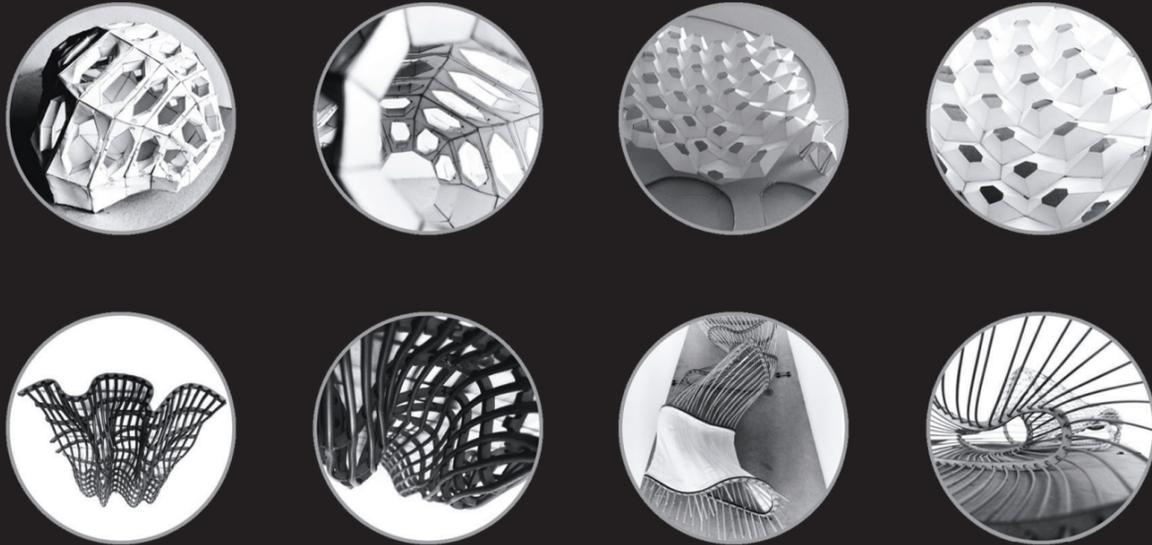


# 01

## Sistemas Generativos Dinámicos.

Estrategias proyectuales paramétricas simples para prácticas arquitectónicas locales.<sup>1,2</sup>



La arquitectura internacional de la última década incorporó el diseño paramétrico al proyecto como una nueva estrategia en el proceso de diseño. Parámetros y componentes asociados crean un sistema matemático/algorítmico de generación geométrica dinámica que permite explorar más de un resultado como posible solución a un problema proyectual. El artículo indaga, a través de una serie de ejercicios experimentales y de aplicación profesional disciplinar, aproximaciones proyectuales dinámicas mediante estructuras generativas simples destinadas a prácticas arquitectónicas locales. El desafío propuesto es adecuar los recursos tecnológicos disponibles del contexto local (preindustriales e industriales) con los sistemas de ideación propios de las tecnologías posindustriales. El interés en la incorporación estratégica del concepto de diseño paramétrico al proceso proyectual local radica en poder sumar nuevos recursos instrumentales de estructura abierta y asociables que amplíen capacidades de respuesta en nuestra disciplina arquitectónica diaria.

### *Dynamic generative systems.*

#### *Simple parametric design strategies for local architectural practices.*

*The international architecture of the last decade incorporates the parametrical design to the project like a new strategy in the design process. Parameters and associated components create a mathematical algorithmic system of dynamical geometric generation which allow to explore more than one result as a possible solution of a projectual problem. This article, through experimental exercises and professional application, inquires into dynamic projectual approaches by simple generative structures assigned to local architectural practices. The challenge proposed is to adequate the available technological resources of the local context (pre-industrial and industrial) to the ideation systems of post-industrial technologies. The interest in the strategical incorporation of the parametrical design concept to the local design process is in the ability of adding up new and associable instrumental resources, of opened structure which extends the ability of reply in our daily architectural discipline.*



### **Autor**

**Mg. Arq. Matías Dalla Costa**

Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo  
Universidad Nacional del Litoral  
Argentina

### **Palabras claves**

Diseño paramétrico  
Estrategias asociativas  
Procesos digitales  
Proyecto arquitectónico  
Sistemas algorítmicos

### **Key words**

Parametric design  
Associative strategies  
Digital processes  
Architectural design  
Algorithmic systems

---

Artículo recibido | *Artigo recebido:*

28 / 02 / 2015

Artículo aceptado | *Artigo aceito:*

25 / 11 / 2015

---

**Email:** [matiasdallacosta@hotmail.com](mailto:matiasdallacosta@hotmail.com)

---

1. Inscriptas en el ámbito del ejercicio profesional en Estudios u Oficinas de pequeña / mediana escala en ciudades provincianas de carácter/condición latinoamericana.

2. El presente artículo forma parte del Trabajo Final (tesis) desarrollado por el autor en el marco de la Maestría de Diseño de Procesos Innovativos (MDPI, acreditada por CONEAU Resolución N° 732/05), de la Facultad de Arquitectura en la Universidad Católica de Córdoba (FA-UCC). Director Dr. Arq. Mauro Chiarella, codirector Dr. Arq. Rodrigo García Alvarado.

## INTRODUCCIÓN

El presente artículo recorta los capítulos de referencias, barrido histórico y conceptualización de los procesos digitales como paradigmas contemporáneos en la disciplina (de la representación a los sistemas; procesos de ideación no lineales; estrategias alternativas: diseño paramétrico), y expone el distanciamiento entre las prácticas arquitectónicas locales y las prácticas innovadoras que asumieron la incorporación del diseño paramétrico a los procesos de ideación y producción del proyecto arquitectónico (como también el posterior cuestionamiento originado por la dicotomía entre el modelo digital y lo real construido), desde la elaboración de experiencias o «microexperimentales» y sus fases de validación práctica.

Las valiosas experiencias internacionales que ejemplifican la utilización del diseño paramétrico en la generación de componentes dinámicos (pieles responsivas, materiales reactivos), en estrategias de intervención urbanísticas (correlaciones complejas) o edilicias (articulación, organización), si bien contribuyen positivamente al debate contemporáneo, aún están lejos, a nivel práctico, de constituir estrategias generalizables y transferibles al ejercicio y a la enseñanza profesional local.

Ante la ausencia y/o desconocimiento, surge el desafío sobre por qué y cómo abordar e incorporar paulatinamente estrategias paramétricas en las prácticas y procesos de proyectación propios de estudios/oficinas profesionales en contextos latinoamericanos (Figs. 01 y 02).

## ESTRATEGIAS PROYECTUALES ALTERNATIVAS.

### DISEÑO PARAMÉTRICO

Diseñar paramétricamente es generar y explorar, en tiempo real, una solución o familias de posibles soluciones a partir de la definición de un grupo de parámetros iniciales y las relaciones entre sí utilizando instrumentos digitales (softwares) que permiten establecer jerarquías de asociaciones matemáticas y funciones a través de algoritmos. Dicho proceso automatizado, en el ejercicio profesional proyectual, se traduce en una significativa reducción de esfuerzo, se eliminan tediosas tareas repetitivas y el riesgo de un error humano a la hora de búsquedas alternativas a un mismo problema (atendiendo inquietudes creativas del diseñador o solicitadas por el comitente).

## SISTEMA GENERATIVO DINÁMICO (SGD)

El Sistema Generativo Dinámico es capaz de proponer formas al arquitecto optimizando una serie de funciones que se contraponen entre sí. La base del sistema consiste en buscar el óptimo para una serie de variables sin sacrificar ninguna de ellas en función de otra. Está estrategia es conocida como el «óptimo de Pareto», la cual se explica de la siguiente manera: «el concepto de eficiencia de Pareto es aquella situación en la cual se cumple que no es posible beneficiar a más elementos de un sistema sin perjudicar a otros».

Las aproximaciones obtenidas pueden ser consideradas de diversas maneras: como guía en el proceso de diseño, como orientación durante la primera toma de decisiones, como resultante final. El SGD incluso puede ser visto como instrumento formal para encontrar diferentes configuraciones en el diseño y así explorar diferentes vías durante el proceso creativo. En él, coexisten condiciones no variables (restricciones normativas entre otras) que deben ser cumplidas en un 100% y condiciones variables (intenciones de diseño, por ejemplo) que no especifican en qué porcentaje deben ser cumplidas.

La primera condición absoluta no admite margen de improvisación, obedece a ciertas reglas estrictas. Por otro lado, las condiciones variables se convierten en posibilidades creativas.

La complejidad intrínseca, cuando se desea programar SGD, requiere estudio y adiestramiento previo en los instrumentos digitales (softwares) seleccionados para evitar que éstos terminen dominándonos.

El trabajo parte de los conocimientos del investigador (Asesor Diseñador/Programador, AD/P) para la producción de estructuras algorítmicas asociativas, llevando al Profesional Diseñador (PD) (Estudio/Oficina, E/O) a interactuar, visualizar y hacer uso de las virtudes y potencialidades inmediatas de las estrategias elaboradas, siendo indiferente si posee o no habilidades en estas prácticas. ¿Acaso se utilizan fórmulas predefinidas? No confundamos, el sistema comienza a diseñarse con el trabajo solidario entre ambas partes (PD/EO y AD/P), al plantearlos problemas a resolver, delinear los objetivos e ir permanentemente agregando o ajustando variables (Fig. 03).

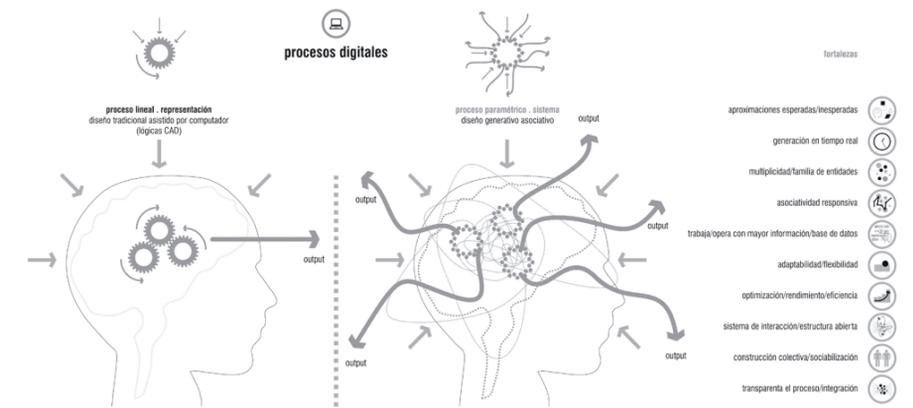


FIGURA 1 | Procesos digitales, de representación/de sistemas.



FIGURA 2 | Maquetas resultantes de exploraciones en los procesos digitales de estrategias paramétricas y fabricación digital. Proyectos de alumnos que han realizado cursos o workshops dictados por el equipo de Urdirlab (2010/2014).

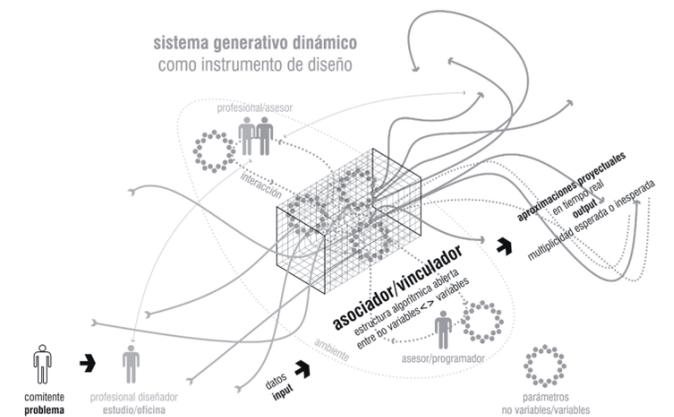


FIGURA 3 | Sistemas Generativos Dinámicos (SGD).

## VENTAJAS DEL SGD

A continuación comentamos algunas de las cualidades que nos brinda el uso de estas lógicas definidas por algoritmos en el proceso de proyectación.

El SGD pone atención tanto en la forma (geometría) como en la conducta (comportamiento), deja por fuera soluciones estáticas y definida, interpreta y trabaja en el diseño de relaciones entre extensas y complejas bases de datos e información.

Propone un sistema de generación asociativo, responsivo a la interacción con sus componentes y de organizaciones flexibles, dinámicas e integradas capaz de producir estructuras complejas, no uniformes, con un alto grado de eficiencia.

Con precisión y de una manera sencilla, emprendiendo el camino hacia la automatización del diseño y la producción, su empleo permite eliminar largas y tediosas tareas repetitivas, disminuye el error humano y posibilita obtener un sinnúmero de alternativas a partir de la modificación de las variables iniciales.

No contempla una única solución, presenta en tiempo real una familia (multiplicidad) de posibles aproximaciones eficientes, esperadas o inesperadas, a los desafíos planteados.

Analiza y evalúa la validez de esta diversidad de resultados gracias a la interoperabilidad con otros plugins (complementos o anexos).

Se presenta como un proceso de proyectación transparente, permeable, de estructura abierta, factible de sociabilizar y construir en forma colectiva.

Además, si el proceso se guarda en una secuencia escrita o diagrama, no sólo le será útil a otros diseñadores o estudiantes, sino que hará factibles el continuo desarrollo y ajustes de las estructuras algorítmicas, retomando estos procesos iniciados desde búsquedas o problemas similares (no se limita a un único autor), es decir, un modelo participativo y de personalización, una arquitectura Creative Commons (CC) (Fig. 04).

## PROGRAMACIÓN DE SGD

Según Brady Peters (2012), lo importante en un sistema complejo es «entender cuáles son los parámetros de un proyecto (...) y descomponerlos en las reglas definidas». Detectado esto, será posible establecer cómo códigos y variables se relacionan en una serie de algoritmos a fin de poder evaluar un abanico de relaciones y sus soluciones. Para que esto suceda, Fraile (2012) aclara que antes será necesario indicar al ordenador lo que debe hacer: «no hay magia en la informática». Se requiere de un lenguaje común de comunicación, una serie de reglas definidas de antemano que deben ser traducidas en un lenguaje de programación que implica composición, basada en procesos que darán un resultado inesperado o no, pero que no aceptará ambigüedades.

La arquitectura algorítmica se sirve de un «lenguaje de scripts» para permitir al diseñador el acceso directo a la capacidad computacional del ordenador. Los algoritmos, que actúan como mediadores, trasladan al ordenador las intenciones creativas del diseñador.

Hay dos factores principales que deben tenerse en cuenta: el primero tiene que ver con el proceso de un algoritmo, que debe ser especificado de manera gradual para poder construir su lógica de forma efectiva. El segundo refiere a la precisión que requiere un algoritmo. El software utilizado realizará numerosas idas y venidas entre las diversas fases del proyecto. Bajo una secuencia lógica, evaluará los diferentes resultados obtenidos, introducirá modificaciones y, con cada nueva alternativa, recalculará y reconfigurará las variaciones de los parámetros originales.

Los programas de DP, con una interfaz gráfica accesible, actúan como puente entre el diseñador y el lenguaje de *script complejo*. Estos últimos se expanden a diferentes disciplinas, que los incluyen para la investigación práctica y teórica (como ser la arquitectura). Por el momento, las consecuencias de la universalización de estos códigos aún no son comprensibles. Sin embargo, comienzan a desarrollarse instrumentos para poder entenderlos o tornarlos «amigables», como por ejemplo las nuevas plataformas de programación visual. La programación es una habilidad, y toda habilidad se domina con la práctica.

El concepto de código abierto (*open source*) juega un rol fundamental en estos lenguajes y procesos, que transparentan y brindan libre acceso a sus estructuras (Fig 05).



**FIGURA 4 |** Bancapar. Fondart Regional, Banca Paramétrica. Doble condición Mobiliario Urbano/Objeto de Arte Público para el frontis del edificio de Ingeniería Industrial de la UBB en la ciudad de Concepción, Chile. El proyecto, de autoría compartida, parte con un encargo directo a Nicolás Sáez, quien suma al Dr. Arq. Mauro Chiarella y el equipo de especialistas en diseño paramétrico Urdirlab (arquitectos Matías Dalla Costa, Martín Veizaga y Luciana Gronda) para la elaboración de la idea generativa. Posteriormente, se incorporan el Arq. Luis García para el desarrollo de Bancapar como resultado del trabajo colaborativo con Iván Santelices, director de la Escuela de Ingeniería Industrial, y estudiantes terminales de dicha carrera (Concepción, Chile/Santa Fe, Argentina, 2013).

**PLATAFORMAS DIGITALES DE PROGRAMACIÓN (SOFTWARES)**

En la selección y apropiación de plataformas digitales algorítmicas para su despliegue en prácticas arquitectónicas y modos de concebir el paradigma digital contemporáneo, sumamos la posibilidad de constituir verdaderos sistemas proyectuales complejos (no lineales), con la capacidad de ser generativos, en función de tender a emergencias proyectuales.

**1. Softwares con estas lógicas utilizados para la visualización y programación de las experiencias realizadas (con SGD)**

- Plataforma de visualización**  
Rhinceros (Rhino)
- Plataforma de programación**  
Grasshopper (Gh)
- Ambas plataformas trabajan con archivos propios pero vinculados simultáneamente.
- Plug in de Análisis Solar (Fig. 06)**  
Diva

**LOS SGD EN CONTEXTOS LATINOAMERICANOS**

La programación de estructuras algorítmicas asociativas (no así su uso o interacción) requieren un entrenamiento previo y familiarización con problemáticas de diseño que no sólo sean casos de estudio sino también motivaciones personales. Como se basa en relaciones matemáticas y geométricas, la complejidad del problema depende de los conocimientos de quien la práctica.

Según los estudios de Pablo Herrera (2013), la implementación, con un lenguaje de programación escrita, se extendió en EE.UU., Europa y Asia, por una necesidad generada desde la profesión y no desde la academia (Leach, 2010), mientras que en Latinoamérica se inició desde la academia (Herrera, 2011), en un proceso que no convive en un taller de diseño ni es requerido por ahora en la industria de la construcción.

El mismo autor subraya que en 2006 se inició en diferentes ciudades de Latinoamérica la implementación de procesos informáticos paramétricos usando programación de alto nivel (Rhino Script), pero los participantes carecían de una base lógico-matemática aplicable a sus diseños y que permitiera entender las relaciones en-

tre variables y componentes. Sólo se repetían los diagramas y ejemplos sin un análisis en detalle, no comprendían que la solución iba a una problemática específica y que no podía generalizarse a cualquier problema.

Sin embargo, las plataformas de programación visual (Grasshopper) fueron implementadas en participantes que las incorporaron a su trabajo diario, en taller o en su vida profesional. No sólo hizo que se lograran importantes resultados, también los introdujo en una cultura de procesos personalizados y reutilización de los mismos (Fig. 07).

Para Nardi (1993), los End-User Programmers «no son ni casuales, ni novatos, ni naif, son gente como químicos, arquitectos, bibliotecarios (...) con necesidades computacionales y que esperan usar seriamente los ordenadores pero no están interesados en convertirse en programadores profesionales».

Surge la pregunta: ¿estarán dispuestos a interactuar con las estrategias proyectuales alternativas desarrolladas en esta investigación?

Desde estos sucesos, la revolución que supone el uso de las nuevas tecnologías digitales y el extenso y prolífico campo de posibilidades que estos instrumentos brindan al ejercicio profesional local, no se planifica la necesidad, ni se pretende convertir a toda la población profesional en especialistas o programadores sino, como plantea en el presente trabajo, hacer foco en la construcción colectiva entre los protagonistas que emergen en este contexto, el Profesional Diseñador (Estudio/Oficina) y el Asesor Diseñador (Programador).

**COMPONENTES DEL SGD (PROPUESTOS PARA CONTEXTOS LATINOAMERICANOS) (FIG. 08)**

- Actores**  
Profesional Diseñador/Estudio Oficina PD/EO.  
Asesor Diseñador/Programador AD/P.  
PD/EO y AD/P pueden o no ser la misma persona, dependiendo de cada caso. De no serlo, el AD/P forma parte o interviene como asesor externo del estudio u oficina.

- PD/EO y AD/P  
Planean problemas, planifican objetivos, agregan o ajustan variables.

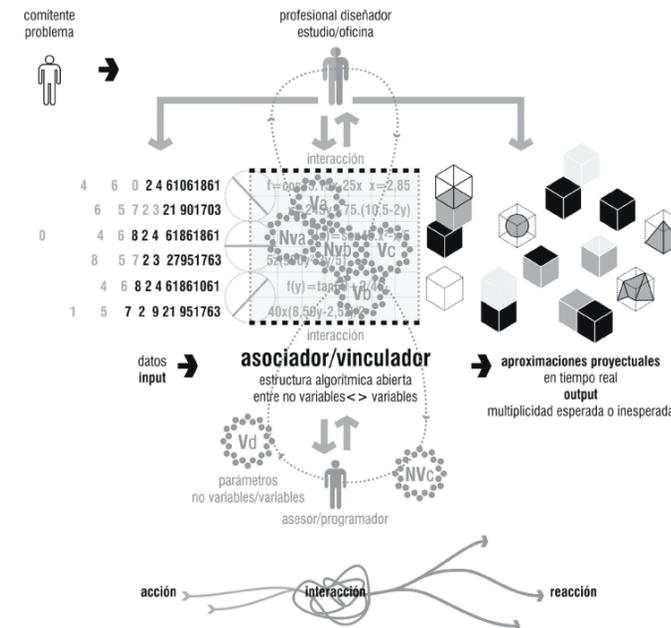


FIGURA 5 | Estructura algorítmica abierta en los Sistemas Generativos Dinámicos (SGD).

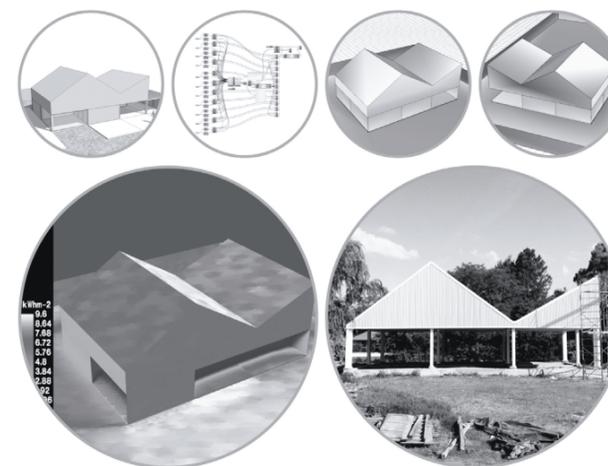


FIGURA 6 | Estudios de asealamiento y mapeos de radiación utilizando el plug in DIVA, según especulaciones previas y características de los materiales seleccionados para la Vivienda Unifamiliar Pje. Bioquímicos (Colastiné, Santa Fe, 2013). Vista lateral Arquitectos.

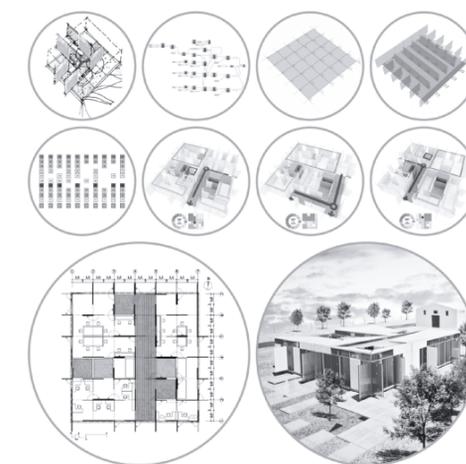


FIGURA 7 | Especulaciones y estrategias de configuración/articulación espacial dinámica en el proyecto de Oficina Comercial TACUAR SRL (Parque Industrial Sauce Viejo, Santa Fe, 2011). Vista lateral Arquitectos.



Las primeras aproximaciones a los integrantes de esta selección arrojan que 5 de los 20 arquitectos/oficinas han leído u oído sobre lógicas digitales paramétricas y sólo 1 de ellos expresa tener conocimientos técnicos de programación y utilizar plataformas vinculadas a la temática.

A pesar de los resultados, casi la totalidad (el 95%) está dispuesta a participar e interactuar con las propuestas relatadas para luego explorar las posibilidades de integrar el diseño paramétrico como alternativa complementaria a los procesos digitales/análogos de proyectación arraigados (preexistencias).

#### APROXIMACIONES A LAS EXPERIENCIAS

Los SGD producidos, como procesos alternativos y complementarios a los modos de abordajes de ideación tradicionalmente aceptados, permiten ser aplicados en los diversos escenarios (oficinas) y sin adiestramiento a los profesionales diseñadores (arquitectos) en instrumentos o softwares paramétricos, utilizados por el programador (maestrando/asesor diseñador) con el fin de poner a prueba la capacidad adaptativa de dichos sistemas y las aproximaciones resultantes de interacción.

Se plantean 3 microexperiencias; para cada una de ellas se diseñó y programó un sistema generativo paramétrico simple, pertinente a un momento de inferencia particular en el proceso de proyectación y construcción tradicional de una obra.

- **Micro I. Aproximaciones a volumen edificable**  
Tipologías espaciales adaptables a normativas y contexto (escala macro urbana).  
Momento inicial del proceso proyectual.
- **Micro II. Aproximaciones por componente constructivo**  
Optimización, cuantificación y mapeo utilizando un patrón (mampuesto) determinado por el material y técnica a emplear (escala microobra).  
Momento intermedio del proceso proyectual.
- **Micro III. Aproximaciones formales por gen**  
Exploración, optimización, cuantificación y mapeo para diseñar y construir artefactos a partir de un gen cualquiera (escala micromobiliario).  
Momento avanzado del proceso proyectual.

#### ACTIVIDADES DE VALIDACIÓN PRÁCTICA

El investigador propone al/los profesional/es del estudio/oficina:

- Caso/problema.
- Encuesta (primera parte).
- Interacción/experimentación (sin adiestramiento previo en las plataformas digitales).
- Encuesta (segunda parte).
- Comentarios.
- Cada actividad es observada, registrada y documentada.

El investigador lleva a cabo en el laboratorio:

- Evaluación, confrontación.
- Ajustes.
- Conclusiones.
- Lineamientos a futuro.

#### 1. Micro I. Aproximaciones a volumen edificable

Tipologías espaciales adaptables a normativas y contexto.

##### Ámbito de aplicación:

Estudios/Oficinas de arquitectura en la ciudad de Santa Fe y alrededores.

Muestra seleccionada: 5 escenarios.

##### Escala de diseño:

Macrourbana.

##### Momento del proceso proyectual:

Inicial. Primeros estudios de normas, reglamentos intervinientes y características de un lote o inmueble determinado para las posterior proyectación (obra nueva).

##### Relevamiento situacional (primera parte de las encuestas):

Los procesos aplicados actualmente al realizar acercamientos o especulaciones de factibilidad de masa edilicia construible involucran repetitivas, tediosas y extensas en tiempo tareas de acceso a la información. Ejecutadas en forma manual (utilizando documentos impresos, calculadora, esquemas en papel, planillas de cálculo, modeladores 3D, etc.), lineal e individual, e implicando ello el posterior y «responsable» acto de asociar en conjunto, transparentan el escueto grado de

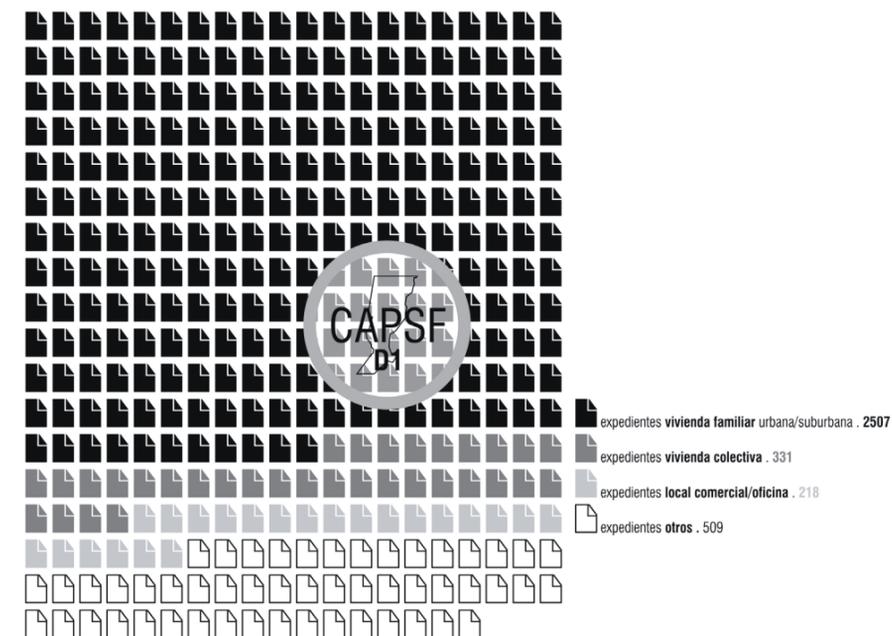


FIGURA 10 | Destinos de expedientes ingresados en el CAPSF D1 en el año 2012. Total: 3565 expedientes. Datos obtenidos del Sistema GESTO.

rigurosidad, la informalidad e incertidumbre de los métodos tradicionales en considerar todos los requerimientos y necesidades.

En forma paralela y a los efectos de tomar partido en cuanto a la simulación de caso a proponer, se obtienen datos referidos a la totalidad de expedientes de obra nueva ingresados y sus destinos en el período contemplado (2012/2013).

La lectura arroja un total de 3565 expedientes ingresados, de los cuales el 70,32% corresponde a vivienda familiar urbana/suburbana y el 9,29% a vivienda colectiva (edificios en altura) entre los más representativos (Fig. 10).

#### - Objetivos/búsquedas:

A partir de restricciones espaciales y geométricas, maximizar el volumen/superficie edificable permitido en las aproximaciones proyectuales de cada lote analizado, eliminado el margen de error y/u omisión de alguna de las condiciones intervinientes (normativas, ordenanzas, reglamentaciones, características del te-

rreno, orientaciones, etcétera).

Obtener adecuada orientación y distribución de aperturas (vanos) en la geometría de un edificio, optimizando el diseño bioclimático y las relaciones con el entorno (preexistencias), disminuye el consumo de recursos energéticos e impacto medioambiental.

Cuantificar costos parciales y totales (por ejemplo, en pesos argentinos) de las familias resultantes (en un m<sup>2</sup>, m<sup>3</sup>), de modo de planificar en tiempos acotados especulaciones pertinentes y solicitadas por comitentes interesados en la compra de inmuebles para efectuar inversiones inmobiliarias (rentables, claro está).

Asociar y optimizar los procesos antes enunciados, lo que reduce los tiempos de ejecución de las tareas y amplía el rango de tiempo destinado a la etapa de ideación e inquietudes de diseño (formal, funcional, estructural).

#### - Sistema Generativo Dinámico Programado:

Caso a. Vivienda unifamiliar urbana.

Caso b. Vivienda unifamiliar suburbana.

Caso c. Edificio de vivienda colectiva. (Fig. 11)

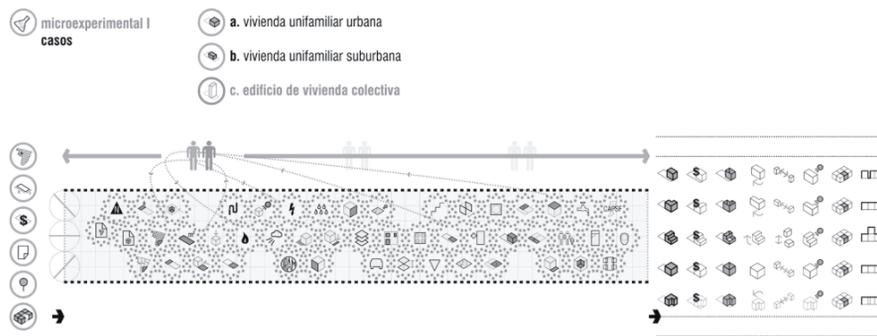


FIGURA 11 | SGD Microexperimental I, Caso c, edificio de vivienda colectiva (2013).



FIGURA 12 | Desglose del SGD Microexperimental I (2013).

#### -Actores

Profesional Diseñador/Estudio, Oficina PD/EO.

Asesor Diseñador/Programador AD/P.

PD/EO y AD/P no son la misma persona. El AD/P forma parte o interviene como asesor externo del estudio u oficina.

#### Datos (editables)

Manzana ubicación.

Medidas del lote.

Valor del terreno.

Entorno/preexistencias, etcétera.

#### Parámetros no variables (restricciones cargadas en el sistema)

Normativa Reglamento de Ordenamiento Urbano (ROU) de la ciudad de Santa Fe.

Reglamento de Zonificación.

Reglamento de Edificación.

Orientación lote, etcétera.

#### Parámetros variables (interacción/intenciones de diseño)

Altura de pisos.

Cantidad de pisos

Retiros opcionales

Superficie ocupación, etcétera.

#### Estructura algorítmica asociativa (relaciones/vínculos)

##### Aproximaciones proyectuales (visualización/resultantes) (Fig. 12)

Volumen masa edificable.

Superficies de construcción.

Costo total inversión.

Relación con el entorno, etcétera.

##### - Actividades de campo, validación:

Planteo del caso/problema: lote ubicado en la calle Domingo Silva 2950. Dimensiones 9,00 m de ancho y 32,00 m de largo. Destino de la inversión: edificio de vivienda colectiva (departamentos).

Presentación de la primera parte de la encuesta: datos generales y proceso aplicado actualmente para las especulaciones de factibilidad de volumen edificable.

Interacción: sin adiestramiento previo, con las plata-

formas e instrumentos digitales propuestos (instalación de los softwares Rhinoceros y Grasshopper en los ordenadores del estudio) (Fig. 13).

Presentación de la segunda parte de la encuesta: comentarios del sistema experimentado.

Confrontación de comentarios y cierre.

Cada actividad es observada, registrada y documentada.

##### - Aproximaciones proyectuales:

Familias de resultados generadas por los PD/EO, partir del problema planteado, interactuando con el SGD (Fig. 14 y 15).

##### - Reflexión sobre la experiencia:

Optimizó procesos tradicionalmente aplicados a través de la asociatividad de la extensa base de datos digital (antes manuales, reglamentos, etc.), disminuyó el error humano y redujo los tiempos en la ejecución de especulaciones o tareas repetitivas (calificadas como tediosas y engorrosas), permitiendo esto ampliar (en horas/dedicación) la fase de ideación proyectual, generalmente escueta debido a exigencias y necesidades de productividad laboral.

La sistematización enmarcó la resultante y la calificó como apta ante las solicitudes de Acondicionamiento Térmico de Edificios en la Clasificación Bioambiental de la República Argentina (Norma IRAM 11.603)

El SGD asoció la totalidad de los parámetros normativos específicos de la zona a intervenir (problema planteado), esto aseguró que cada interacción inscripta en él no omita algún condicionante o restricción y se torne antirreglamentaria nuestra propuesta. Realizar especulaciones dentro de este conjunto de relaciones, posibilitó detectar fisuras o intersticios del sistema y accionar sobre ellas.

El SGD propuesto, de interfaz amigable, expuso la posibilidad de añadir en forma no forzada estas lógicas innovadoras a las prácticas proyectuales desarrolladas en cada Estudio/Oficina.

Las experiencias superaron las expectativas del investigador/maestrando, sobre todo por el entendimiento de la generalidad, las reacciones registradas en los profesionales diseñadores al visualizar en tiempo real sus múltiples alternativas a un problema particular (inesperadas en ocasiones) y el interés en «aprender más» sobre los SGD.

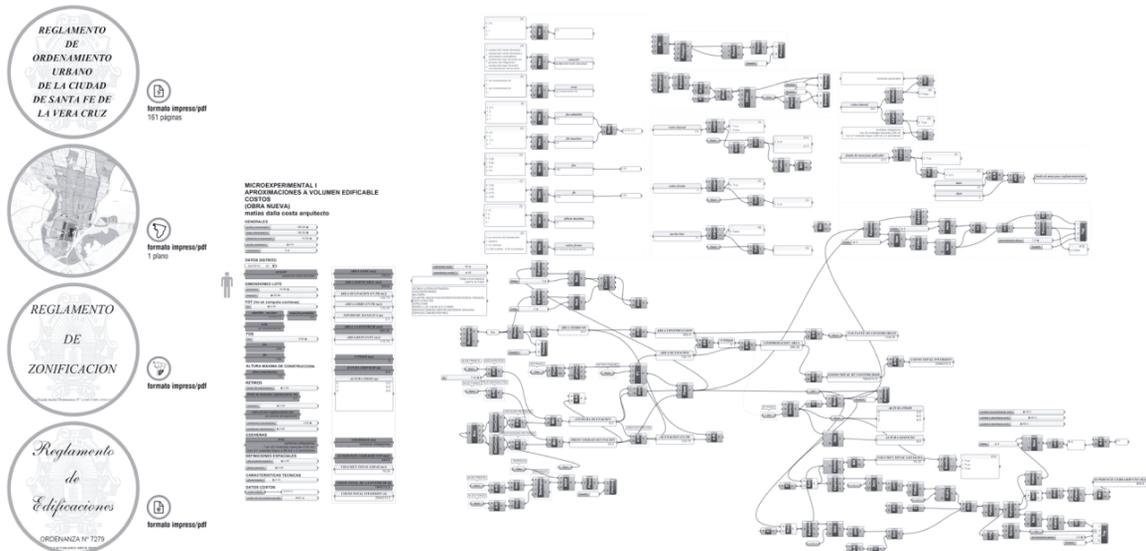


FIGURA 13 | SGD Microexperimental I, plataforma de programación visual Grasshopper (2013).

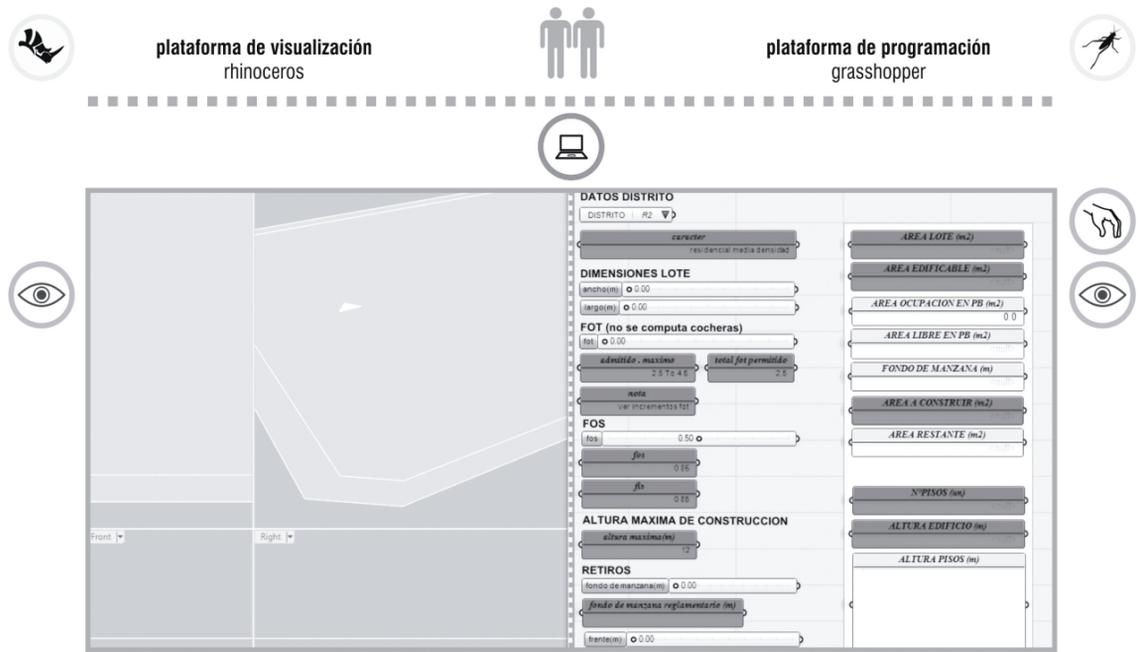


FIGURA 14 | Interfaces de interacción/visualización, sin adiestramiento previo, para los profesionales con las plataformas digitales propuestas (Rhino y Grasshopper).



FIGURA 15 | Aproximaciones generadas por los PD/EO, partir del problema planteado, interactuando con el SGD. Capturas de pantalla (2013).

**- Reflexión sobre la experiencia:**

Optimizó procesos tradicionalmente aplicados a través de la asociatividad de la extensa base de datos digital (antes manuales, reglamentos, etc.), disminuyó el error humano y redujo los tiempos en la ejecución de especulaciones o tareas repetitivas (calificadas como tediosas y engorrosas), permitiendo esto ampliar (en horas/dedicación) la fase de ideación proyectual, generalmente escueta debido a exigencias y necesidades de productividad laboral.

La sistematización enmarcó la resultante y la calificó como apta ante las solicitudes de Acondicionamiento Térmico de Edificios en la Clasificación Bioambiental de la República Argentina (Norma IRAM 11.603)

El SGD asoció la totalidad de los parámetros normativos específicos de la zona a intervenir (problema planteado), esto aseguró que cada interacción inscripta en él no omita algún condicionante o restricción y se torne antirreglamentaria nuestra propuesta. Realizar especulaciones dentro de este conjunto de relaciones, permitió detectar fisuras o intersticios del sistema y accionar sobre ellas.

El SGD propuesto, de interfaz amigable, expuso la posibilidad de añadir en forma no forzada estas lógicas innovadoras a las prácticas proyectuales desarrolladas en cada Estudio/Oficina (Fig. 16).

Las experiencias superaron las expectativas del investigador/maestrando, sobre todo por el entendimiento de la generalidad, las reacciones registradas en los profesionales diseñadores al visualizar en tiempo real sus múltiples alternativas a un problema particular (inesperadas en ocasiones) y el interés en «aprender más» sobre los SGD.

**- Futuras prácticas:**

Continuar con tareas de ajuste, verificación e incorporación de componentes al SGD. Ampliar la base de datos y estudiar normativas aún no vigentes o en fase de planificación.

Dejar el SGD producido a disposición del Departamento Técnico del CAPSF D1, con la posibilidad de ingresarlo (cargarlo) al sitio Web institucional ([www.capsf.org.ar](http://www.capsf.org.ar)) para consulta, libre acceso y sociabilización con los profesionales matriculados.

En forma simultánea, brindarlo en la Oficina de Edificaciones Privadas de la Municipalidad de Santa Fe, organismo estatal de control, como instrumento ágil y eficaz para verificación e inspección de proyectos/expedientes que se encuentran en la etapa de Solicitud de Permiso de Obra.

**2. Micro II. Aproximaciones por componente constructivo**

Optimización, cuantificación y mapeo utilizando un patrón (mampuesto) determinado por el material y técnica a emplear (Fig. 17).

- **Ámbito de aplicación:**  
Estudio/Oficina de arquitectura en la ciudad de Santa Fe.  
Muestra seleccionada: 1 escenario.
- **Escala de diseño:**  
Micro, obra.
- **Momento del proceso proyectual:**  
Intermedio. Acercamientos y estudios de materialidad/tecnología constructiva de una obra determinada. Computo métrico/presupuesto.
- **Relevamiento situacional:**

En el proceso proyectual propio de cada oficina profesional (refiriéndonos al escenario de estudio, aunque quizás lo sea más extensivo), hasta el día de hoy, es común encontrar herramientas arraigadas por «tradición» o como «única opción conocida» para llevar a cabo tareas de cómputo y presupuesto de una obra. Incluso, más o menos aceptadas estas metodologías, las operaciones de cálculo sean análogas (manual, calculadora, lápiz y papel) o digitales (planillas de Excel de elaboración personal) se realizan en las instancias finales del acto de ideación. En consecuencia, y al ser lineal el proceso, esta etapa no está asociada en forma simultánea con la fase creativa de generación tipológica/formal, del objeto arquitectónico.

Podemos hallar fácilmente en las repisas o escritorios de los estudios, y en diversos formatos, el *Libro de Cómputo y Presupuestos* de Mario E. Chandías y/o el *Manual Práctico de Construcción* del Arq. Jaime Nisnovich, piezas de consulta en estas estructuras ligadas a la construcción.

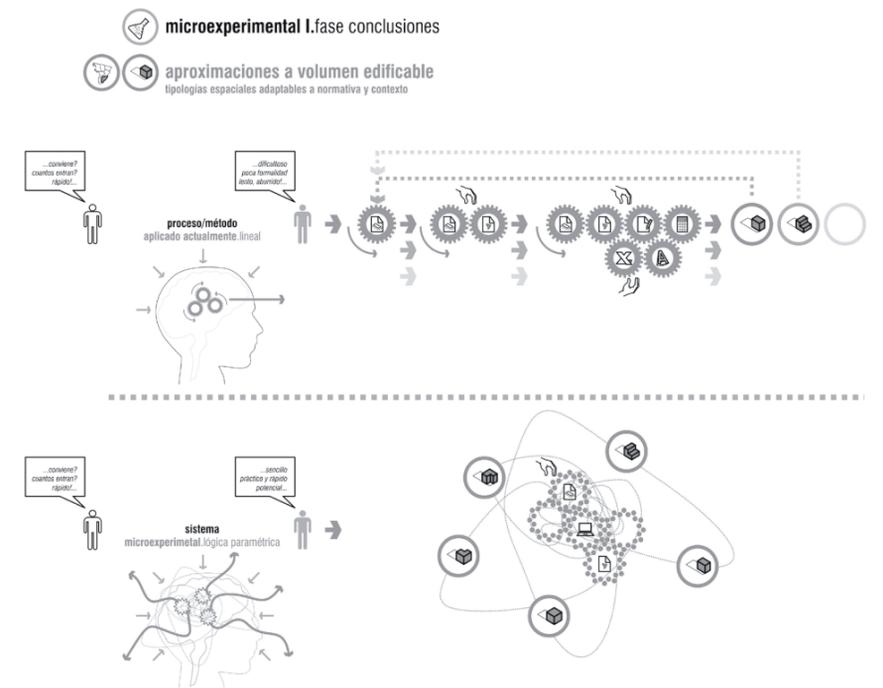


FIGURA 16 | Fase de conclusiones Microexperimental I, proceso tradicional / proceso SGD (2013).

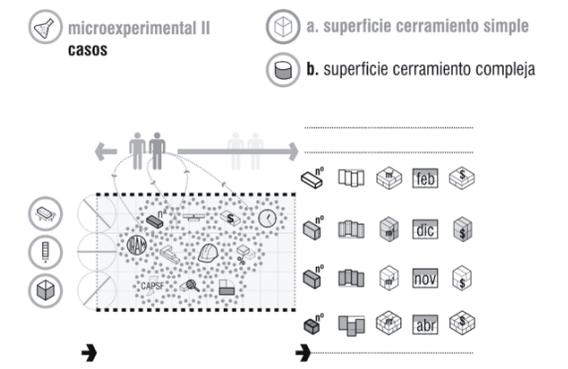


FIGURA 17 | SGD Microexperimental II, Caso a, superficie de cerramiento simple (2013).



FIGURA 18 | Desglose del SGD Microexperimental II (2013).

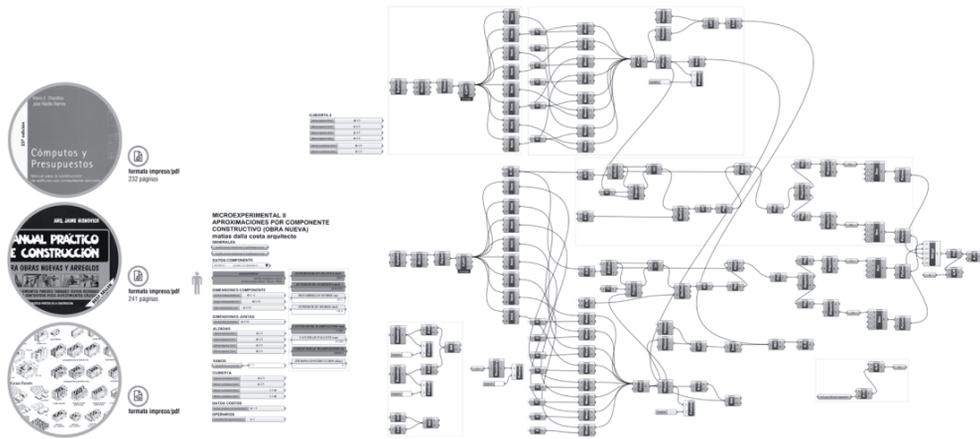


FIGURA 19 | SGD Microexperimental II, plataforma de programación visual Grasshopper (2013).

**- Objetivos/búsquedas:**

A partir de las relaciones establecidas, obtener en tiempo real el mapeo y cuantificación de componentes constructivos determinados (mampuestos), necesarios para compra y ejecución de muros/cerramientos verticales.

En el caso de muros complejos (superficies curvas), el mapeo constructivo (diagrama) conformado permite elaborar la planimetría de obra pertinente para su ejecución.

Disponer de estos cómputos preliminares en forma simultánea a exploraciones tipológicas/formales, para la toma de decisiones proyectuales sin la necesidad de repetir tediosos métodos de cálculo.

Cuantificar costos parciales y totales (por ejemplo en pesos argentinos) de las familias resultantes (en un, m<sup>2</sup>, m<sup>3</sup>), permitiendo planificar en tiempos acotados especulaciones pertinentes y solicitadas por comitentes inquietos por la compra de materiales y montos de inversión.

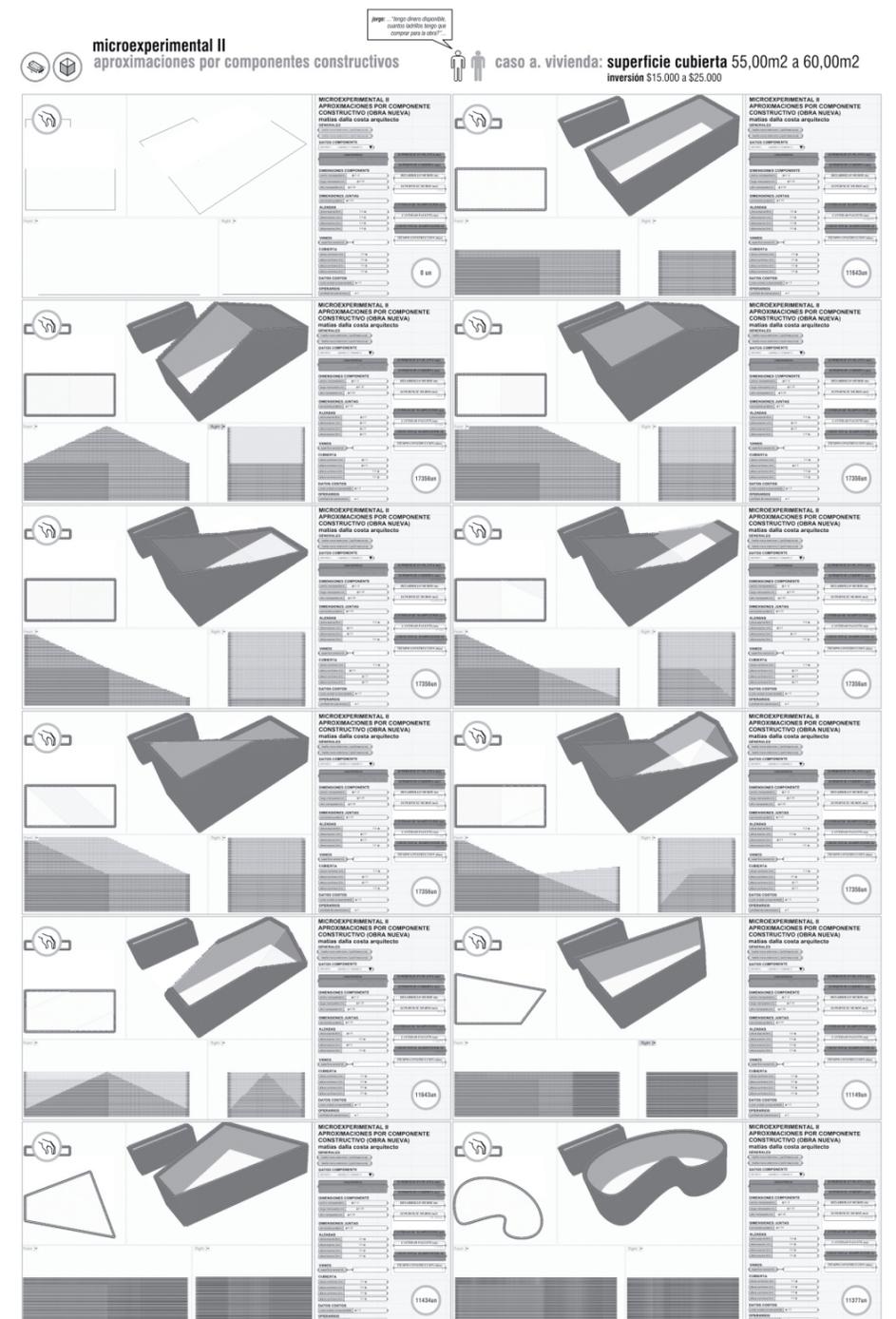


FIGURA 20 | Aproximaciones generadas por el PD/EO, partir del problema planteado, interactuando con el SGD. Capturas de pantalla (2013).

Vincular al proceso de ideación de una obra con los tiempos de ejecución correspondiente a la misma y áreas necesarias para el acopio de materiales.

**- Sistema Generativo Dinámico programado:**

Caso a. Superficie de cerramiento simple.  
Caso b. Superficie de cerramiento compleja.

**- Actores**

Profesional Diseñador/Estudio, Oficina PD/EO.  
Asesor Diseñador/Programador AD/P.  
PD/EO y AD/P no son la misma persona. El AD/P forma parte o interviene como asesor externo del estudio u oficina.

**- Datos (editables)**

Componente-  
Dimensiones del componente.  
Ancho de muros.  
Superficie cerramiento simple/compleja, etcétera.

**- Parámetros no variables (restricciones cargadas en el sistema):**

Características del componente.  
Propiedades del componente.  
Desperdicio.  
Precio unitario, etcétera.

**- Parámetros variables (interacción/intenciones de diseño):**

Tipo de traba.  
Dimensiones de juntas  
Cantidad de operarios, etcétera.

**- Estructura algorítmica asociativa (relaciones/vínculos)**

**Aproximaciones proyectuales (visualización/resultantes) (Fig. 18 y 19):**

Cómputo de material.  
Costo total material.  
Mapeo constructivo.  
Tiempo de ejecución, etcétera.

**- Actividades de campo, validación:**

Planteo del caso/problema: vivienda unifamiliar de 55,00 m2 a 60,00 m2. Paredes/muros exteriores por-

tantes de ladrillos cerámicos comunes. Recursos disponibles: entre \$15 000 y \$25 000.

Presentación de la primera parte: tareas y proceso aplicado actualmente en la ideación tipológica/formal, cómputo y presupuesto de la vivienda solicitada.

Interacción, sin adiestramiento previo, con las plataformas e instrumentos digitales propuestos (instalación de los softwares Rhinoceros y Grasshopper en los ordenadores del estudio).

Presentación de la segunda parte de la encuesta: comentarios del sistema experimentado.

Confrontación de comentarios y cierre.

Cada actividad es observada, registrada y documentada.

**- Aproximaciones proyectuales (Fig. 20):**

Familias de resultados generadas por el PD/EO, partir del problema planteado, interactuando con el SGD.

**- Reflexión sobre la experiencia:**

EL SGD ofreció e hizo factible vincular y trabajar en forma simultánea con dos etapas del proceso proyectual tradicionalmente diacrónicas. Se realizaron especulaciones geométricas/espaciales y tecnológicas verificando en cada aproximación las cantidades de material a utilizar, sus correlativos costos y tiempos de ejecución empleando una cuadrilla de obreros.

La visualización, en forma conjunta, de toda esta información facilitó enmarcar las soluciones proyectuales dentro de las restricciones planteadas y en tiempos acotados. Como desprendimiento de esta optimización, durante la experiencia surgieron numerosas alternativas no previstas en los esbozos iniciales

**- Futuras prácticas:**

Continuar con tareas de ajuste, verificación e incorporación de datos al SGD.

Brindar el SGD desarrollado a Estudios/Oficinas interesadas en explorar sus potencialidades en las etapas de proyectación y pliego ejecutivo, registrando reacciones y opiniones al respecto.

Sociabilizar y presentar el sistema, en el ámbito académico, a las cátedras o talleres de las áreas correspondientes (Tecnología, Construcciones, etc.), definir su pertinencia y posible incorporación a los programas y contenidos de las mismas.

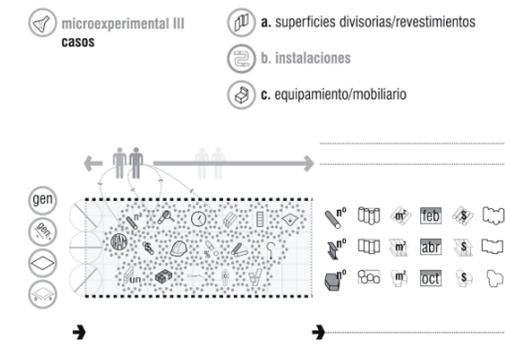


FIGURA 21 | SGD Microexperimental III, Caso b, Instalaciones (2014).

**3. Micro III. Aproximaciones formales por gen**

Exploración, optimización, cuantificación y mapeo utilizando un gen determinado y sus posibilidades de transformación y agrupamiento.

**- Ámbito de aplicación:**

Estudio/Oficina de arquitectura en la ciudad de Santa Fe.

Este SGD puede ser utilizado también en otras disciplinas (diseño industrial, diseño y comunicación visual).

Muestra seleccionada: 1 escenario.

(Encargo real al PD/EO Vista lateral Arquitectos. Proyecto, gestión y construcción del objeto a escala.)

**- Escala de diseño:**

Micro, obra.

**- Momento del proceso proyectual:**

Avanzado. Desarrollo y ejecución de equipamiento/instalaciones/mobiliario de una obra determinada.

**- Relevamiento situacional:**

En los Estudios/Oficinas relevados, generalmente, los rubros/items referidos al diseño de equipamiento o mobiliario no forman parte del pliego de obra. Esto varía en cada encargo, según los requerimientos y recursos económicos del comitente.

Muy de vez en cuando, dependiendo del tipo de obra e inquietudes y lineamientos proyectuales del arquitecto, se incorpora en las premisas de diseño iniciales el mobiliario como disparador proyectual a tener en cuenta.

**- Objetivos/búsquedas:**

A partir de un componente o accesorio de sistemas constructivos tradicionales (cañerías para instalación eléctrica, tuberías para desagüe pluvial, chapas para cubierta, barras de hierro estructural, premoldeados de hormigón para piso, etc.), y a través de ciertas leyes de transformación y vínculo, indagar y explorar configuraciones formales innovadoras, tal vez, inclusive con otro fin para los que fueron concebidos.

Emplear material sobrante de obra para el diseño de mobiliarios, elementos divisorios y equipamientos, a partir de las estrategias constructivas sistematizadas. Esta producción de objetos personalizados reduce los gastos finales vinculados a equipar el inmueble.

Optimizar los tiempos de fabricación y armado del objeto particular, otorgar un instructivo y/o mapeo a los operarios disponibles en obra.

**- Sistema Generativo Dinámico programado:**

Caso a. Superficies divisorias/revestimientos.  
Caso b. Instalaciones.

Caso c. Equipamiento/mobiliario.

**- Actores**

Profesional Diseñador/Estudio, Oficina PD/EO.  
Asesor Diseñador/Programador AD/P.  
PD/EO y AD/P no son la misma persona. El AD/P forma parte o interviene como asesor externo del estudio u oficina.

**microexperimental III**  
aproximaciones formales por gen



FIGURA 22 | Desglose del SGD Microexperimental III (2014).

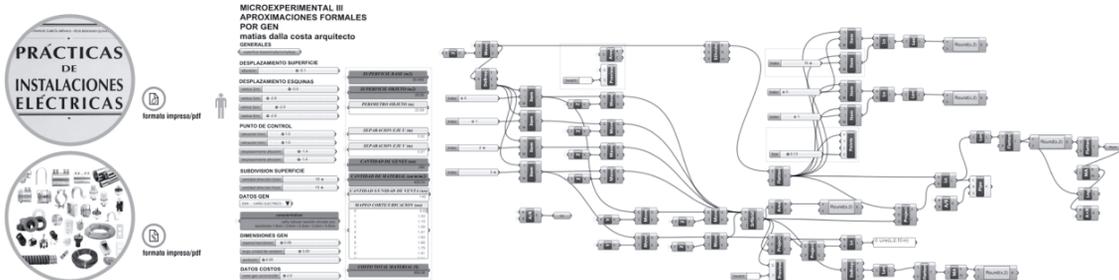


FIGURA 23 | SGD Microexperimental III, plataforma de programación visual Grasshopper (2014).

**microexperimental III**  
aproximaciones formales por gen

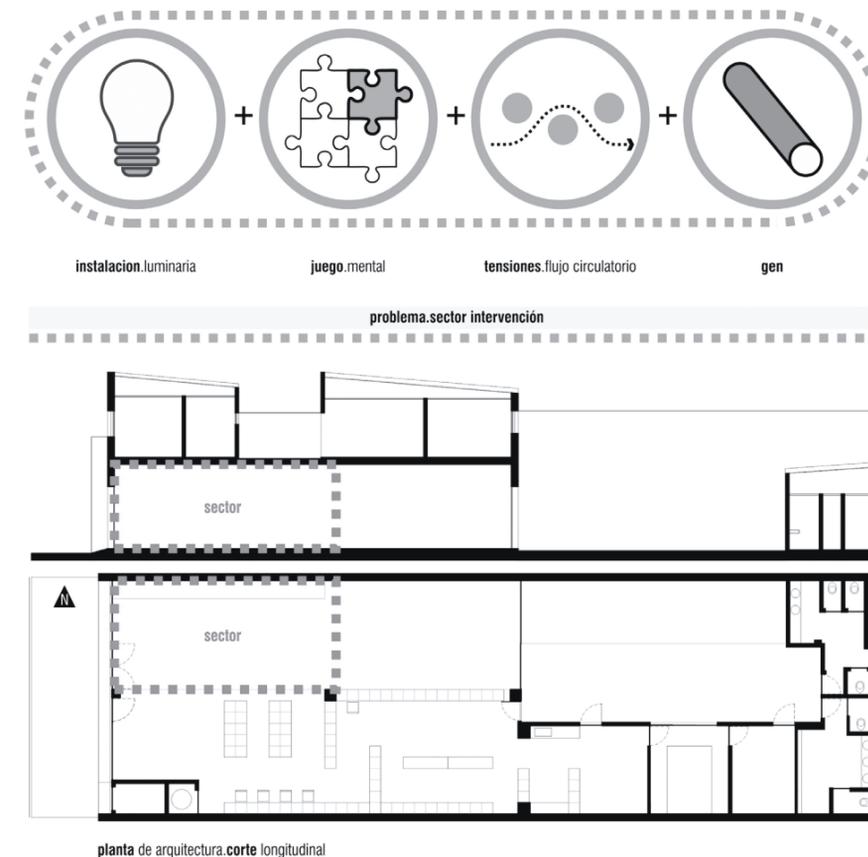


FIGURA 24 | Etapa de proyectación de luminaria/juego para local comercial Warhol Prints, definiciones del sector a intervenir (Santa Fe, 2014). Vista lateral Arquitectos.

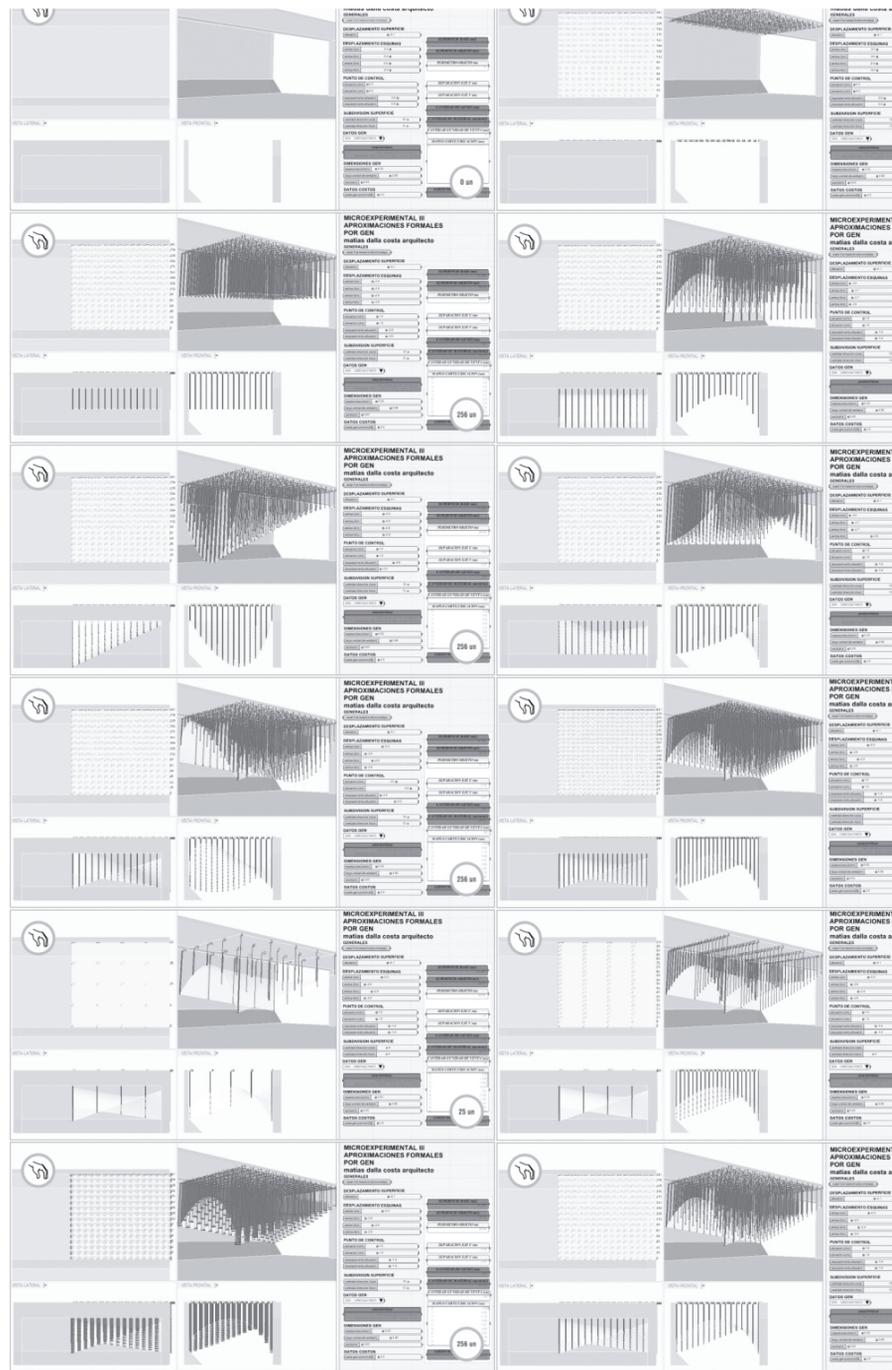


FIGURA 25 | Aproximaciones generadas por el PD/E0, partir del problema planteado, interactuando con el SGD. Capturas de pantalla (2014).

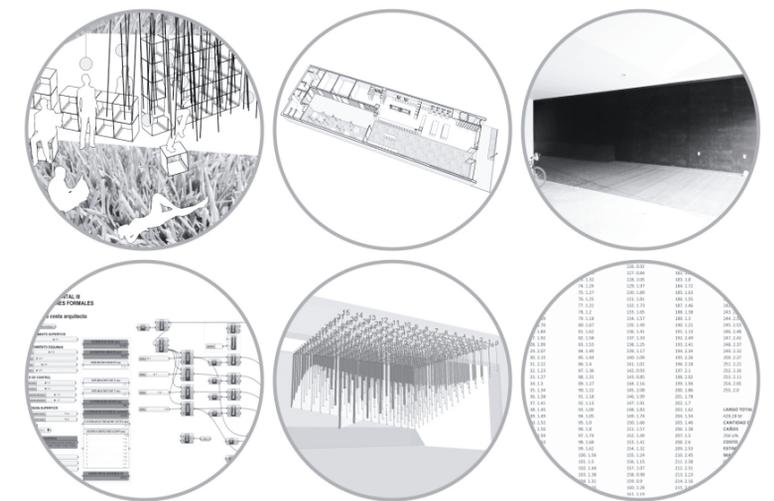


FIGURA 26 | Etapa de proyectación de luminaria/juego para Local Comercial Warhol Prints, especulaciones y resultados de la interacción con SGD desarrollado para el Microexperimental III, diseño y mapeo constructivo (Santa Fe, 2014). Vista lateral Arquitectos.

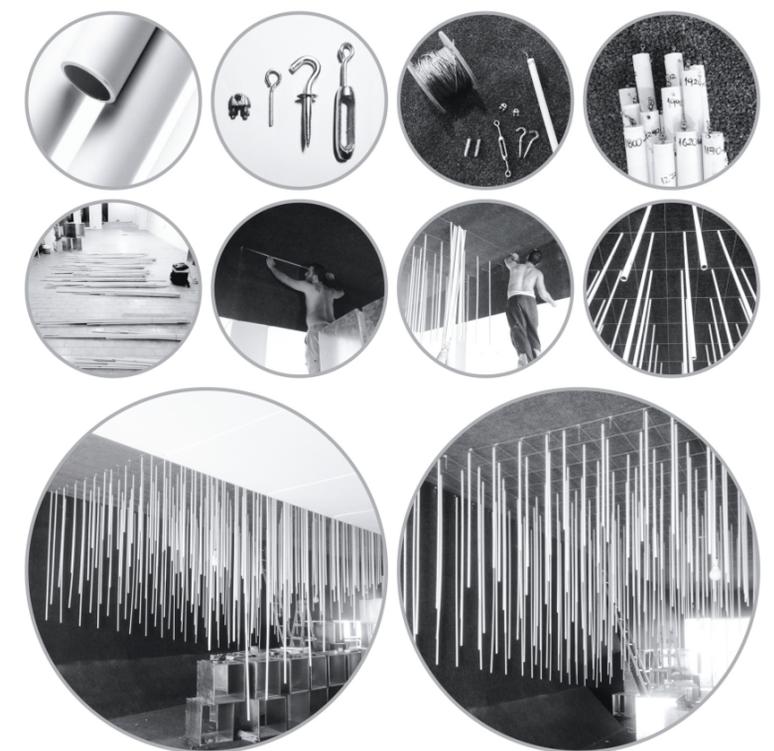


FIGURA 27 | Etapa de construcción y ensamble de luminaria/juego para local comercial Warhol Prints. Gen, estructura primaria, estructura secundaria, accesorios e instructivo de referencias para su ejecución (Santa Fe, 2014). Vista lateral Arquitectos.

**- Datos (editables)**

Gen.  
Dimensiones del gen.  
Superficie base, etcétera.

**- Parámetros no variables (restricciones cargadas en el sistema):**

Características del gen.  
Propiedades del gen.  
Unidad de comercialización.  
Precio unitario, etcétera.

**- Parámetros variables (interacción/intenciones de diseño):**

Estrategia constructiva.  
Distribución del gen.  
Vínculo principal.  
Vínculo secundario, etcétera.

**- Estructura algorítmica asociativa (relaciones/vínculos):****Aproximaciones Projectuales (visualización/resultantes) (Fig. 22 y 23)**

Cómputo de materiales.  
Costo total materiales.  
Mapeo constructivo.  
Tiempo de ejecución, etcétera.

**- Actividades de campo, validación (Fig. 24):**

Planteo del caso/problema: encargo real al PD/EO  
Vista lateral Arquitectos. Proyecto, gestión y construcción del objeto a escala.

Objeto/luminaria para el área de atención al público en local comercial (Warhol Prints, 25 de Mayo 3468, Santa Fe). Ajustados recursos económicos disponibles.  
Tiempo para ideación y ejecución: 7 días.

**- Aproximaciones projectuales (Fig. 25):**

Familias de resultados generadas por los PD/EO, partir del problema planteado, interactuando con el SGD.

**- Reflexión sobre la experiencia:**

El SGD optimizó tiempos de producción, cuantificación de costos y mapeo (referencias gráficas) de instrucciones para la construcción del objeto y permitió cumplir con los requerimientos solicitados por los comitentes.

La resultante proyectual expresó complejidad y riqueza formal, pero su simpleza técnica de fabricación, ensamblaje y armado hizo factible su ejecución.

A su función inicial, luminaria principal, se la conjugó con la posibilidad de interactuar con los genes (instalación/usuarios), a modo de acción lúdica. Esto se logró gracias a las simulaciones espaciales y ajustes dinámicos responsivos disponibles en el sistema (Fig. 26).

*Detalles de la Instalación Luminaria / Juego Warhol Prints:*

Caños para instalación eléctrica de PVC blanco: 256 unidades (gen).

Metraje lineal total 428,28 m.

Costo del total de material (caños): \$ 857,00.

Estructura primaria tensor metálico: 75 m.

Estructura secundaria: accesorios metálicos (tornillos, agarraderas, ganchos).

Costo total de la instalación: \$2000,00.

Tiempo de ensamblaje y armado: 3 días.

**- Futuras prácticas:**

Continuar con tareas de ajuste, verificación e incorporación de datos al SGD.

Aplicar similares estrategias en áreas y necesidades de intervención solicitadas por el comitente.

Brindar el SGD desarrollado a Estudios/Oficinas de arquitectura y otras disciplinas, como ser diseño industrial, diseño y comunicación visual, etcétera.

**CONCLUSIONES**

Los resultados obtenidos y procesados, devenidos de las experiencias desarrolladas, permiten aproximarnos a instancias en donde los SGD aplicados a la arquitectura tienen potencial como instrumento de diseño y para abordar eficientemente problemas tipo multiobjetivo. Pueden ser utilizados en diferentes estados del proceso de diseño, sin embargo estas metodologías digitales, y la simpleza de acercarnos a propuestas cargadas de formalismos y exageraciones técnicas, deben ser operadas como estrategias proyectuales en conexión con las problemáticas y escenarios actuales latinoamericanos. Esto conlleva una reinterpretación (programar) y operar con conciencia estos protocolos generativos «importados», lo que dará lugar a una verdadera crítica local.

En este contexto profesional se hace necesario repensar la situación en la que nos encontramos. Nuevos retos y maneras no convencionales de aproximarse a soluciones están surgiendo. Desde una mirada interdisciplinaria, son sistemas que además posibilitan ampliar los recursos instrumentales de proyectación con los que experimentamos y desarrollamos ideas, de manera de lograr una mayor comprensión de nuestros impulsos creativos. Aquí es donde este trabajo, como consecuencia de las investigaciones y experiencias realizadas, ha expuesto algunas formas de incorporar estas lógicas paramétricas a las prácticas arquitectónicas locales, sin forzar los procesos de ideación análogos/digitales preexistentes y como alternativa complementaria proyectual contemporánea a los cambios ambientales, sociales y económicos.

No fue sencillo, y quizás puede resultar pretencioso, dejar al descubierto preguntas sobre los modos de trabajo arraigados en cada escenario, y hasta en algunos casos induciendo a «poner en crisis o repensarlos». En este panorama, el diseño paramétrico se presentó, para algunos, como una moda pasajera que se olvidará cuando una nueva haga su aparición; para otros, como una pieza fundamental que podría liberarlos de las concepciones clásicas del diseño, permitirnos experimentar con proyectos cada vez más eficientes y sorprendernos ante el descubrimiento de resultados inimaginables generados.

Las experiencias prácticas desarrolladas en el transcurso de la investigación han puesto en evidencia alternativas a la hora de utilizar el ordenador y plataformas de diseño paramétrico (a través de SGD), no para fantasear formas inusuales o complejas comúnmente referenciadas y tan lejos de nuestra condición latinoamericana, sino para «desplazarnos en la complejidad» y pensar como si fuesen una extensión del cerebro, evitando resultantes estáticas y/o cerradas, y recuperar ciertas preguntas o planteos sobre la pertinencia o contemporaneidad de nuestros procesos proyectuales aplicados.

Los SGD expuestos son, en conjunto, una referencia de problemas/búsquedas dentro de una implementación ambiciosa que hasta el momento no ha generado resultados masivos en el ámbito local, pero despiertan curiosidad las estrategias diseñadas inmersas en y para desafíos que asumen cotidianamente los Estudios/Oficinas de la ciudad de Santa Fe.

**PERSPECTIVAS FUTURAS DE TRABAJO**

Indagar en las actualizaciones y bucear aún más en los códigos de programación específicos, permitiendo ampliar destrezas en las plataformas utilizadas y detectar anomalías o sintetizar los sistemas desarrollados.

Continuar con la producción de nuevos SGD, atendiendo a problemáticas que surjan del acontecer diario en las estructuras de trabajo estudiadas (muestra de estudio) y la complejidad contemporánea.

Promover la crítica y la reflexión sobre estos innovadores procesos de proyectación, tanto en el ambiente profesional como en el académico.

Alguien escribió, y en alguna ocasión leí: «sin embargo, los ordenadores no pueden imaginar y el proyecto arquitectónico es infinitamente mucho más complejo que un algoritmo buscando un óptimo». ■



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agkathidis, A. (2009):** *Form defining strategies. Experimental architectural design.* Berlin: Verlag-Tübingen.
- Chiarella, M. (2009):** *Unfolding Architecture. Laboratorio de Representación e Ideación (medios análogos y digitales).* Tesis doctoral. ETSAB-UPC. Barcelona.
- Chiarella, M.; Tosello, M.E. (eds.) (2011):** *Cultura Aumentada. Proceedings of the 15th Iberoamerican Congress of Digital Graphics.* Santa Fe: FADU-UNL.
- De Landa, M. (2000):** *A thousand Years of Non-linear history.* New York: Swerve.
- Dollens, D. (2002):** *De lo Digital a lo Analógico.* Barcelona: Gustavo Gili.
- Dritsas, P. (2004):** *Design Operators.* (MSc thesis). Cambridge: MIT.
- Fraille, M. (2012):** *El Nuevo Paradigma Contemporáneo. Del Diseño Paramétrico a la Morfogénesis Digital. Proyecto UBACyT (056) 2011-2014. Teoría de la Arquitectura en la Contemporaneidad. Proyecto y Creación Científica en las Memorias Descriptivas.* Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo. Universidad de Buenos Aires.
- Guallar, V.; Müller, W.; Male-Aleman, M. (2009):** IAAC (Institute for Advanced Architecture of Catalonia), Prospectus & Projects 2008.09. Barcelona.
- Herrera, P.C. (2013):** Reutilizando códigos en arquitectura como mecanismos de información y conocimiento: De la Programación Escrita a la Visual. En Rodríguez Barros, D.; Tosello, M.E.; Moreno Sperling, D. (eds.): *Didáctica Proyectual y Entornos Postdigitales. Prácticas y reflexiones en escuelas latinoamericanas de Arquitectura y Diseño.* Universidad Nacional de Mar del Plata-SIGraDI.
- Illich, I. (2005):** *From Tools to Systems. En Cayley, D. (ed.), The Rivers North of the Future. The Testament of Ivan Illich (201-204).* Toronto: House of Anansi Press.
- Jencks, C. (2006):** The Volcano and the Tablet. En Jencks, Ch. y Kroft, K. (eds.): *Theories and Manifestoes of Contemporary Architecture.* Chichester: Wiley-Academy.
- Kolarevic, B. (2003):** *Architecture in the Digital Age: Design and Manufacturing.*  
— (2008): *Manufacturing Material Effects: Rethinking Design and Making in Architecture.*
- Labarca, C. (2008):** *MARQ 04. Fabricación y Tecnología Digital.* Programa de Magister en Arquitectura. Facultad de Arquitectura, Diseño y Estudios Urbanos. Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Lee, F.; Save de Beurecueil, A. (2009):** *Articulated Grounds: Mediating Environment and Culture.* London: Architectural Association London.
- Lynn, G. (1992):** *Animate Form.* Nueva York: Princeton Architectural Press.
- Meredith, M. (2008):** *From Control to Design. Parametric/Algorithmic Architecture.* Barcelona: Actar.
- Pons, J.P. (2002):** *Neovanguardias y representación arquitectónica. La expresión innovadora del proyecto contemporáneo.* Barcelona: Edicions UPC.
- Schumacher, P. (2010):** *The Autopoiesis of Architecture.* London: John Wiley & Sons Ltd.
- Terzidis, K. (2006):** *Algorithmic Architecture.* Oxford: Architectural Press.
- Ubeda Blanco, M. (2002):** *La maqueta como experiencia del espacio arquitectónico.* Valladolid.

## ARTÍCULOS EN REVISTAS

- Chiarella, M. (2011):** «Pliegues, Despliegues y Repliegues. Didáctica Proyectual e Instrumentos de ideación.» *Arquitectura Revista*, 1 (7), 63-72. Unisinos.
- Davis, D.; Burry, J. and Burry, M. (2011):** «Understanding visual scripts: Improving collaboration through modular programming.» *International Journal of Architectural Computing*, 9(4), 361-375.
- García Alvarado, R.; Lyon, A. (2011):** «De la Optimización Estructural Evolutiva al Diseño Paramétrico basado en desempeño; experiencias en plataformas integradas para estrategias de diseño multidisciplinares.» *SIGraDi 2011* (Proceedings of the 15th Iberoamerican Congress of Digital Graphics). Santa Fe, 16-18 de noviembre, 201-205.
- Rugarcía, A. (s/f):** «La Interdisciplinarietà: El Reino de la Confusión.» *Universidad Iberoamericana Centro Golfo.* Disponible en: [http://www.anuies.mx/servicios/p\\_anuies/publicaciones/revsup/res098/txt4](http://www.anuies.mx/servicios/p_anuies/publicaciones/revsup/res098/txt4)
- Schumacher, P. (2008):** «Parametricism. A New Global Style for Architecture and Urban Design.» *AD Architectural Design. Digital Cities*, 79(4), 14-23.