

Paper - Comunicación

Navegando la Tesis: Cómo las Preguntas de Investigación dirigen el desarrollo del proyecto sobre recursos interactivos para el diseño de organizaciones modulares variables

Nerón Coiro, Rocío Daniela

rocio.neroncoiro@fadu.uba.ar

Universidad de Buenos Aires Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo. Instituto de Espacialidad Humana. Cátedra Muñoz. Ciudad de Buenos Aires, Argentina.

Palabras clave

Modularidad variable, Recursos interactivos, Diseño paramétrico, Morfología, Postindustrial.

Resumen

Dentro del marco de mi tesis de posgrado, titulada "Recursos interactivos para el diseño de organizaciones modulares variables", se explora la relación entre la forma y el diseño paramétrico. Esta tesis está dirigida tanto a estudiantes como a profesionales sin experiencia previa en este campo, centrándose en el área de morfología para ampliar las posibilidades formales del proyecto. El propósito de este trabajo es proveer recursos paramétricos e interactivos con conocimientos morfológicos necesarios para explorar nuevas formas y enfoques en el diseño industrial.

Las preguntas de investigación son fundamentales como estructura base del trabajo, ya que logran articular distintos aspectos clave relacionados con el diseño de organizaciones modulares variables, la complejidad formal, el uso de herramientas digitales y la aplicación práctica en el ámbito profesional.

Estas preguntas brindan la dirección y el enfoque necesarios para investigar, analizar y desarrollar el contenido de la tesis, contribuyendo a delimitar su alcance y proporcionando un marco claro para la exploración.

La sucesión de preguntas, desde el inicio de la elección del tema hasta el presente, refleja el paso de lo general a lo particular en el desarrollo del proyecto, lo que ayuda a enfocar el tema, comprender sus alcances y limitaciones. Asimismo, contribuyen a identificar las diferentes perspectivas que se pueden abordar, al mismo tiempo que ayudan a descartar áreas que no son de interés.

Diseño modular en la era digital: primer destino

Esta investigación se inicia con mi interés personal en los avances en los medios digitales dentro del campo del diseño, centrándose específicamente en la pregunta: ¿Cómo han impactado las nuevas tecnologías en el diseño modular?

Hasta ahora, este tema ha sido tratado por Asterios Agkathidis, quien ha subrayado la relevancia del componente en la edificación y la arquitectura. Agkathidis destaca la función crucial del módulo debido a su repetición de elementos idénticos en un sistema, lo que simplifica la fabricación, el ensamblaje y el transporte de las piezas. Define al concepto de módulo, a partir de las nuevas tecnologías, como una unidad que pertenece a un sistema de más de un elemento con características semejantes. Este sistema contiene uno o varios conjuntos de parámetros y reglas variables. El foco ya no se centra en el módulo en sí, sino en las múltiples vinculaciones que tiene dentro del sistema y como se ve a gran escala como una organización de motivos.

Como explica Mario Carpo: “todas las bases de la reproducción idéntica y de la estandarización del producto que nacieron con el entorno mecanicista dejarán de existir con el auge del nuevo entorno digital” (Carpo, 2009, p. 62)

A partir de la pregunta inicial del proyecto, surgieron nuevas interrogantes que orientaron mi trabajo. Una de las que estuvo más presente en todas las etapas fue entender cuáles son las características específicas de las organizaciones modulares de tipo postindustrial para el diseño.

Para responder esta pregunta, fue necesario comprender el comportamiento del módulo como la unidad mínima dentro de una organización. Al entender las relaciones entre sí, fue posible identificar sus rasgos distintivos y apreciar los elementos que permitían distinguirlo como un mismo módulo, o si estábamos haciendo referencia a otro componente diferente.

En este momento, una de mis primeras conjeturas que me surgieron era la de identificar las distintas simetrías presentes en la organización modular. No obstante, enfrentar el desafío de desarrollar este tipo de organizaciones

modulares sin referentes o sin conocer qué herramientas emplear, representaba un gran obstáculo.

Desafíos y oportunidades de los medios digitales

Al identificar las características de las organizaciones modulares variables, es decir, aquellas en las que todos sus componentes comparten una matriz algorítmica y donde la organización no está determinada por sus partes individuales, sino por las reglas de cambio diferencial que la rigen, me encontré con una pregunta fundamental: ¿Con qué herramientas se pueden diseñar y proyectar organizaciones modulares de alta complejidad formal, como las del módulo postindustrial?

En este punto, los medios digitales, como los programas de diseño paramétrico, en particular los de programación visual, desempeñan un papel clave. Trabajar con la variabilidad de los módulos utilizando estos programas que permiten la simulación digital del comportamiento material, supone una ventaja significativa al reducir el tiempo y los recursos materiales. Además, posibilitan la exploración de formas que de otra manera hubiera sido difícil visualizar.

Por estos motivos, seleccioné el software Grasshopper ya que es ampliamente utilizado en la industria, permite explorar formas complejas y es compatible con softwares de fabricación digital, optimizando procesos. El desafío es que los usuarios de programas de diseño no están familiarizados, por lo que requiere un proceso de aprendizaje en su interfase y en su enfoque para generar nueva geometría, diferente a los programas de modelado 3D convencionales.

Travesías de lo natural a lo digital

Al buscar ejemplos y diversas aplicaciones de la variabilidad en el diseño modular, encontré varias recurrencias en la naturaleza, lo que me llevó a indagar: ¿Qué similitudes existen entre las características de la lógica natural de estructuración y las del módulo postindustrial? Considerando que en el mundo natural no se observa una repetición exacta de motivos en una organización modular, sino que son las proporciones de sus propios elementos las que se manifiestan en las reglas que rigen esas formas en el conjunto, el énfasis no se coloca en el elemento individual, sino en las oportunidades que este ofrece para la organización.

A partir de esta premisa conceptual, se iniciaron ciertos trabajos de investigación que relacionaban estrategias bioinspiradas con el diseño modular. Junto con D.I. María Varela, quien está trabajando en su proyecto de tesis sobre Superficies Espaciales Bioinspiradas, decidimos explorar diferentes formas de estructuración en la naturaleza y aplicarlas en proyectos de diseño.

Al observar en la naturaleza, es común identificar la repetición de elementos de un sistema en distintas escalas y orientaciones, manteniendo la misma estructura y siguiendo el principio de autosimilitud. Estos elementos no son idénticos, sino que pueden transformarse conservando ciertos rasgos y características en común dentro de un mismo conjunto. El estudiar los cambios

graduales en la naturaleza, para aplicar sus principios de transformación modular en estructuras reticulares con distintos niveles de simetría, nos posibilita una metodología que facilitará la integración intencional de módulos variables en el diseño.

Como estrategia exploratoria, después de definir las estrategias biológicas a emplear, iniciamos nuestro enfoque utilizando diversas formas de grillas regulares como método para organizar la partición de superficies. Utilizamos Grasshopper de Rhinoceros, el cual nos permitió integrar todas las variables y visualizar de manera dinámica la conformación de la retícula homeométrica resultante a partir de un motivo específico. Esta herramienta nos facilitó una búsqueda iterativa, propia de nuestra orientación de diseño, permitiéndonos verificar distintas configuraciones al ajustar parámetros predefinidos, como la cantidad de celdas (tanto en el eje x como en el eje y) o su rotación de forma paramétrica. Como resultado de esta instancia, obtenemos una configuración inspirada en la naturaleza que puede servir como estructura abstracta para crear patrones.

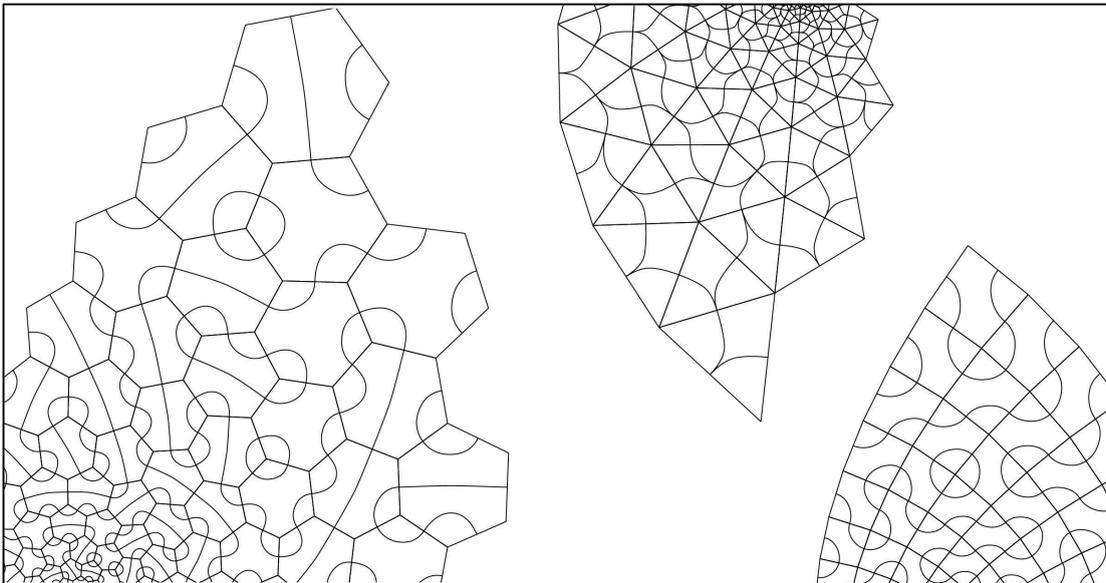


Figura 1: Estructuras reticulares bioinspiradas

Autor: Rocío Nerón Coiro

A partir de esto, hemos logrado identificar y establecer una metodología en la que, a partir de una trama ortogonal y aplicando una transformación inspirada en la biología, obtenemos una configuración que organiza los elementos. Este resultado da lugar a la generación de distintos patrones con características postindustriales que nos acercan al lenguaje natural. Esta dinámica nos permite un proceso de trabajo iterativo, y nos permite visualizar rápidamente las múltiples posibilidades generativas.

Siguiendo este proceso de comprender las relaciones entre los elementos y explorar configuraciones en tres dimensiones, buscamos organizaciones que muestren modularidad y cierto grado de transformación homeométrica para establecer el vínculo con el módulo postindustrial.

Inicialmente, partimos de una interpretación geométrica del módulo de un modelo natural. Utilizamos nuevamente Grasshopper y, en este caso en particular, el plug-in Wasp, desarrollado por Andrea Rossi, para explorar las posibilidades de organización modular. Diseñamos el módulo tridimensional con caras planas, ya que resultaba lo más accesible (Figura 2).

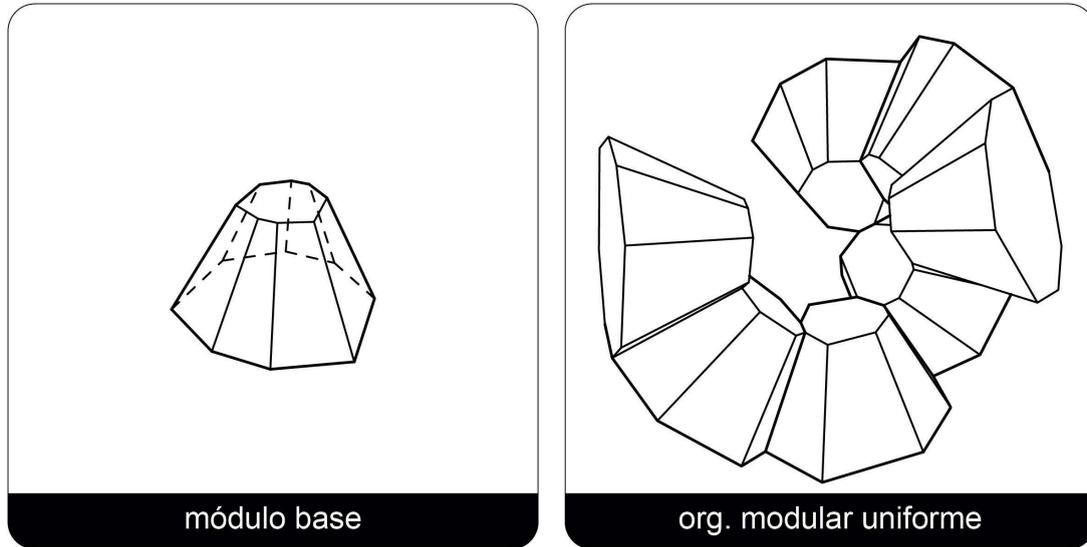


Figura 2: Organización modular uniforme a partir de un modelo natural.

Autor: Rocío Nerón Coiro

Con el objetivo de crear un sistema acorde al concepto de módulo postindustrial, implementamos dos transformaciones homeométricas. Posteriormente, determinamos el número de módulos deseados en el sistema y observamos las diferentes combinaciones posibles mediante una herramienta de generación de organizaciones aleatoria.

Finalmente, la observación de modelos naturales y el análisis de sus lógicas de estructuración han posibilitado aplicar esas características a la creación de diseños modulares variables. Aunque estas fueron solo aproximaciones iniciales, resulta interesante considerar estas metodologías para ciertas etapas del proceso de diseño.

Exploración y desarrollo de herramientas: encontrando nuevos rumbos

Tras explorar conceptos bioinspirados y el diseño paramétrico, surgió la interrogante sobre la mejor forma de desarrollar una herramienta o metodología para crear estructuras modulares variables. Durante esta exploración, identifiqué una clasificación (Figura 3) crucial entre las organizaciones modulares, lo cual fue fundamental para mi investigación. Utilicé esta clasificación para generar archivos paramétricos destinados al diseño de organizaciones modulares.



Figura 3: Clasificación de organizaciones modulares

Autor: Rocío Nerón Coiro

Esto lo pude comprobar con pasantes de investigación el proyecto de investigación UBACyT “Morfologías en transformación mediadas por tecnología digital”, dirigido por la Dra. D.I. Patricia Muñoz, que realizaron exploraciones morfológicas a partir de los archivos paramétricos e instructivos de uso que les compartí para generar organizaciones modulares. Durante este proceso, pudieron detectar tanto los alcances como las limitaciones de dichos archivos, lo que les permitió adquirir una comprensión más profunda de su funcionamiento y aplicabilidad en el contexto del proyecto.

Al considerar las organizaciones modulares variables, identifiqué que éstas pueden generarse mediante la interpolación de dos superficies o por el recubrimiento de superficies. Por un lado, las organizaciones modulares variables por interpolación de dos superficies producen la variación de los módulos entre los dos tipos de superficies ingresadas. Por otro lado, las organizaciones modulares por recubrimiento de superficie generan la variación de los módulos por la complejidad formal de una sola superficie que las reviste.

La última categoría la trabajó la pasante Agustina Cabral, quien realizó una exhaustiva exploración de las posibilidades formales con los módulos y las superficies. Esta colaboración resultó en un análisis detallado que contribuyó significativamente a la comprensión y desarrollo de este tipo de organizaciones modulares variables.

En la Figura 4 se pueden observar distintos tipos de organizaciones modulares variables por recubrimiento de superficies. A partir de las geometrías ingresadas, como la superficie y luego el módulo, y habiendo establecido ciertos parámetros, como por ejemplo la cantidad de módulos en un sentido y en el otro (siendo la cantidad siempre la misma en estos casos), se pueden apreciar las configuraciones resultantes.

Uno de los descubrimientos de toda esta experiencia fue que, además de las variables de transformación ingresadas como la cantidad de módulos, el espesor o la dirección con respecto a la superficie, un factor muy importante fue el posicionamiento del módulo. Por eso, el módulo A tiene dos tipos de posiciones que arrojan dos resultados diferentes. A partir de la exploración con el módulo A y el trabajo con Agustina Cabral, identificamos que el uso de caladuras dentro del módulo resultaba muy interesante para lograr continuidad entre el conjunto. Es por eso que el módulo B se diseñó de manera diferente, con el fin de intentar que los elementos no se distingan tanto en la configuración final.

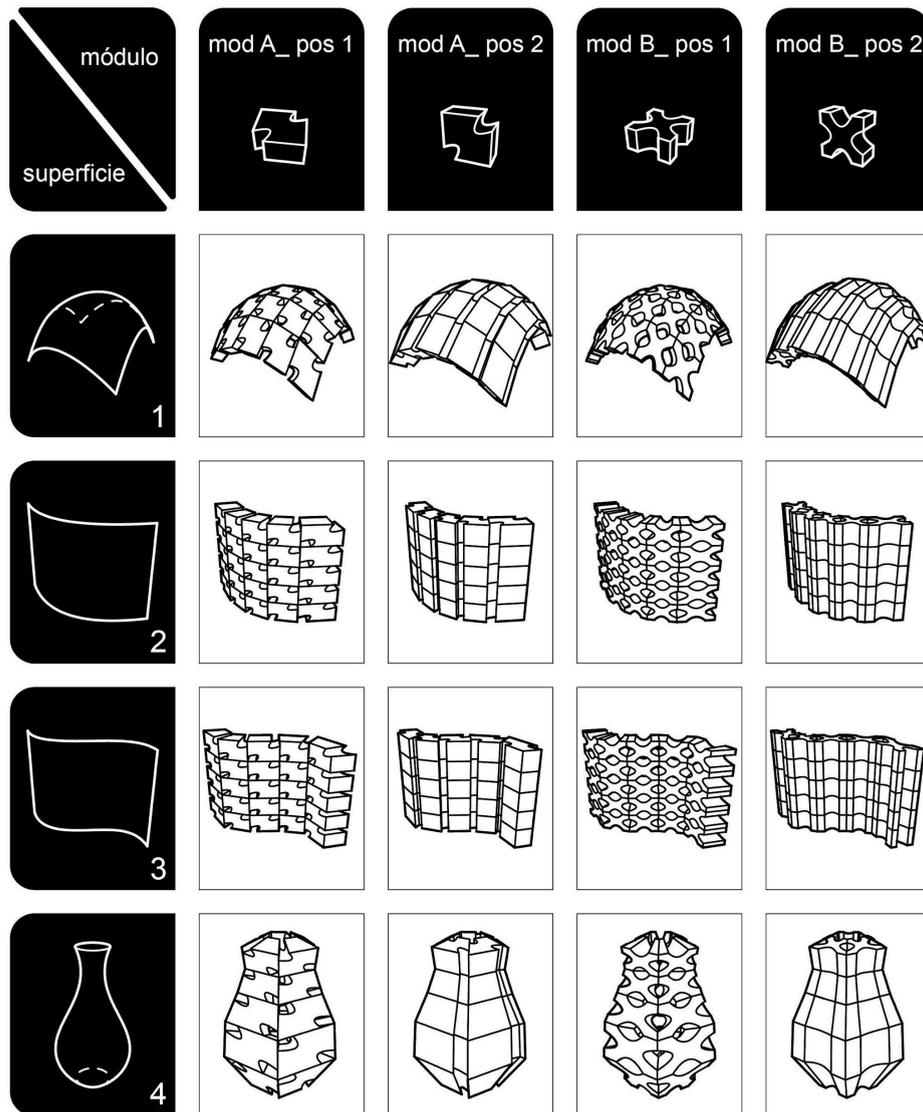


Figura 4: Organizaciones modulares variables por recubrimiento de superficie. Autor: Rocío Nerón Coiro

Continué la exploración utilizando diferentes tipos de módulos con una estructura formal más compleja que los mencionados anteriormente (Figura 5). En particular, trabajé con el módulo C, el cual, desde el punto de vista

constructivo en el software, es una polisuperficie abierta, a diferencia de los módulos anteriores que eran extrusiones rectas cerradas. Durante este proceso, pude comprobar la influencia de los diversos modos de posicionamiento de los módulos en los resultados obtenidos. En este caso específico, se pueden apreciar los vacíos y las discontinuidades que se generan en la organización al utilizar el posicionamiento 2.

En último lugar, al emplear el módulo D, utilicé superficies SubD de Rhinoceros, las cuales resultan más difíciles de integrar en la superficie debido al extenso procesamiento de cálculo. No obstante, resultó sumamente interesante trabajar con módulos que presentan superficies redondeadas en toda su geometría. En esta situación, las vinculaciones entre las partes son más desafiantes de lograr.

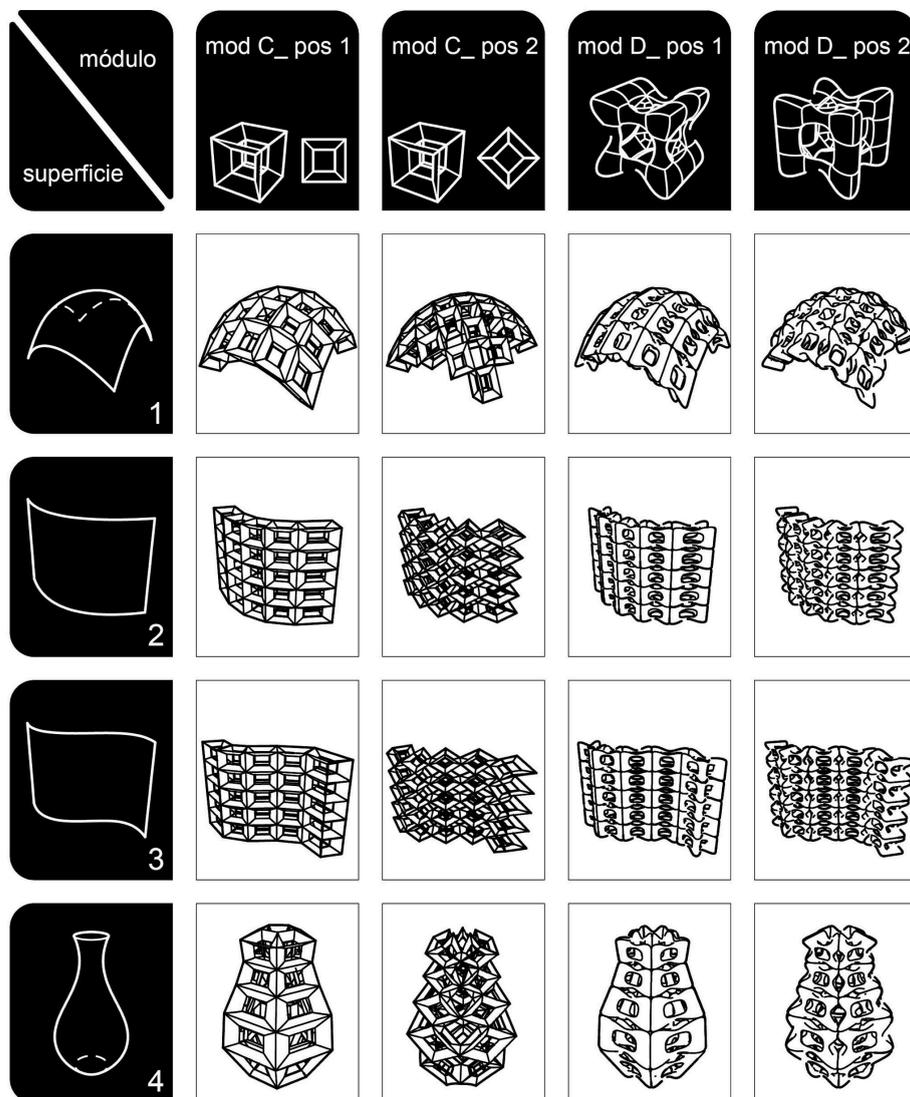


Figura 5: Organizaciones modulares variables por recubrimiento de superficie.

Autor: Rocío Nerón Coiro

En otra instancia, trabajé con los pasantes Paul Ochoa, Laura Pellerano y Marcos Crena en el desarrollo de organizaciones modulares uniformes mediante agrupamientos. Durante el desarrollo del trabajo, identifiqué ciertas dificultades relacionadas con la complejidad del software, ya que requería la instalación de un plug-in adicional. Este descubrimiento me llevó a reconocer la necesidad de brindar más recursos para mejorar la interacción con el software, con el fin de agilizar el desarrollo de estas organizaciones.

Además de los desafíos con el software, el resultado final era una repetición exacta de elementos idénticos entre sí. A pesar de que las tipologías de las organizaciones generadas eran un buen punto de partida, no se alineaban con la dirección que estaba tomando mi investigación sobre la variabilidad de la modularidad.

Estas experiencias fueron muy valiosas, ya que me permitieron comprender los puntos críticos en mi investigación, explorar recursos interactivos propuestos, enriquecer el alcance y la calidad de mi trabajo y profundizar en el primer caso de las organizaciones modulares variables por recubrimiento de superficie.

Hacia un horizonte paramétrico

Gracias a las experiencias con pasantes, pude darme cuenta de que el uso de Grasshopper permitió ser la herramienta más adecuada para generar organizaciones modulares variables. Sin embargo, también noté que la interfaz de este software presentaba cierta dificultad para aquellos que lo utilizaban por primera vez. Esta situación me llevó a cuestionarme: ¿Cómo podemos aplicar estas herramientas en la enseñanza y en la práctica profesional sin necesidad de tener conocimientos específicos de un software?

La respuesta radica en indagar cómo enseñar y utilizar estas herramientas de manera accesible y amigable para todos los usuarios. Asimismo, percibí que, aunque se desarrollen estrategias para acercar estas herramientas, se requieren conocimientos específicos de diseño, especialmente de morfología, un tanto más avanzados que los necesarios para utilizar los softwares de modelado 3D convencionales.

La integración del diseño paramétrico es una herramienta valiosa en el diseño, por lo que es importante que diferentes usuarios del campo proyectual puedan utilizar sin tener conocimientos específicos. Es fundamental que, desde la formación académica, se contemplen estas herramientas para fomentar la exploración de nuevas posibilidades en el diseño, entendiéndolas en el contexto y los recursos disponibles.

Un elemento esencial en mi experiencia de acercar el diseño paramétrico a usuarios no expertos fue la definición de un objetivo práctico, como el diseño de organizaciones modulares variables. Al tener una meta clara, las opciones para utilizar softwares paramétricos se redujeron y enfocaron el trabajo. Esto creó oportunidades para experimentar y practicar con estas herramientas en situaciones reales, lo que permitió a los usuarios familiarizarse con las

funciones y desarrollar habilidades sin la necesidad de poseer conocimientos previos.

Otro aspecto crucial fue comprender la utilidad de permitir cierta interacción con la herramienta, lo que condujo a una comprensión más profunda de lo que sucedía formalmente en el proyecto y estimuló la exploración de una mayor diversidad de resultados en un lapso breve.

Proyectando nuevos recorridos

“En el momento en que el nuevo paradigma digital reemplace al viejo paradigma mecánico, tendremos que aprender a asociar la serialidad con nuevas formas de variabilidad. La serialidad no estándar crea diferencias en la repetición. Los elementos de la misma serie no estándar pueden variar dentro de unos límites pero deberán ser todos similares hasta cierto punto puesto que deben compartir algunos atributos: se generaron con los mismos algoritmos y se produjeron por las mismas máquinas. (...) En este nuevo entorno técnico y visual, lo similar resultará más importante que lo identificable y lo idéntico. Signos diferentes pero similares podrán tener el mismo significado”. (Carpo, 2009, p. 64)

El uso de herramientas digitales en el diseño posibilita la creación de formas innovadoras, pero su accesibilidad se restringe a usuarios especializados. La implementación de recursos más accesibles para el diseño paramétrico ampliaría su alcance, permitiendo la participación de nuevos usuarios y ofreciendo visualización y verificación en tiempo real, lo que aceleraría los procesos de diseño. Esto democratizaría el uso de las tecnologías digitales y simplificaría el proceso de aprendizaje. La combinación de estos conocimientos posibilita el desarrollo de diseños adaptables y complejos, convirtiendo la tecnología en un componente esencial en el proceso de diseño y fabricación.

Bibliografía

- Agkathidis, A. (2009). *Modular structures in design and architecture*. Amsterdam: B/S Publishers.
- Carpo, M. (2009). *La desaparición de los idénticos. La estandarización arquitectónica en la era de la reproductibilidad digital. La digitalización toma el mando*. Barcelona: Gustavo Gili, 59-67.
- Doberti, R. (2008). *Espacialidades*. Buenos Aires: Infinito.
- Doberti, R., & Giordano, L. (2020). *Sistemática de las conformaciones*. Buenos Aires: Infinito.
- Fraile, M. (2011). *Morfogénesis digital: la creación de un paradigma sostenible*. Universidad de Buenos Aires.
- Kolarevic, B. (2001). *Digital Fabrication: Manufacturing Architecture in the Information Age*. In Proceedings of the twenty-first annual conference of the Association for Computer-Aided Design in Architecture.
- Muñoz, P., & Sequeira, A. (2009). *La Morfología en el contexto de las tecnologías de fabricación digital*. En VII Congreso Nacional y IV Internacional de SEMA- Sociedad de Estudios Morfológicos de la Argentina, Sema, Tucumán.
- Negroponte, N. (1973). *The Architecture Machine: Toward a More Human Environment*. Computer-Aided Design.
- Ortega, L. (Ed.). (2009). *La digitalización toma el mando*. Barcelona: Gustavo Gili.