

05

Casos de integración arquitectónica de sistemas fotovoltaicos.

Un abordaje matricial desde las formas, los usos y los significados



La posibilidad de que los edificios generen una parte de la energía que consumen significa un cambio paradigmático. Una de las características de la energía solar fotovoltaica (FV) es su capacidad de integrarse en la envolvente edilicia protegiendo del exceso de ganancia solar y generando energía simultáneamente, restituyendo la conexión entre lo construido y los flujos de la naturaleza, aunque sea parcialmente. El presente artículo aborda casos de obras de distintas escalas con integración solar arquitectónica, a partir de matrices analítico–valorativas en las que se interrelacionan las categorías formas, usos y significados con las variables practicabilidad, espacialidad, materialidad y habitabilidad.

Cases of architectonic integration of photovoltaic systems. A matrix approach from the forms, uses and meanings

The possibility for buildings to create a part of the energy they consume, means a paradigm shift. One of the characteristics of solar photovoltaics is its ability to integrate into the building envelope protecting from excess solar gain and generating energy at the same time, restoring the connection between the built and the flows of nature, even partially. This article deals with cases of works of different scales with solar architectural integration, from valuation analytical matrices in which interrelates categories forms, uses and meanings with the variable practicability, spatiality, materiality and habitability.



Autora

Mg. Arq. Claudia Alejandra Pilar

Facultad de Arquitectura y Urbanismo.

Universidad Nacional del Nordeste.

Argentina.

Palabras claves

Análisis

Ecoefectividad

Solar

Valoración

Key words

Analysis

Eco-effectiveness

Solar

Assessment

Artículo recibido | *Artigo recebido:*

31 / 03 / 2017

Artículo aceptado | *Artigo aceito:*

10 / 07 / 2017

Email: claudiapilar2014@gmail.com

INTRODUCCIÓN

El presente artículo de reflexión se inscribe en el eje temático «Tecnología y sustentabilidad» y surge como resultado del trabajo final para la acreditación del Seminario de Posgrado «Formas, Usos y Significados» realizado en 2016, dictado por el Arq. Julio Arroyo, con la participación del Dr. Arq. Fernando Diez, en el marco del cursado de la carrera de Doctorado en Arquitectura de la Universidad Nacional del Litoral.

Dentro de los objetivos del Seminario el trabajo retoma la intención de «aplicar matrices analítico-valorativas a casos de arquitectura reciente indagando las relaciones significativas que se producen en la obra entendida como campo de tensiones epistemológicas, metodológicas y deontológicas».

Los casos seleccionados se enfocan en la integración arquitectónica de sistemas fotovoltaicos (tema central del proyecto de tesis en elaboración) como un aspecto substancial del cambio en la concepción de la envolvente arquitectónica, desde el paradigma de la ecoefectividad, restableciendo la conexión fundamental entre las construcciones y la fuente de todo buen crecimiento en el planeta: el sol (Braungart & McDonough, 2005:125).

El trabajo parte de una breve conceptualización y estado de situación de las energías renovables en el mundo, con especial énfasis en los sistemas fotovoltaicos. Se analiza luego la integración arquitectónica de los sistemas fotovoltaicos como posibilidad cierta de generación distribuida de energía, que desafía la práctica de la arquitectura en sus dimensiones técnicas, teóricas, sociales y culturales (Arroyo, 2016).

El abordaje de los casos se realiza desde un enfoque matricial que analiza como principales categorías a las formas, los usos y los significados, en su entrecruzamiento con las variables practicabilidad, espacialidad, materialidad y habitabilidad.

Finalmente, se establece una comparación de los casos a la luz de la metodología aplicada y se concluye en la posibilidad cierta de una adecuada integración arquitectónica de los sistemas fotovoltaicos en la medida en que se propicie un equilibrio de las categorías y variables analizadas sobre la base de un genuino compromiso con el diseño y construcción de una arquitectura más conectada con los flujos naturales de la energía.

METODOLOGÍA

La metodología aplicada ha sido la selección de obras en las que se proponga la integración arquitectónica de sistemas fotovoltaicos, barriendo un espectro de diferentes escalas de intervención, desde el espacio público, pasando por un edificio de gran escala, y culminando con una vivienda unifamiliar.

La metodología de abordaje presenta las siguientes fases:

- Breve conceptualización del abordaje desde las categorías forma–uso–significado y las variables practicabilidad–espacialidad–materialidad–habitabilidad.
- Selección de tres (3) casos de estudio de diversas tipologías arquitectónicas en los que se encuentre presente la integración de sistemas fotovoltaicos (espacio público, edificio singular y vivienda unifamiliar).
- Descripción de los casos y análisis utilizando matrices analítico-valorativas.
- Comparación de los casos y discusión de resultados.
- Conclusiones.

DESARROLLO

Las energías renovables

Las energías renovables actualmente ocupan un lugar importante en la matriz energética mundial puesto que aportan aproximadamente un cuarto de la misma (REN 21, 2016:17).

El crecimiento ha sido sostenido en los últimos años e impulsado por la implementación de políticas de incentivos y de promoción para la generación de energía limpia.

Más de 100 países aplican políticas de apoyo a las energías renovables teniendo como principal fundamento las ventajas ambientales, pero también para fortalecer el empleo, el desarrollo económico y tecnológico (REN 21, 2016:20).

En el concierto internacional, las distintas organizaciones formales e informales de países muestran un compromiso con el desarrollo sustentable e incluyen en sus agendas objetivos referidos a las energías sostenibles.

Los sectores empresarios y de inversionistas también declaran su interés en el sector y exhortan a los gobiernos a implementar políticas que apoyen a las energías renovables.

1. Seminario de Posgrado «Arquitectura y Ciudad como Producción Cultural», dictado por Roberto Fernández, Santa Fe, Argentina, FADU–UNL, 1999. La idea de «manipulaciones tipologistas» se extrae del documento del director del Seminario.
2. La selección de autores se efectuó remitiendo a historiadores, teóricos o críticos que aluden a la factibilidad de verificar encuadres o rasgos tipologistas en la obra corbusierana. Se ordenaron según el orden cronológico de los textos.

En los últimos años, incluso los sectores religiosos expresan su preocupación por el cambio climático y el interés por lograr políticas de desarrollo más sustentables con énfasis en la energía (se destaca la encíclica del Papa *Laudato Si*, así como las religiones islámica, hindú y budista).

La energía solar fotovoltaica

El sector fotovoltaico posee un ritmo de crecimiento mayor que el resto de las energías renovables. La tasa de crecimiento de la energía solar fotovoltaica para el período interanual 2014–2015 fue del 25%, ubicándose muy por encima de los demás tipos. En términos prácticos, esto equivale a un número estimado de 185 millones de paneles solares.

En una década, la capacidad mundial FV se incrementó diez (10) veces (REN 21, 2016:23) favorecida por las mejoras tecnológicas que ocasionaron una importante disminución en los costos de los módulos FV así como del resto del sistema (IRENA, 2016). Además de su reconocida faceta ambiental, la utilización de tecnología FV para la generación de energía eléctrica se ha vuelto competitiva desde el punto de vista económico y técnico para países desarrollados y paulatinamente para países en vías de desarrollo, siendo estos últimos los casos de mayor interés desde el punto de vista del mercado.

La integración arquitectónica de los sistemas fotovoltaicos

Desde un punto de vista arquitectónico, la energía solar reviste especial interés por sus posibilidades de integración a la envolvente, sobre la hipótesis de que los edificios, además de consumir energía, pueden generarla.

La integración arquitectónica de instalaciones fotovoltaicas se contrapone a la generación concentrada de energía (que requiere de grandes superficies de terreno, habitualmente lejos de los puntos de consumo) y permite usar la envolvente arquitectónica como sustento para la captación y generación de energía. Esto puede darse en cualquier parte de la piel del edificio (techo, fachada, marquesina, parasoles, superficies acristaladas, espacios semicubiertos, etc.) con el propósito de lograr una generación distribuida (GD), disminuyendo las pérdidas por distribución.

La experiencia internacional nos presenta un abanico de ejemplos y experiencias que permiten desmitificar la idea de que la instalación fotovoltaica genera un impacto visual negativo. Por el contrario, puede ser un recurso estético que mejore la morfología de los edificios y por lo tanto convoca la necesidad de un abordaje interdisciplinario.

«La integración fotovoltaica en edificios (BIPV–Building Integrated Photovoltaics) supone la sustitución de materiales convencionales de construcción por nuevos elementos arquitectónicos fotovoltaicos que son generadores de energía». (FENERCOM, 2009:11)

Los beneficios desde un punto de vista tecnológico constructivo de los sistemas fotovoltaicos integrados en edificios, siguiendo a Chivelet y Fernández Solla (2007), son:

- No producen ruido.
- No incluyen partes móviles (aunque existen sistemas de seguimiento solar, que podrían contradecir este postulado).
- Son modulares y fácilmente manejables como elementos de construcción.

Ahora, si lo consideramos desde un punto de vista global, son un aporte de energía limpia sin emisión de dióxido de carbono (CO₂), un medio de concientización de la familia, la comunidad y la ciudad, y un aporte desde «abajo hacia arriba» en el camino que acerque la arquitectura y el urbanismo a la sustentabilidad ambiental.

Por otra parte, el gran avance que ha tenido la industria fotovoltaica en el desarrollo de materiales cada vez más atractivos para aplicar en el diseño arquitectónico de los edificios favorece la investigación, el desarrollo, la industria, la generación de empleo, entre otros aspectos positivos. El segmento BIPV representa el 60% del mercado fotovoltaico mundial (FENERCOM:17) y de allí deviene el alto interés que manifiesta la industria en el desarrollo de nuevos materiales y sistemas (módulos transparentes, curvos, de colores, etcétera).

El diseño integral supone un análisis del emplazamiento, diseño de la instalación, ejecución de la instalación y mantenimiento (FENERCOM:18) y el adecuado estudio de las sombras (uno de los factores que más pérdidas potenciales de radiación implica).

Formas, usos y significados

La arquitectura resulta un cruce de tensiones e interrelaciones múltiples dado que se trata de una práctica de carácter técnica, teórica, social y cultural (Arroyo, 2016).

Su índole multidimensional la define como un objeto complejo caracterizado por las categorías de las formas, los usos y los significados.

Las *formas* son de índole fácticas y plasman mediante una práctica técnica los fundamentos de una práctica teórica. Dan como resultado una obra, un objeto arquitectónico material, artificial, físico, tangible.

Los *usos* se refieren a lo social interpretativo de la arquitectura, a la interface entre el objeto arquitectónico y el sujeto (el que la diseña, el que la usa, el que la interpreta). Desde allí es contenedora de las prácticas sociales y culturales ya que favorece su percepción y activando la sensibilidad.

Los *significados* son el alma de la arquitectura. Son aquellos aspectos intangibles, escurridizos, relativos, que le otorgan carácter y le dan sentido. Canalizan la intensión de diseño surgida de un pensamiento o reflexión. Se trata de una práctica de carácter teórica con connotaciones culturales y políticas.

Además de las categorías formas, usos y significados, en el análisis de los casos se tendrán en cuenta las variables de practicabilidad, espacialidad, materialidad y habitabilidad.

La *practicabilidad* se refiere a las dimensiones, a los esquemas formales y de distribución que referencian los espacios para su buen uso y disfrute. Incluye a los esquemas distributivos, las proporciones, las actividades, circuitos, ciclos, ritmos, secuencias y frecuencias. La practicabilidad guarda una estrecha relación con el uso, con el carácter «amigable» del objeto arquitectónico y el significado que subjetivamente se le otorga.

La *espacialidad* se refiere a la experiencia topológica, fenomenológica, euclidiana, existencial y semántica de los espacios. Alude a aspectos como la escala y la proxemia, la gradiente interior exterior, la articulación y los nexos entre espacios. La relación entre espacialidad y uso se plasma en el nivel de satisfacción o fricción que genera el objeto arquitectónico en relación al desarrollo de las actividades. Desde el punto de vista del significado, representa la concreción de una relación armónica entre jerarquías e intenciones de diseño en el espacio.

La *materialidad* apunta a la factibilidad técnica y constructiva y su consistencia con el lenguaje y la expresión. Resulta un campo de tensiones entre estructuras, cerramientos e instalaciones con las intenciones de diseño. Su relación con los usos se da a partir de la correlación entre actividades y prácticas sociales, con respecto a la materialidad del objeto arquitectónico. A su vez, la materialidad concuerda con el significado de la obra, la fuerza, la personaliza.

La *habitabilidad* connota condiciones de vida segura, al reparo de las circunstancias exteriores con niveles específicos de privacidad, comodidad, accesibilidad que logren un bienestar corporal, físico y psicológico. Desde los usos su correlación plasma las condiciones que permiten el desarrollo de la práctica social, mientras que desde los significados su relación da sentido y convalida las hipótesis teóricas de partida del diseño con la finalidad última que es la mejora en la calidad de vida.

Matrices analítico–valorativas

Para analizar casos de arquitectura resulta necesaria una postura de observador desapasionado para deshilvanar una trama de tensiones epistemológicas, metodológicas y deontológicas (Arroyo, 2016), favoreciendo un carácter diagramático de interpretación superadora, sin caer en un excesivo esquematismo.

Para ello las matrices resultan una herramienta válida que brindan una guía a modo de interface operativa de carácter refigurativo (en contraposición a las fases prefigurativas y configurativas del proyecto) como *feedback* para el propio diseñador y como herramienta de análisis y valoración de un observador externo, revelando qué rasgos han tenido éxito y en qué condiciones (Puebla Pons & Martínez López, 2010:105).

En esta propuesta diagramática las *categorías* formas–usos–significados serán entrecruzadas con las *variables* practicabilidad–espacialidad–materialidad habitabilidad con el objeto de realizar un análisis sistemático y que facilite la comparación de casos.



FIGURA 1 | A la izquierda, emplazamiento de la Solar Plant en la ciudad de Barcelona. A la derecha, implantación de la pérgola en el sector costero y como parte de una intervención urbana mayor. Fuente: imágenes de Google Earth intervenidas gráficamente por la autora.



FIGURA 2 | A la izquierda, vista posterior de la Solar Plant desde el Mediterráneo. A la derecha, vista frontal desde la ciudad de Barcelona. Fuente: http://arquitectes.coac.net/jamlet/projects/01_publicspace/PS17/index.html

ANÁLISIS DE CASOS

Espacio público: Solar Plant Forum Barcelona

Su construcción se realizó en el año 2004 en el marco del Foro Universal de Cultura, como parte de una intervención mayor, y recuperó un sector antiguamente destinado a planta de tratamiento de alcantarillado del sector costero de Barcelona, España (ver Figuras 1 y 2). La iniciativa fue promovida por el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDEA), el Ministerio de Industria, Comercio y Turismo y llevada adelante por el equipo de arquitectos José Antonio Martínez Lapeña y Elías Torres.

Como puede observarse en la Figura 3, se trata de un hito, una escultura, un monumento cuya connotación se enfoca en su efecto demostrativo. Podría considerarse un «llamador» urbano de alto simbolismo comunicacional (Diez, 2008:77) visible desde la ciudad y desde el Mediterráneo. Sus dimensiones son similares a una cancha de fútbol con una inclinación de 35°. En su punto más alto llega a los 50 metros mientras que en otros puntos la cubierta prácticamente rozaba la superficie transitable.

Un total de 2686 paneles fotovoltaicos cubren la gran superficie que generan una potencia equivalente a la que necesitan 1000 hogares y a un ahorro en emisiones de dióxido de carbono de 440 toneladas al año. La tecnología utilizada es la conexión a red.

Análisis del caso

En la pérgola (como se la conoce coloquialmente) se observa un marcado interés por otorgar sentido arquitectónico a una intervención de carácter utilitario, enfocada en la resolución tecnológica y con un interés por la eficiencia técnica.

La *forma* se guía literalmente por la materialidad (inclinación óptima para lograr la mayor eficiencia energética) sin tener en cuenta la espacialidad que se ve desdibujada en puntos muy lejanos entre la cubierta y el usuario. La practicabilidad ni la habitabilidad se ven especialmente logradas con relación a la forma.

El uso se encuentra francamente vinculado también a la materialidad y encuentra situaciones entre contradictorias y poco satisfactorias desde el punto de vista de la practicabilidad, la espacialidad o la habitabilidad.

La pérgola presenta dificultades desde lo programático dado que quiere dar respuesta a una necesidad no muy clara e intenta dar utilidad arquitectónica a una planta de generación de energía.

Es en el *significado* donde se encuentra puesto el énfasis del proyecto. La pérgola pretende significar algo, un cambio de paradigma, y se erige como proyecto demostrativo. Intenta representar un hito, un impacto en el ciudadano, en el vecino, en el usuario. En el entrecruzamiento del *significado* con las variables de practicabilidad, espacialidad, materialidad y habitabilidad, encontramos una relación de fluidez, de intención, de mensaje.

En síntesis, el resultado es una matriz en la que materialidad y significado son preponderantes por los demás aspectos.

Si bien existe un esfuerzo por darle una utilidad, la dificultad programática se evidencia en un uso poco definido y un espacio que se torna por momentos desolador. La vocación del significado y la materialidad se desbalancea con relación a las demás variables de análisis.

Edificio Singular: Parque Tecnológico, Palmas Altas

Es el resultado de un concurso internacional de ideas, para dotar de un espacio innovador y vanguardista a Abengoa, empresa dedicada al sector energía desde la sostenibilidad. La propuesta arquitectónica del Parque Tecnológico Palmas Altas está diseñada «para ser un nuevo "referente" en arquitectura sostenible. Un proyecto que va más allá de las características típicas de un parque empresarial y busca convertirse en una auténtica comunidad compacta agrupada en torno a una plaza» (Pastorelli, 2010).

Su construcción se llevó a cabo en el año 2009, diseño de los Arqs. Richard Rogers, Luis Vidal & Asociados. La superficie del emprendimiento es de 42100m² y posee un total de 1300 plazas de estacionamiento.

Se sitúa en un enclave (Diez, 2008:104) de vías de circunvalación de la ciudad de Sevilla, España como puede apreciarse en la Figura 4.

Se trata de un proyecto sumamente extenso constituido por siete (7) edificios de los cuales cinco (5) son para ser ocupados por oficinas de Abengoa y dos (2) por empresas subsidiarias, que generan una sinergia en el parque tecnológico. Los edificios son de 3 o 4 pisos. A la izquierda de la Figura 5 pueden observarse las ideas iniciales del concurso y a la derecha una imagen del edificio construido donde se ve la relación entre espacios interiores, exteriores y semicubiertos materializados en algunos casos con paneles fotovoltaicos.

Resulta sobresaliente la gradación de espacios interiores exteriores mediados por jardines que rememoran la arquitectura vernácula andaluza y dan una respuesta ambientalmente consciente a las condicionantes climáticas y culturales. Por ejemplo, los colores seleccionados se inspiran en los azulejos tradicionales de la región.

Los paneles fotovoltaicos son una de las medidas activas propuestas en el diseño junto a la planta de trigeración y un disco parabólico que transforma también la luz del sol en electricidad.

Entre las medidas pasivas se destaca el uso adecuado de la luz natural, el estudio de la envolvente con doble piel de vidrio, el tamizado de la radiación solar mediante un parasolado vertical y la distribución de los bloques edilicios con mínimas exposiciones de las fachadas este y oeste y la protección de las fachadas



FIGURA 3 | Distintas imágenes de la pérgola que muestran la escala de la intervención y algunas aproximaciones a la materialización y la espacialidad de la propuesta. *Fuente:* http://arquitectes.coac.net/jamlet/projects/01_publicspace/PS17/index.html

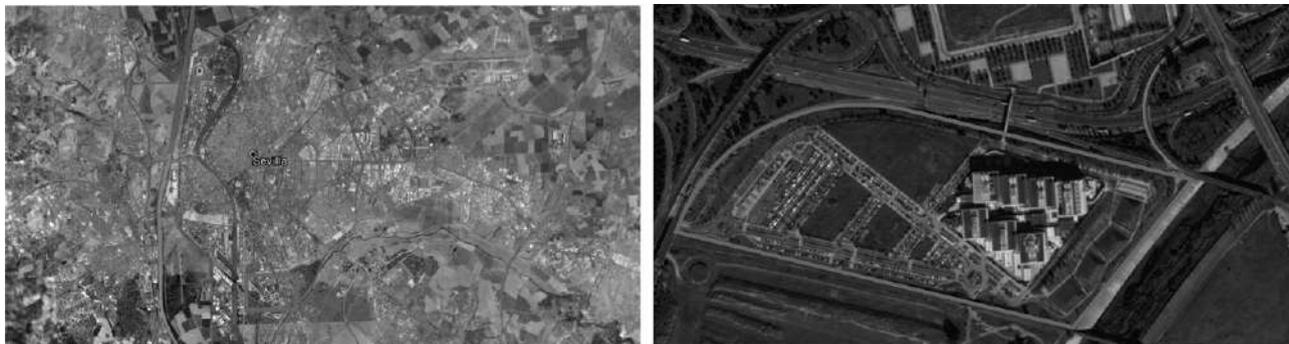


FIGURA 4 | A la izquierda, emplazamiento del Parque Tecnológico en la ciudad de Sevilla. A la derecha, implantación del edificio en el sector. *Fuente:* imágenes de Google Earth intervenidas gráficamente por la autora



FIGURA 5 | Croquis iniciales de los autores en el proceso del concurso de ideas. A la derecha, imagen del edificio construido. *Fuente:* <https://www.rsh-p.com/projects/campus-palmas-altas/>

orientadas al sur (crítica para el hemisferio norte). Los volúmenes han sido estudiados de manera de que arrojen beneficiosas sombras entre ellos, minimizando las superficies de exposición directa.

Asimismo, se desarrolla un sistema de techos verdes con riego a partir de reutilización de agua de lluvia. También los techos de células fotovoltaicas resultan una estrategia pasiva dado que se usan como protección de los atrios o de otros edificios para regular la ganancia solar excesiva.

En todo el proyecto se han aplicado varios criterios de ahorro energético, desde la configuración del partido, la implantación y la orientación, pasando por la geometría de los edificios, el diseño de la envolvente, hasta la selección de materiales. El diseño individual de cada edificio y la disposición lineal de todos ellos optimizan la protección solar del complejo, con lo que se reduce la cantidad de elementos secundarios para este fin. El proyecto resulta así un modelo de edificios de oficina sostenible.

Una de las principales intenciones de diseño es la conformación de un espacio social central plasmado en una plaza (ver Figura 6). El área de oficinas se complementa con otras funciones como ser guardería, restaurante, centro médico, gimnasio, zonas deportivas y un sector comercial.

Las estrategias de sustentabilidad implementadas permitieron que la obra certifique LEED (Leadership in Energy & Environmental Design) nivel Platino en el año 2015, así como la obtención de otras distinciones y premios.

Análisis

En el Parque Tecnológico de la empresa Abengoa se observa una excelente propuesta arquitectónica en la que, quizás facilitada por la temática de la tecnología y la energía, se logra un muy adecuado equilibrio entre categorías y variables de análisis arquitectónicas en relación a una lograda integración solar fotovoltaica.

Tanto las formas como los usos y los significados se encuentran en armonía con las variables de practicabilidad, espacialidad, materialidad y habitabilidad.

El uso del recurso fotovoltaico, si bien prioriza la materialidad (por su índole preponderantemente técnica), aparece resuelta con maestría desde la espacialidad colaborando con la concreción de diversas escalas y gradaciones interior–exterior.

La practicabilidad está muy bien resuelta y los paneles colaboran con la habitabilidad de la propuesta, generan lugares a resguardo de la intemperie pero de carácter integrado entre el interior y el exterior.

Con gran solvencia, los autores resuelven un programa arquitectónico sumamente complejo, implementando los sistemas fotovoltaicos no como un alarde tecnológico sino como una integración arquitectónica franca en la que, además de generar energía (medida bioclimática activa), se colabora con la adecuación al clima al regular la ganancia solar (medida bioclimática pasiva).

El significado de una arquitectura sustentable para mejorar la calidad de vida de los trabajadores en un entorno tecnológico responsable tiñe de significado todo el proyecto (Figura 7) y produce volúmenes, superficies, espacios, recorridos variables y bien logrados.

Vivienda unifamiliar: Solar Umbrella House

Se trata de la vivienda particular de los autores de la obra, Arqs. Lawrence Scarpa y Angela Brooks, quienes remodelaron y ampliaron un *bungalow* construido en el año 1923 que originalmente tenía una superficie de 60m² y que ya había sido remodelado en 1997, dando por resultado una superficie total aproximada de 170m². Se ubica en Venice, California, Estados Unidos, y la última intervención se realizó en 2006.

Se inspira en la «casa paraguas» de Paul Rudolph, de 1953, y lleva la protección solar a un nuevo nivel conceptual en la que el amparo solar de diseño pasivo es al mismo tiempo una generación activa de energía. Eso da como resultado una vivienda energéticamente neutral.

Los arquitectos eligieron paneles solares policristalinos, de color azul vivo, tratados como objetos de arte, con una continuidad entre el techo y una fachada. En el sector derecho de la Figura 8 puede observarse la fluida integración arquitectónica de los sistemas fotovoltaicos.

Por su particular implantación (la vivienda tiene salida a dos calles) en el proceso de remodelación decidieron «voltear» la casa, haciendo que el patio trasero sea el acceso principal. En este patio, que oficia de atrio, se complementa el sector de pasto con piedras y una piscina (con finalidades de refrigeración evaporativa del aire) que se derrama en un canal de 9 metros (ver Figura 8, derecha).



FIGURA 6 | A la izquierda, imagen del patio central que articula los distintos pabellones. A la derecha, detalle de sector de circulación.
Fuente: <https://www.rsh-p.com/projects/campus-palmas-altas/>



FIGURA 7 | A la izquierda, detalle de la cubierta fotovoltaica sobre un espacio semicubierto. A la derecha, se observan el tratamiento diferencial de las envolventes de acuerdo a la orientación. *Fuente:* <https://www.rsh-p.com/projects/campus-palmas-altas/>



FIGURA 8 | A la izquierda, el patio de recepción con una piscina que se derrama en todo el costado de la vivienda, como puede observarse en la imagen de la derecha. Fuente: <http://brooksscarpa.com/solar-umbrella-house>



FIGURA 9 | El gran paraguas solar colabora con la concreción de una gran fluidez entre espacio interior y exterior. Fuente: <http://brooksscarpa.com/solar-umbrella-house>

El parasol caracteriza el diseño, le otorga significado y materializa la intención principal referida a la sostenibilidad ambiental general de la propuesta. Los límites entre espacios interiores y exteriores se desdibujan para permitir el disfrute del espacio exterior prácticamente todo el año, como se ve en la Figura 9.

El sistema de paneles solares se encuentra conectado a la red y la inversión inicial se amortizó relativamente rápido, lo cual convirtió a los arquitectos–usuarios en prosumidores (Tofler, 1980).

Además de la energía solar fotovoltaica, la casa incluye calefacción hidrónica, sistemas de retención de agua, reutilización de materiales, entre otros aspectos tendientes a la sustentabilidad ambiental.

El diseño considera a la sustentabilidad como una dimensión ineludible y transversal de diseño, lo que da como resultado una armónica respuesta entre lo construido y la naturaleza. Un proyecto integral, holístico, demostrativo y ecológicamente militante.

Análisis

La vivienda Umbrella Solar House resuelve de forma inspirada la interrelación entre formas–usos–significados en función de las variables practicabilidad–espacialidad–materialidad–habitabilidad. Además se realiza en un proceso de ampliación de una vivienda existente lo que resulta un desafío aún mayor, con más condicionamientos en el proceso de diseño y que refleja nuevamente una postura amigable con el ambiente.

El resultado es ampliamente satisfactorio. El proyecto asume que la arquitectura no es la suma de partes o aspectos sino un todo integrado que además puede vibrar armónicamente con el ambiente (natural y construido).

COMPARACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los tres casos analizados presentan particularidades devenidas de tipologías, escalas y determinantes programáticas distintas en cuanto al cruce de las categorías formas, usos y significados y las variables practicabilidad, espacialidad, materialidad y habitabilidad.

En la Solar Plant se observa una primacía de la materialidad por sobre las demás variables. La forma encuentra situaciones poco satisfactorias en su interrelación con la practicabilidad, la espacialidad y la habitabilidad. Situaciones de fricción se advierten en la categoría uso con relación a esas mismas tres variables. En la categoría significado y la variable materialidad es donde se encuentra el énfasis, la búsqueda, el aporte de este proyecto cuya finalidad es forzar una función utilitaria a una planta de generación de energía.

Tanto el Parque Tecnológico Palmas Altas como la Solar Umbrella House son casos en los que se ve una armónica resolución arquitectónica con equilibrio entre categorías y variables de análisis. A pesar de ser diametralmente distintos en escala, tipología arquitectónica e incluso nivel de intervención (dado que el Parque Tecnológico es una obra nueva y la vivienda es una ampliación), se verifica el mismo principio: la búsqueda de un equilibrio general de la propuesta con criterios de sustentabilidad ambiental que surge desde la concepción y atraviesa todo el proceso de diseño y materialización.

Desde la perspectiva de de la integración arquitectónica de los sistemas fotovoltaicos, tanto en el Parque Tecnológico como en la Solar Umbrella House la resolución de diseño fluye armónicamente con la dimensión técnica, en una intervención responsable desde el punto de vista ambiental sin alardes ni excesos tecnológicos innecesarios. La integración arquitectónica se da como medida pasiva desde el punto de vista bioclimático (regulación de la ganancia solar) y también activa (generación de energía). El sol en exceso deja de ser un problema de diseño y pasa a formar parte de la solución. La sustentabilidad no es un aspecto aislado del diseño sino que fluye y se funde con las demás dimensiones y cuestiones a resolver.

CONCLUSIONES

Las formas, los usos y los significados no son partes de un rompecabezas que hay que armar para lograr una arquitectura consistente. Son dimensiones interrelacionadas que se funden holísticamente en proyectos sensatos y que a la vez fluyen resolviendo de forma conjunta diversas dimensiones del proyecto. Las variables practicabilidad, espacialidad, materialidad y habitabilidad atraviesan esta nube de condicionantes sublimándolas.

Un análisis matricial de la arquitectura, en la medida en que sea un dispositivo diagramático, resulta útil y permite una visión integral que facilita su abordaje.

En el análisis y valoración de los casos abordados se han visto distintas situaciones en cuanto al nivel de interrelación entre las categorías formas, usos y significados y las variables practicabilidad, espacialidad, materialidad y habitabilidad en diversos programas arquitectónicos, distintas escalas y ubicaciones. La persistencia en todos ellos de los sistemas fotovoltaicos permite afirmar que la adecuada integración surge de una intención arquitectónica de profundo compromiso ambiental pero con vistas al logro de una construcción sustentable en todos los aspectos.

El ambiente es una oportunidad y no una restricción de diseño que admite el goce arquitectónico de las generaciones actuales sin reducir las posibilidades de las generaciones futuras.

La energía a través de los sistemas fotovoltaicos puede dejar de verse desde una perspectiva restrictiva y meramente eficiente y pasar a ser un aporte a la conformación de espacios y atmósferas singulares, que estimule una relación más hedonista entre el entorno natural y construido, una oportunidad para lograr una arquitectura en la que se agencie una sinergia entre el paradigma ambiental y las formas, los usos y los significados de la arquitectura.

La tecnología pone a nuestro alcance la posibilidad de concretar un cambio paradigmático tendiente a la ecoefectividad a través de la integración de las construcciones a los flujos naturales de la energía y el restablecimiento paulatino de la tensa relación hasta ahora entablada entre naturaleza y sociedad. ■



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARROYO, J. (2011).** Espacio público. Territorios, acciones y conflictos. En Assen De Oliveira, L.; Do Amaral e Silva, G.P. e Rossetto, A.M. (orgs.), *A arquitetura da cidade contemporânea: centralidade, estrutura e políticas públicas*. Itajaí: Editora da UNIVALI.
- (2016): *Arquitectura. Formas, Usos y Significados. Seminario de posgrado. Material de clase*. Santa Fe. FADU. UNL.
- BRAUNGART, M. & MCDONOUGH, W. (2005):** *Cradle to cradle. Rediseñando la forma en que hacemos las cosas*. Madrid: McGraw Hill.
- BROOKS+SCARPA.** Architecture Landscape Urban Design. Página oficial. Recuperado de: www.brooksscarpa.com
- COSTA DURÁN, S. (2007):** *Casas ecológicas*. Barcelona: Reditar Libros, SL.
- COSTA DURÁN, S.; BARAONA POHL, E. & BOLLINI, L. (2010):** *Viviendas ecológicas. Dreem Green*. Barcelona: Reditar Libros, SL.
- CHIVELET, N. & FERNÁNDEZ SOLLA, I. (2007):** *La envolvente fotovoltaica en la arquitectura*. Barcelona: Reverté.
- DIEZ, F. (2008):** «Crisis de autenticidad. Cambios en los modos de producción de la arquitectura argentina.» Buenos Aires: *Summa+*.
- Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid (FENERCOM) (2009):** *Guía de integración solar fotovoltaica*. Madrid Solar: Consejería de Economía y Hacienda. Recuperado de: www.fenercom.com
- International Renewable Energy Agency (IRENA) (2016):** *Estadísticas de energía renovable 2015*. Recuperado de: www.irena.org
- MARTÍNEZ LAPEÑA & TORRES Architects:** Página oficial. Recuperado de: www.jamlet.net
- PASTORELLI, G. (2010):** Centro Tecnológico Palmas Altas / Rogers Stirk Harbour & Partners – Vidal y Asociados arquitectos. *Plataforma Arquitectura*. Recuperado de: <http://www.plataformaarquitectura.cl>
- PUEBLA PONS, J. & MARTÍNEZ LÓPEZ, V.M. (2010):** «El diagrama como estrategia del proyecto arquitectónico contemporáneo.» *EGA: revista de expresión gráfica arquitectónica*, (16). Universitat Politècnica de València. Asociación Española de Departamentos Universitarios de Expresión Gráfica Arquitectónica.
- REN21 – Renewable Energy Policy Network for the 21st Century (2016):** «Informe del Estado Global 2015 Energías Renovables.» Recuperado de: www.ren21.net
- ROGERS, STIRK & HARBOUR + PARTNERS:** Página oficial. Recuperado de: www.rsh-p.com
- TOFLER, A. (1980):** *La tercera ola*. Colombia: Plaza y Janes Editores.