectura de la posguerra, participando en diversos concursos lanzados por revistas especializadas o compañías relacionadas con la construcción y mobiliario (Browlley, 1996). Similar al caso del fabricante de muebles Hans G. Knoll, con las Casas Parasol. Estos concursos buscaban propuestas vanguardistas que pudieran moldear el carácter de la arquitectura en la era posterior a la guerra.

Se anunció en enero de 1943 por parte de la revista California Arts & Architecture el concurso "Design for a Postwar Living" en el que se presentaron Kahn y Stonorov. Sin embargo, su proyecto fue rechazado porque presentaron una propuesta basada en la casa de planta baja libre de Carver Court, que resultó ser demasiado convencional. El proyecto tenía en planta baja las zona de servicio compuesto por cocina-cocina, almacén, instalaciones y un espacio de porche donde se podía aparcar el coche. En la planta superior, elevada sobre pilotis, estaban los dormitorios y el salón. A su alrededor había una pieza de aseo amebomorfa, que recordaba a los diseños de Le Corbusier. Kahn (1943) anotó detalladamente el dibujo, describiendo el uso previsto de cada una de las estancias, como "salón separado del comedor y la cocina para mayor tranquilidad" o "la cocina colocada en planta baja cerca de la entrada durante el día" (fig. 9). Todas estas consideraciones reflejaban la sensibilidad de Kahn hacia el diseño en relación con la vida familiar y sus rutinas. Aunque el proyecto incorporaba elementos prefabricados, en comparación con las propuestas de los Eames o Richard Neutra, no resultaba particularmente innovador.

Sin embargo, es importante señalar que la idea de viviendas prefabricadas ya se estaba generalizando en los Estados Unidos a principios de la década de 1940 y, en realidad, incluso antes, con las propuestas de Buckminster Fuller en 1927 para su Dymaxion (fig.10). El interés en la prefabricación dio lugar a modelos inusuales, como el de Fuller, que comenzó la producción en serie de sus casas "Dymaxion Deployment Unit" (DDU) que se caracterizaban por su diseño con plantas circulares y octogonales.

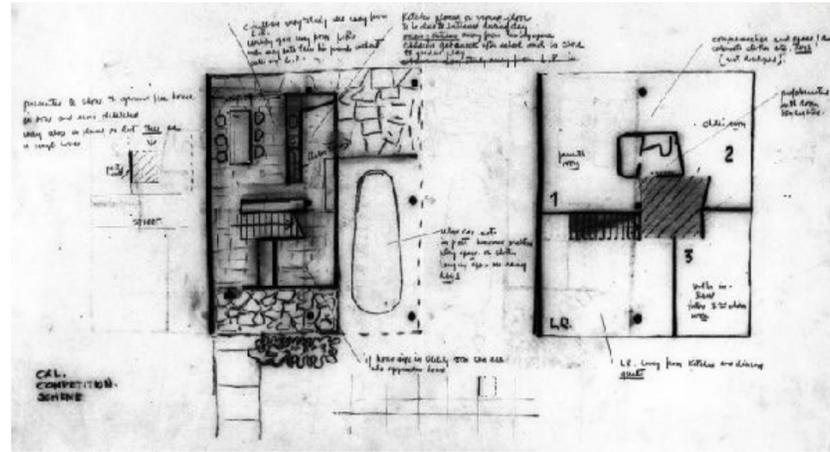


Figura 9. Kahn y Stonorov . Croquis para el concurso Design for a Postwar Living. 1943.

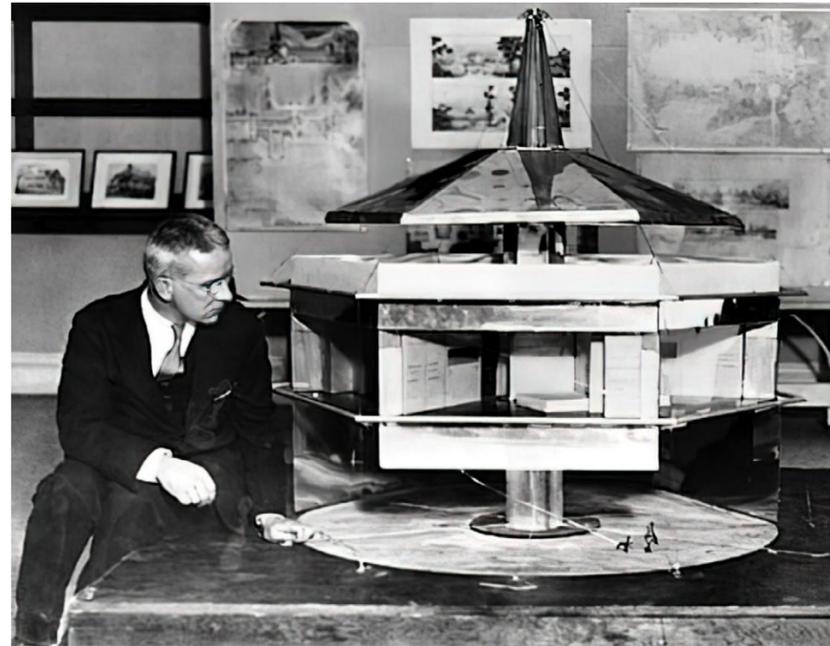


Figura 10. Buckminster Fuller. La Casa Dymaxion. 1927.

Fuller diseñó diversos modelos con el objetivo de optimizar la superficie y el cerramiento, al tiempo que mejoraba el sistema ambiental al aplicar técnicas de construcción inspiradas en silos y graneros metálicos. Numerosos beneficios de la producción en masa estaban presentes en la casa, incluido el rápido montaje y desmontaje, un tamaño reducido, movilidad y un precio inferior a 1.000 dólares. A pesar de estos beneficios, el prototipo no tuvo mucho éxito; Sólo se produjeron 200 unidades, en su mayoría para uso militar en el frente. La prefabricación se consideraba el futuro de la arquitectura, por lo que las ideas futuristas de Fuller, junto con los prototipos de la costa oeste, ayudaron a difundir la idea de que las casas de posguerra deberían construirse de esta manera.

La revista Architectural Forum, que acuñó el término "194X" para describir esta visión de la arquitectura y el urbanismo de posguerra durante tiempos de guerra. En 1942, la revista celebró un concurso denominado "La nueva casa de 194X" en referencia a la ambigüedad que rodea la fecha precisa en la que terminaría la guerra. Kahn y Stonorov estuvieron entre los arquitectos que eligió la revista, pero estaban comprometidos con el proyecto Willow Run y no pudieron terminar su propuesta antes de la fecha límite. A pesar de esto, todavía existen algunos bocetos iniciales de la casa que demuestran similitudes con las viviendas de emergencia que estaban desarrollando, en particular un proyecto de 1937 que Kahn había estado investigando para viviendas prefabricadas de acero (Büttiker, 1993).

El proyecto se estructuraba con una retícula cuadrada de 12 pies con perfiles en L de acero para crear unidades estructurales tridimensionales. Siguiendo una estrategia similar que utilizaría posteriormente Le Corbusier en su Casa del Hombre en Zurich, 1965 (fig. 13). Estas unidades se unieron para crear varios tipos de viviendas. Pese a las distintas variantes en de las tipologías, el núcleo de servicios (cocina, baño y escalera) se mantenía siempre en una banda lateral. El resto de la planta baja se destina al salón y en la planta superior los dormitorios (fig. 12).

Un tragaluz que destacaba en la elevación e integraba todas las comodidades de la casa, como chimeneas y conductos de ventilación, permitía que entrara luz natural en el núcleo compacto (fig. 11). Por el sistema constructivo escogido de estructura metálica y paneles prefabricados, Kahn y sus colaboradores también propusieron un módulo de baño para la vivienda que incluyera bañera, inodoro y lavabo en una sola pieza.



Figura 11. Kahn y Henry Klumb. Alzado de la casa prefabricada. 1937.

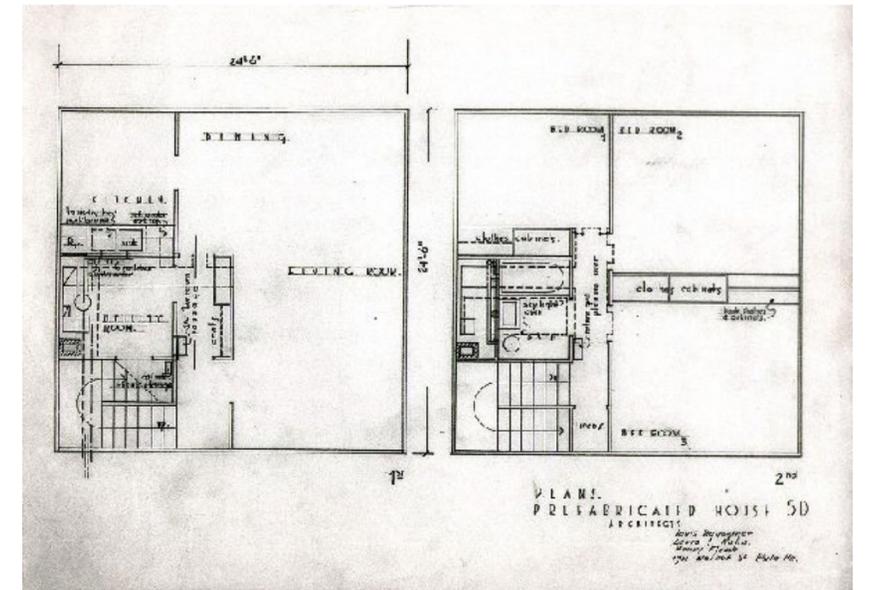


Figura 12. Kahn y Henry Klumb. Plantas de la casa prefabricada. 1937.



Figura 13. Le Corbusier. Estructura tridimensional en La Casa del Hombre. 1965.

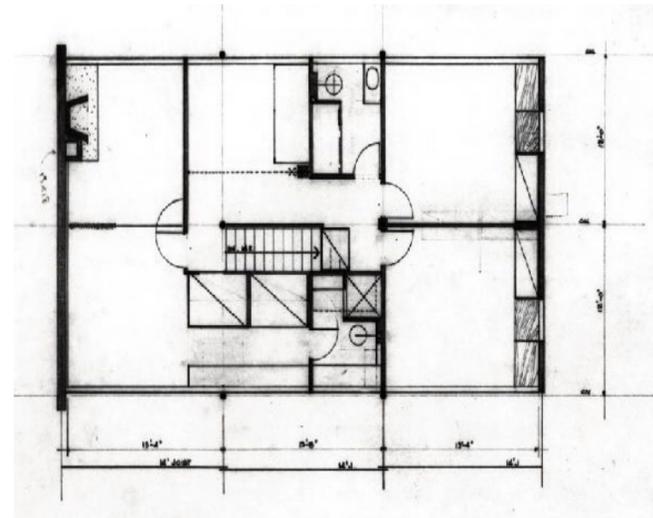


Figura 14. Kahn y Stonorov. Alzado y planta para el concurso la nueva Casa 194X. 1942.

Posiblemente esta fuese uno de los primeros sets de mobiliario compactos diseñados por Kahn, en la que se buscaba incluir las nuevas tecnologías a la vivienda, a la vez que se optimizaba el espacio y abarataba costes. Esta toma de contacto con los mobiliarios también se verá reflejada en los próximos proyectos como analizaremos más adelante en el caso de las Casas Parasol.

El proyecto que no pudieron finalizar para el concurso 194X no fue la propuesta más innovadora que se presentó. Estaba conformada por una vivienda unifamiliar de dos plantas que también se basaba en un módulo de 12 pies, pero en esta instancia se distribuía con un espacio relativamente abierto en la planta baja que combinaba sala junto a la cocina, donde el espacio se segmentaba usando el elemento del muebles fijo.

La primera planta era más tradicional, reflejaba los cambios sociales ocurridos en los cinco años anteriores. Con elementos adicionales como vestidores y oficinas, los dormitorios ya no eran simples y sencillos. En ese piso, se rediseñó un área de juegos con la capacidad de funcionar como vestíbulo y cerrarse con una mampara móvil. Además, la chimenea reapareció al estilo de las tradicionales cabañas de madera americanas. Esta vez era de ladrillo y estaba situada en una de las paredes laterales (fig. 14).

Los arquitectos ya habían estado trabajando en otros aspectos de la casa, como una cubierta inclinada, ventanas continuas y una combinación de ladrillo y madera para el cerramiento. Los dos frentes de vidrio ocuparon en este diseño casi toda la fachada, liberándose de la estructura exterior. Sin embargo, a pesar del auge del automóvil, el proyecto no incluía lugar para aparcar el coche. En cambio, se añadieron otros componentes que sugerían una vida cómoda, como un pequeño invernadero o el estudio de espacios exteriores.

A pesar de que no se publicara la nueva casa 194X de Kahn y Stonorov, la revista reunió una selección muy interesante de proyectos que se publicaron en 1942, que veremos a continuación, ya que fue especialmente relevante para un futuro proyecto de Kahn, concretamente, para las Casas Parasol de 1944.

Al año siguiente, se convocó otro concurso llamado "New Buildings for 194X", centrado en la temática de los edificios institucionales en la ciudad. Una vez más invitados a participar, Kahn y Stonorov presentaron un plan para un hotel de 200 habitaciones y 13 pisos con similitudes en la estructura del rascacielos PSFS, proyectado por arquitectos Howe y Lescaze (McCarter, 2009).

El proyecto del Hotel 194X se basó en una distribución en planta de habitaciones en forma de L junto a un edificio que albergaba un centro comunitario, generando una plaza pública. De esta manera, los arquitectos de Filadelfia pusieron en práctica sus creencias en la importancia de la comunidad y su deseo de crear símbolos diseñando edificios privados que regeneraran ciudades (fig. 15). (Golhagen, 2001).

El hotel que Kahn y Stonorov proyectaron para la Architectural Forum puede verse como la primera evidencia de un cambio en el pensamiento de Kahn sobre la necesidad de integrar la arquitectura de las ciudades y los edificios para avanzar en la conciencia social a través de una nueva monumentalidad que fortalezca la identidad comunitaria. A través del proyecto se buscó dar una imagen de empresa comunitaria que demostrara el cambio que la arquitectura moderna es capaz de producir en la sociedad. Sumado a esto, la propuesta hizo uso de materiales innovadores como estructuras de hormigón prefabricadas, revestimientos plásticos, muebles de madera contrachapada, y baños modulares con diseños curvos, predecesores de los que veremos en las Casas Parasol (fig. 16). Cada habitación fue diseñada meticulosamente, con muebles de inspiración aaltiana, características de control de clima de vanguardia y estaciones de trabajo suspendidas.

La orientación este-oeste del edificio permitió una iluminación controlada, combinada con la gran altura libre de las habitaciones, daba como resultado un espacio interior bien iluminado. Kahn y Stonorov sugirieron para la fachada elementos brise-soleil de aluminio grecado con perforaciones rectangulares que, dispuestos horizontalmente, producirían un patrón geométrico de luces y sombras similar al utilizado en el Radbill Therapy Building, obra que construiría Kahn cinco años después (Büttiker, 1993).

Las posteriores obras de Kahn se caracterizarán por la relación entre comunidad y monumentalidad. Kahn presentó un ensayo titulado "Monumentality" en un artículo sobre arquitectura y planificación urbana en Nueva York en 1944.

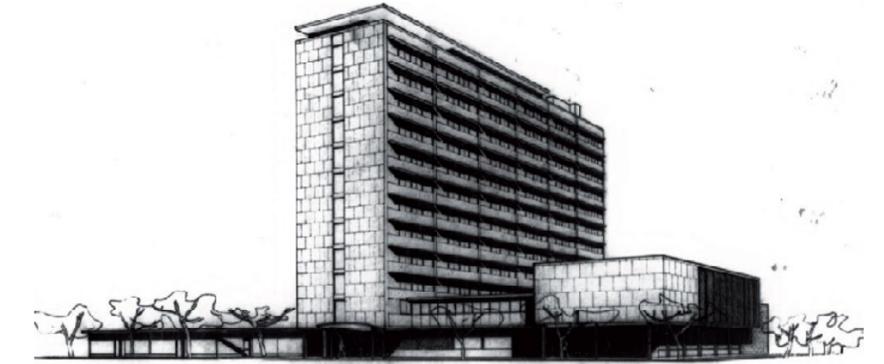


Figura 15. Kahn y Stonorov. Perspectiva del Hotel 194X. 1943.

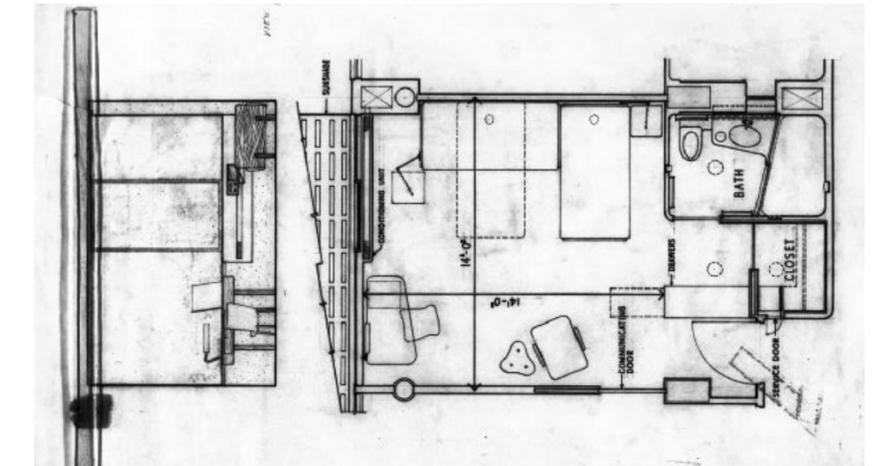


Figura 16. Kahn y Stonorov. Esquema de habitación del Hotel 194X. 1943.

En el artículo, se hace referencia a la idea de que la arquitectura moderna necesita adaptarse a los nuevos materiales y métodos de construcción, como el uso de tubos y soldaduras en lugar de remaches. Se habla sobre la evolución de los materiales de construcción, como el acero, el concreto y el vidrio, y cómo estos están cambiando la forma en que se diseñan y construyen los edificios. También se menciona la importancia de la planificación de espacios y la relación entre el diseño arquitectónico y la escultura, la pintura y otras disciplinas artísticas. De la misma manera, recalca la necesidad de que la figura del arquitecto esté dispuesto a adaptarse a los avances tecnológicos y a utilizar nuevos materiales de manera creativa para satisfacer las necesidades cambiantes de la sociedad (Kahn, 1944).

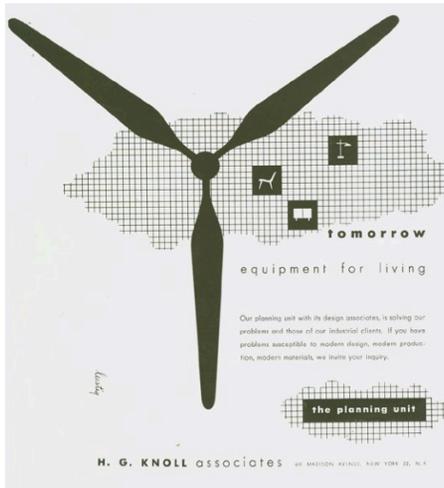


Figura 17. Hans G. Knoll Associates. Cartel del concurso "Equipment for living". 1944.

2.2 Vivienda colectiva. Casas Parasol

Como se ha visto previamente en el contexto histórico, durante este periodo Kahn se presenta a numerosos concursos junto a Oscar Stonorov, siendo las Parasol Houses o Casas Parasol uno de ellos, esta propuesta es de particular interés, ya que fue de las más innovadoras que propusieron ambos arquitectos a lo largo de la década de los 40s y por lo tanto, en este trabajo se llevará a cabo un estudio detallado de este proyecto en particular.

Las Casas Parasol representan la dedicación de Kahn al lenguaje arquitectónico moderno, alejándose de la austeridad presente en sus diseños de viviendas de emergencia y de sus enfoques posteriores más anclados en la historia y la tradición. En este concurso aprecia al Kahn más moderno, que trabaja con los nuevos avances de los sistemas constructivos y materialidad (Juárez, 2006). Sin olvidar que ese mismo año, Kahn publica su ensayo "Monumentality," en el que hacía referencia a los avances que la industria militar había logrado en los materiales como el hormigón, el acero y la madera, así como la de producción en serie, y cómo estos avances deberían ser utilizados para proyectar útiles edificios tras la guerra, en tiempos de paz. (Kahn, 1944)

Hans G. Knoll Associates, es una empresa fabricante de mobiliario para oficinas, espacios de trabajo, hogares, etc. En el que su enfoque ha sido combinar el diseño contemporáneo con la funcionalidad y la innovación de la creación de espacios de trabajo y entornos residenciales. A lo largo de la historia hasta nuestros días, a colaborado con los arquitectos y diseñadores más importantes y relevantes de cada época, como la silla del pabellón de Barcelona de Mies Van der Rohe o la silla Womb de Eero Saarinen.

En 1944, la fabricante Hans G. Knoll propone un concurso con el enunciado de "Equipment for Living" (fig. 17), donde se invitan a ocho arquitectos entre los que se encontraban Serge Chermayeff, Charles Eames, Eero Saarinen, Ralph Ruspson, Antonin Heythum, Joe Johansson y Kahn junto a Stonorov. (Browlee, 1996)

El objetivo del concurso era desarrollar una unidad proyectual o "Planning Unit", que pudiera satisfacer las nuevas demandas de la sociedad moderna. Además, a esta unidad se debía integrar una serie de equipamientos que la empresa tenía previsto producir y vender a sus clientes, como electrodomésticos y muebles. Se invitaron propuestas para revitalizar el clásico hogar estadounidense mediante una integración de los procesos de diseño, fabricación y comercialización.

La filosofía que Kahn (1944) había estado desarrollando hasta ese momento, centrada en la familia, la comunidad y las necesidades de los residentes de las viviendas, fue la base de este proyecto. La casa que proyectaron fue en busca de una nueva tipología de vivienda, en la que las necesidades y modo de vida se tuvieran en cuenta en la fase de ideación de proyecto. Esto hizo que Kahn pensara en los vínculos sociales que debían establecerse en la casa, dentro de la familia y la comunidad. Kahn ilustró hábilmente las deficiencias de las casas de la época, como la falta de espacios diáfanos, usos que no se relacionan en la misma estancia y la desorganización de distribución de la vivienda en relación a sus usuarios (fig.18).

Para resolver cada uno de estos problemas, Kahn y Stonorov se centraron en una proyectar una nueva tipología de vivienda que atendiera los nuevos usos y necesidades de sus habitantes, a la vez que potenciaba las relaciones sociales dentro de la familia y el vecindario. La propuesta presentada consistía en unas viviendas en hilera cubiertas por una gran cubierta plana continua de muy fino espesor, como si de un plano infinito se tratara, mientras que acogía el hábitat de cada familia (fig. 19). Mediante el diseño de la cubierta, también se generaban zonas de encuentros sociales y espacios comunes que conectaban la calle con el acceso de las viviendas (figs. 20 y 21). Se podría decir que las Casas Parasol representaron la síntesis de las ideas de Kahn sobre la comunidad, ideas que ya trabajó en el proyecto para Jersey Homesteads hace una década.

Kahn optó por reducir la construcción a sus componentes más básicos en lugar de recurrir a modelos conocidos de sus proyectos anteriores o distribuciones de planta funcionalmente correctas. Por consiguiente, los componentes fundamentales de las Casas Parasol son los muros, la columna y la cubierta. Estos elementos satisfacen las necesidades de refugio, apoyo y cierre (Juárez, 2006).

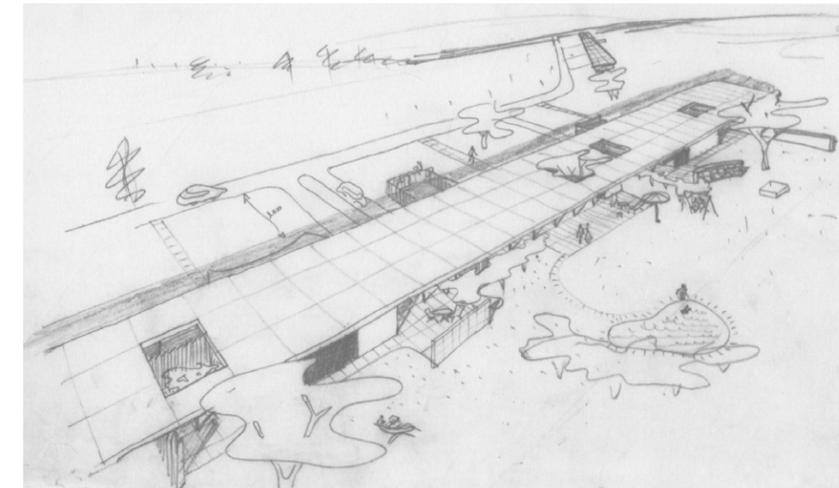


Figura 19. Kahn y Stonorov. Perspectiva general de las Casas Parasol. 1944.

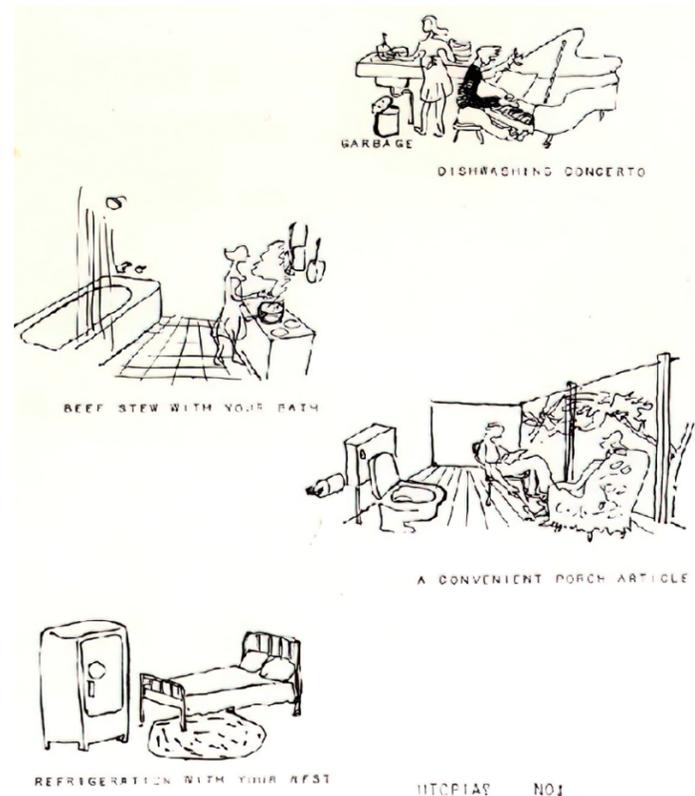


Figura 18. Kahn y Stonorov. Esquemas de actividades en la casa. 1944.

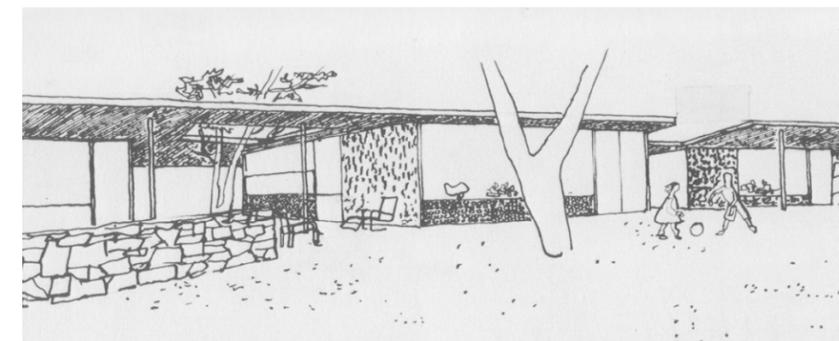


Figura 20. Kahn y Stonorov. Vista del espacio exterior en zonas comunes. 1944.

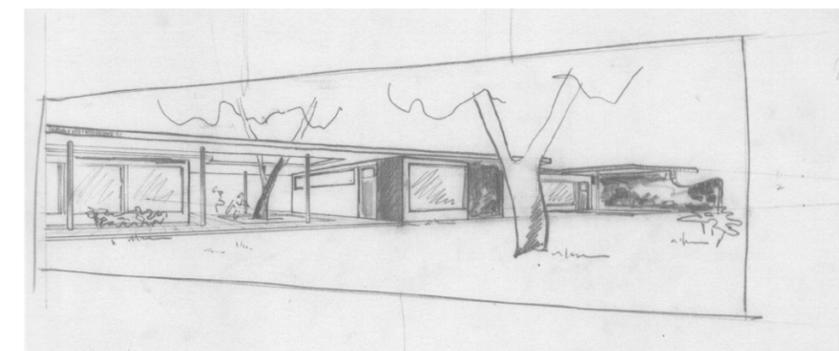
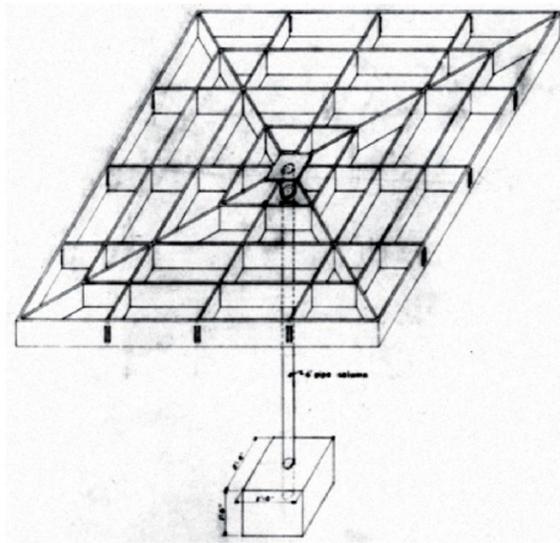


Figura 21. Kahn y Stonorov. Vista del espacio exterior en zonas comunes. 1944.



La cubierta junto la columna central conforman el “paraguas o parasol de la casa” tiene la función de brindar refugio, apoyo y facilitar el movimiento humano sin restricciones proporcionar de manera efectiva mediante su ensamblaje tanto horizontal como vertical. El muro, reduce su función únicamente a delimitar los límites, ya que no sirve como estructura portante y su fino espesor prácticamente lo vuelve una línea. Sin embargo, en los futuros proyectos le volverá a otorgar protagonismo y contundencia al muro.

El singular elemento de la cubierta “Parasol” se resolvía mediante un nuevo sistema prefabricado, que consistía en disponer piezas prefabricadas en una retícula de 3,60m (12 pies) de lado. Compuestas por un forjado reticular resuelto con nervios metálicos que convergían en una fina columna metálica con forma cilíndrica (fig. 22). La conformación de la cubierta se obtiene mediante un sistema de agregación de módulos, permitiendo que cada pieza se ensamble con otras para formar largas franjas de casas en hilera. El módulo de la cubierta es flexible y permite adaptarse a una organización en serie de hogares, en lugar de limitarse a una sola residencia. (Galván, 2012)

El sistema estructural de las Casas Parasol tiene puede recordar al proyecto de Richard Neutra para la serie Diatom (fig. 23). Neutra se inspiró en las carpas de circo, unas estructuras de membrana con un poste central que estaban diseñadas para desmontarse, transportarse y volver a montarse rápidamente. Equipadas con escaleras, asientos plegables para miles de espectadores, y servicios como agua y electricidad. La simplicidad estructural de las carpas, donde las cubiertas y las cuerdas funcionan principalmente como elementos de tensión, destacaron como arquitectura temporal o efímera.

Otro proyecto que pudo inspirar a Kahn son las columnas dendriformes que Frank Lloyd Wright utilizó en las oficinas Johnson Wax en Racine, 1936 (fig. 24). (McCarter, 2009). En el proyecto, Wright diseñó columnas con forma de hongo de 5,80m (19 pies) de diámetro para cubrir tres plantas de altura. Aunque lo realmente asombroso, es que cada columna en su interior era hueca. Este concepto Kahn lo incorporaría posteriormente en su teoría de las “piedras huecas”. Muchas de las obras de Wright se publicaron y difundieron en la revista Times y Architectural Forum, con las que había estado en contacto, motivo por el que Kahn tenía conocimiento y admiración por el trabajo de Wright.

Figura 22. Kahn y Stonorov. Sistema estructural de las Casas Parasol. 1944.

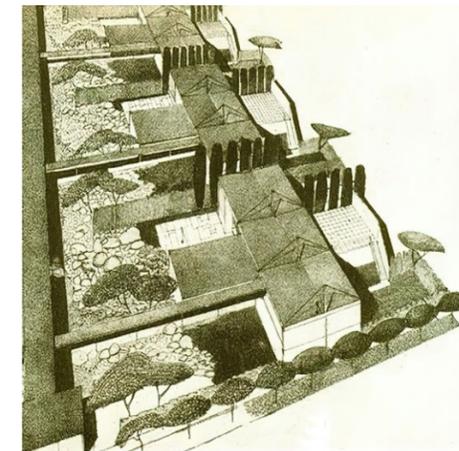


Figura 23. Richard Neutra. Serie Diatom. 1925.



Figura 24. Frank Lloyd Wright. Oficinas Johnson Wax. 1936.

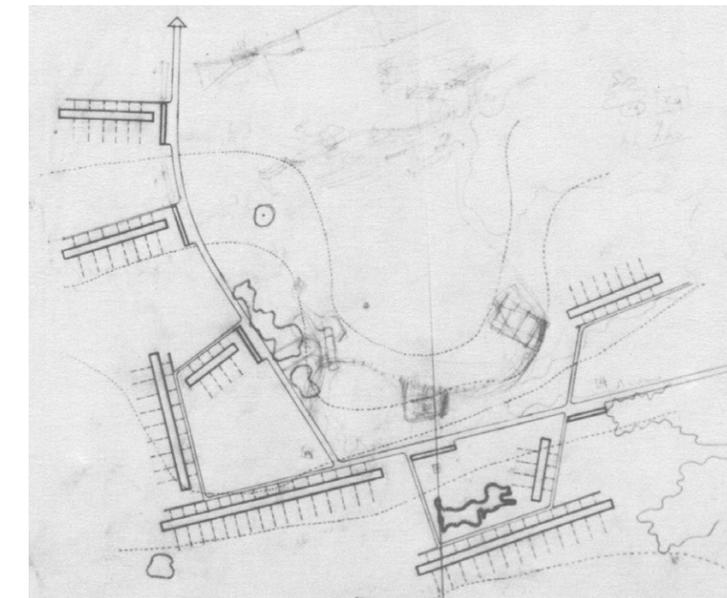


Figura 25. Kahn y Stonorov. Implatación urbana de las viviendas en hilera. 1944.

Además de las influencias de Neutra y Wright, este proyecto también puede vincularse con el Dymaxion de Buckminster Fuller, ya mencionado en el contexto histórico. Se sostenía en un mástil central que sustentaba toda la estructura de la casa. Aunque la referencia a la columna central de la casa futurista de Fuller se aborda de manera más miesiana en las casas Parasol (Lamprecht, 2004). De todas maneras, las propuestas mencionadas anteriormente se alejan de la construcción tradicional, proponiendo un enfoque arquitectónico novedoso basado en una reinención de la estructura, especialmente en las técnicas constructivas que ofrece del acero.

Kahn logró una síntesis entre la robustez estructural de una malla de columnas metálicas y la flexibilidad de un diseño funcional y espacial. Si exploramos las diversas tipologías de viviendas, notaremos que los muros, que no cumplen una función de soporte y no siempre siguen líneas ortogonales, se sitúan debajo de la cubierta, desplazándose al margen de la malla estructural. La planta libre que enuncia Le Corbusier se manifiesta en las casas Parasol como un diseño que puede personalizarse para satisfacer las necesidades individuales de cada vivienda y sus ocupantes. Como resultado de ser liberados de su función estructural, los muros interiores y exteriores adoptan una forma en planta que se pliega para dar forma a los espacios domésticos independientemente de la estructura reticular.

A través de los bocetos conservados de Kahn (1944), se puede seguir el proceso proyectual desde la implantación urbana y perspectivas generales aéreas hasta las distribuciones las de viviendas, mostrando la relación entre la idea general y la concreción arquitectónica, así como la relación entre el sistema estructural y la distribución de los espacios en planta. Se recogen varias tipologías de viviendas según las necesidades de la familia, el vecindario y el entorno (figs. 26 a 28). En la implantación urbana de las viviendas Parasol (fig. 25) se observa que la agrupación tiene el mismo grado de importancia respecto a la vivienda individual. Los esquemas de circulaciones viarias y peatonales se adaptan a la topografía, las calles que dan acceso a las unidades residenciales se integran en un espacio con abundante vegetación, buscando el equilibrio y la permeabilidad entre la casa y el lugar. Por consiguiente, el proyecto trabaja tanto la definición de la vivienda, como las formas de agrupación, que permiten la relación social e interacciones entre las familias.

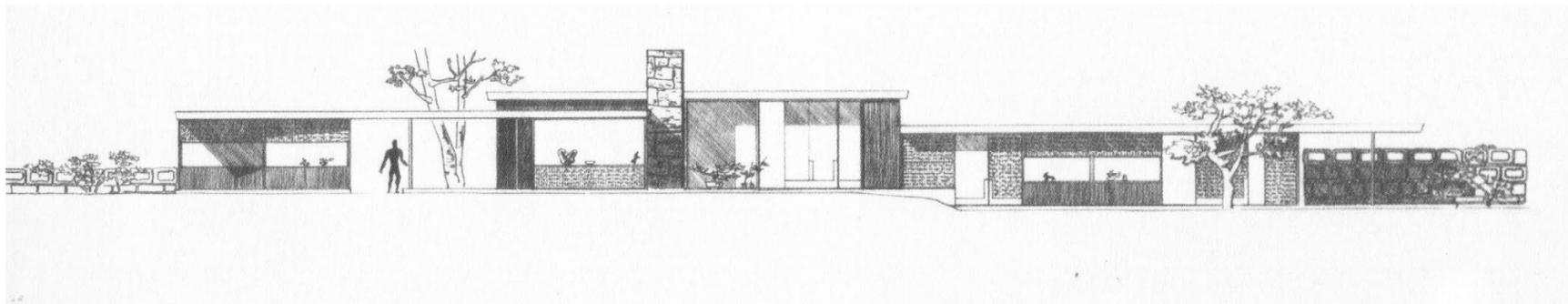


Figura 26. Kahn y Stonorov. Alzados de las Casas Parasol en hilera. 1944.

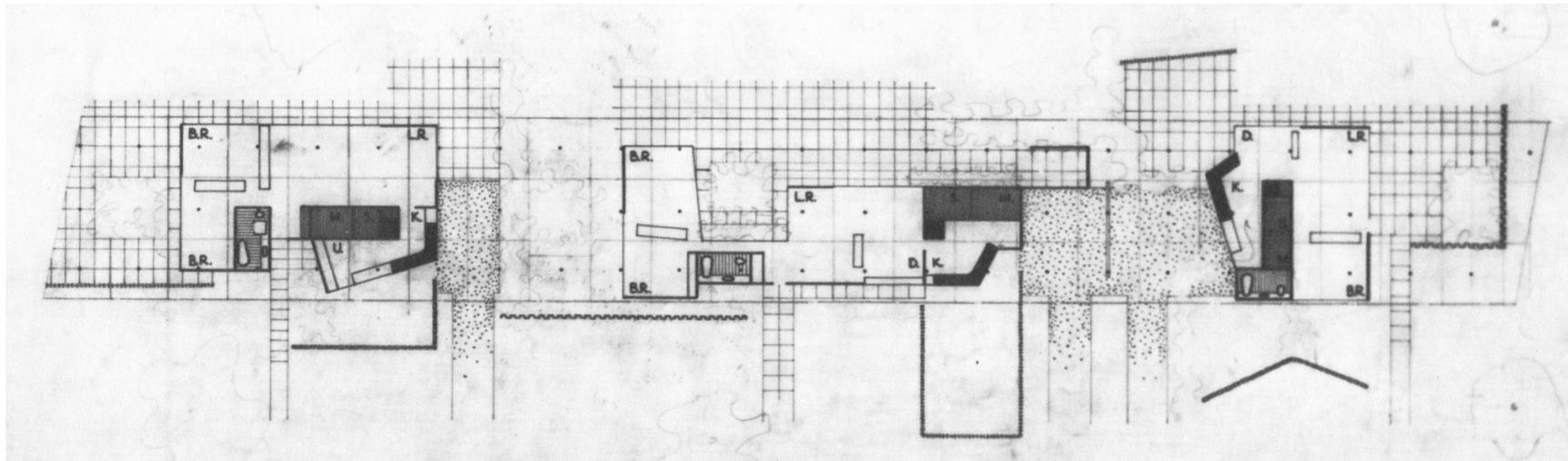


Figura 27. Kahn y Stonorov. Esquema de disposición de las Casas Parasol en hilera. 1944.

Entre vivienda y vivienda, aparecen espacios comunes de gran atractivo bajo la cubierta, generando una relación entre la vía rodada y el jardín privado de cada parcela. Permitiendo que la naturaleza se mezcle con las viviendas (figs. 26 y 27). Los conceptos de agregación y espacios públicos, junto a la retícula de finas columnas y la planta libre, se vuelven en los puntos fundamentales para definir las distintas variantes tipológicas de las Casas Parasol (figs. 28 y 29).

A pesar de que cada tipología es distinta, existe un punto en común entre las diversas tipologías de viviendas, ya que su distribución y usos están proyectadas alrededor de un patio, generando una planta en U, que se irá adaptando a las necesidades de la unidad familiar o la topografía. Este elemento es común a todos los tipos, generado al sustraer una de los módulos prefabricados del parasol y crear una abertura en la cubierta. De esta manera se consigue una mayor relación de las viviendas con el exterior. Al mismo tiempo que se iluminan los espacios públicos (figs. 27 a 29).

Las viviendas están compuestas por tres elementos que, a su vez, están vinculadas a su configuración y uso: la zona de día, la zona de noche y la zona de servicios. Los elementos de muro y mobiliario son los encargados de organizar el espacio, gracias a que son independientes del sistema estructural, se liberan de la retícula. (Juarez, 2006). El modo en que se ordena el espacio, nos recuerdan a las obras de Mies Van der Rohe como la Casa Tugendhat de 1928.

Las viviendas están formadas por tres zonas de uso. Se pueden agrupar los usos de cocina, garaje y patio de luz como la zona de servicios. El patio es el componente más importancia tiene de la propuesta, por ello está presente en todas las tipologías. La distribución interior de esta zona se consigue mediante el mobiliario diseñado para el proyecto, en el que la compartimentación se realiza mediante los muebles diseñados específicamente para esta obra y que posteriormente serán producidos por la empresa Knoll. Kahn representa dichos muebles en los planos con tonos sombreados en negro (figs. 27 a 29).

Si bien a primera vista, el proyecto parece muy rígido por sus tres usos claramente diferenciados, Kahn nos presenta una distribución diáfana, a través del mobiliario. Estas unidades de mobiliario son la unidad de cocina, la unidad de despensa, la unidad de almacenaje de objetos y la unidad de baño (figs. 30 y 31), se diseñaron considerando su uso y materiales, con una resolución coherente a los sistemas constructivos del edificio.

El bloque funcional, que incluye la zona de servicio, se dispone siempre adyacente a la zona de estar y la calle, con comunicación al comedor y acceso al exterior a través del garaje y el patio de luces. Por otro lado, la zona de estar o salón ocupa la posición central dentro del esquema organizativo de las viviendas, teniendo conexión con todas las zonas de la casa.

La pieza del estar desempeña un papel fundamental en la casa, ya que actúa como nexo de unión entre las diferentes áreas y actividades. Evitando pasillos, se enlazan los espacios unos con otros y conecta las zonas de día y noche. Su ubicación, buscando privacidad, se relaciona siempre con el ámbito posterior de la parcela. Junto con el patio interior, el espacio de estar genera una fuerza centrífuga en las actividades que convergen en la agrupación de las células familiares.

Finalmente, la zona de noche se ubica delimitando la planta, que tiene forma de "U". El acceso está conectado al vestíbulo o a la sala de estar. La separación de los espacios se logra a través de los elementos de servicio como el baño o los armarios, generando la conexión entre los diferentes dormitorios. La zona de dormitorios se orienta mirando hacia el interior de la "U" y se cierra frente al espacio público gracias a un muro perimetral que se prolonga saliendo del plano de la cubierta (Browlee, 1998).

Tras haber comentado cada una de las tres zonas de uso, es relevante destacar, la conexión que el proyecto establece entre los usos y los desplazamientos. Kahn propone dos recorridos de circulación: uno de índole urbana y otro interno para el uso residencial. Respecto a la implantación urbanística, las vías principales se disponen en paralelo de la cubierta, para potenciar su forma. Mientras que las vías secundarias que proporcionan acceso a las viviendas, se disponen de manera perpendicular, diferenciando el acceso rodado del peatonal.

Esta dualidad se manifiesta en el interior de las viviendas a través del doble acceso, uno principal para peatones y otro de servicio vinculado al estacionamiento del vehículo y al patio de la cocina. Estos dos accesos actúan como un punto de inflexión en los recorridos de la vivienda. De esta manera, Kahn establece recorridos de carácter circular, en el que vestíbulo de entrada, siempre adyacente a la zona de estar, se convierte en el núcleo central de la vivienda. Desde donde se bifurcan en la zona de servicio y los dormitorios.

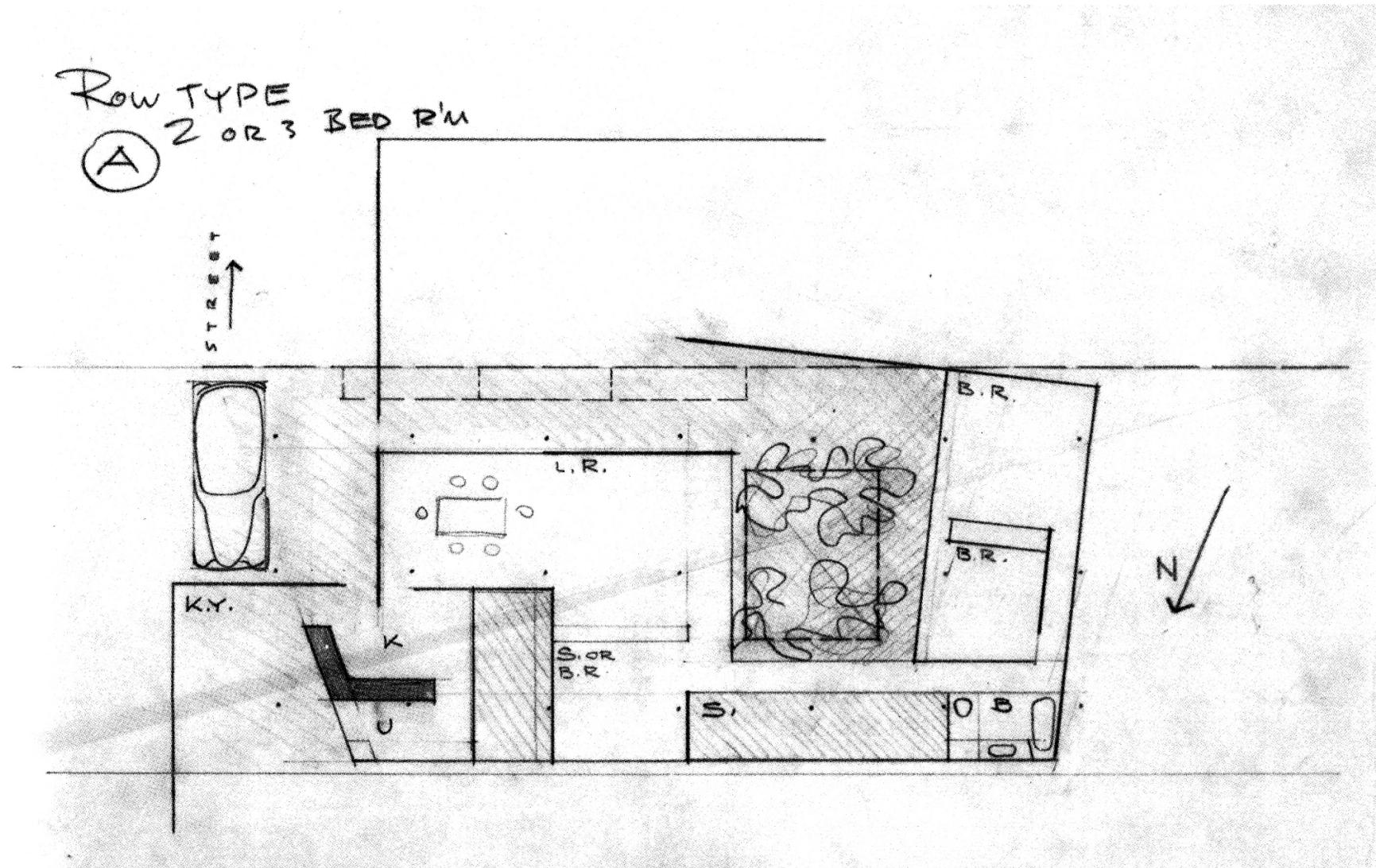


Figura 28. Kahn y Stonorov. Planta vivienda tipo A. 1944.

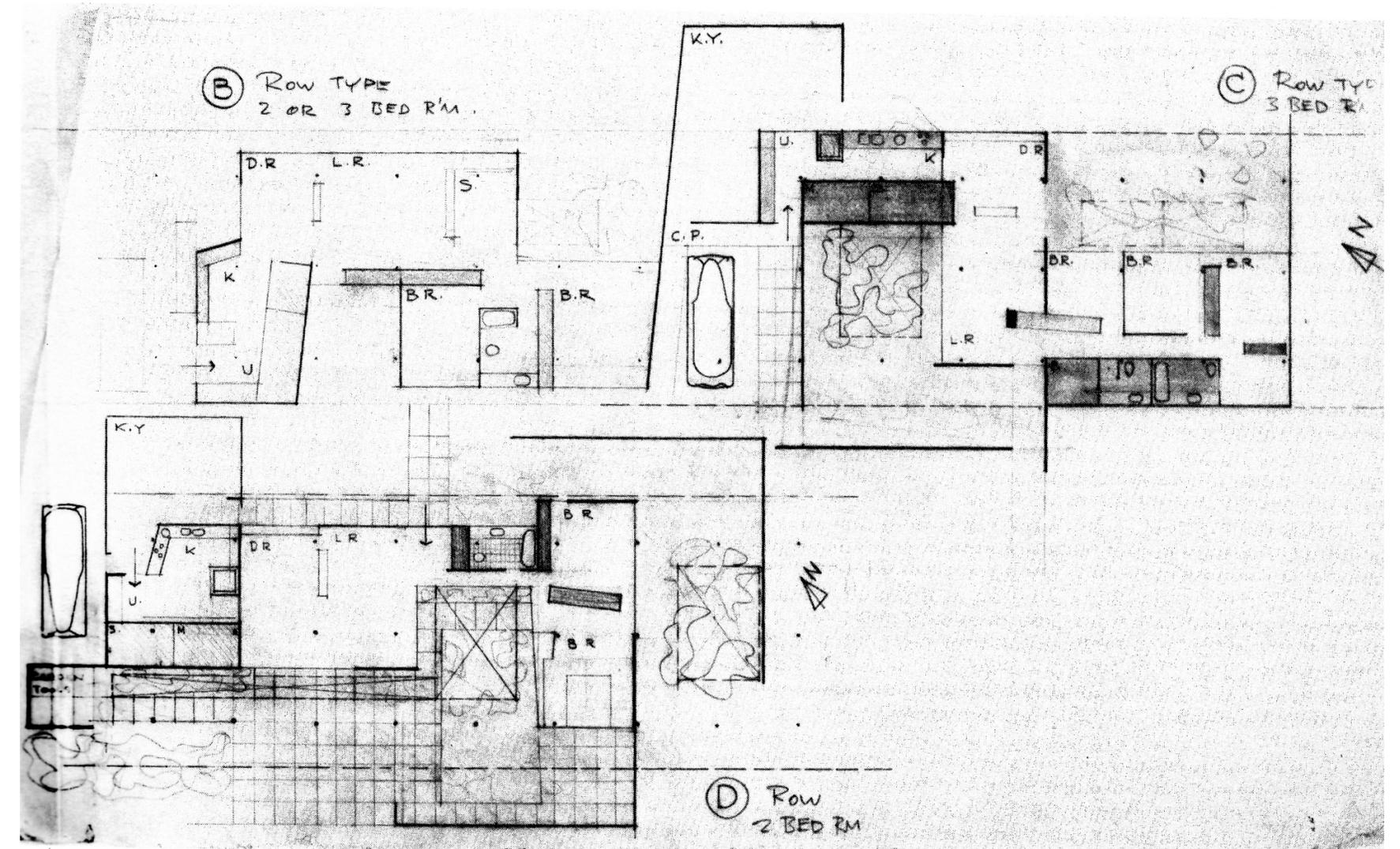


Figura 29. Kahn y Stonorov. Plantas viviendas tipo B, C y D. 1944.

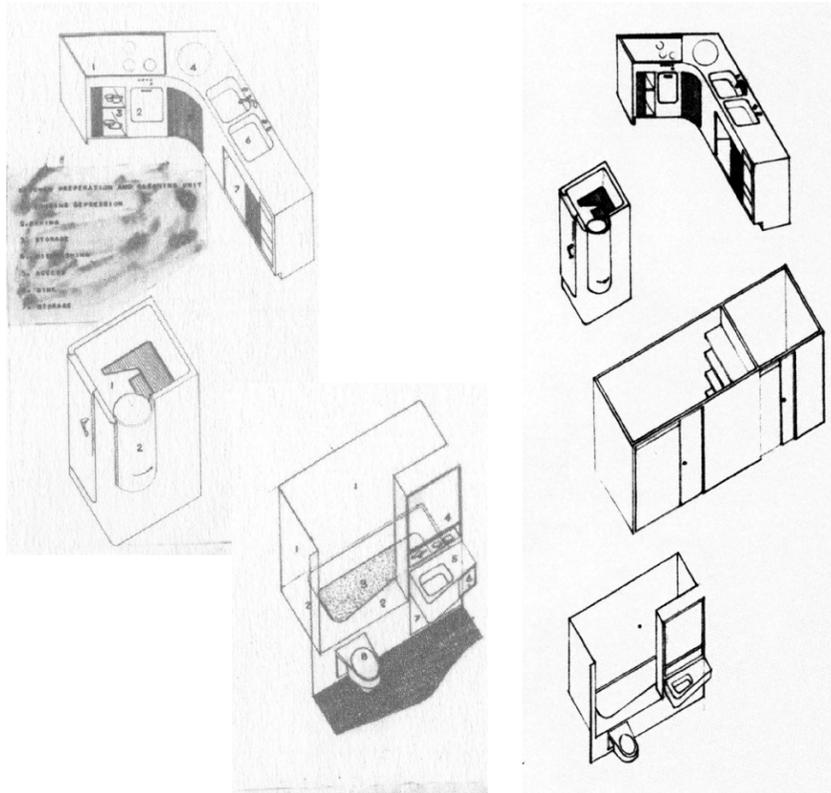


Figura 30. Kahn y Stonorov. Croquis de los sets de mobiliarios para las Casas Parasol. 1944.

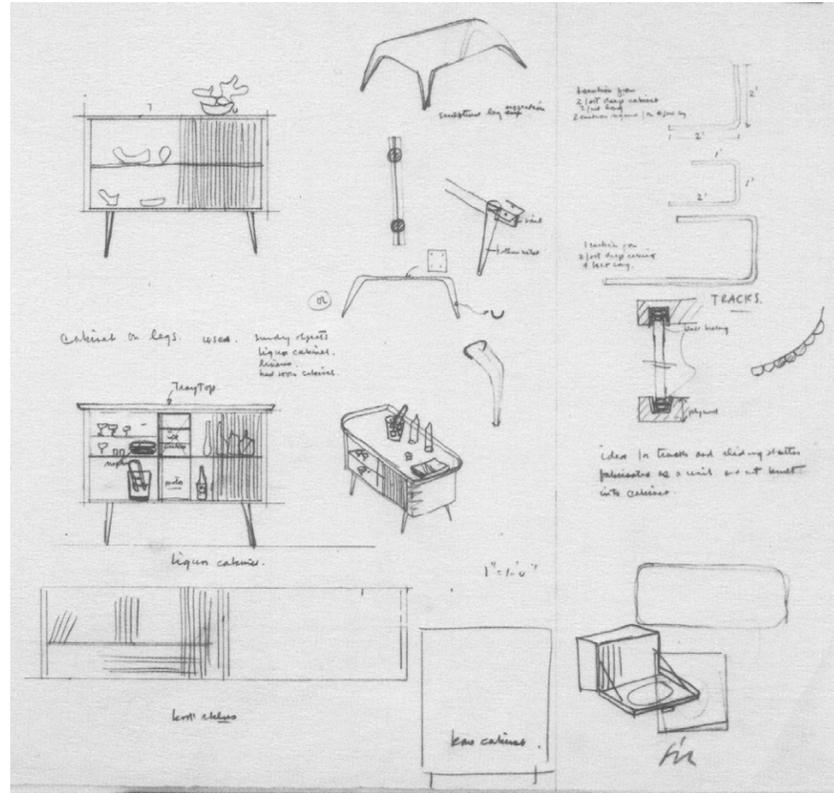


Figura 31. Kahn y Stonorov. Croquis de un mueble de almacenaje. 1944.

Como se ha mencionado previamente, otro aspecto importante relacionado con este proyecto son los elementos generadores de la Casa Parasol, su mobiliario. De hecho, este era el tema central del concurso de la compañía Knoll. Kahn y Stonorov consideraron el mobiliario integrado que la empresa quería producir, pero enfocaron sus esfuerzos en el diseño global del proyecto para incorporar el equipamiento solicitado.

En la Casa Parasol, se diseñaron cuatro sets de mobiliario que Kahn llamó "unidad de limpieza y elaboración de comida", "unidad de almacenaje de comida", "unidad de baño" y "unidad de almacenaje de objetos" (figs. 30 y 31). Además, se propuso un quinto set que consistía en una escalera modular que, como un mueble, podía añadirse a la casa fácilmente. Estas piezas que combinaban características de muebles y muros, contribuían a la distribución y compartimentación funcional de la casa, albergando electrodomésticos y elementos de servicio en sus oquedades.

El movimiento moderno trajo consigo una revolución en la vivienda, pero también desafíos para reorganizar el espacio doméstico debido a la incorporación de tecnología en el hogar. En las viviendas del pasado, el grosor de los muros contenía todas esas piezas de servicio como armarios, escaleras y pasadizos, que se desarrollaban aparte del espacio principal. La casa del movimiento moderno se caracterizó por la reducción del grosor de los muros, lo que implicó la pérdida de ese mundo oculto detrás de ellos, dando paso a un espacio fluido moderno (Torres Cueco, 2009).

Para recuperar esa aparente solidez en la estructura interna de la casa, se optó por la integración de las zonas de servicio. Arquitectos como Pierre Chareu o Le Corbusier ocuparon el grosor del muro con armarios, escaleras y aseos. Incluso Le Corbusier utilizó una trama reticular de pavimento solo para las áreas de servicio, creando una ilusión de pesadez perforada en los muros tradicionales. (Galván, 2012)

Al igual que Le Corbusier graficaba en las plantas los pavimentos, Kahn siendo consciente de lo ligeros que eran sus elementos de muros y pilares, empleó las unidades de mobiliario como elementos de división espacial y con grosor para enfatizar sus plantas. Aplicó diferentes tramas a estas piezas, haciéndolas destacar en contraste con el resto de la planta dibujada a línea.

Kahn, tenía claro que la vivienda de posguerra debería reflejar un estado de bienestar logrado a través de un mayor confort tecnológico. En Estados Unidos se popularizó el uso de muebles empotrados, baños compactos y cocinas totalmente equipadas, convirtiendo la vivienda en una estructura espacial para el despliegue de servicios técnicos.

La cocina era el espacio donde se integraban los nuevos electrodomésticos, estaba situada en el centro de la Casa Parasol. Además, fue creado para ser dominio del ama de casa y simplificar al máximo sus tareas diarias. Los anuncios de la época mostraban cómo la cocina se había mecanizado con la incorporación de muebles y avances tecnológicos hasta el punto de convertirse en un lugar de trabajo para las mujeres, permitiéndoles disfrutar de tiempo libre para otras actividades recreativas.

Desde nuestro punto de vista en la actualidad, el diseño de Kahn para este espacio puede no parecer particularmente invasor o futurista, pero es interesante notar cómo se parece a los muebles de cocina modernos que se usan comúnmente hoy en día. Cuando se trató de crear sistemas novedosos que tuvieran como objetivo simplificar la vida cotidiana de las mujeres estadounidenses, Kahn y los otros arquitectos estaban verdaderamente adelantados a su tiempo. La cocina de la Casa Parasol contó con una serie de elementos creados para la producción en masa por la empresa Knoll, que no solo optimizaron el trabajo sino que también redujeron las distancias dentro de la estancia con el comedor, debido a la forma en que estaban sus organizados sus componentes.

La pieza principal era una isla en forma de L equipado con aparatos para lavar y cocinar los alimentos. Estaba compuesto por un horno y fregaderos integrados en la superficie de trabajo, con una superficie de cocción completamente plana. También incorpora zonas de almacenamiento que se cierran con puertas practicables y correderas

El baño también evolucionó con la incorporación de superficies curvas en los contornos y materiales plásticos que permitían dichas formas. Esto mejoró en gran medida las condiciones de higiene y salubridad. Para las Casas Parasol, Kahn propone una unidad de baño similar al que presentó en el concurso del hotel 194X, donde se integraba un inodoro, lavabo y bañera en la misma unidad (fig.30).

Este módulo tenía forma en U y estaba conformado por una zona de baño con asiento junto al pavimento antideslizante, un lavabo empotrado con espejo y almacenamiento de artículos de higiene como jabones, cosméticos, toallas, etc. Dicho lavabo aprovecha de manera muy óptima la cara posterior de la mampara, que normalmente solo tendría la función de separar la bañera del baño y mantenerlo seco. Pese a su eficaz aprovechamiento del espacio, esta unidad resultó ser demasiado pequeña para el prototipo de las viviendas Parasol, por lo que finalmente optó por no incluirlas en el proyecto, aun cuando estas se propusieron para su producción en serie.

Sumado a las unidades que hemos comentado, Kahn y Stonorov concibieron un elemento modular adicional: armarios cuya estructura exterior albergaba guías que ocultaban las puertas, compuestas por lamas de acero o plástico, permitiendo una apertura total de la superficie. (fig. 30). Estos armarios podían ser utilizados en diversas zonas de la vivienda, como dormitorios, cocina o sala de estar. Siguiendo un enfoque similar, diseñaron un mueble-bar y algunas otras piezas, aunque estas últimas no llegaron a ser propuestas para producción (Galván, 2012).



Figura 32. Ralph Rapson. Ganador del concurso "Equipment for living" Portada "The Rapson Line". 1945.

La propuesta de Kahn para la casa Parasol es donde más se nota la influencia del lenguaje moderno, caracterizado por la fluidez espacial y la separación entre estructura y cerramiento. Sin embargo, este enfoque fue posteriormente abandonado por el arquitecto, quien pasó a considerar la habitación como una unidad espacial y estructural completa, siendo diametralmente opuestas a las las características mencionadas.

Es interesante considerar la propuesta de Kahn para el concurso de la Knoll como un proyecto de transición, donde ya se vislumbra la tensión espacial de las viviendas, que parecen estar a punto de descomponerse en múltiples unidades espaciales (Juarez, 2006). Aunque no anticipa por completo las futuras propuestas de Kahn, al comparar sus viviendas de la década de los cincuenta con las casas Parasol, encontramos que ambas comparten una configuración basada en unidades estructurales, aunque difieren en la concepción de la columna como una fragmentación del muro, como por ejemplo, en la casa Adler.

Pese a su posible semejanza con las ideas de Mies ambas trayectorias resultarán opuestas. Mies comienza trabajando con unidades estructurales en el edificio del Instituto de Tecnología de Illinois de 1944 (Rowe, 1979) y luego evolucionará hacia un sistema estructural que abarque la totalidad del edificio. Kahn seguirá un camino inverso, que finalmente lo llevará a concebir sus proyectos como la suma de unidades espaciales y estancias, en los que la estructura marcará el ritmo espacial.

Kahn identificará cada módulo estructural y espacial completo con una función específica, fusionando el refugio y los hábitos humanos en el espacio de la habitación. Convirtiéndose en el epicentro de la búsqueda arquitectónica de Kahn. Este enfoque resume el desarrollo posterior del pensamiento arquitectónico iniciado en el proyecto de las Casas Parasol, que representó para Kahn un acercamiento a nuevas posibilidades estructurales a través de este proyecto arquitectónico tan característico.

Para el desenlace del concurso, el jurado de la empresa Knoll solo había previsto una propuesta de mobiliario. La propuesta de Kahn y Stonorov fue tan ambicioso que superaron sus expectativas, por lo que no resultaron los ganadores. El diseño de Ralph Rapson finalmente ganó el concurso y la empresa Knoll comenzó a fabricar su icónica silla "Rapson Rapid Rocket" en 1945 (fig. 32).



Figura 33. Louis Kahn. Cuadro "Planos abstractos en un paisaje" 1948.



Figura 34. Charles Wheatstone. Estereoscopio de Wheatstone.

3. REALIDAD VIRTUAL

3.1 Evolución de la tecnología

La realidad virtual es una innovadora tecnología que ha transformado la forma en que interactuamos con el mundo digital. A través de la creación de entornos simulados e inmersivos, la realidad virtual permite a los usuarios sumergirse en experiencias tridimensionales, donde la línea entre lo real y lo virtual se desdibuja. Mediante el uso de dispositivos como gafas de RV y controladores hápticos, esta fascinante tecnología ha abierto un abanico de posibilidades en diversos campos, desde el entretenimiento y la educación hasta la medicina y el diseño, desencadenando una nueva era de interacción humana con el mundo digital.

La historia de la realidad virtual (RV) es una fascinante trayectoria que ha evolucionado a lo largo de varias décadas, pasando de ser un concepto imaginativo a una tecnología revolucionaria que ha transformado múltiples industrias. Aunque los orígenes de la realidad virtual se remontan a la década de 1960, su concepción tiene antecedentes incluso más lejanos.

En 1836, el físico británico Sir Charles Wheatstone diseñó el “Estereoscopio de Wheatstone”, un dispositivo óptico pionero que permitía crear una ilusión tridimensional mediante la visualización de imágenes estereoscópicas. Este ingenioso invento sentó las bases para futuros desarrollos en la percepción de la profundidad y la ilusión de inmersión, aspectos fundamentales en la creación de experiencias de realidad virtual (fig. 34).

Avanzando hacia el siglo XX, en la década de 1960. Morton Heilig, un cinematógrafo y artista, diseñó el “Sensorama”, una cabina que ofrecía una experiencia multisensorial, incluyendo visión estereoscópica, sonido estéreo, vibraciones y olores, brindando una primera aproximación a lo que más tarde se conocería como realidad virtual (fig. 35).

En los años 70 y 80, surgió el concepto de “realidad simulada”, y la RV comenzó a desarrollarse en el ámbito militar y de investigación. Ivan Sutherland, a menudo considerado el padre de la realidad virtual, creó en 1968 el primer visor de realidad virtual, conocido como “The Sword of Damocles” (fig. 36), que se suspendía del techo y mostraba imágenes simples al usuario.

A medida que avanzaba la tecnología, se lograron avances en la calidad y accesibilidad de la RV en la década de 1990. Surgieron compañías como SEGA y Nintendo que lanzaron productos como SEGA VR y el Virtual Boy de Nintendo (fig.37). Sin embargo, estos intentos tempranos de comercializar la realidad virtual fueron decepcionantes debido a la baja resolución y la falta de capacidad para rastrear el movimiento de la cabeza, lo que provocó problemas de inmersión y malestar en los usuarios.



Figura 35. Morton Heilig. Sensorama.

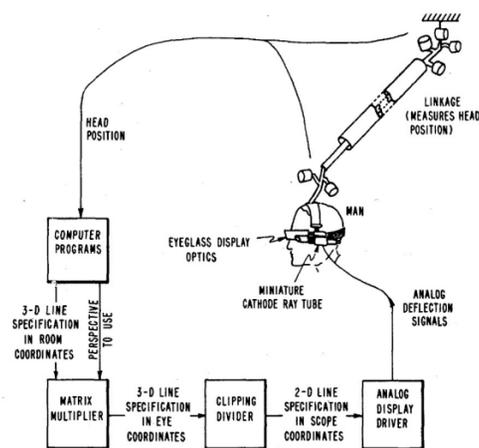


Figura 36. Diagrama espada de Damocles.



Figura 37. Nintendo. Virtual Boy.



Figura 38. Palmer Luckey. Oculus Rift.

El gran avance llegó en la década del 2000 con la aparición de dispositivos como el Oculus Rift, fundado por Palmer Luckey en 2012. El Rift fue una de las primeras gafas de realidad virtual modernas, que combinaban una alta resolución, seguimiento preciso y una amplia visión de campo, lo que mejoró significativamente la experiencia de usuario. Este dispositivo generó una explosión de interés en la RV, atrayendo a numerosos desarrolladores y empresas al mercado (fig. 38).

Desde entonces, hemos sido testigos de una rápida evolución en la realidad virtual. Empresas como HTC, Sony, Samsung, Apple, Meta, etc. lanzaron sus propias versiones de dispositivos de RV. Las mejoras en la tecnología, como la incorporación de sensores de movimiento, seguimiento ocular y controladores hápticos, han contribuido a una mayor inmersión y realismo en las experiencias virtuales (fig. 39).

La RV ha demostrado ser una herramienta valiosa en diversas áreas. En el campo de la medicina, se ha utilizado para entrenar a cirujanos, tratar fobias y ayudar en la rehabilitación de pacientes. En la industria del entretenimiento, la RV ha llevado la experiencia de los videojuegos a nuevos niveles de inmersión y realismo. También se ha utilizado en arquitectura y diseño para visualizar edificios y proyectos antes de su construcción o como en el caso de este trabajo, la recuperación y difusión del patrimonio no construido.

A medida que la tecnología sigue avanzando, la RV se está combinando con la realidad aumentada (RA) para crear lo que se conoce como realidad mixta, fusionando lo real y lo virtual de maneras sorprendentes. Incluso se están explorando conceptos como la realidad virtual social, donde las personas pueden interactuar y compartir experiencias en mundos virtuales.



Figura 39. Facebook meta. Meta Quest Pro.

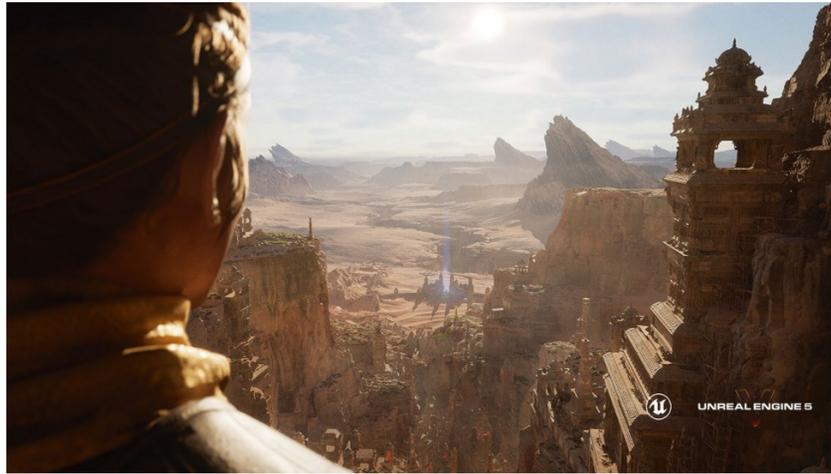


Figura 40. Unreal Engine 5. Demo técnica de un videojuego en UE5.

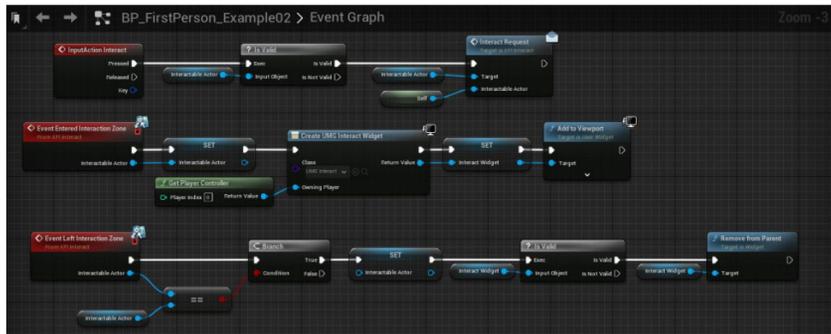


Figura 41. KITATUS. Ejemplo de Blueprints para la programación.

3.2. Unreal Engine 5

Unreal Engine es un motor de videojuegos desarrollado por Epic Games, una empresa de desarrollo de software con sede en Estados Unidos. Se trata de una potente herramienta que permite a los desarrolladores crear videojuegos y experiencias interactivas para diversas plataformas, incluyendo PC, consolas, dispositivos móviles y realidad virtual.

El motor proporciona una amplia gama de herramientas y características que facilitan el proceso de desarrollo, lo que permite a los creadores dar vida a mundos virtuales complejos y visualmente impresionantes (figs. 40 y 43). Entre sus características más destacadas se encuentran gráficos de alta calidad, efectos visuales avanzados, físicas realistas, animaciones detalladas y un sistema de iluminación sofisticado.

Debido a su relativa facilidad de uso y accesibilidad, siendo este gratuito de entrada. Se ha convertido en un software muy atractivo en el sector de los videojuegos. Aunque en los últimos años su popularidad no ha dejado de crecer, llegando a otros campos como el cine, la animación y la arquitectura.

Unreal Engine ha logrado mejoras significativas en el realismo y la calidad visual de las representaciones arquitectónicas. Las técnicas de iluminación global en tiempo real, como el sistema Lumen, han permitido una iluminación más precisa y realista. La tecnología de geometría virtual Nanite ha facilitado la representación de detalles geométricos en alta fidelidad (fig. 42). Estos avances han llevado a visualizaciones arquitectónicas más inmersivas y atractivas. También ha proporcionado herramientas poderosas y accesibles para el diseño y la creación de contenido arquitectónico. Los editores de niveles y materiales permiten a los diseñadores personalizar entornos virtuales con precisión. La nueva función de datasmith permite la integración con software de diseño 3D, como 3ds Max, SketchUp y recientemente, programas BIM ha agilizado el flujo de trabajo al permitir la importación sencilla de modelos arquitectónicos existentes.

La interactividad y experiencia inmersiva ha sido un punto destacado en la evolución de Unreal Engine para ArchViz. Mediante el uso de Blueprints, los diseñadores pueden agregar interactividad a los modelos arquitectónicos, permitiendo a los usuarios explorar espacios, cambiar materiales y controlar la iluminación. (fig. 41) La integración de tecnologías de realidad virtual y realidad aumentada ha ampliado aún más las posibilidades de inmersión. El motor admite varios dispositivos de realidad virtual, como Oculus Rift, HTC Vive, Valve Index y otros dispositivos de VR importantes. Esto facilita a los desarrolladores la creación de contenido que pueda ser experimentado en una variedad de plataformas.

La optimización y el rendimiento han sido aspectos fundamentales en la evolución de Unreal Engine para ArchViz. Se han implementado técnicas de optimización, como el culling de objetos y la gestión eficiente de recursos, para garantizar un rendimiento fluido incluso en proyectos con modelos y escenas complejas. La incorporación de sistemas de renderizado basados en física, como el trazado de rayos, ha mejorado la calidad visual sin comprometer el rendimiento.

Se han ampliado las capacidades de colaboración y presentación en el contexto de ArchViz. Se han introducido herramientas de colaboración en tiempo real que permiten a múltiples usuarios trabajar simultáneamente en el mismo proyecto y visualizar cambios en tiempo real. Además, se han creado experiencias de presentación interactivas, como recorridos virtuales y animaciones cinemáticas, que han mejorado la comunicación y presentación de diseños arquitectónicos a los clientes y partes interesadas.

La evolución de Unreal Engine para visualización arquitectónica ha permitido a los profesionales de la arquitectura crear visualizaciones arquitectónicas más realistas, interactivas y eficientes. Los avances en términos de realismo, herramientas de diseño, interactividad, optimización y colaboración han llevado a un cambio significativo en la forma en que se visualizan y comunican los diseños arquitectónicos. Unreal Engine se ha convertido en una herramienta fundamental para aquellos que buscan generar experiencias inmersivas y convincentes en la visualización arquitectónica en tiempo real.

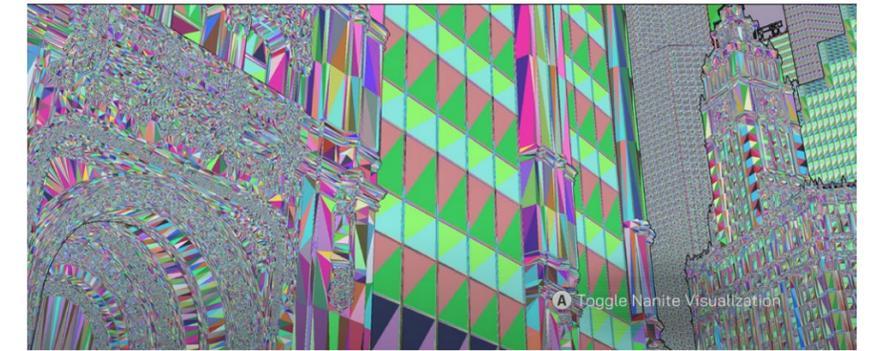


Figura 42. Unreal Engine 5. Ejemplo de la tecnología Nanite en UE5.



Figura 43. Unreal Engine 5. Demo técnica The Matrix Awakens en UE5.

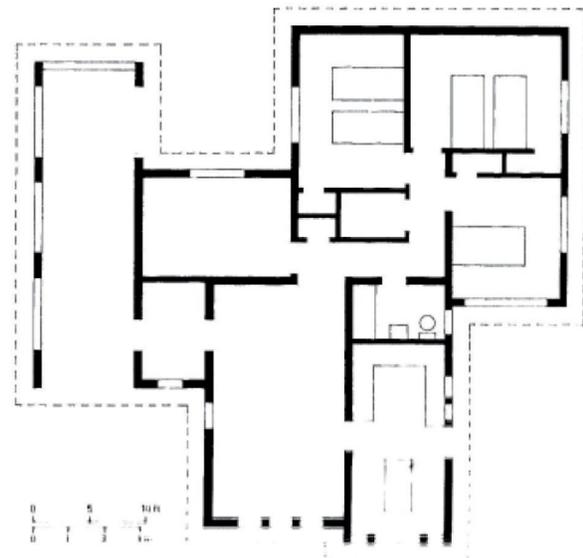


Figura 44. Kastner y Kahn. Esquema de planta funcional Jersey Homesteads. 1935.

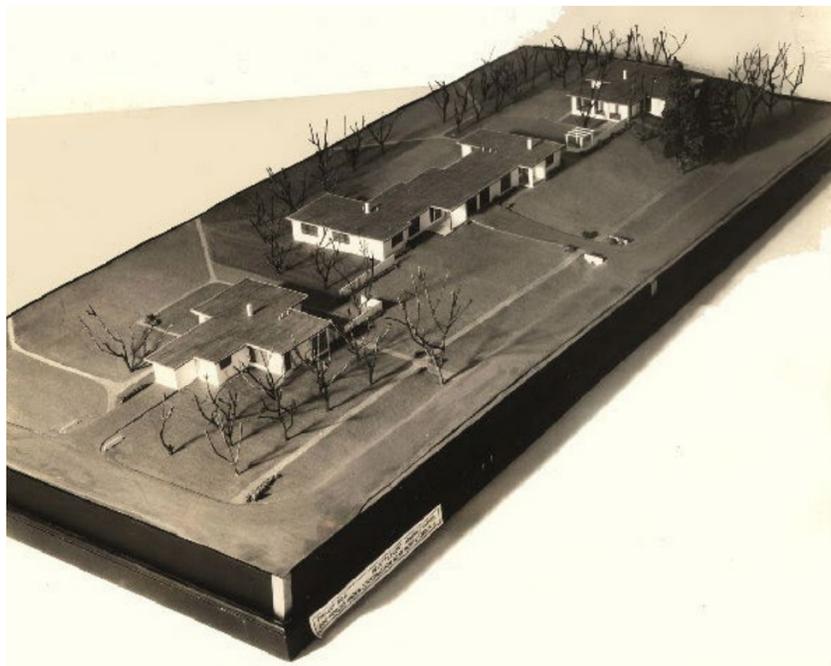


Figura 45. Kastner y Kahn. Maqueta de la propuesta Jersey Homesteads. 1935.

4. CASO PRÁCTICO

4.1 Estudio de obras coetáneas construidas

Como se ya ha visto en el apartado previo del contexto histórico, Kahn participó en diversos concursos, a la vez que estuvo en contacto con diversas obras de otros arquitectos y publicaciones. Que fueron influyentes a la hora de diseñar la propuesta de las Casas Parasol. Aún así, al ser un proyecto no construido, hay ciertos elementos que no están muy detallados o definidos. Por tanto, para complementar el proyecto de las Casas Parasol, se tomarán como referencia, otros proyectos coetáneos (1930s-40s) que sí fueron construidos en los que Kahn haya participado o proyectado el mismo, donde podremos observar detalles más precisos como sus acabados, materialidad, etc. Los proyectos que veremos son Jersey Homesteads 1935-37, la Oser House 1940-42 y la Genel House 1948-51.

Jersey Homesteads, 1935-37.

Jersey Homesteads representó un proyecto utópico inspirado en las ideas del inmigrante ucraniano Benjamin Brown. Este proyecto buscaba establecer una comunidad para trabajadores judíos en Nueva Jersey basada en los principios del cooperativismo industrial. Brown, propuso la creación de viviendas para alrededor de doscientas familias que vivían en Nueva York. Estas familias serían reubicadas en Jersey Homesteads con la promesa de empleo y una vida mejor en armonía con la naturaleza. La comunidad se esforzaría en lograr la autosuficiencia, gracias a la cooperativa formada por una granja y una fábrica de confección en las que los habitantes trabajarían, además de dedicarse a la horticultura a gran escala en sus propias casas.

Kahn comenzó su participación en el proyecto Jersey Homesteads como asistente de Alfred Kastner. El proyecto había sido inicialmente respaldado por la Resettlement Administration de Roosevelt y apoyado por figuras como Albert Einstein. Ambos arquitectos se trasladaron a Washington a finales de 1935 para modernizar el proyecto, adoptando un enfoque de construcción con elementos prefabricados con el objetivo de reducir costos y plazos de construcción. El proyecto, que posteriormente se rebautizó como Roosevelt Homesteads en honor al presidente estadounidense que respaldó su construcción, se convirtió en un experimento arquitectónico donde Kastner y Kahn intentaron adaptar las experiencias europeas de barrios obreros, al contexto de los suburbios estadounidenses (Brownlee, 1992).

Se crearon hasta veinte variantes de tipologías de vivienda, cuatro de las cuales fueron diseñadas por Kahn. Sin embargo, está claro que detrás de cada diseño hay una visión general compartida, liderada por Kahn en un puesto directivo en el departamento de diseño. La mayoría de estas casas eran de una sola planta y tenían hasta cuatro habitaciones interconectadas, lo que permitía una variedad de opciones de distribución a nivel de planta y ordenación urbanística.

La forma exterior de cada vivienda es producto de su distribución en planta, con habitaciones que se expanden y se deslizan para crear diferentes perfiles inspirados en las casas tradicionales estadounidenses (Brownlee, 1992). Cada casa se divide en zonas de día y de noche claramente definidas, a las que se añaden elementos como el garaje, la entrada o el porche para crear un característico contorno fragmentario. Debido a la falta de información suficiente, no es posible describir todos los tipos de viviendas en detalle. Sin embargo, a rasgos generales, las viviendas responden a consideraciones puramente funcionales, aunque respeta los convencionalismos tradicionales.

En este proyecto llama la atención cómo los avances tecnológicos y el lenguaje del estilo internacional se han adaptado al sistema constructivo de las casas, utilizando materiales prefabricados y superficies blancas con cubiertas planas. Los muros se construyeron con bloques de hormigón de escoria que estaban aún en fase experimental, y el forjado se realizó con losa de hormigón sin aislar. Este método de construcción permitió que cada casa costara menos de 3.500 \$ (unos 77.300 \$ ajustado a inflación actual). Además de una gran velocidad de construcción, en seis meses las primeras casas ya estaban terminadas (fig. 45).

Arquitectónicamente, las casas parecen haber sido influenciadas por el estilo Bauhaus, adoptando una estética funcional con una fachada sin adornos y líneas rectas. Alfred Kastner, que nació en Alemania y emigró a los Estados Unidos en 1924, conoció las ideas de la Escuela de Weimar a través de las Casas Mackley. Kahn se familiarizó con la obra de Gropius a través de las exposiciones de arquitectura moderna del MOMA de 1932 y 1930. La familiaridad con la Bauhaus y sus principios llevó al museo a publicar la obra de Gropius en 1936. Una obra llamada Nueva Arquitectura y Bauhaus. Las viviendas de Jersey, con sus fachadas y aberturas blancas, se pueden comparar con la casa modelo de la Bauhaus "Haus am Horn" (fig. 46), diseñada conjuntamente por Georg Musche y Adolf Meyer con la colaboración de Gropius para la Exposición de Weimar de 1923.

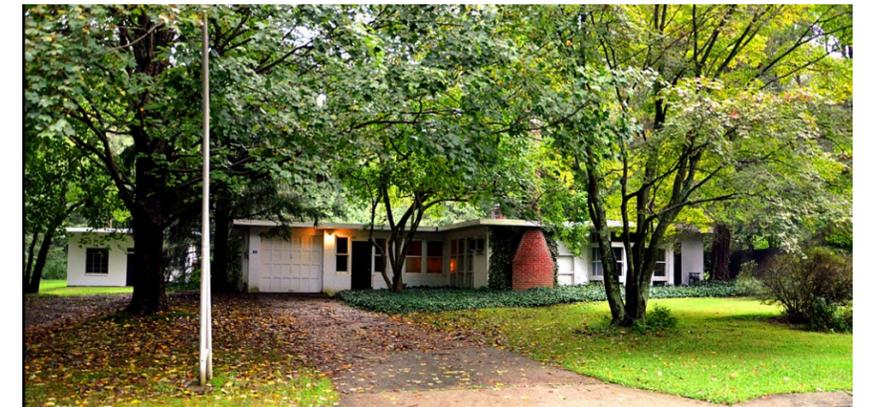


Figura 46. Kastner y Kahn. Jersey Homesteads en la actualidad.



Figura 47. Musche y Meyer junto a Gropius. Haus am Horn. 1923.



Figura 48. George Howe. Square Shadows. 1934.

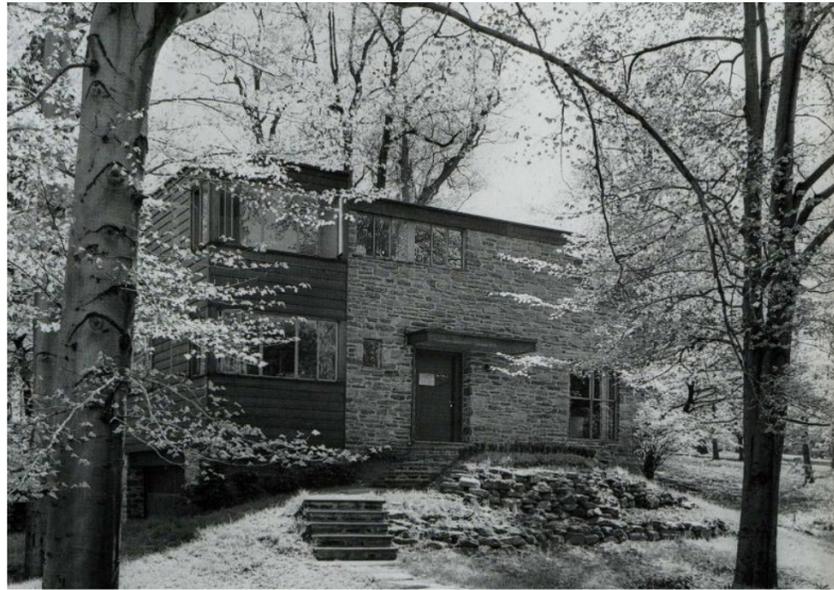


Figura 49. Louis Kahn. Fachada de acceso de la Casa Oser. 1942.

Oser House, 1940-42.

Desarrollada a inicios de los años 40s, la Casa Oser fue la primera casa que se construyó bajo el nombre de Kahn en solitario. Aun así, se ve reflejada la influencia de la estética de George Howe, su socio de ese momento, en la Casa de Oser (Broowlee, 1996). Concretamente en el tipo de carpinterías y su composición de fachada, además del uso de piedra en el exterior del edificio. Kahn trató de replicar en una escala menor, estos elementos que fueron utilizados por Howe en el proyecto de Square Shadows de 1934, situado en Pensilvania (fig. 48).

La Casa Oser fue concebida como un proyecto encargado por amigos cercanos de Kahn, la pareja Jesse y Ruth Oser. Esta residencia se encuentra en Elkins Park, un barrio residencial al norte de Filadelfia, en una parcela con cierto desnivel, ubicada entre la carretera y un arroyo que cruza el acceso a la casa (fig. 49).

Desde una perspectiva de distribución de usos, la casa presenta una clara separación entre la zona de día, que ocupa la planta baja, y la zona de noche, ubicada en la primera planta. En cuanto a su volumetría, a primera vista, parece conformarse como un prisma de gran compacidad. Sin embargo, al analizar la planta, se observan dos bloques claramente diferenciados, desplazados tangencialmente a lo largo del eje marcado por la chimenea. Aunque esta zonificación no refleja aún la distinción entre espacios servidos y servidores, en la planta baja ya se pueden apreciar funciones análogas.

La Casa Oser se caracteriza por su organización, que se basa en un módulo de cuatro pies (aproximadamente 1,20 metros). En el nivel superior, el volumen más grande alberga el acceso, la sala de estar y el comedor, además de la escalera, mientras que la otra pieza contiene la cocina, un aseo y una pequeña habitación que puede funcionar como despacho o sala de juegos. En la zona exterior de la Casa Oser, se añade una galería o jardín de invierno que se integra con la zona donde se encuentra la chimenea (fig. 50).

La vivienda diseñada por Kahn a principios de la década de los cuarenta desempeña un papel fundamental en el establecimiento de los elementos esenciales que conformarán su posterior arquitectura residencial. A pesar de que aborda aspectos que ya hemos mencionado como fundamentales en la vida cotidiana y en la arquitectura tradicional estadounidense, tales como los materiales tradicionales, las ventanas, la conexión entre el interior y el exterior, y el espacio doméstico, Kahn los aborda desde una perspectiva moderna y completa, fusionando estos elementos para sentar las bases de su investigación arquitectónica sobre la vivienda.

Es importante destacar el enfoque de Kahn en relación a los materiales utilizados en la Casa Oser. En este proyecto, se emplea una combinación de madera y piedra como revestimiento, marcando un hito en la carrera del arquitecto al ser la primera vez que trabaja con estos dos materiales en los alzados en superficies planas. La intención es resaltar la sencillez de la volumetría general.

Los componentes fundamentales de la envolvente de la Casa Oser consisten en dos tipos de muros: uno, robusto y construido con pizarra caliza local, y el otro, más ligero y construido en madera. La contraposición entre la piedra y la madera se hace evidente en la yuxtaposición de estos dos muros, y Kahn se esfuerza por reflejar la relación entre el grosor del muro y el espacio interior que encierra. Esta relación se aprecia de manera particular en la fachada principal, donde el muro de piedra en el lado norte, con aberturas pequeñas, contrasta con el revestimiento ligero de madera que presenta grandes ventanales y una mayor conexión con el entorno exterior (fig.49). Para Kahn, la piedra, como material pesado y con un grosor considerable, está relacionada con el suelo de manera análoga a la chimenea, estableciendo una conexión sólida entre la casa y el paisaje circundante, mientras que la madera, debido a su ligereza, se vincula con el mundo aéreo de la vegetación y el paisaje (fig. 51).

Una de las principales características del movimiento moderno fue la reducción del espesor de los muros. Sin embargo, Kahn percibió esta disminución del espesor de los muros como una limitación que debilitaba la integridad de la forma arquitectónica. Para contrarrestar este efecto, exploró diversas estrategias, como la incorporación de muros gruesos que carecían de función estructural o la inclusión de núcleos de chimenea desproporcionados que acentuaban y densificaban la planta de la vivienda (Frampton, 1996).

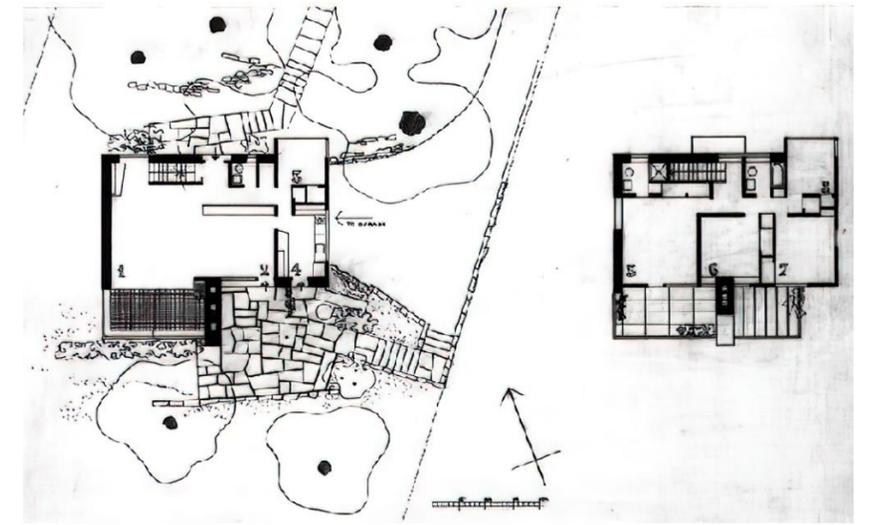


Figura 50. Louis Kahn. Planos de la Casa Oser. 1940.



Figura 51. Louis Kahn. Fachada trasera de la Casa Oser. 1942.



Figura 52. Louis Kahn. Interior de la Casa Oser en su estado original. 1942.



Figura 53. Louis Kahn. Interior de la Casa Oser en la actualidad.



Figura 55. Louis Kahn. Mirador interior de la Casa Oser en la actualidad.



Figura 56. Louis Kahn. Mosaico de azulejo Mercer.



Figura 57. Louis Kahn. Fachada de acceso al garaje.

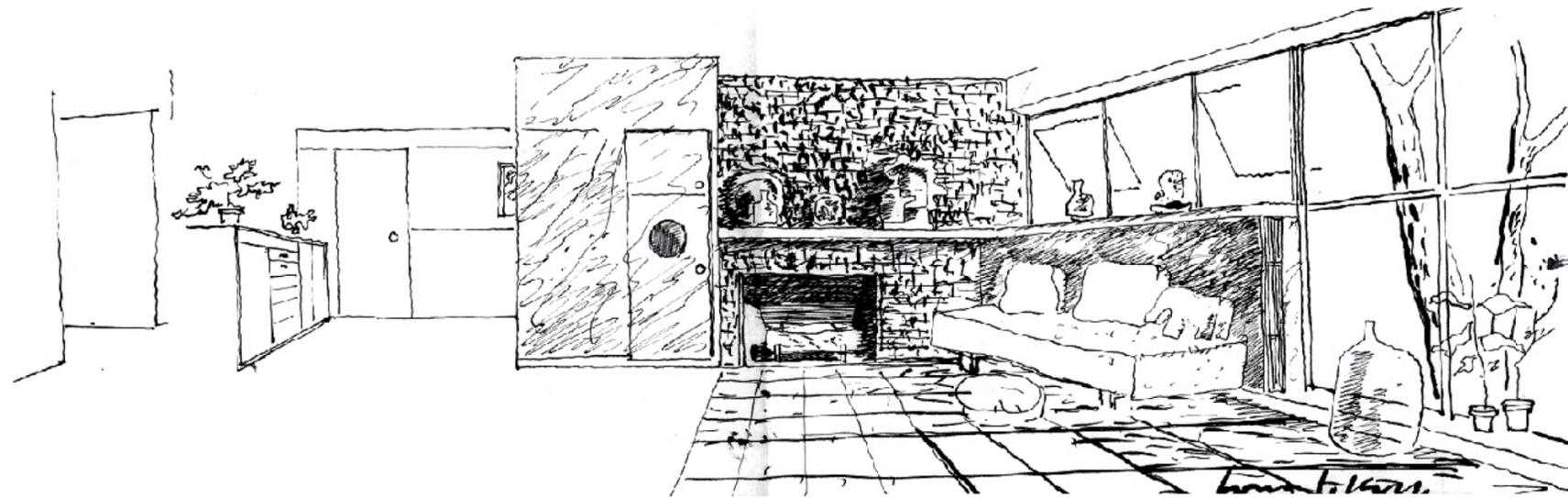


Figura 54. Louis Kahn. Dibujo del interior de la Casa Oser. 1940.

En otros casos, fue la ventana la que sirvió para restaurar la profundidad en las fachadas. Kahn empleó carpinterías de madera que se extendían hacia afuera, casi como burbujas que buscaban capturar la esencia del entorno. Aunque la casa Oser ofrece un ejemplo temprano de la aplicación de esta estrategia, todas las fachadas diseñadas por Kahn demuestran un minucioso estudio de diferentes tipos de ventanas y sistemas de vidrio.

La fachada principal de la Casa Oser (fig.49) se caracteriza por un prisma de madera que se proyecta desde la línea del muro de acceso, descansando sobre la base de piedra del garaje (fig. 57). Dos ventanas en esquina, una sobre la otra, atraviesan este elemento de lado a lado, creando una sensación de ingravidez que evoca la arquitectura neoplástica de Rietveld en la esquina de la Casa Schröder de 1924.

Por primera vez, Kahn abandonó la concepción tradicional de expresar cargas y apoyos para transmitir la ligereza y la apertura de las habitaciones hacia el exterior. La estrecha anchura en la que se sitúa esta ventana-burbuja amplía completamente el espacio de las dos habitaciones en la planta baja y la primera planta, al mismo tiempo que introduce la iluminación, generando efectos que Kahn deseaba incorporar desde la arquitectura de Howe (Büttiker, 1993).

En la fachada que da al jardín (fig. 51), esta ventana se materializa en la esquina de la sala cercana a la chimenea. Aquí, el cerramiento desaparece gracias a una moderna carpintería de acero y vidrio que libera la envolvente. Este espacio es particularmente interesante, ya que combina la exploración de Kahn sobre materiales, luz y la integración del entorno, a la vez que recupera la tradición nórdica y estadounidense del "espacio del fuego" (Saito, 2003).

El salón de la Casa Oser se concibe como un zona de día y funcional, donde el mobiliario diseñado por Kahn y los acabados interiores como el pavimento de madera, delimitan las áreas de comedor, estudio y estar. Sin embargo, el suelo que separa la zona de la chimenea y la ventana está cubierto con un mosaico de azulejos de Mercer, evocando la sensación de un jardín de invierno nórdico (fig. 55). Continuando desde la esquina, Kahn ha colocado ventanas altas y revestido la chimenea con el mismo azulejo que se utiliza en el suelo.

La aspiración de unir el espacio en torno a la chimenea crea en la vivienda una atmósfera de serenidad y amplitud, acentuada por el mobiliario original de Alvar Aalto seleccionado por el arquitecto. El espacio del hogar, como elemento integrador, será un elemento recurrente en las obras residenciales de Kahn.

La chimenea de la Casa Oser se convierte en una especie de mirador. Desde la envolvente de madera, la ventana se extiende hacia el interior y se coloca perpendicular a la chimenea de piedra. Kahn mismo expresó que “el espacio de la ventana puede crear una habitación privada dentro de la habitación” (Kahn, 1970). Esta idea se basa en la tradición estadounidense e inglesa del “bay-window” (ventana en bahía), donde la ventana se concibe como un espacio para la conversación o la reflexión (fig. 55). Este rincón del salón se reviste con un pavimento de piedra que se extiende desde el bloque pétreo de la chimenea. El conjunto restante se concibe como un mueble aprovechando los muros con un asiento bajo la repisa y la integración de una mesa y un armario en el muro, que delimita la escalera y se incorpora al diseño de la ventana. Para Kahn, este espacio representa el lugar de la memoria y el hábito: una habitación dentro de la habitación. La relación entre la ventana y el hogar nos recuerda a la tradición del fuego como origen del espacio, donde, como punto de reunión, su significado perdura incluso cuando su función original de calefacción ha sido reemplazada por la tecnología (Bonet Correa, 1994).

A través del proceso y desarrollo de la Casa Oser, Kahn estableció y afianzó varias de las características fundamentales que influirían en sus futuros proyectos residenciales. Elementos como la integración del diseño con la estructura, la reinterpretación de los materiales, la incorporación del entorno natural y la luz a través de las ventanas, así como la revalorización del espacio en torno al hogar, serán factores determinantes en la diseño de muchas viviendas a lo largo de su trayectoria arquitectónica.



Figura 58. Louis Kahn. Fachada de acceso de la Casa Oser en la actualidad.



Figura 59. Louis Kahn. Fachada de acceso al garaje en la actualidad.

Genel House, 1948-51.

Al final de la década de los 40s, ya se observa una tendencia evolutiva en los proyectos residenciales de Kahn, que se basa principalmente en la división funcional del programa y la agrupación de zonas de servidas y servidoras. Estas características estarán presentes en La Casa Genel y a lo largo de toda su obra residencial, como el caso de la Casa Korman o su vivienda más reconocida, la famosa Casa Fisher. (Saito, 2003).

La Casa Genel destaca por su peculiar topografía con desniveles en el terreno, donde Kahn aprovechó para diseñar una casa de dos plantas, con los dormitorios ligeramente elevados por encima de la zona de estar para potenciar la privacidad.

En la primera versión de la Casa Genel, Kahn desarrolló un esquema con una organización asimétrica en dos núcleos: uno alargado para las áreas diurnas y otro cuadrado para las áreas nocturnas, conectados por un vestíbulo que definía un patio trasero. Sin embargo, en la versión final que se construyó, ambas áreas tenían dimensiones más equilibradas, lo que difuminó la claridad organizativa del espacio del vestíbulo, enfocándose en una mayor continuidad espacial entre el acceso y el salón.

No obstante, desde el exterior, la división entre las tres partes que componen el edificio es evidente debido a la interacción de los planos independientes de cubierta de cada sección (Browlee, 1996). Esta interacción, junto con el desnivel del terreno, confiere un aspecto monumental a la casa, especialmente cuando se la observa desde la vía de acceso.

En el salón de la Casa Genel se introduce una la chimenea girada, donde dos décadas más tarde volvería a emplear, en la icónica chimenea semicircular giratoria de la Casa Fisher. Se trata de una técnica de perspectiva delimitada para intensificar la sensación de profundidad. Una estructura triangular revestida de mármol que, combinada con la luz cenital que penetra a través de la cubierta, delimita distintas áreas dentro del espacio de estar (fig. 65). Tras la finalización de la vivienda, Kahn describiría este espacio en una carta a Anne Tyng, quien colaboró durante el diseño, como un lugar donde los visitantes quedaban asombrados por la “fuga” de la casa (Ronner, 1987).



Figura 60. Louis Kahn. Fachada de acceso de la Casa Genel en la actualidad.



Figura 61. Louis Kahn. Fachada trasera de la Casa Genel en la actualidad.

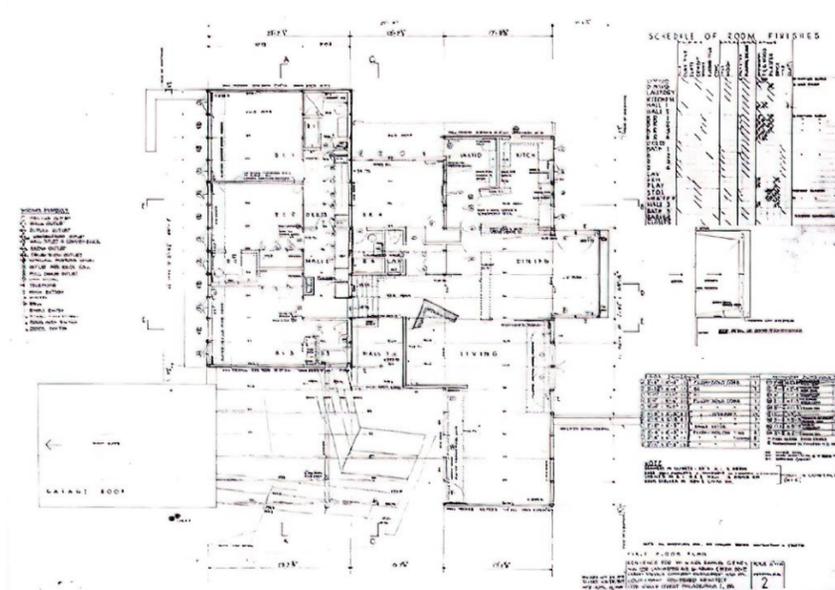


Figura 62. Louis Kahn. Planta de la Casa Genel. 1948.

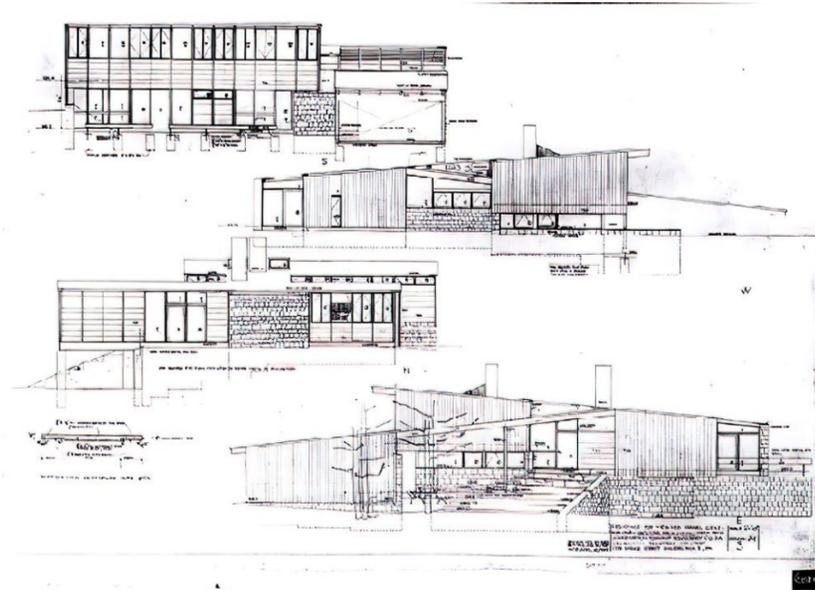


Figura 63. Louis Kahn. Alzados de la Casa Genel. 1948.



Figura 64. Louis Kahn. Casa Genel en la actualidad.

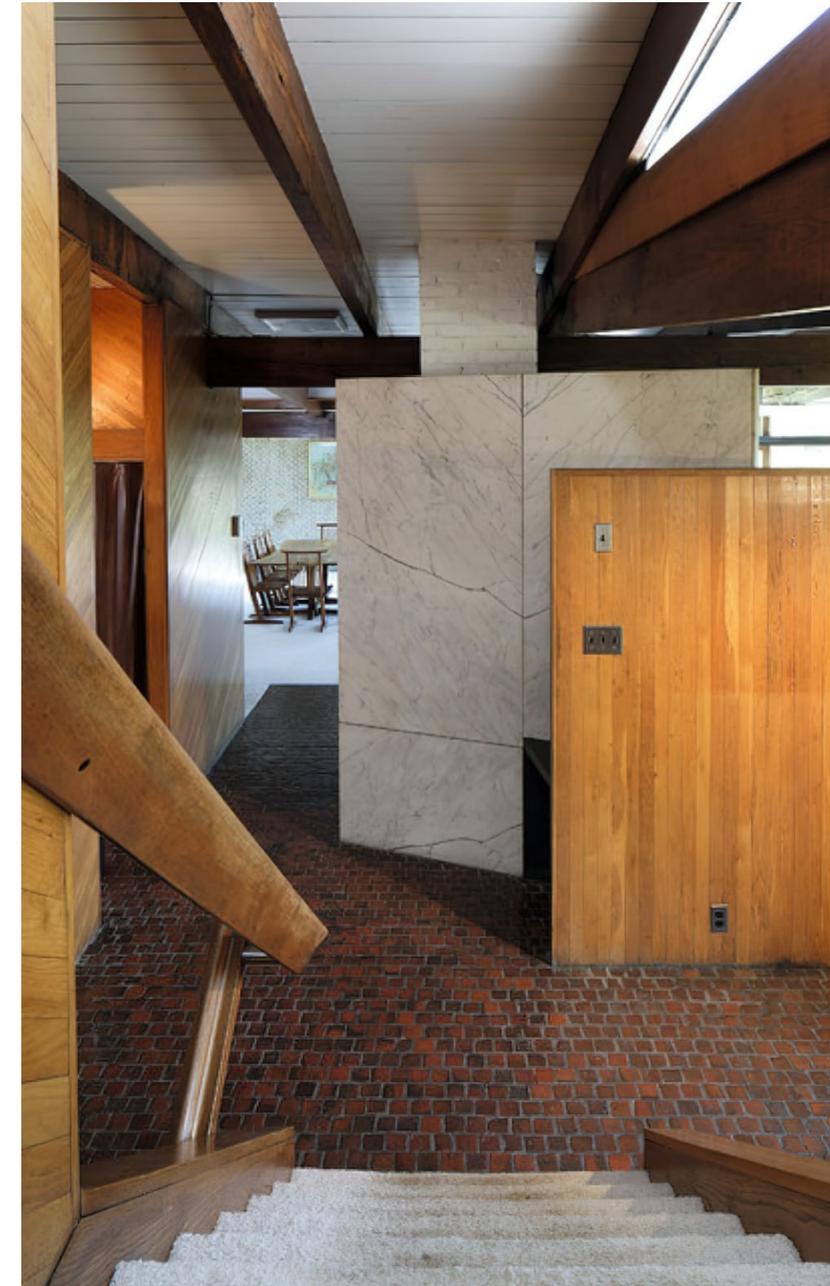


Figura 65. Louis Kahn. Interior de la Casa Genel en la actualidad.



Figura 66. Louis Kahn. Sala de estar de la Casa Genel en la actualidad.

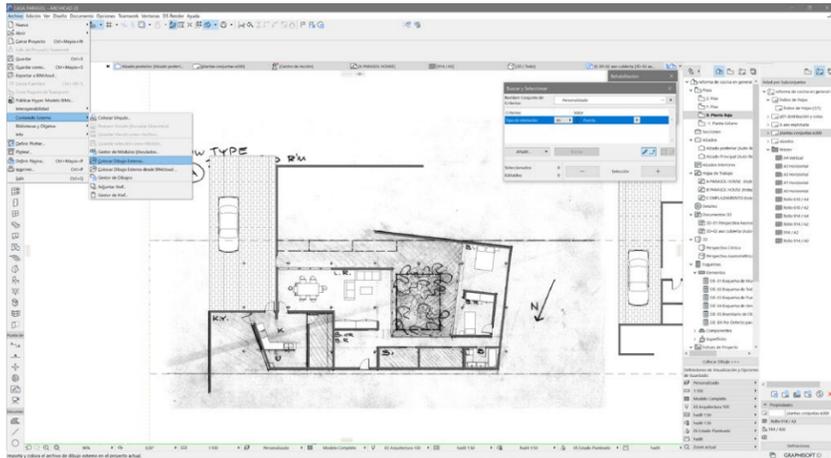


Figura 67. Captura de pantalla durante la importación de los croquis de Kahn ArchiCAD.

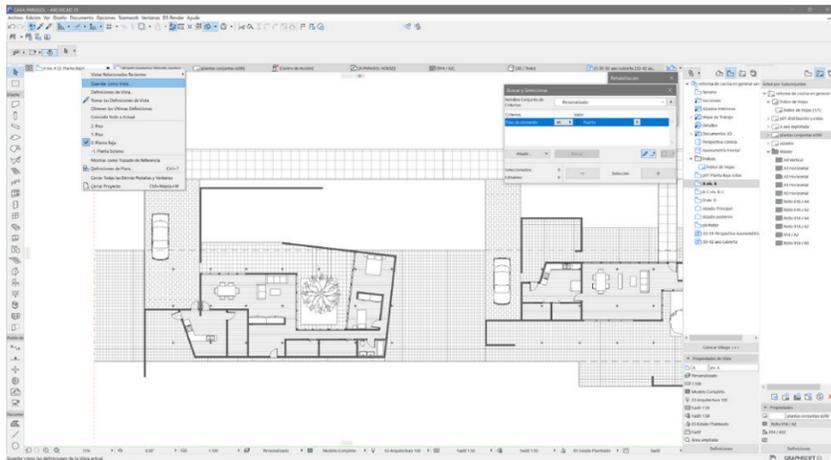


Figura 68. Captura de pantalla durante la creación de vistas.

4.2 Redibujado y modelado de las Casas Parasol

Para el redibujado y modelado se utilizará el programa ArchiCAD 25, un programa de tecnología BIM (Building Information Modeling) que presenta permite “construir” el edificio, esto significa que se dibujan las plantas en 3D. El concepto de “línea” cambia en BIM ya que no se trata de un elemento finito en un plano, sino que se trata ya de un muro al que se le asignan diversas propiedades como el espesor, altura, material, etc. Esta filosofía se aplica en el resto de elementos como las puertas, ventanas, forjados, etc por lo tanto, mejora mucho el flujo de trabajo y aumenta la eficiencia pudiendo detectar los conflictos y potenciales problemas del proyecto al poder ir cambiando la vista en planta, al modelo 3D al instante (figs. 68 y 69).

La interfaz del programa es bastante intuitiva y gráfica. Para comenzar a dibujar simplemente hacemos click en el elemento deseado de la barra izquierda que está representado por unos iconos. (fig. 68) a diferencia de autoCAD, la mayoría de comandos: como dibujar muros, colocar puertas, carpinterías, etc. No será necesario escribir el comando mediante teclado y tener que memorizarlo, sino pulsando directamente en los iconos o en las pestañas correspondientes, lo que facilita y hace mas intuitivo el flujo de trabajo. Aún así, ArchiCAD también dispone de atajos de teclado para los usuarios más experimentados, de los cuales los mas usados son:

- Desplazar un elemento : Ctrl + D
- Rotar un elemento : Ctrl + E
- Escalar un elemento: Ctrl + K
- Medir la distancia o área: M
- Editar propiedades de un elemento: Ctrl + T
- Abrir organizador de capas: Ctrl + L
- Guardar archivo: Ctrl + S
- Para realizar cualquier acción y copiar: Atajo previo + Ctrl
- * (aparecerá un “+” en el cursor)

En la parte derecha de la interfaz tenemos el organizador de plantas, alzados, secciones, modelo en 3D (figs. 69 y 70), vistas y planos de impresión.

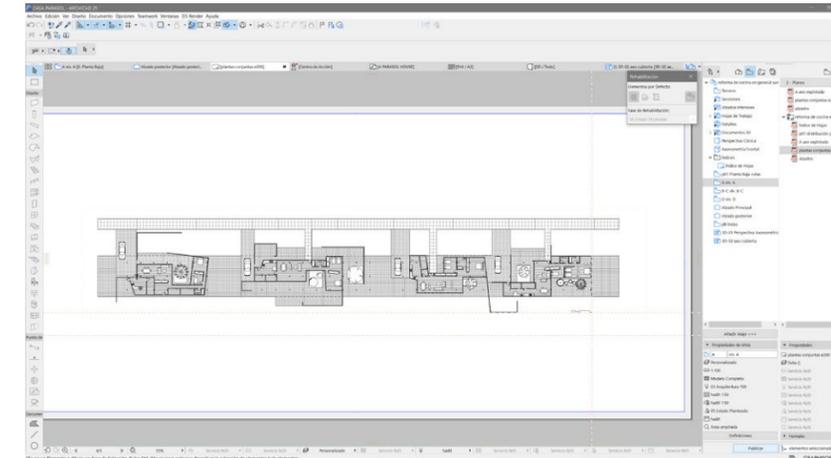


Figura 69. Captura de pantalla durante la publicación en PDF de las Casas Parasol.

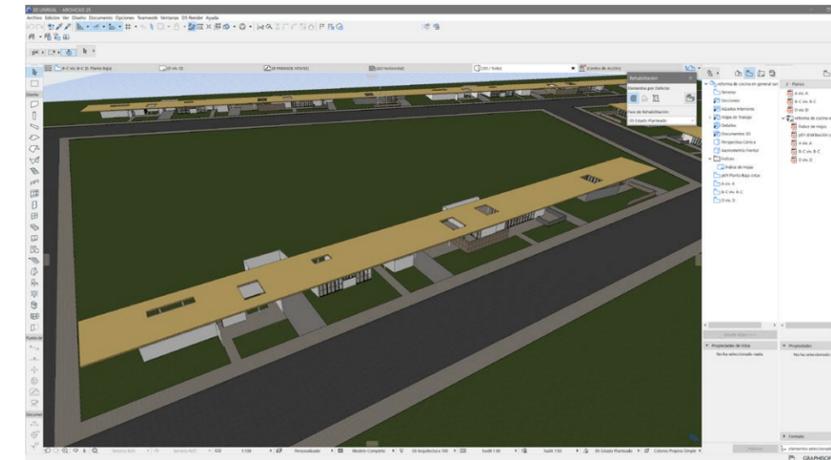


Figura 70. Captura de pantalla durante el modelado de las Casas Parasol.

Una vez analizado los croquis y plantas de Kahn sobre las Casas Parasol se procederá a redibujar las plantas y modelarlas para su posterior importación a D5 Render y UE5. Importamos las plantas originales al programa mediante Archivo> Contenido Externo> Colocar Dibujo Externo (fig. 67) y seleccionamos los archivos correspondientes. Se escalan las plantas respetando el módulo de 3,6 x 3,6m de las piezas de cubierta que conforman el parasol, coincidiendo con los interejos de las columnas cilíndricas. Tras el escalado, se procede a dibujar por encima de los croquis de Kahn los elementos que rigen el orden en la Casa Parasol: la retícula de columnas, los muros y el mobiliario. A pesar de que en la documentación original no están concretamente definidos los espesores de muros, aberturas de puertas o las carpinterías, si que se pueden identificar con con cierta precisión gracias a la valoración de la línea. También se ha incorporado en las plantas una propuesta de posible distribución del mobiliario acorde a la leyenda de los planos (figs. 71 y 72).

Tras el redibujado y modelado de las cuatro tipologías de vivienda que se recuperan de los croquis de Khan, hay que guardar las plantas en unas “vistas”. Estas vistas es una función de ArchiCAD que permite guardar una combinación de capas que hayamos establecido previamente. En el caso del presente trabajo se utilizará únicamente para la publicación de los planos a PDF (fig. 69) aunque esto es de gran utilidad, por ejemplo, para proyectos de ejecución, en los que son necesarios muchos planos de instalaciones. En BIM al trabajar siempre con la misma planta, gracias a las vistas se van activando las combinaciones deseadas para cada plano.

Por último, tras acabar el redibujado de los planos, se prepara el modelado para la posterior exportación a D5 Render y UE5. Se copian estas viviendas y disponen de manera similar al esquema de implantación urbana propuesto (fig. 25) con el objetivo de recrear la experiencia de las relaciones del entorno con la calle, con espacios exteriores comunes de las viviendas en hilera y la relación entre las diversas tipologías.

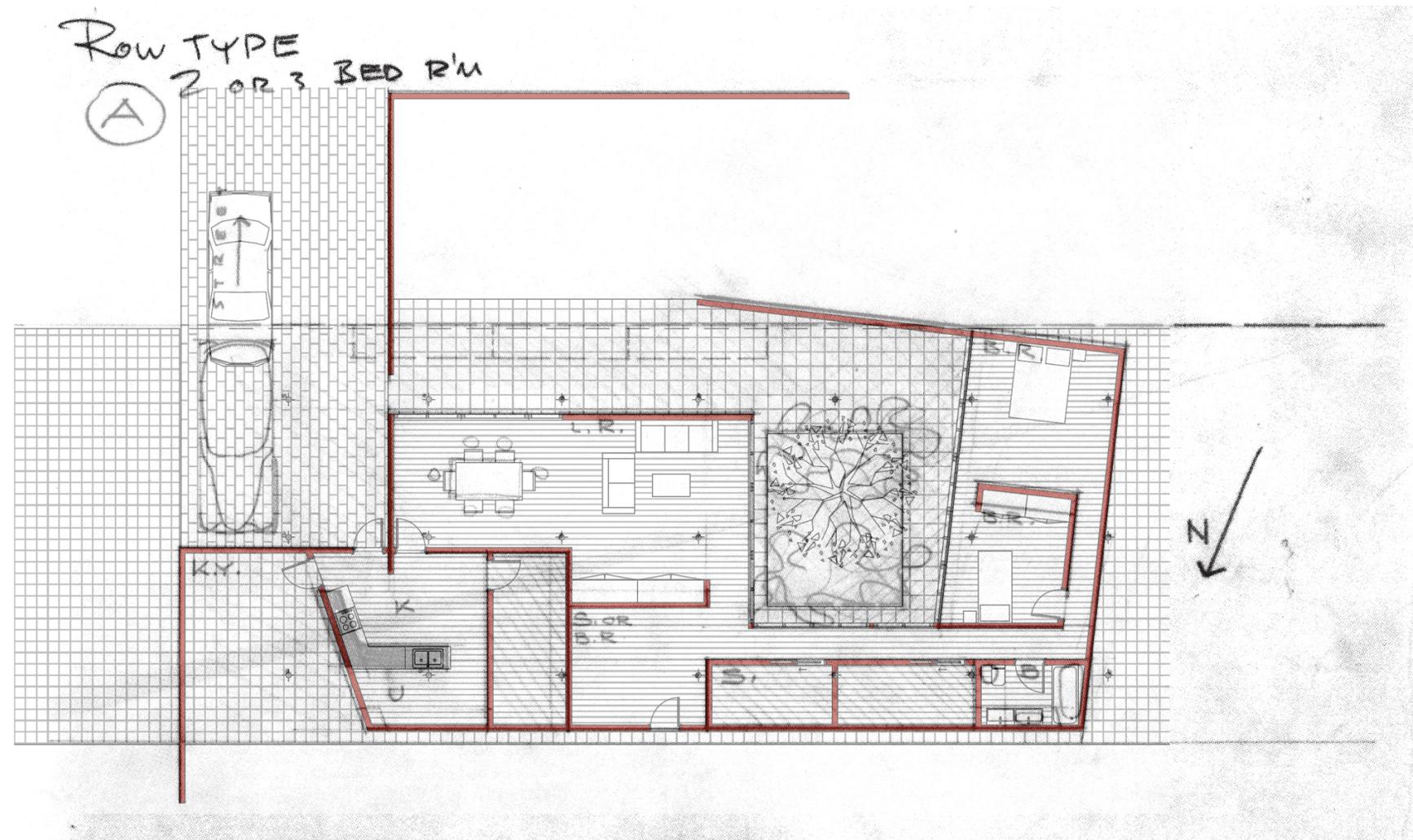


Figura 71. Superposición de la planta vivienda tipo A redibujada sobre el croquis original de Kahn.

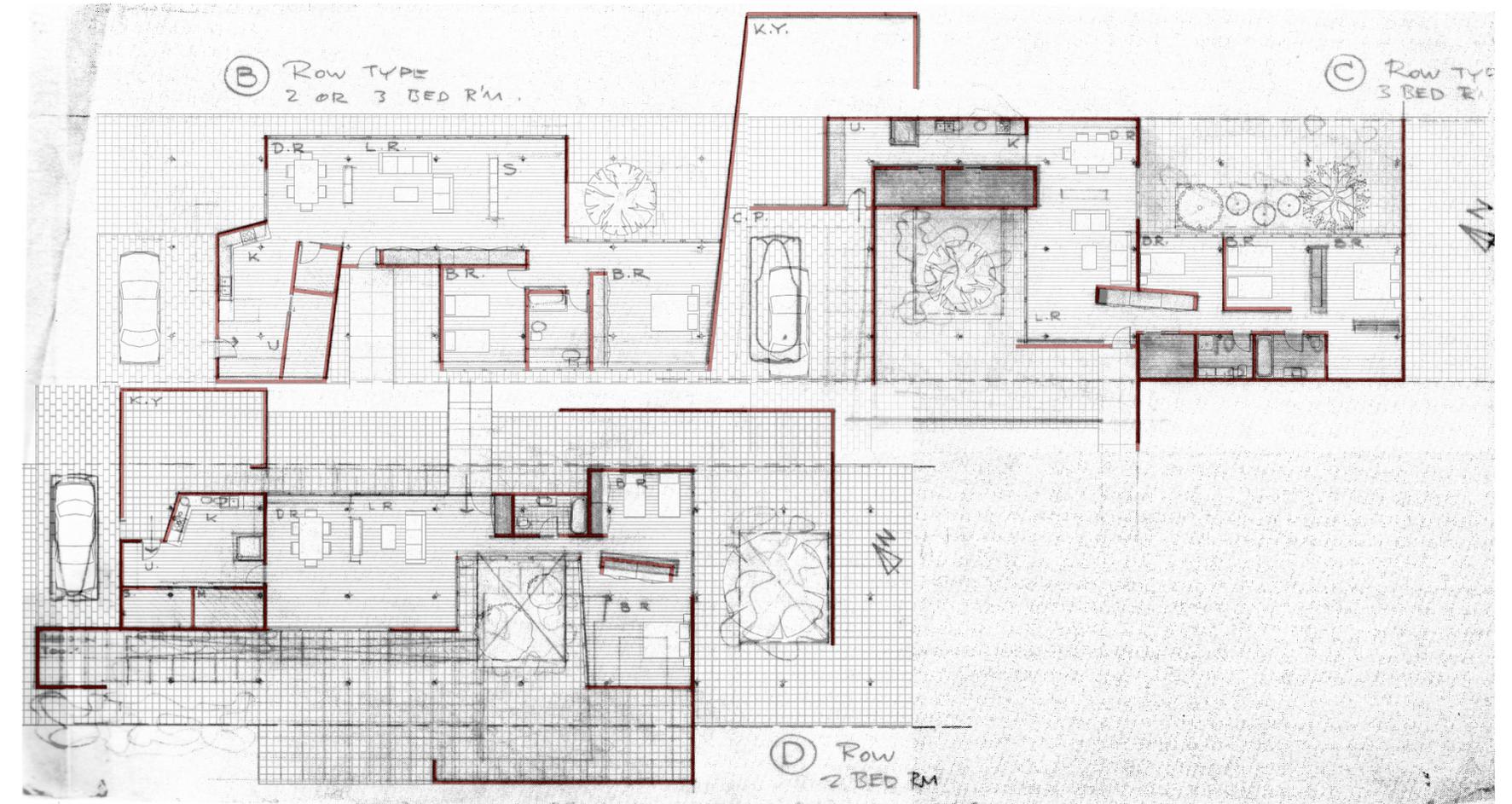


Figura 72. Superposición de las plantas viviendas tipo B, C y D redibujadas sobre el croquis original de Kahn.

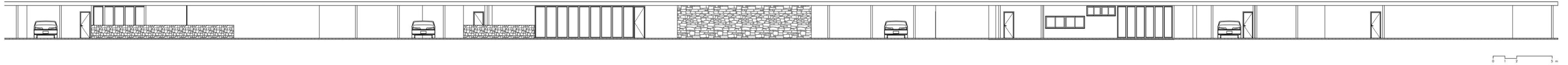
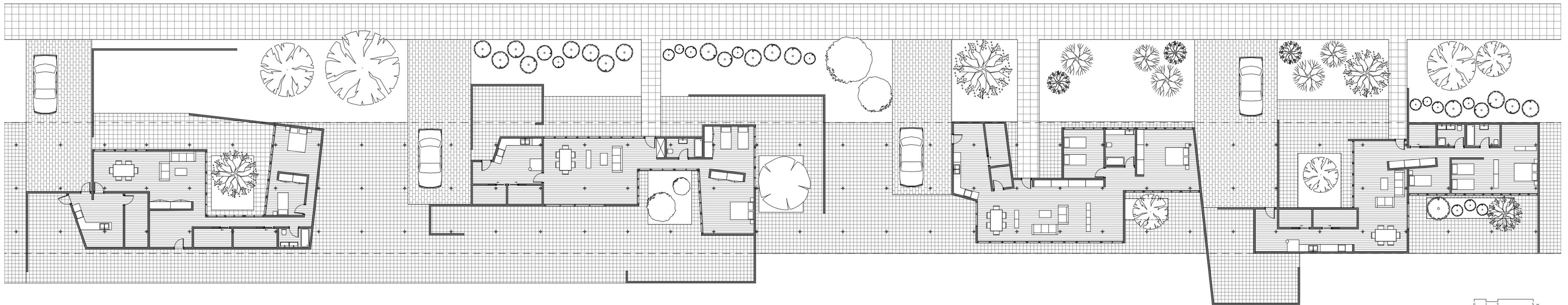


Figura 73. Elaboración propia. De izquierda a derecha, alzado vivienda tipo A, D, B y C.



Vivienda tipo A

Vivienda tipo D

Vivienda tipo B

Vivienda tipo C

Figura 74. Elaboración propia. De izquierda a derecha, planta vivienda tipo A, D, B y C.

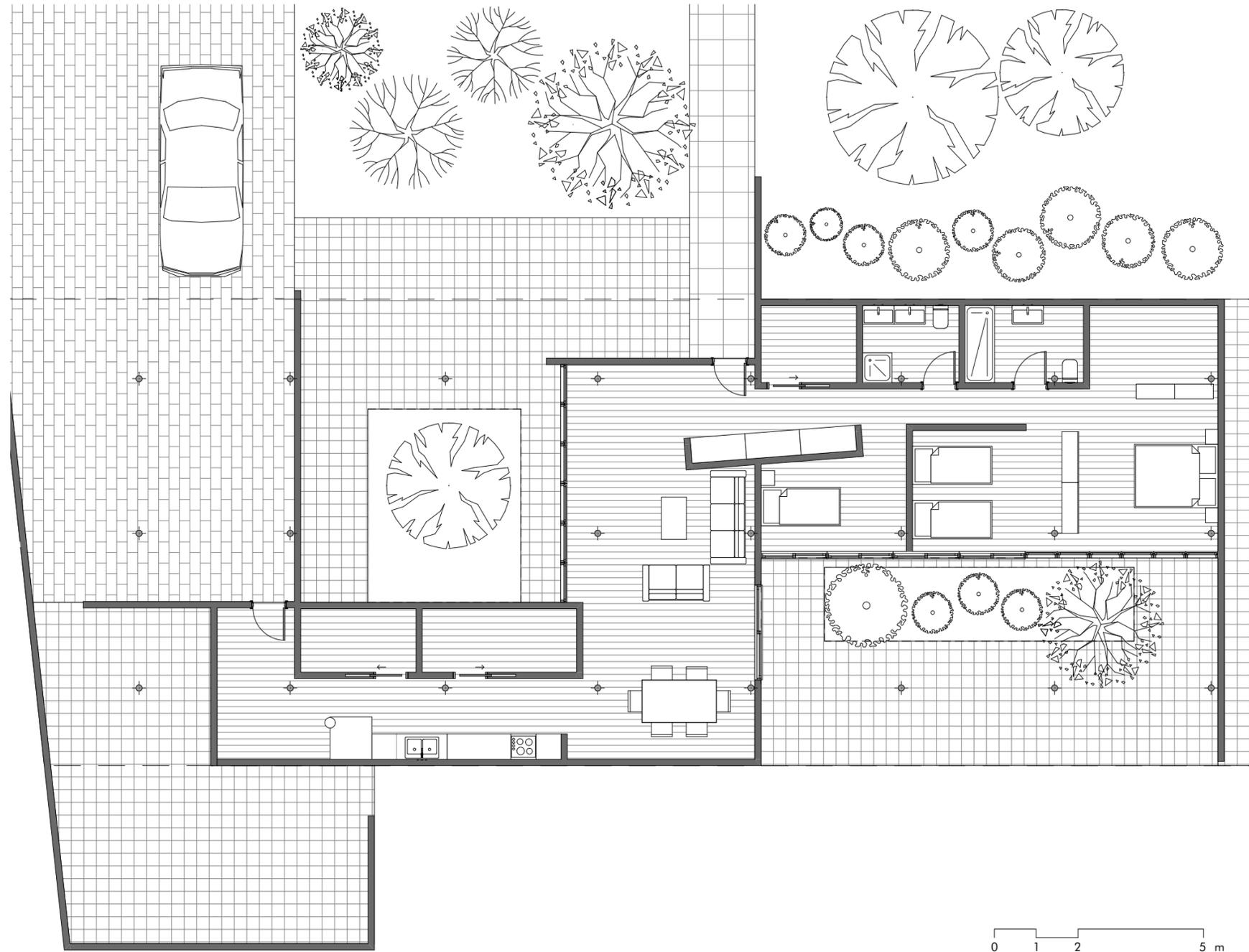


Figura 75. Elaboración propia. Planta vivienda tipo C.

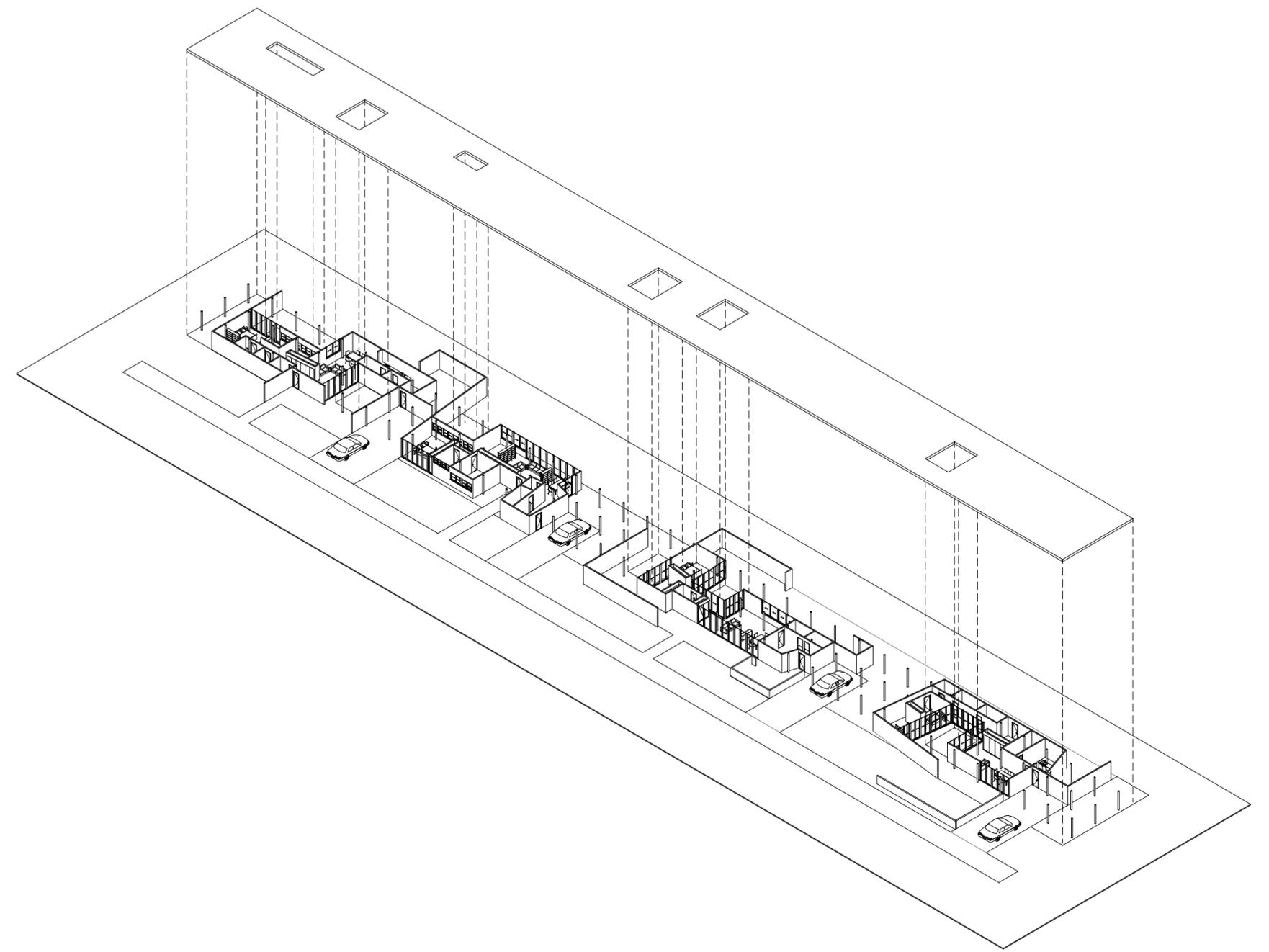


Figura 76. Elaboración propia. Axonometría de las Casas Parasol con sus variantes tipológicas.

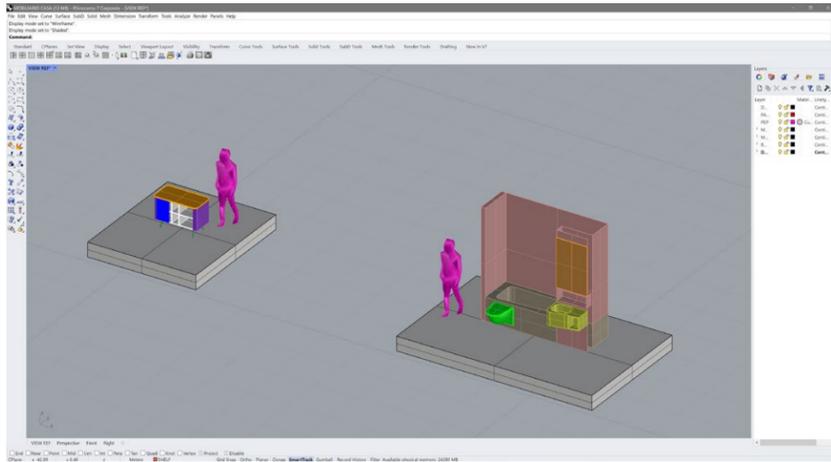


Figura 77. Captura de pantalla durante el modelado del mobiliario.

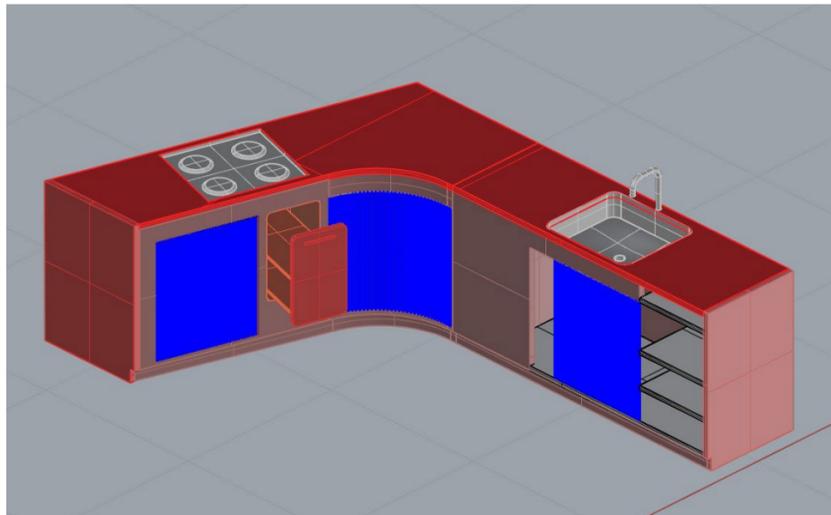


Figura 78. Captura de pantalla durante el modelado de la unidad de limpieza y elaboración de comida.

Debido a la importancia que tiene el mueble en este proyecto y que se ha podido obtener la documentación de los croquis con bastante detalle (figs. 30 y 31), se ha modelado también dichos muebles mediante un programa específico de modelado 3D, Rhinoceros 7. Al no tener cotas de las dimensiones en los esquemas, se toman unas medidas aproximadas de otros muebles coetáneos, siguiendo las proporciones y diseño de ergonomía acorde a la escala humana, que años más tarde, serían recogidos y tratados por Le Corbusier (1948) en su famoso libro “El Modulor”.

El Modulor es un sistema de proporciones arquitectónicas que se basa en el número áureo (aproximadamente 1,618), que se encuentra en muchas manifestaciones de la naturaleza y en la estética clásica, y en las proporciones del cuerpo humano. Le Corbusier propuso una serie de medidas estándar basadas en el Modulor que podían aplicarse en el diseño de edificios y muebles. Estas medidas incluían dimensiones como la altura del ojo, la altura del ombligo (113 cm), la altura de la mano levantada (226 cm), entre otras. El sistema también incorporaba relaciones geométricas y proporciones que se podían utilizar para establecer tamaños de espacios, alturas de techos y otros aspectos arquitectónicos. La idea detrás del Modulor era crear una conexión más profunda entre la arquitectura y la experiencia humana, buscando la armonía y la proporción en el diseño de edificios.

Tras la creación de superficies o elementos que componen el modelado del mueble, es muy importante tener en cuenta, que material esta asignado a cada objeto del mobiliario. Conviene separar cada uno de los elementos a un material distinto y en diferentes capas, ya que sino se tiene esto en cuenta, a la hora de exportarlo a cualquier programa de renderizado, en este caso a D5 Render y UE5, el material se aplicará a todo el mueble como un conjunto y nos limitará mucho las posibilidades de edición.

Finalmente, se han realizado unos renders sencillos a modo de catálogo para la exhibición del mobiliario propuesto del concurso, junto a un modelo humano con las medidas del modulator, para que se visualice la escala y proporción.

El catálogo está compuesto por las siguientes unidades: “unidad de limpieza y elaboración de comida”, “unidad de almacenaje de comida”, “unidad de baño” y “unidad de almacenaje de objetos” (figs. 79 a 82).



Figura 79. Elaboración propia. Unidad de limpieza y elaboración de comida.

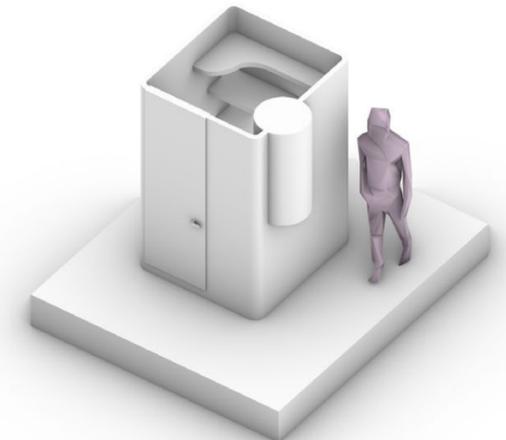


Figura 80. Elaboración propia. Unidad de almacenaje de comida.

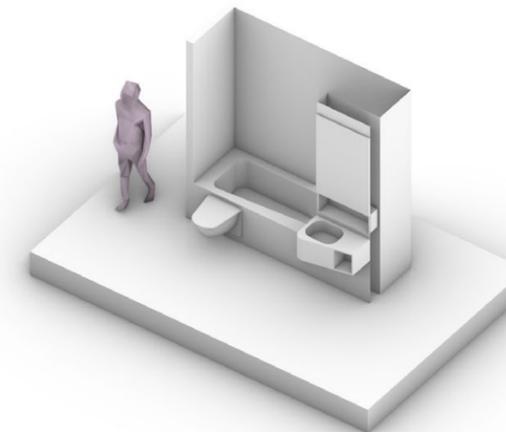


Figura 81. Elaboración propia. Unidad de baño.

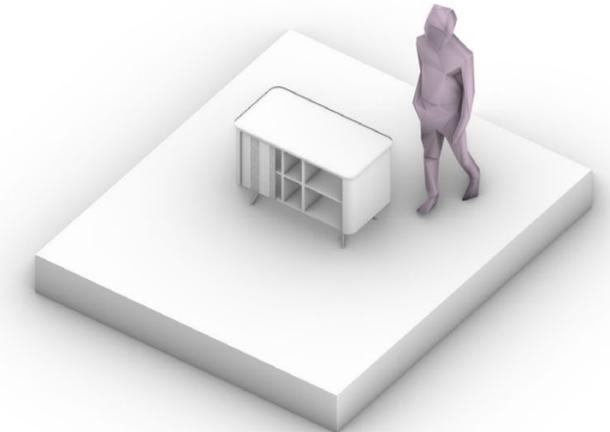


Figura 82. Elaboración propia. Unidad de almacenaje de objetos.

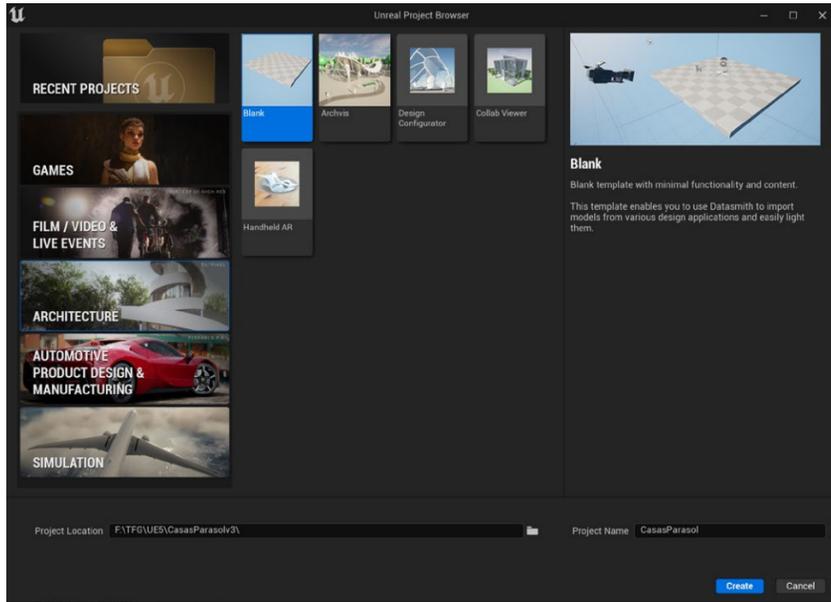


Figura 83. Captura de pantalla en la creación del archivo en UE5.

4.3 Experiencia interactiva mediante Unreal Engine 5

Una vez finalizada la fase de modelado, se procederá a exportar toda la geometría a UE5 para la experiencia interactiva en tiempo real. Debido a la creciente demanda de Unreal Engine en el sector de la arquitectura, los desarrolladores han tenido esto en cuenta y han creado una plantilla específicamente para los proyectos arquitectónicos. Ofreciendo la función de poder usar el Datasmith, una potente herramienta que permite realizar la conversión de datos del respectivo programa de modelado nativo (3Ds max, Revit, ArchiCAD, Sketchup, etc) al Unreal Engine.

Transformar la plantilla de arquitectura en un nivel de videojuegos.

El aspecto negativo de esta plantilla, es que no incluye los comandos ni configuraciones de cámara de videojuego en primera persona, ni sus respectivos blueprints (fig. 83). Sin estos elementos, UE5 se vuelve un motor de renderizado a tiempo real como los que acostumbramos a usar en arquitectura (Lumion, D5 render, etc) pero pierde su principal característica, la capacidad de que el usuario pueda interactuar con el medio y dirigirse libremente a donde quiera. Es decir, se pierde la componente del videojuego.

Para solucionar esto, debemos cambiar los "World Settings", dicho de otra manera, cambiar las normas del mundo o entorno virtual para que los controles sean en vista de primera persona. Pulsamos en el botón Add > Add Feature or Content Pack. Nos aparecerá la pestaña de World Settings y en Selected GameMode > BP_FirstPersonGameMode (fig. 84). Ahora cuando ejecutemos el juego ya nos podremos desplazar con los clásicos controles de W (delante), A (izquierda), S (detrás), D (derecha), Espacio (saltar) y ratón para orbitar la vista.

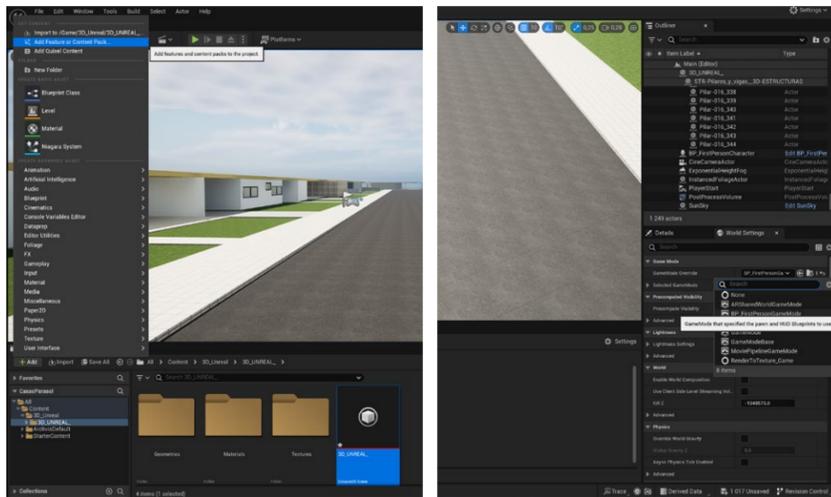


Figura 84. Captura de pantalla para la añadir la cámara de primera persona.

Importar el proyecto mediante Datasmith.

Previamente a la importación del modelo, hay que instalar el plugin de Datasmith, que se puede descargar de la página oficial de Unreal Engine. Tiene compatibilidad con la gran mayoría de programas 3D y sus respectivas versiones. En este caso, seleccionaremos el 3Ds Max exporter y el ArchiCAD 25 exporter. Con los plugins instalados, nos dirigimos a los programas desde donde queremos exportar y seleccionamos la opción de exportación con Datasmith (fig. 85). Importante comentar que se debe hacer esta operación desde la vista 3D, de lo contrario la opción .udatasmith no aparecerá.

Dentro de la interfaz de UE5, seleccionamos el botón de importación (cubo con símbolo de +) > Datasmith. Tras la importación podemos observar en la parte del "Content Browser" que se han creado tres carpetas, Geometries, Materials y Textures (fig. 86). Estas carpetas son las que contienen toda la información que hemos traído a partir del modelo de ArchiCAD. En caso de querer realizar cambios o traer nueva geometría o texturas, las incorporaremos dentro de dichas carpetas.

Si bien es cierto que la interfaz y la manera de operar comparte cierta semejanza con los programas de renderizados que acostumbramos para visualización arquitectónica, hay que recordar que estamos creando un juego. Esto tiene mucha más complejidad que tener un modelo de un proyecto 3D para el renderizado de imágenes. Por tanto, es de vital importancia tener las carpetas del Content Browser de manera organizada ya que cuando hay muchos elementos en la escena desubicamos los objetos y no podremos editarlos, la escena se vuelve muy pesada y lenta de manejar, etc. El Content Browser funciona de la misma manera que el sistema de almacenamiento de archivos de nuestro ordenador. Cada vez que importemos nueva geometría, texturas, vegetación, etc. es conveniente crear una nueva carpeta para así tener todo localizado.

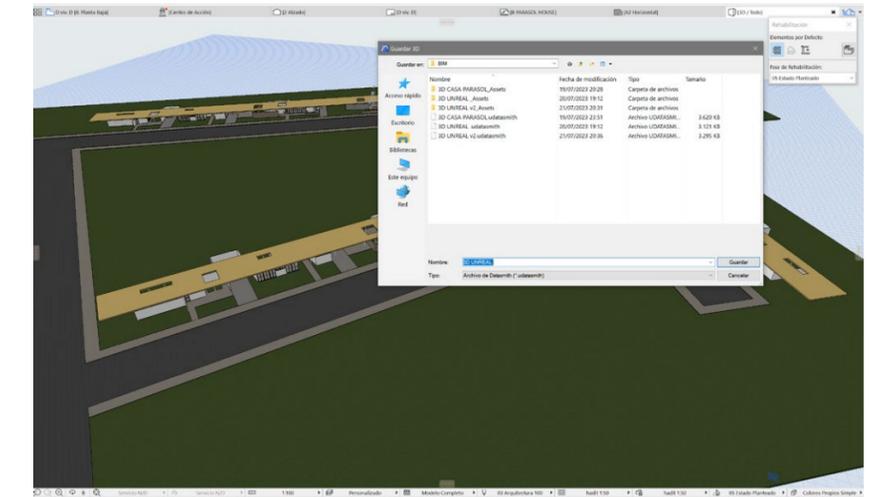


Figura 85. Captura de pantalla para la exportación con Datasmith.



Figura 86. Captura de pantalla tras la importación del modelo en UE5.

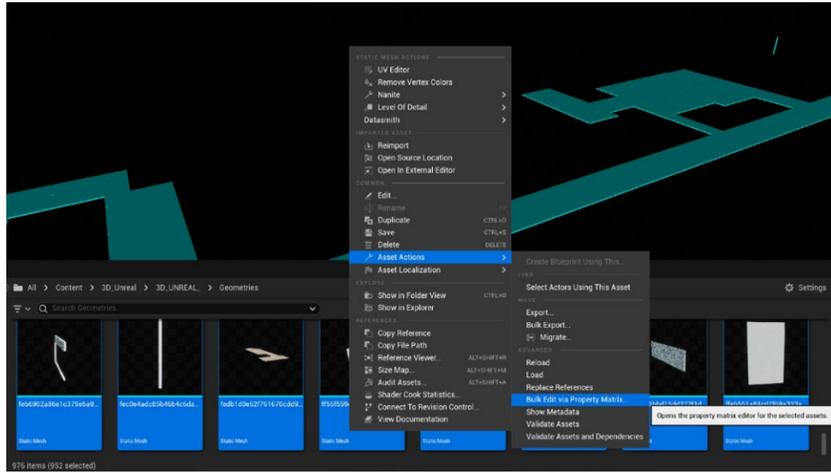


Figura 87. Captura de pantalla generando colisiones a la geometría.

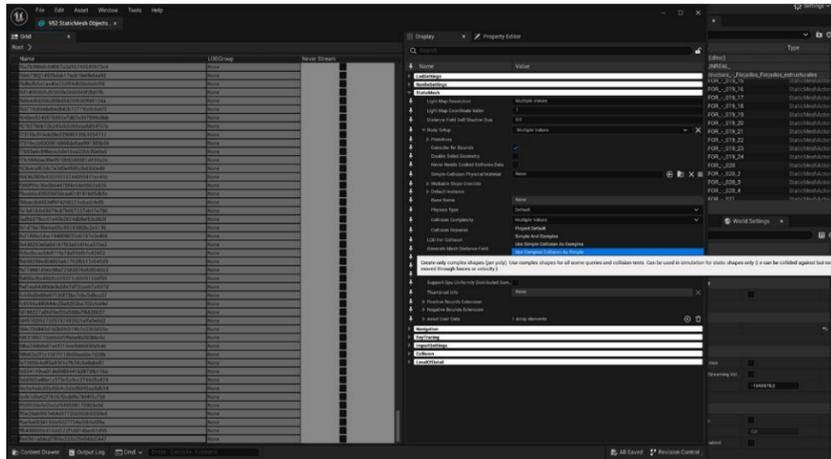


Figura 88. Captura de pantalla generando colisiones a la geometría.

Generar colisiones en la geometría.

Las colisiones se refieren a la interacción y detección de objetos en un entorno virtual. Es esencial para el desarrollo de videojuegos y simulaciones, ya que permite que los objetos interactúen entre sí de manera realista y evita que atraviesen o se superpongan unos a otros. El concepto de colisiones en Unreal Engine se basa en la física y se implementa mediante el uso de colisionadores y simulación de física.

En términos más técnicos, un colisionador es un componente asociado a un objeto en el juego que define su forma y área de detección de colisiones. Puede ser una caja, una esfera, una cápsula o una forma más compleja y personalizada. Cuando dos objetos con colisionadores se superponen en el mundo del juego, se produce una detección de colisión, lo que activa eventos y acciones específicas según la lógica de juego establecida.

Las colisiones adecuadas aseguran que los objetos se comporten de manera realista dentro del mundo del juego. Los personajes pueden caminar sobre superficies, los objetos pueden chocar y rebotar entre sí, y todo se siente más inmersivo para el jugador.

Sin colisiones, los objetos podrían atravesarse unos a otros, lo que daría lugar a errores visuales y problemas de jugabilidad. Las colisiones evitan que esto ocurra y garantizan que los objetos interactúen de manera coherente.

Para aplicar las colisiones de manera rápida a todo el modelo, se seleccionan todos los elementos de la carpeta Geometries > click derecho > Asset Actions > Bulk Edit via Property Matrix (fig. 87). Se abrirá una pestaña en la que debemos seleccionar todos los objetos y en Display > StaticMesh > Collision Reponse > Use Complex Collision As Simple (fig. 88). Esto lo que hace es generar con más precisión, añadiendo más vértices a la caja o area de detección.

Colocar vegetación y mobiliario en la escena.

Debido a que se trata de un proyecto no construido, no hay una ubicación concreta para su emplazamiento. Sin embargo, se ha tomado como punto de referencia el estado de Pensilvania, Estados Unidos, como una ubicación ficticia potencial. Esta elección se basa en la renombrada trayectoria de las casas diseñadas por Kahn y su enfoque particular en la implantación urbana (fig. 25).

La decisión de considerar Pensilvania como ubicación ficticia se justifica por dos razones. En primer lugar, el estado cuenta con extensas áreas de superficie disponibles, lo que permitiría llevar a cabo el proyecto o sus posibles variantes sin restricciones significativas de espacio.

En segundo lugar, Pensilvania se caracteriza por la presencia de abundantes espacios verdes. La importancia de los espacios verdes y la integración de la naturaleza en el entorno construido son elementos clave en el proyecto, y el estado ofrece un escenario ideal para realzar esta interacción entre lo construido y lo natural.

Definido el emplazamiento ficticio del proyecto, se procede a colocar los árboles y vegetación en UE5. Hay que tener en cuenta que el programa de base no trae este tipo de "assets" por lo que habrá que descargarlos desde el bazar Epic Games. El bazar es un espacio habilitado para que diversos modeladores 3D, artistas de animaciones, etc. publiquen sus trabajos para venderlos o compartirlos a la comunidad. En nuestro caso, utilizaremos la amplia biblioteca que nos ofrece Quixel Megascans de manera totalmente gratuita para los usuarios de Epic Games (fig. 89).

Una vez descargado el paquete de vegetación, hay que cambiar de modo Selection Mode a Foliage Mode. Este modo nos permite usar la herramienta de pincel, pintando la vegetación por donde pasemos dicho pincel. Desde el Content Browser buscamos la carpeta en la que se encuentran los árboles y los arrastramos dentro del pincel para cargarlos. En el pincel se pueden configurar distintos parámetros como la cantidad de densidad, escalado y rotado de árboles, etc (fig. 90). Se recomienda cambiar la visualización del proyecto a Unlit, es un modo que no tiene en cuenta la iluminación. Llenar toda la escena de árboles y plantas produce mucha geometría, que ralentiza e incluso puede congelar el programa.

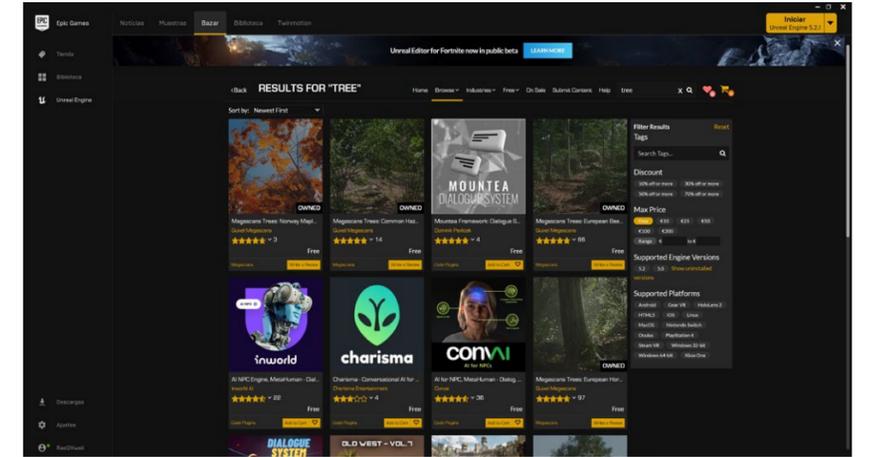


Figura 89. Captura de pantalla descargando vegetación en el bazar de Epic Games.

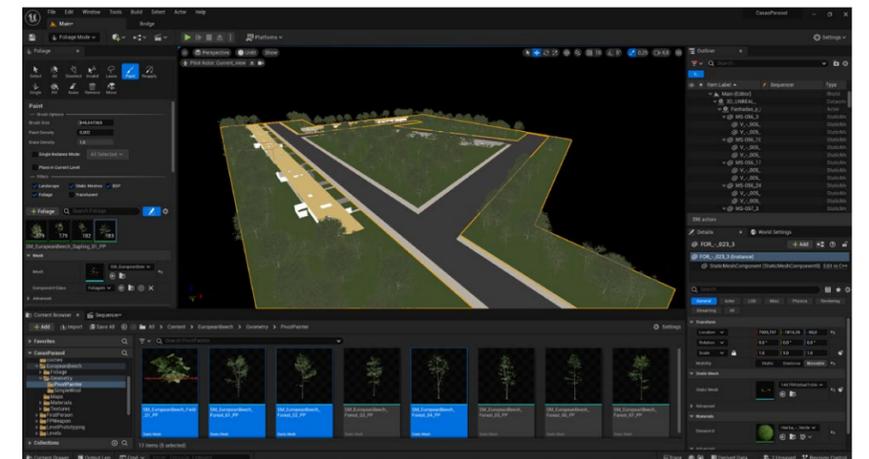


Figura 90. Captura de pantalla "pintando" los árboles del entorno.

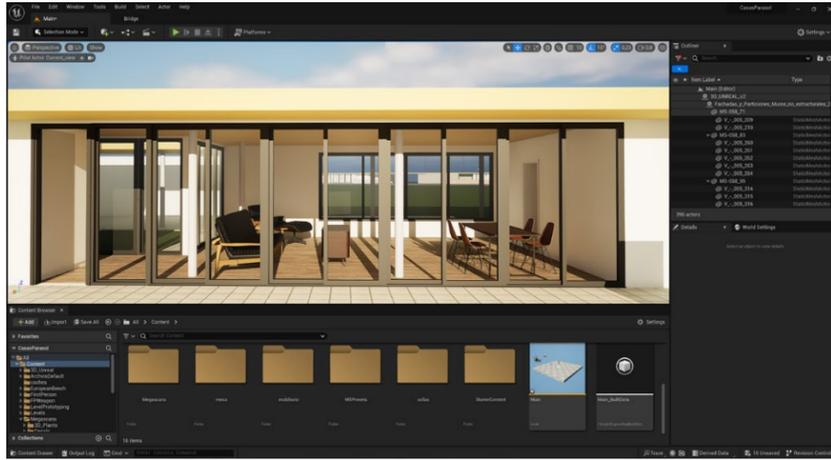


Figura 91. Captura de pantalla amueblando las Casas Parasol.



Figura 92. Eames. Sillón Eames Lounge.



Figura 93. Reich y Mies. Silla Barcelona.

De la documentación original se ha podido obtener mucha información del proyecto, aunque es importante mencionar que los detalles sobre los acabados de los materiales no han sido especificados en gran medida. Esto es comprensible, dado que el proyecto se encontraba en una fase de concurso, donde el enfoque principal suele centrarse en conceptos arquitectónicos más generales y globales. A pesar de esta falta de detalles, se han estudiado obras construidas de Kahn coetáneas a las Casas Parasol, para complementar la recreación virtual tratándolo de ser coherentes con la filosofía arquitectónica de Kahn y asegurando que los acabados armonicen con la visión general del proyecto.

En cuanto al mobiliario, el proyecto ha dedicado una atención especial al diseño de varias unidades específicas (figs. 79 a 82), lo que indica un enfoque detallado y personalizado en ciertos elementos clave del interior. Este nivel de dedicación al mobiliario específico sugiere que se busca crear una experiencia única y cuidadosamente curada en esos espacios, donde el mobiliario se integra con el diseño arquitectónico de manera orgánica y funcional.

Sin embargo, se debe tener en cuenta que otros elementos de mobiliario, como el sofá, la mesa de comedor, sillas, entre otros, no han recibido la misma atención personalizada en este momento del proyecto. Por tanto, para amueblar las Casas Parasol, se ha escogido la colección de muebles diseñada por el matrimonio de arquitectos estadounidenses Charles y Ray Eames (fig. 92) y la silla de Barcelona diseñada por Lilly Reich junto a Mies van der Rohe (fig. 93). Que son coetáneas al proyecto y sigue la corriente del movimiento moderno.

Renderizar imágenes y vistas en UE5.

Unreal Engine, aunque es una poderosa herramienta de desarrollo de videojuegos y simulaciones interactivas, no se considera un motor de renderizado específico para imágenes fijas, por lo tanto no hay una opción de exportación para una única imagen. No obstante, es posible obtener una imagen estática a partir de la creación de una animación en el motor.

El proceso consiste en crear una animación, pulsando el botón de la claqueta > Add Level Sequence y luego ajustar la configuración para que se genere una única imagen estática a partir de esa animación (fig. 94). Se reduce la cantidad de frames del video a solo uno, lo que permitirá capturar un único fotograma que se convertirá en la imagen deseada (fig. 95). Por último configurar los parámetros de exportación, como la resolución de salida, ubicación del archivo, etc.

A continuación, se muestran las imágenes obtenidas directamente del motor de Unreal Engine 5, sin ningún tipo de post-producción, siendo esta serie de imágenes el resultado final del trabajo.

Mediante el siguiente código QR se puede acceder a la aplicación y a los modelos 3D del mobiliario.

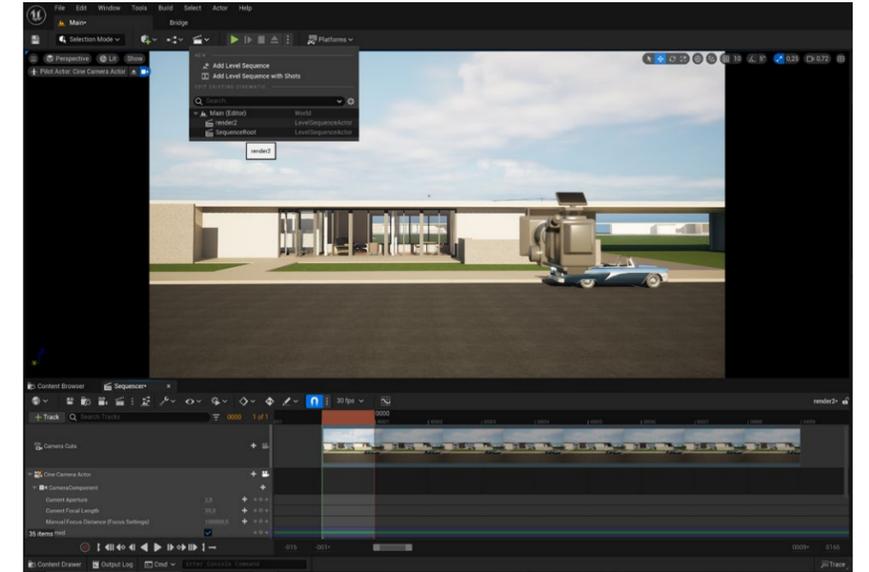


Figura 94. Captura de la creación de una animación.

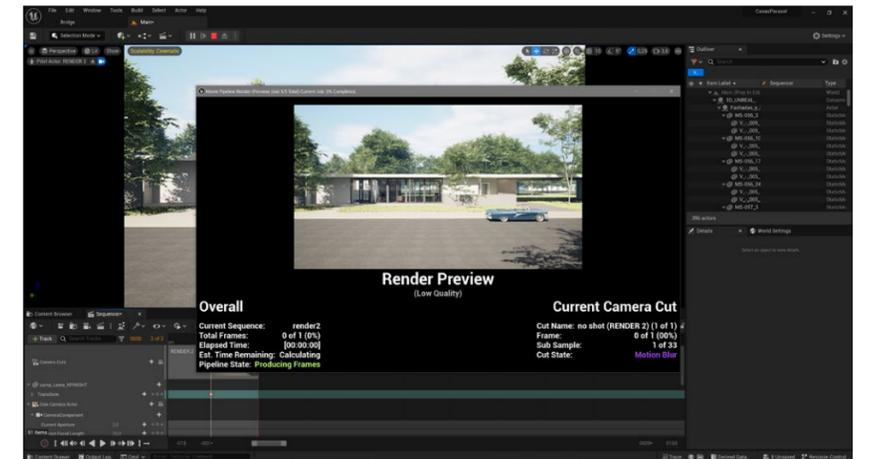


Figura 95. Captura de renderizado de una única imagen.

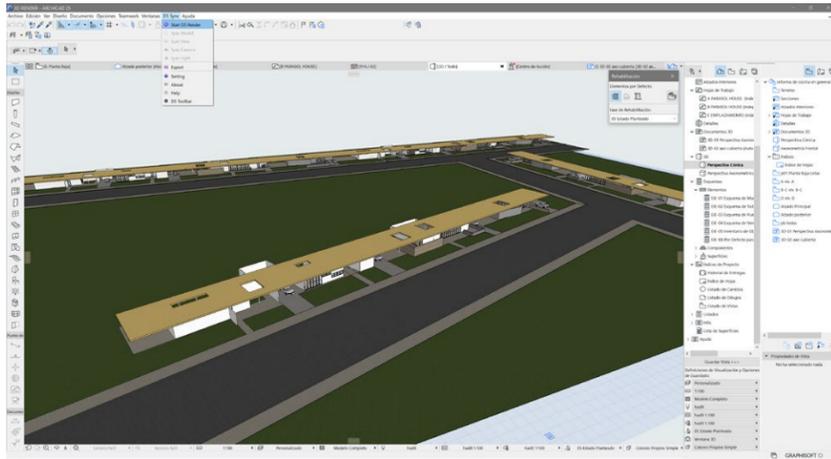


Figura 96. Captura de pantalla enlazando el modelado a D5 Render.

4.4 Renderizado de imágenes estáticas mediante D5 Render.

Una vez finalizada la fase de modelado, se procederá a enlazar toda la geometría a D5 Render para la generación de imágenes estáticas. La ventaja de enlazar el archivo de ArchiCAD frente a la exportación directa es la flexibilidad en el flujo de trabajo, permitiendo que cualquier modificación o corrección que se realice en el modelo nativo, se actualice automáticamente también en el motor de renderizado (fig. 96). Para realizar este enlace, previamente hay que instalar un “plug-in” descargado desde misma web del programa.

D5 Render es un motor de renderizado en tiempo real utilizado en la arquitectura y diseño. Ofrece renderizado en tiempo real con tecnología de Ray-Tracing, biblioteca de activos 3D, control de iluminación y entorno, interfaz amigable, colaboración en línea, exportación de alta calidad, compatibilidad con software de modelado 3D, y ha ido ganando popularidad en el mercado debido a su que licencia base es gratuita.

La interfaz del programa se estructura con dos franjas laterales y un espacio de trabajo central que se actualiza en tiempo real, permitiéndonos ajustar los elementos de la escena con mayor flexibilidad y precisión. En la franja izquierda se encuentran las acciones relacionadas con la interacción del archivo, como guardar el progreso, importar nueva geometría 3D (fig. 97), deshacer acción, ajustes, etc. También se encuentra el organizador de vistas y geometría 3d que hay en el archivo. La franja derecha está diseñada para trabajar las propiedades de los materiales, iluminación de la escena, etc.

Tras la importación del modelado de las Casas Parasol y mobiliario interior, se procede a aplicarle materialidad al proyecto. Pulsamos en el botón “Assets” para abrir la biblioteca de materiales integrada en el propio D5 Render y buscamos el material deseado. Hay ciertos materiales que están bloqueados para la licencia de pago, aún así, el programa permite usar materiales propios o externos, que podemos descargar de páginas gratuitas como Quixel Megascans, ambientCG, entre otras. Para añadir los materiales externos, colocaremos cada uno de los mapas en los diferentes canales del editor de materiales de la franja derecha (fig. 98) y ajustamos los valores correspondientes. El editor de materiales también nos permite editar ligeramente el tileado de materiales y escalar las texturas en la pestaña UV.

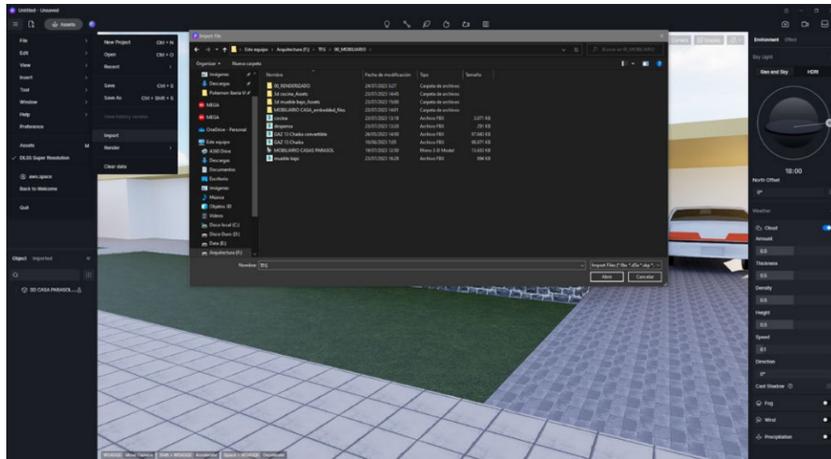


Figura 97. Captura de pantalla importando geometría 3d a D5 Render.



Figura 98. Captura de pantalla aplicado materialidad al proyecto.

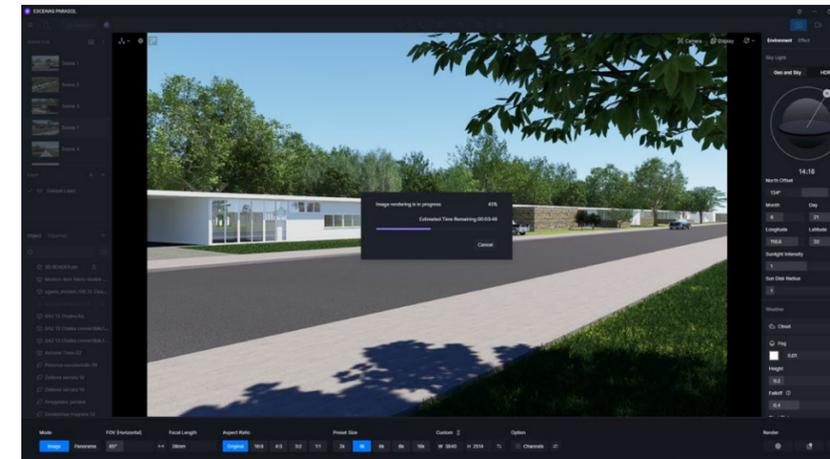


Figura 99. Captura de pantalla renderizando, renderizando la imagen.

La materialidad al no está completamente definida en la documentación original de Kahn, se ha tomado como referencia los materiales utilizados por Kahn en otras obras coetáneas que sí fueron construidas y hemos comentado previamente.

Para los acabados exteriores se han escogido el proyecto de Jersey Homesteads y la Casa Genel. Se ha realizado una versión de casa con los materiales de proyecto, siendo la versión de Jersey Homesteads particularmente interesante debido a que ambos son viviendas sociales destinadas a unidad familiar y el vecindario, buscando potenciar la relación comunitaria. Por otro lado, en la Casa Genel el promotor es un cliente privado. Esto permite que Kahn experimente con un mayor abanico de materiales de alta calidad y además, marcará su trayectoria en los proyectos residenciales, como su célebre Casa Fisher (1960) o la Casa Korman (1971) que destacan por el uso completo de la madera en fachada.

En caso de los interiores, no se ha podido obtener documentación fotográfica de Jersey Homesteads, por lo que se ha tomado como referencia la Casa Oser y la Casa Genel. Si bien es cierto que ninguno de estos dos proyectos son de carácter de vivienda social, si se puede observar la tendencia de Kahn en las obras residenciales. La combinación de distintos pavimentos para diferenciar ciertos espacios como la zona de estar o mirador, el uso de ladrillo o mosaico en puntos singulares de la casa como la chimenea, utilizar la madera como acabado interior de los muros, etc.

Del mismo modo que en el apartado anterior, la localización ficticia del proyecto se ha situado en Pensilvania, por lo se utiliza la herramienta de pincel de árboles para generar la masa verde del entorno. En la barra central hay un icono con forma de hoja, que nos permite seleccionar los árboles que se deseen colocar hasta un máximo de 6 especies distintas y nos permite editar el radio del pincel, la densidad y el tamaño de los árboles.

Para exportar la imagen final y guardarla, es necesario que el motor renderice la imagen. En la esquina superior derecha, pulsamos el icono de la cámara que nos abrirá el menú con los parámetros de exportación como relación de aspecto, resolución de la imagen y la opción de activar los canales (fig. 99).

5. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

El análisis detenido de las Casas Parasol de Louis Kahn nos proporciona una visión de la evolución de su enfoque arquitectónico y su capacidad para adaptarse a los cambios en la sociedad y la tecnología. Estas casas representan un punto de inflexión en la carrera de Kahn, marcando una clara desviación de la austeridad presente en sus diseños anteriores y explorando las posibilidades del lenguaje arquitectónico moderno.

La participación de Kahn en el concurso “Equipment for Living” de Hans G. Knoll Associates y la publicación del escrito “Monumentality” en 1944 revela su interés en la aplicación de avances tecnológicos y materiales, particularmente aquellos derivados de los logros de la industria militar durante la guerra en materiales como hormigón, acero y madera, así como la producción en serie, proponiendo su aplicación en la creación de edificios útiles en tiempos de paz.

El enfoque filosófico de Kahn, centrado en la familia, la comunidad y las necesidades de los residentes, se convierte en el motor impulsor de las Casas Parasol. La propuesta no solo aborda las deficiencias arquitectónicas de la época, como la falta de espacios diáfanos y una distribución desorganizada, sino que también anticipa las necesidades cambiantes y los modos de vida de la sociedad moderna. La conexión social es clave en el diseño, materializada a través de la disposición en hilera cubierta por una gran cubierta plana, creando espacios comunes y zonas de encuentro.

La decisión de Kahn de reducir la construcción a sus componentes más básicos, muros, columna y cubierta, revela su enfoque en satisfacer las necesidades fundamentales de refugio, apoyo y cierre. Aunque inicialmente adoptó la fluidez espacial y la separación entre estructura y cerramiento característicos del lenguaje arquitectónico moderno, su evolución posterior hacia la consideración de la habitación como una unidad espacial y estructural completa marcó un cambio de paradigma en su pensamiento. La comparación con proyectos de la década de los cincuenta muestra similitudes en la configuración basada en unidades estructurales para la distribución de la planta, aunque difieren en la concepción de la columna como sistema estructural, que se volverá a vincular al elemento pesado del muro.

Mediante el análisis de proyectos coetáneos obras construidas de Kahn y la referencia a su materialidad, se obtienen los detalles necesarios para complementar reconstrucción virtual de las Casas Parasol. La elección de materiales para los exteriores, inspirada en proyectos como Jersey Homesteads o la Casa Genel, revela la influencia del contexto social con la intención de fomentar la relación comunitaria (Jersey Homesteads) o la experimentación de nuevos materiales para un cliente privado (Casa Genel). En el caso de los interiores se han tomado como referencia tanto con el mobiliario característico de la Casa Oser y la Casa Genel.

La incorporación de Unreal Engine en la visualización arquitectónica ha experimentado una evolución significativa. Con los avances del motor, se ha mejorado la calidad visual de las representaciones arquitectónicas mediante el uso de técnicas de iluminación global en tiempo real, como el sistema Lumen, y la tecnología de geometría virtual Nanite para representar detalles geométricos en alta fidelidad. Su accesibilidad y capacidad para la integración con software de diseño 3D han facilitado el flujo de trabajo en la visualización arquitectónica, permitiendo la importación sencilla de modelos arquitectónicos existentes. Este motor de videojuegos ha transformado la representación arquitectónica, proporcionando herramientas avanzadas para crear visualizaciones realistas e interactivas. La capacidad de crear entornos virtuales complejos y la integración de tecnologías de realidad virtual y aumentada han ampliado las posibilidades de comunicación y presentación de diseños arquitectónicos. La incorporación de la industria de videojuegos como aliada en la difusión del patrimonio arquitectónico abre nuevas posibilidades para acercar al público a la obra de arquitectos visionarios como Kahn.

A continuación, se muestran una serie de imágenes que sintetizan todo lo realizado durante el trabajo. Se han realizado varias versiones según el proyecto al cual se le hace referencia, anotado en las figuras como “estilo Jersey Homesteads”, “estilo Casa Genel” y “estilo Casa Oser”.



Figura 100. Elaboración propia. Vista aérea de las Casas Parasol.



Figura 101. Elaboración propia. Vista a pie de calle de las Casas Parasol "estilo Jersey Homesteads".



Figura 102. Elaboración propia. Vista a pie de calle de las Casas Parasol "estilo Casa Genel".





Figura 104. Elaboración propia. Vista del patio que surge mediante la sustracción de un módulo en la cubierta Parasol.



Figura 105. Elaboración propia. Vista desde el jardín trasero de la vivienda tipo C.



Figura 106. Elaboración propia. Vista a pie de calle de la vivienda tipo A "estilo Casa Genel".
Pilares metálicos con acabados grises.



Figura 107. Elaboración propia. Vista a pie de calle de la vivienda tipo A "estilo Casa Genel".
Pilares metálicos con acabados cromados.

Figura 108. Elaboración propia.
Vista interior de la vivienda tipo B "estilo Casa Genel".





Figura 109. Elaboración propia.
Vista interior de la vivienda tipo D "estilo Casa Oser".

6.1 BIBLIOGRAFÍA

Bonet Correa, Y. (1994) *La arquitectura del humo*. Sada A Coruña.

Brownlee, D.B., De Long, D.G. (1991) *Louis I. Kahn: In the Realm of Architecture*. Rizoli. New York. pp. 25-40, 422-425.

Brownlee, D.B., De Long, D.G., Scully, V. & Museum of Contemporary Art The 1992. (1992) *Le monde de l'architecte: exposition 'Louis I. Kahn, le monde de l'architecte' ... du 27 février au 4 mai 1992 dans la Grande Galerie au Centre national d'art et de culture Georges Pompidou à Paris*.

Brownlee, D.B., De Long, D.G., Scully, V., Mudford, G. & Kahn, L.I. (1998) *Louis I. Kahn :en el reino de la arquitectura*. Gustavo Gili. Barcelona etc.

Büttiker, U. (1993) *Louis I. Kahn: Licht und Raum*. Birkhäuser. Basel. pp. 47-49.

Corbusier, L. (1961) *El modulator: ensayo sobre una medida armónica a la escala humana aplicable universalmente a la arquitectura y a la mecánica*.

Frampton, K. (1996) *Modern Architecture, a criticalhistory*. Thames and Hudson. Londres.

Galván, N. (2006) 'Louis I. Kahn. Parasol Houses', RA, 8, pp. 79-86. <https://doi.org/10.15581/014.8.25925>.

Galván, N. (2012) *Voluntad por existir: Las viviendas no construidas de Louis I. Kahn*. Tesis (Doctoral). Universidad de Valladolid. Escuela Técnica Superior de ArquitecturaAutoridad UVA. <https://doi.org/10.35376/10324/1883>.

Goldhagen, S.W. & Kahn, L.I. (2001) *Louis Kahn's situated modernism*. Yale University Press. New Haven. CT.

Greenspan, A. (2008) *La Era de las Turbulencias: Aventuras en un Nuevo Mundo*. Ediciones B. Barcelona.

Harbison, R. (1993). *The built, the unbuilt, and the unbuildable: In Pursuit of Architectural Meaning*. MIT Press.

Kahn, L. & Stonorov, O. (1943a) *Why City Planning is Your Responsibility*. Revere Copper and Brass. New York.

Kahn, L. & Stonorov, O. (1943b) "New Buildings for 194X: Hotel". *Architectural Forum*. no. 78, pp. 74-79.

Kahn, L. (1944) 'Monumentality', *New Architecture and City Planning A Symposium*. ed. Zucker. P., Philosophical Library. New York. pp. 77-88.

Kahn, L. (1970) 'Architecture: Silence and Light', en VV.AA., Solomon R. Guggenheim Museum. *On the Future of Art*. Viking Press. New York.

Kahn, L.I. (1987a) *The Louis I. Kahn Archive: Buildings and Projects, 1926-1958*.

Kahn, L. I. (1987b). *The Louis I. Kahn Archive: Buildings and Projects, 1959-1961*.

Kahn, L. I., & Twombly, R. C. (2003). *Louis Kahn: Essential Texts*. <http://ci.nii.ac.jp/ncid/BA64628521>

Kahn, L.I. (1987c) *The Louis I. Kahn Archive : Personal Drawings : The completely illustrated catalogue of the drawings in the Louis I. Kahn Collection, University of Pennsylvania and Pennsylvania Historical and Museum Commission*. <https://ci.nii.ac.jp/ncid/BA18690660>.

Juárez, A. (2006). *El universo imaginario de Louis I. Kahn*. Fundación Caja de Arquitectos. Barcelona.

Juárez, A. (2022) *Continuidad y discontinuidad en Louis I. Kahn : material, estructura y espacio*. Tesis (Doctoral). E.T.S. Arquitectura (UPM). <https://doi.org/10.20868/UPM.thesis.10639>.

Lamprecht, B. (2004) *Richard Neutra, 1892-1970: Survival Through Design*. Taschen America Llc.

Lamprecht, B. (2010) *Neutra. Complete Works*. ediz. inglese, francese e tedesca.

McCarter, R. (2009) *Louis I. Kahn*. Phaidon Press. London. pp. 31-32, 488-489.

Michelson, A.D. (2002) 'LOUIS I. KAHN: UNBUILT MASTERWORKS. Kent Larson', *Art Documentation: Journal of the Art Libraries Society of North America*, 21(1), pp. 47-48. <https://doi.org/10.1086/adx.21.1.27949184>.

Mumford, L. (1940) *Faith for living*. Brace and Company. New York.

Nievas, B. (2012) *Realidad aumentada*. B DE BOOKS.

Ronner, H. & Jhaveri, S. (1987) *Louis I. Kahn :complete work 1935 -1974*. 2 rev edn. Birkhäuser. Basel. pp. 56-59.

Saito, Y. (2003) *Louis I. Kahn Houses: 1940-1974*. Toto. Tokyo. pp. 272, 285.

Shanken, A.M. (2006) 'The Uncharted Kahn: The visuality of planning and promotion in the 1930s and 1940s', *Art Bulletin*, 88(2), pp. 310-327. <https://doi.org/10.1080/00043079.2006.10786292>.

Shanken, A.M. (2009) *194X: Architecture, Planning, and Consumer Culture on the American Home Front*. U of Minnesota Press.

Shirley, P., Ashikhmin, M. y Marschner, S. (2009) *Fundamentals of Computer Graphics, A K Peters/CRC Press eBooks*. <https://doi.org/10.1201/9781439865521>.

Sudjic, D. y Beyerle, T. (1999) *Hogar: la casa del siglo XX*. Blume, Barcelona.

Torres Cueco, J. (2009) *Casa por casa: reflexiones sobre el habitar*. TC Cuadernos.

Zung, T. (2010). *Viviendas para el futuro*. AV Monografías: Buckminster Fuller 1895-1983. Arquitectura Viva SL. Madrid.

6.2 ENLACES WEB

-- Holding: Parasol Houses -- Philadelphia Architects and Buildings (sin fecha). https://www.philadelphiabuildings.org/pab/app/ho_display.cfm/5616.

-- Image Gallery: Model Neighborhood Rehabilitation Project -- Philadelphia Architects and Buildings Project (sin fecha). https://www.philadelphia-buildings.org/pab/app/image_gallery.cfm/113063.

-- Serie Diatom - Ficha, fotos y planos - WikiArquitectura (2020). <https://es.wikiarquitectura.com/edificio/serie-diatom/#ditaom-planos>.

Admin (2023) Haus am Horn. https://www.urbipedia.org/hoja/Haus_am_Horn.

arqMANES (2022) UNREAL ENGINE 5 Para Principiantes | UE5 Preview 2 | ARCHVIZ | TUTORIAL Render Arquitectura. <https://www.youtube.com/watch?v=fFuc6VaFqvE>.

colaboradores de Wikipedia (2023) Realidad virtual. https://es.wikipedia.org/wiki/Realidad_virtual.

D5 Render | Real-Time Ray Tracing 3D Rendering Software (sin fecha). <https://www.d5render.com/>.

Datasmith Exporter Plugins (sin fecha). <https://www.unrealengine.com/en-US/datasmith/plugins>.

Engine, U. (2022) Introducing The Matrix Awakens: An Unreal Engine 5 Experience. <https://www.unrealengine.com/es-ES/blog/introducing-the-matrix-awakens-an-unreal-engine-5-experience>.

Epic Games | Home (sin fecha). <https://www.epicgames.com/site/es-ES/home>.

Exvia Studio (2023) Unreal Engine 4 Interfaz | Nivel 1: Clase 4 | #Unreal4Arq. <https://www.youtube.com/watch?v=qcjEyWb9n-M>.

Furniture 3D Models Volume 106 | CGAXIS 3D Models Store (2023). <https://cgaxis.com/product/furniture-3d-models-volume-106/>.

George Howe's Square Shadows (sin fecha). <https://www.claasshaus.com/blog/george-howes-square-shadows>.

Kayra North (2022) CURSO UNREAL ENGINE 5 | Interfaz, cámara, mover, escalar y rotar. <https://www.youtube.com/watch?v=AJw2yMonhQ0>.

La realidad virtual. Como afectará a los webdocs. Parte 4 (2014). <https://blog.rtve.es/webdocs/2014/12/la-realidad-virtual-como-afectar%C3%A1-a-los-webdocs-parte-4.html>.

Louis I. Kahn : McCarter, Robert, 1955- : Free download, borrow, and streaming : Internet Archive (2005). <https://archive.org/details/louisikahn-0000mcca/page/36/mode/2up>.

LOUIS KAHN – MONUMENTALITY (2021). <https://leeyangyang.com/louis-kahn-monumentality/>.

Louis Kahn - Obras y proyectos arquitectónicos (sin fecha). <http://www.louiskahn.es/Obras.html>.

Michael (2013) DataViZ History: ISOTYPE Charts: the vintage visual language that gave rise to modern infographics. <https://datavizblog.com/2013/08/06/dataviz-history-isotype-charts-the-vintage-visual-language-that-gave-rise-to-modern-infographics/>.

Parasol House (sin fecha). https://www.philadelphiabuildings.org/pab/app/pj_display.cfm/9573.

Quixel Megascans (sin fecha). <https://quixel.com/megascans/home>.

Share your excitement for Unreal Engine 5 with free wallpapers, GIFs, and more! (2020). <https://forums.unrealengine.com/t/share-your-excitement-for-unreal-engine-5-with-free-wallpapers-gifs-and-more/143483>.

Sketchfab (sin fecha a) GAZ 13 Chaika - Download free 3D model by panderlaike_design. <https://sketchfab.com/3d-models/gaz-13-chaika-21a409682dd24f309ae1ada885f4e1ba>.

Sketchfab (sin fecha b) GAZ 13 Chaika Convertible - Download free 3D model by panderlaike_design. <https://sketchfab.com/3d-models/gaz-13-chaika-convertible-59eea6367391400cac068cd7a1b95910>.

The Archive | Knoll (sin fecha). <https://www.knoll.com/the-archive/>.

UE | La herramienta de creación 3D en tiempo real más potente (sin fecha). <https://www.unrealengine.com/es-ES>.

Unreal Engine (2021) The Matrix Awakens: an Unreal Engine 5 experience. <https://www.youtube.com/watch?v=WU0gvPcc3jQ>.

Unreal Engine Marketplace | store of UE assets for games and 3D rendering (sin fecha). <https://www.unrealengine.com/marketplace/en-US/store>.

6.3 ÍNDICE DE IMÁGENES

Figura 1. Revere Copper Brass . Cartel publicitario. 1942.

https://www.researchgate.net/figure/Hamilton-Harris-Segmental-house-propuesta-para-el-concurso-The-New-House-of-194X-de-la_fig1_295263735

Figura 2. Revere Copper Brass . Cartel publicitario. 1942.

https://i.kinja-img.com/image/upload/c_fit,q_60,w_1315/c6e5535644a22ff344ebff3dca880f71.jpg

Figura 3. Kahn y Stonorov . Model Neighborhood Rehabilitation Project. Filadelfia, 1943.

Kahn, L. & Stonorov, O. (1943a) *Why City Planning is Your Responsibility*. Revere Copper and Brass. New York.

Figura 4. Kahn y Stonorov . Esquema de planificación urbana. Filadelfia, 1944.

Kahn, L. & Stonorov, O. (1943a) *Why City Planning is Your Responsibility*. Revere Copper and Brass. New York.

Figura 5. Otto Neurath. Isotipos sobre la población mundial. Filadelfia, 1930.

<https://datavizblog.com/2013/08/06/dataviz-history-isotype-charts-the-vintage-visual-language-that-gave-rise-to-modern-infographics/>

Figura 6. Otto Neurath. Isotipos sobre el crecimiento de población de Nueva York, 1930.

<https://datavizblog.com/2013/08/06/dataviz-history-isotype-charts-the-vintage-visual-language-that-gave-rise-to-modern-infographics/>

Figura 7. Kahn y Stonorov . Esquemas You and your neighborhood. Filadelfia, 1944.

Philadelphia Architects and Buildings. https://www.philadelphiabuildings.org/pab/app/image_gallery.cfm/113063

Figura 8. Kahn y Stonorov . Esquema You and your neighborhood. Filadelfia, 1944.

https://www.researchgate.net/figure/City-Diagram-Louis-Kahn-and-Oscar-Stonorov-Source-Louis-I-Kahn-Collection-University_fig3_232939554

Figura 9. Kahn y Stonorov . Croquis para el concurso Design for a Postwar Living. 1943.

Philadelphia Architects and Buildings. https://www.philadelphiabuildings.org/pab/app/image_gallery.cfm/7645

Figura 10. Buckminster Fuller. La Casa Dymaxion. 1927.

<https://www.archdaily.cl/cl/02-288162/clasicos-de-arquitectura-la-casa-dymaxion-buckminster-fuller>

Figura 11. Kahn y Henry Klumb. Alzado de la casa prefabricada. 1937.

Philadelphia Architects and Buildings. https://www.philadelphiabuildings.org/pab/app/ho_display.cfm/8764

Figura 12. Kahn y Henry Klumb. Plantas de la casa prefabricada. 1937.

Philadelphia Architects and Buildings. https://www.philadelphiabuildings.org/pab/app/ho_display.cfm/8764

Figura 13. Le Corbusier. Estructura tridimensional en La Casa del Hombre. 1965.

<https://casadecor.es/blog/ferias-y-exposiciones/pabellon-le-corbusier-zurich/>

Figura 14. Kahn y Stonorov. Alzado y planta para el concurso la nueva Casa 194X. 1942.

Kahn, L. & Stonorov, O. (1943b) “New Buildings for 194X: Hotel”. Architectural Forum. no. 78.

Figura 15. Kahn y Stonorov. Perspectiva del Hotel 194X. 1943.

Kahn, L. & Stonorov, O. (1943b) “New Buildings for 194X: Hotel”. Architectural Forum. no. 78.

Figura 16. Kahn y Stonorov. Esquema de habitación del Hotel 194X. 1943.

Kahn, L. & Stonorov, O. (1943b) “New Buildings for 194X: Hotel”. Architectural Forum. no. 78.

Figura 17. Hans G. Knoll Associates. Cartel del concurso “Equipment for living”. 1944.

<https://www.knoll.com/the-archive/>

Figura 18. Kahn y Stonorov. Esquemas de actividades en la casa. 1944.

Kahn, L.I. (1987a) *The Louis I. Kahn Archive: Buildings and Projects, 1926-1958*.

Figura 19. Kahn y Stonorov. Perspectiva general de las Casas Parasol. 1944.

Philadelphia Architects and Buildings. https://www.philadelphiabuildings.org/pab/app/ho_display.cfm/5616.

Figura 20. Kahn y Stonorov. Vista del espacio exterior en zonas comunes. 1944.

Philadelphia Architects and Buildings. https://www.philadelphiabuildings.org/pab/app/ho_display.cfm/5616.

Figura 21. Kahn y Stonorov. Vista del espacio exterior en zonas comunes. 1944.

Philadelphia Architects and Buildings. https://www.philadelphiabuildings.org/pab/app/ho_display.cfm/5616.

Figura 22. Kahn y Stonorov. Sistema estructural de las Casas Parasol. 1944.

Philadelphia Architects and Buildings. https://www.philadelphiabuildings.org/pab/app/ho_display.cfm/5616.

Figura 23. Richard Neutra. Serie Diatom. 1925.

<https://proyectos4etsa.wordpress.com/2012/02/26/proyecto-diatom-house-richard-neutra-1926/>

Figura 24. Frank Lloyd Wright. Oficinas Johnson Wax. 1936.

<https://lacamaradelarte.com/obra/johnson-wax/>

Figura 25. Kahn y Stonorov. Implatación urbana de las viviendas en hilera. 1944.

Philadelphia Architects and Buildings. https://www.philadelphiabuildings.org/pab/app/ho_display.cfm/5616.

Figura 26. Kahn y Stonorov. Alzados de las Casas Parasol en hilera. 1944.

Philadelphia Architects and Buildings. https://www.philadelphiabuildings.org/pab/app/ho_display.cfm/5616.

Figura 27. Kahn y Stonorov. Esquema de disposición de las Casas Parasol en hilera. 1944.

Philadelphia Architects and Buildings. https://www.philadelphiabuildings.org/pab/app/ho_display.cfm/5616.

Figura 28. Kahn y Stonorov. Planta vivienda tipo A. 1944.
Philadelphia Architects and Buildings. https://www.philadelphiabuildings.org/pab/app/ho_display.cfm/5616.

Figura 29. Kahn y Stonorov. Plantas viviendas tipo B, C y D. 1944.
Philadelphia Architects and Buildings. https://www.philadelphiabuildings.org/pab/app/ho_display.cfm/5616.

Figura 30. Kahn y Stonorov. Croquis de los sets de mobiliarios para las Casas Parasol. 1944.
Philadelphia Architects and Buildings. https://www.philadelphiabuildings.org/pab/app/ho_display.cfm/5616.

Figura 31. Kahn y Stonorov. Croquis de un mueble de almacenaje. 1944.
Philadelphia Architects and Buildings. https://www.philadelphiabuildings.org/pab/app/ho_display.cfm/5616.

Figura 32. Ralph Rapson. Ganador del concurso “Equipment for living” Portada “The Rapson Line”. 1945.
<https://www.knoll.com/the-archive/>

Figura 33. Louis Kahn. Cuadro “Planos abstractos en un paisaje” 1948.
Philadelphia Architects and Buildings. https://www.philadelphiabuildings.org/pab/app/ho_display.cfm/5616.

Figura 34. Charles Wheatstone. Estereoscopio de Wheatstone.
<https://deusens.com/es/blog/hitos-historia-realidad-virtual>

Figura 35. Morton Heilig. Sensorama.
<https://blog.rtve.es/webdocs/2014/12/la-realidad-virtual-como-afectar%C3%A1-a-los-webdocs-parte-4.html>

Figura 36. Diagrama espada de Damocles.
<https://proyectoidis.org/espada-de-damocles/>

Figura 37. Nintendo. Virtual Boy.
<https://www.fantasymundo.com/virtual-boy-un-fracaso-rojo-y-negro-ii/>

Figura 38. Palmer Luckey. Oculus Rift.
<https://hipertextual.com/2014/08/oculus-rift>

Figura 39. Facebook meta. Meta Quest Pro.
<https://komete-xr.com/es/products/meta-quest-pro>

Figura 40. Unreal Engine 5. Demo técnica de un videojuego en UE5.
<https://forums.unrealengine.com/t/share-your-excitement-for-unreal-engine-5-with-free-wallpapers-gifs-and-more/143483>

Figura 41. KITATUS. Ejemplo de Blueprints para la programación.
<http://kitatusandfriends.co.uk/ue4/ue5/interfaces/>

Figura 42. Unreal Engine 5. Ejemplo de la tecnología Nanite en UE5.
<https://www.youtube.com/watch?v=WU0gvPcc3jQ>

Figura 43. Unreal Engine 5. Demo técnica The Matrix Awakens en UE5.
<https://www.youtube.com/watch?v=WU0gvPcc3jQ>

Figura 44. Kastner y Kahn. Esquema de planta funcional Jersey Homesteads. 1935.
Philadelphia Architects and Buildings. https://www.philadelphiabuildings.org/pab/app/ho_display.cfm/8366

Figura 45. Kastner y Kahn. Maqueta de la propuesta Jersey Homesteads. 1935.
Philadelphia Architects and Buildings. https://www.philadelphiabuildings.org/pab/app/im_display.cfm/508084

Figura 46. Kastner y Kahn. Jersey Homesteads en la actualidad.
https://en.wikipedia.org/wiki/Roosevelt,_New_Jersey#/media/File:Jersey_Homesteads_Historic_District.JPG

Figura 47. Musche y Meyer junto a Gropius. Haus am Horn. 1923.
https://es.m.wikipedia.org/wiki/Archivo:Weimar,_Haus_am_Horn,_2019-09_CN-01.jpg

Figura 48. George Howe. Square Shadows. 1934.
<https://www.claasshaus.com/blog/george-howes-square-shadows>

Figura 49. Louis Kahn. Fachada de acceso de la Casa Oser. 1942.
<https://es.wikiarquitectura.com/edificio/casa-oser/>

Figura 50. Louis Kahn. Planos de la Casa Oser. 1942.
Philadelphia Architects and Buildings. https://www.philadelphiabuildings.org/pab/app/image_gallery.cfm/12370

Figura 51. Louis Kahn. Fachada trasera de la Casa Oser. 1940.
<http://architecture-history.org/architects/architects/KAHN%202/PIC/OS01.jpeg>

Figura 52. Louis Kahn. Interior de la Casa Oser en su estado original. 1942.
<https://es.wikiarquitectura.com/edificio/casa-oser/>

Figura 53. Louis Kahn. Interior de la Casa Oser en la actualidad.
<https://es.wikiarquitectura.com/edificio/casa-oser/>

Figura 54. Louis Kahn. Dibujo del interior de la Casa Oser. 1942.
Philadelphia Architects and Buildings. https://www.philadelphiabuildings.org/pab/app/image_gallery.cfm/12370

Figura 55. Louis Kahn. Mirador interior de la Casa Oser en la actualidad.
<https://es.wikiarquitectura.com/edificio/casa-oser/>

Figura 56. Louis Kahn. Mosaico de azulejo Mercer.
<https://es.wikiarquitectura.com/edificio/casa-oser/>

Figura 57. Louis Kahn. Fachada de acceso al garaje.
<https://es.wikiarquitectura.com/edificio/casa-oser/>

Figura 58. Louis Kahn. Fachada de acceso de la Casa Oser en la actualidad.
<https://www.google.com/maps: Filadelfia, 628 Stetson Road en Elkins Park, Pennsylvania, Estados Unidos.>

Figura 59. Louis Kahn. Fachada de acceso al garaje en la actualidad.
<https://www.google.com/maps: Filadelfia, 628 Stetson Road en Elkins Park, Pennsylvania, Estados Unidos.>

Figura 60. Louis Kahn. Fachada de acceso de la Casa Genel en la actualidad.
<https://www.arkitok.com/architects/louis-i-kahn/projects/genel-house>

Figura 61. Louis Kahn. Fachada trasera de la Casa Genel en la actualidad
<https://www.arkitok.com/architects/louis-i-kahn/projects/genel-house>

Figura 62. Louis Kahn. Planta de la Casa Genel. 1948.
Philadelphia Architects and Buildings. https://www.philadelphiabuildings.org/pab/app/image_gallery.cfm/12348?ShowAll=10

Figura 63. Louis Kahn. Alzados de la Casa Genel. 1948.
Philadelphia Architects and Buildings. https://www.philadelphiabuildings.org/pab/app/image_gallery.cfm/12348?ShowAll=10

Figura 64. Louis Kahn. Casa Genel en la actualidad.
<https://www.arkitok.com/architects/louis-i-kahn/projects/genel-house>

Figura 65. Louis Kahn. Interior de la Casa Genel en la actualidad.
<https://www.houzz.es/fotos/genel-house-louis-kahn-phvw-vp~6205934>

Figura 66. Louis Kahn. Sala de estar de la Casa Genel en la actualidad.
<http://architecture-history.org/architects/architects/KAHN%202/PIC/GE300.jpeg>

Figuras 67 a 91. Elaboración propia.

Figura 92. Eames. Sillón Eames Loungue.
<https://www.dqarquitectura.com/informacion/arquitectura/los-eames-ray-y-charles-obra-y-biografia/>

Figura 93. Reich y Mies. Silla Barcelona.
https://www.muebledesign.es/6553-large_default/silla-barcelona-chair-hq.jpg

A partir de la figura 94 en adelante son todas de elaboración propia.