

# **V Congreso de Administración y Tecnología para el Diseño**

---

**DIAPHANUS.  
Parametricismo,  
Sensación y  
Sustentabilidad**

**Dr. en Arq. Gabriel Esquivel  
Arq. David Hernández**



**DIAPHANUS. PARAMETRICISMO, SENSACION Y SUSTENTABILIDAD.****Dr. en Arq. Gabriel Esquivel**

Texas A&M University, KRFR, SEEDMX Experimental Studio, College Station, Texas. EU.  
correo: gabe@theoremas.com

**Arq. David Hernández**

Tecnológico de Monterrey, Campus Estado de México, Departamento de Arquitectura  
correo: bioarchitecturestudio@gmail.com

**RESUMEN**

Diaphanus (Transparente en Latín) es un bouquet efímero y flotante. Éste tiene tres componentes: estructura, una superficie teselada y una capa superior de piezas planas y tridimensionales organizadas por agregación. Investigaciones sobre técnicas de fabricación digital, así como en tecnología de recolección de aguas de lluvia fueron realizadas para desarrollar este prototipo de sustentabilidad y sensación.

Rhino 5 y Grasshopper fueron utilizados para el diseño así como para controlar no sólo la secuencia total, si no la cantidad de material. La estructura es básicamente una serie de catenarias dispuestas en una retícula diagonal la cual fue construida de material termoplástico transparente.

La segunda superficie de hexágonos divididos paramétricamente en doce partes triangulares, permitió generar un gradiente con las “flores” 2D a través de la superficie. Una tercera superficie fue generada tomando los puntos centroidales para cada módulo, logrando un efecto en el cual el plano evoluciona en una superficie tridimensional exuberantes, estas “flores” o colectores de agua están hechos de polipropileno translúcido. La técnica de fabricación digital elegida fue a base de cortado laser. La importancia de este proyecto es que refleja una actitud contemporánea del Diseño; la integración del rendimiento sistemático y lo estético a través de parametricismo.

**PALABRAS CLAVE**

Parametricismo, teselación, agregación, sensación, fabricación digital, sustentabilidad.

## INTRODUCCIÓN

Como parte clave de la investigación académica, debemos entender las implicaciones de ciertas tendencias emergentes en el campo de la arquitectura y el diseño, específicamente la fabricación digital. Cuando hablamos de fabricación, deducimos un proceso trifásico: diseño, digitalización, y fabricación. El aspecto digital permite un nuevo nivel de diseño el cual no era posible apenas hace algunos años y marca un parte aguas en cuanto al proceso del proyecto actual en relación a los precedentes que se han probado a través del tiempo.

El concepto básico de fabricación está en el uso de diversas herramientas controladas por computación, las cuales cubren diversas escalas y varios materiales, con la intención de fabricar algo que ha sido generado digitalmente usando un software 3D específico, este proceso tiene la posibilidad de constituir casi cualquier cosa que puede verse en la pantalla.

Esto concepto incluye productos tecnológicos asignados generalmente o mas bien limitados a la producción en masa. La fabricación digital necesita llegar al punto de poder competir con esta producción en masa y con los factores económicos asociados a aquellos productos extensamente distribuidos. Mediante un proceso paramétrico se podrán cambiar diferentes aspectos del diseño y abordar a un punto de personalización del proceso al cliente, y plantea personalización de la producción en masa.

## PLANTEAMIENTO

Este proyecto se enfocó en investigar no solo la integración del proceso operativo (rendimiento sistemático) relacionado con lo sustentable, sino también la actualización de propuestas arquitectónicas virtuales mediante el uso de los procesos de producción computarizados a través de control numérico. Esto nos introduce a la personalización o diferenciación en la producción en masa. La prefabricación y la producción en masa en arquitectura se han acercado convencionalmente por medio de la estandarización de los sistemas de rendimiento operativo del edificio; en cambio, este proyecto se centrará en el desarrollo de los sistemas repetitivos sustentables no estandarizados de un edificio como la captación de aguas pluviales por medio de una superficie operativa-emocional. Esto se logró a base de un estudio de materiales, así como la investigación de una nueva lógica de serialidad la cual es posible mediante procesos paramétricos computarizados.

Este proyecto de fabricación se define como una especie de celosía ornamental ligera y autónoma, cuyo patrón de porosidad (perforación) puede cambiar y desarrollarse gradualmente, serialmente y continuamente; creando un elemento arquitectónico dinámico que regula la luz natural. A su vez es un elemento de protección solar, aislamiento visual y acústico además de ser un sistema de captación de aguas pluviales.

La superficie fue diseñada como un prototipo versátil, multiusos, que puede ser usado como fachada o techumbre.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Diaphanus es una superficie a base de elementos teselados que dan la impresión de movimiento, el efecto ornamental es logrado a base de agregación de diversas capas a la superficie original. El resultado es una sensación visual excesiva-ornamental de los elementos (flores), creando un elemento arquitectónico vivo con la capacidad de poder transformar a un edificio no sólo en cuanto sustentabilidad sino también estética y emocionalmente. Además de entrar al campo que se ha dado en llamar arquitectura de “alto rendimiento”.

La intención de usar la técnica de teselado fue con la idea de cubrir la primera superficie a base de una capa uniforme. Definimos “teselado como el hecho de cubrir una superficie repitiendo un patrón de figuras, de modo que no queden espacios, ni una figura entremedio distinta a la que corresponda, y cuidando que no se traslapen nunca las figuras” (“Digital Fabrication” pág. 36. Iwamoto 2009).

El patrón de cubrimiento o lógica de superficie que usamos fue espaciando las piezas por lo cual no es literalmente un teselado, lo contemplamos como una condición importante dentro de la sensibilidad del diseño al no estar supeditados estrictamente al proceso paramétrico. Como parte precisamente del criterio de sensibilidad, la segunda capa cambia una vez mas la lógica de superficie y los elementos de agregación (flores) se traslapan libremente para crear los efectos de densidad y exceso. Expertos en fabricación como Iwamoto mencionan la importancia de usar un criterio de diseño en la toma de decisiones y no solamente basado en estrictos criterios paramétricos.<sup>1</sup>

### Desarrollo Paramétrico

Como ya se mencionó anteriormente, éste tiene tres componentes: estructura, una superficie teselada, y una capa superior de piezas tridimensionales organizadas a través de agregación. Una serie de investigaciones fueron realizadas no sólo sobre las técnicas de fabricación digital, sino también en tecnología de recolección de agua de lluvia para desarrollar un prototipo que discuta rendimiento sistemático y sensación.

---

1 Dependiendo de la resolución de la teselación, las superficies aproximadas pueden ser lisas y precisas, o con facetas y arrugadas. Aunque es deseable tener un alto grado de exactitud en todo momento, esto no es necesariamente el caso. Es a menudo innecesario el excederse en teselar a la forma: esto da por resultado un modelo de complejo y pesado y en consecuencia una forma a menudo no construible. Al evaluar estrategias de teselación, el objetivo es calibrar la forma inicial de un sistema de construcción, uno puede determinar mejor el tamaño y la resolución de las piezas relativamente a la “intención” total de la geometría y del diseño, y a su vez con respecto a los materiales de construcción y procesos de fabricación”. Iwamoto 2008 .

Este prototipo desde el punto de vista paramétrico podría hacer referencia a un proceso biomimético. “Los algoritmos pueden considerarse como agentes genéticos, son un método de optimización inspirado en la evolución biológica. Utilizando técnicas de mutación y cruzamiento como las que tienen lugar a nivel molecular en los seres vivos, estos algoritmos pueden afinar el diseño de un avión, encontrar el mejor itinerario para un viajero o incluso mejorar el funcionamiento de una red neuronal.” (Vico 2009). Este criterio biomimético continúa en la parte de sustentabilidad a nivel de recolección de agua. Fueron utilizados los softwares Rhino 5 y Grasshopper, los cuales nos ayudaron a generar esta superficie en particular, así como controlar no sólo la superficie (secuencia total) sino la cantidad de material permitido en el presupuesto. En primer lugar, las curvas que delimitan la superficie fueron generadas: estas curvas son básicamente una serie de catenarias. Una vez que la superficie fue generada, la estructura fue determinada como una retícula diagonal (grid) la cual fue construida posteriormente usando manguera transparente de termoplástico.

Basado en los puntos generados por la subdivisión del grid diagonal, una segunda superficie fue generada: ésta superficie fue realizada a partir de hexágonos divididos en doce partes triangulares, las cuáles fueron integradas a una serie de módulos repetidos a través de la superficie. Nosotros incluimos una serie de puntos atractores mismos que cuando modificamos sus valores, nos permitió generar un gradiente con las piezas (Flores 2D-3D) a través de la superficie.

Una tercera superficie fue generada para tomar los puntos centroidales de cada módulo y por medio de los puntos atractores, obtuvimos una elevación de las flores desde el centro de cada hexágono, generando así formas tridimensionales (flores), que todas juntas con las superficies anteriormente generadas, obtuvimos el efecto visual deseado de acuerdo a las direcciones establecidas de sensibilidad, cuando la superficie plana evoluciona en una superficie tridimensional exuberante. Estas flores están cortadas por medio de laser en polipropileno translúcido.

Un sistema de colección de agua de lluvia fue diseñado basado en diversos métodos y tecnologías existentes, su rendimiento operativo está completamente fusionado con el diseño, respondiendo a la sensibilidad estética y dentro de los límites de los procesos de fabricación digital existentes. El objetivo de la instalación fue mantener el proyecto viable desde un inicio.

### **Análisis Paramétrico.**

El análisis de Diaphanus fue desarrollado para integrar variables objetivas, estructura principal para definir las restricciones de diseño. Éstas fueron conceptualmente condensadas a través de fenómenos físicos y de percepción atmosférica. Reactividad y regocijo a la vista como objetivos, brindaron características generativas que fueron desarrolladas a través de software diseñado con scripting visual en Rhino + Grasshopper.

**Metodología:** Construcción de componentes geométricos mediante operadores paramétricos de Grasshopper.<sup>2</sup>

**Restricciones:**

Espacio, Tiempo, Reactividad Material, Costo, Metabolismo.

- Espacio: Área de instalación. Claustro de la Escuela de Diseño, Ingeniería y Arquitectura. Tecnológico de Monterrey CEM, Aulas 6.
- Tiempo: 6 semanas
- Material: (Polipropileno). Dimensión de maquinado / Reactividad / Impacto visual / Peso.
- Costo: 15,000 pesos.
- Metabolismo: Captación de agua. /Sistema de filtración.

**Restricciones espaciales.**

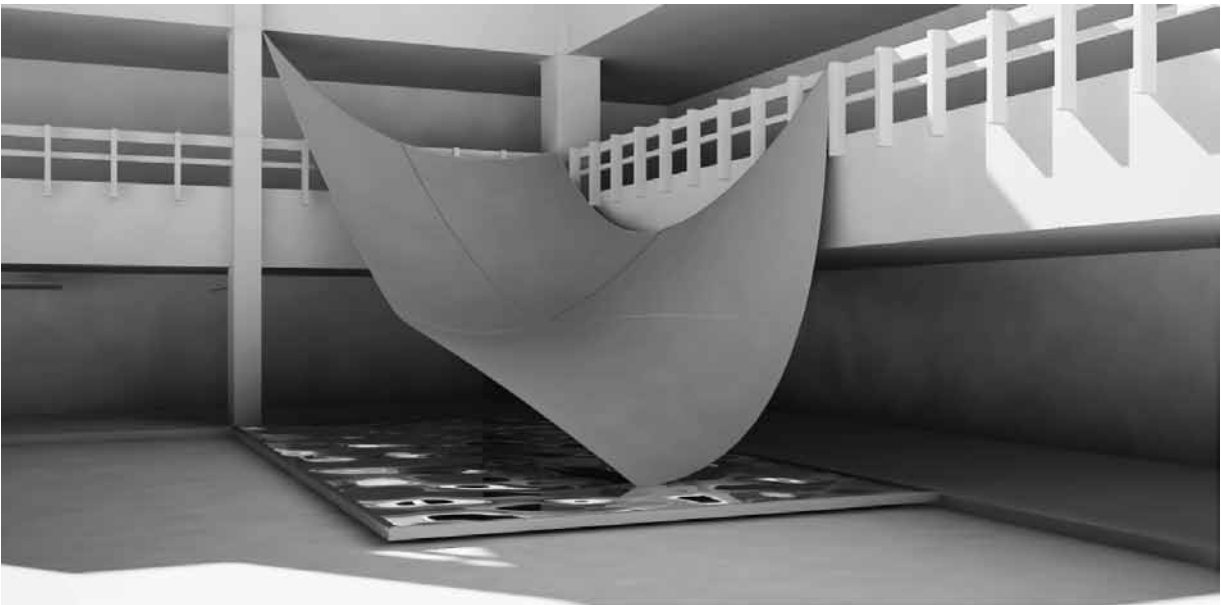


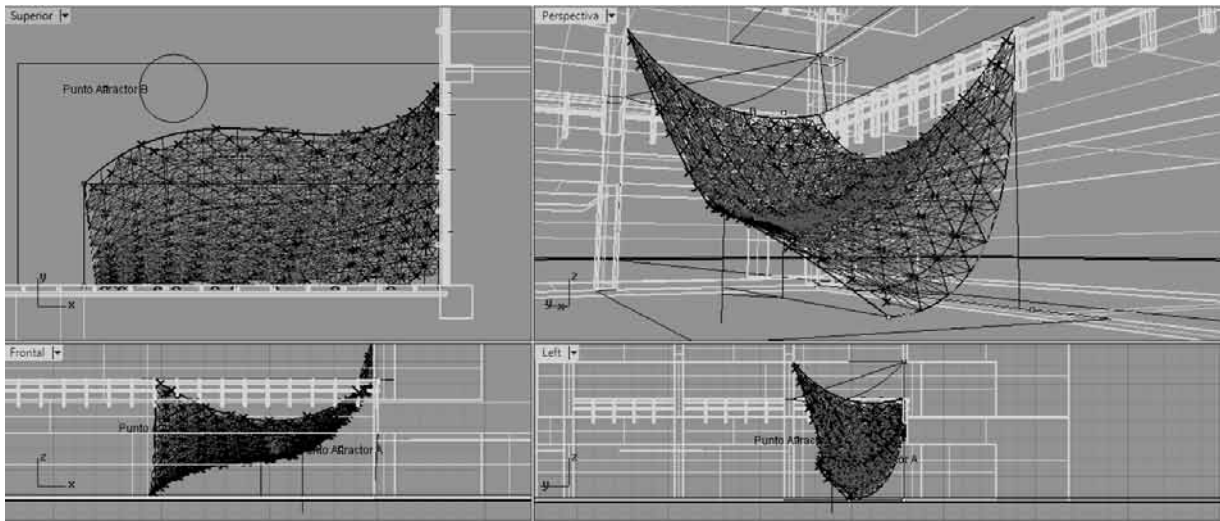
Figura 1. Composición de superficie base. Render1\_Aulas6. Arq. David Hernández. 2011

Construcción Geométrica: Superficie de doble curvatura base.

Componentes geométricos: Curvas y puntos.

Operación geométrica: Red de curvas.

2 "Diseño Generativo" 2. Introduction to Grasshopper programming. Webinar David Rutten 2009. <http://vimeo.com/28175502>

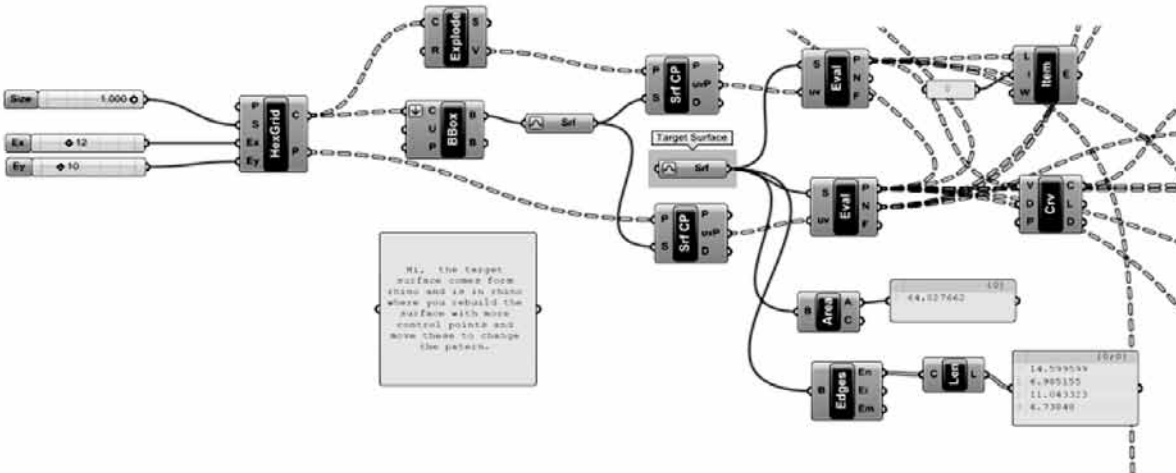


**Figura 2. Descomposición de superficie y composición de flores.**  
 Descomposición de superficie en sub superficies hexagonales\_Aulas6. Arq. David Hernández. 2011.

Construcción Geométrica: Paneles hexagonales.

Componentes geométricos: Grid de puntos en superficie base.

Operación geométrica: Curva interpolada por puntos, grado 2 de la curva.



**Diagrama 1. Programación visual en Grasshopper - Descomposición de superficie y composición de flores.**



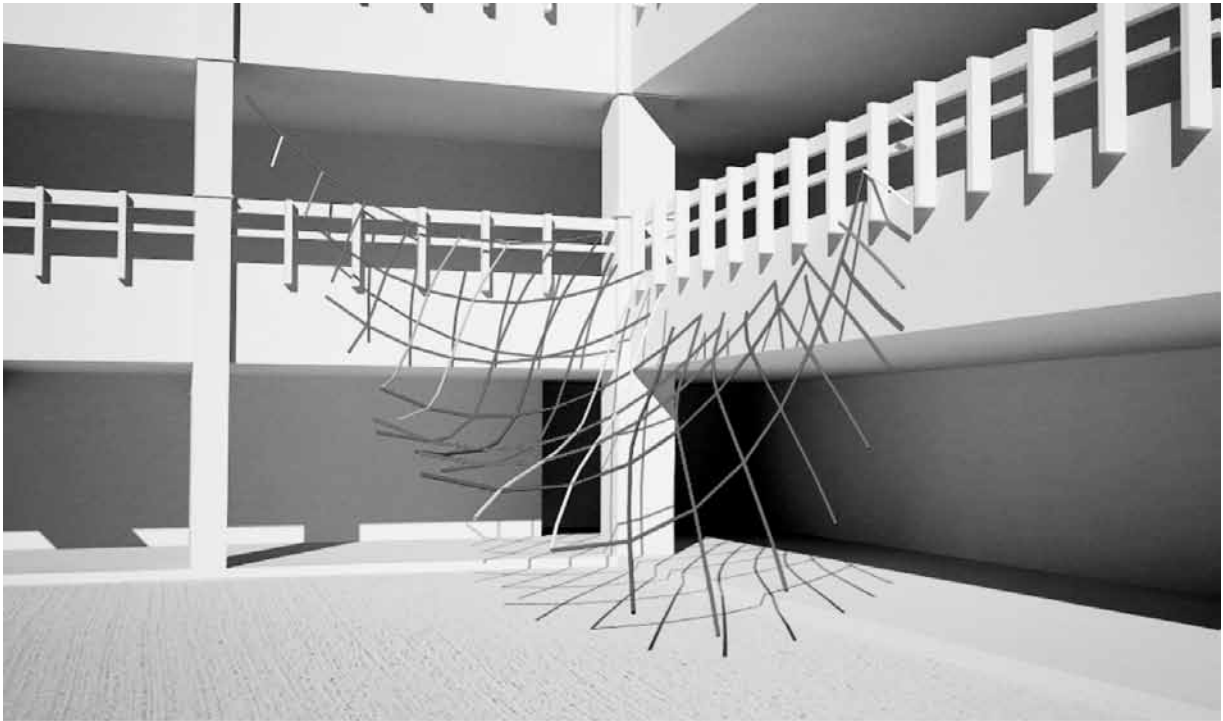


Figura 3. Generación de estructura. Render2. Arq. David Hernández. 2011.

Construcción Geométrica: Estructura tubular.

Componentes geométricos: Isocurvas de la superficie base.

Operación geométrica: Curva Interpolada por puntos / Data match por series numéricas / Pipe: 1 pulgada de ancho.



Figura 4. Descomposición de flores 3d | Deformación paramétrica. Render3. Arq. David Hernández. 2011.

Parametrización morfológica: Texturización: optimización de flores hexagonales para el máximo rendimiento de la estructura como cubierta de captación pluvial, así como exuberancia estética de la instalación.

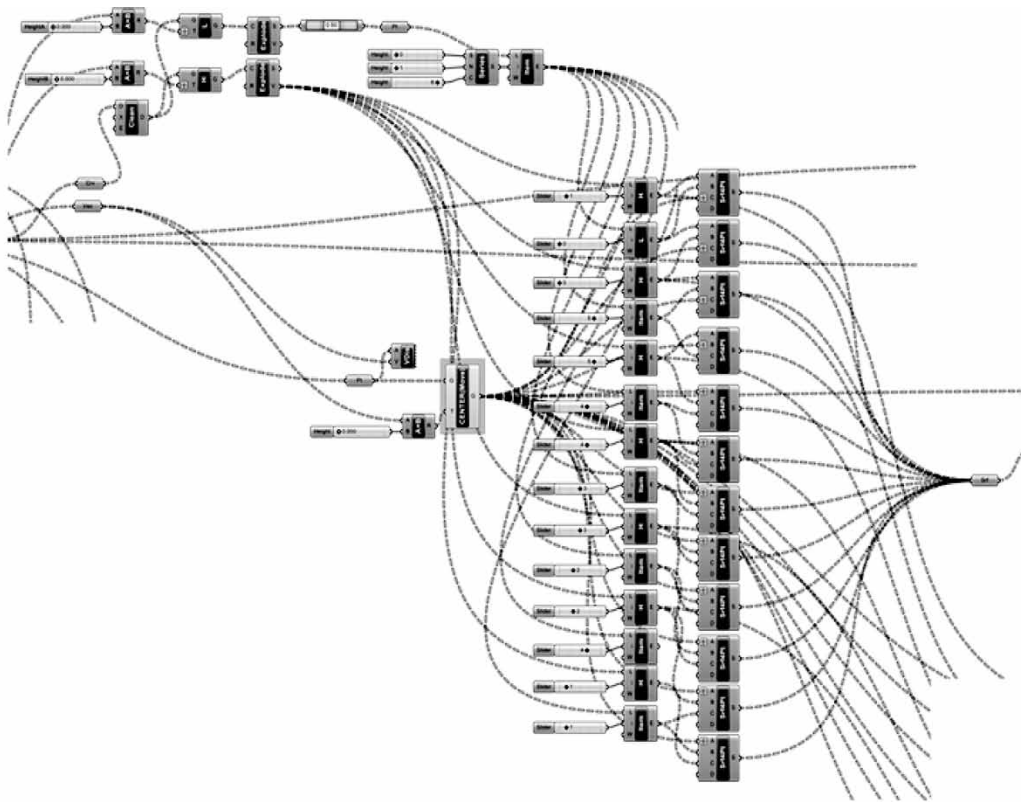
Construcción Geométrica: Descomposición de hexágonos en triángulos.

Componentes geométricos: Hexágonos mapeados en superficie base.

Operación geométrica: Plano x, y, de cada pieza / Explode en curvas y vértices / Superficie generada por 3 puntos seleccionados con series numéricas.

Proceso:

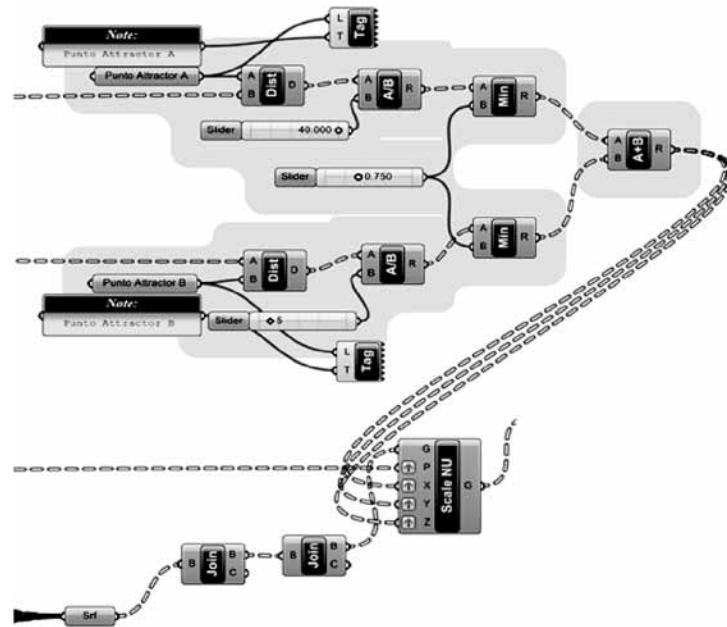
Mapeo de un patrón hexagonal regular hacia la superficie base. Al generarse la panelización hexagonal en la superficie, se descomponen los hexágonos en sus elementos, triángulos, bordes de los triángulos y vértices con componentes de Grasshopper.



**Diagrama 2. Composición de hexágonos y descomposición triangular.**  
GH Programación: Descomposición de hexágonos Arq. David Hernández. 2011<sup>3</sup>

3 Componentes de scripting en Grasshopper: [http://www.liftarchitects.com/storage/research/Grasshopper%20Primer\\_Second%20Edition\\_090323.pdf](http://www.liftarchitects.com/storage/research/Grasshopper%20Primer_Second%20Edition_090323.pdf)

Restricciones de material y metabólicas.

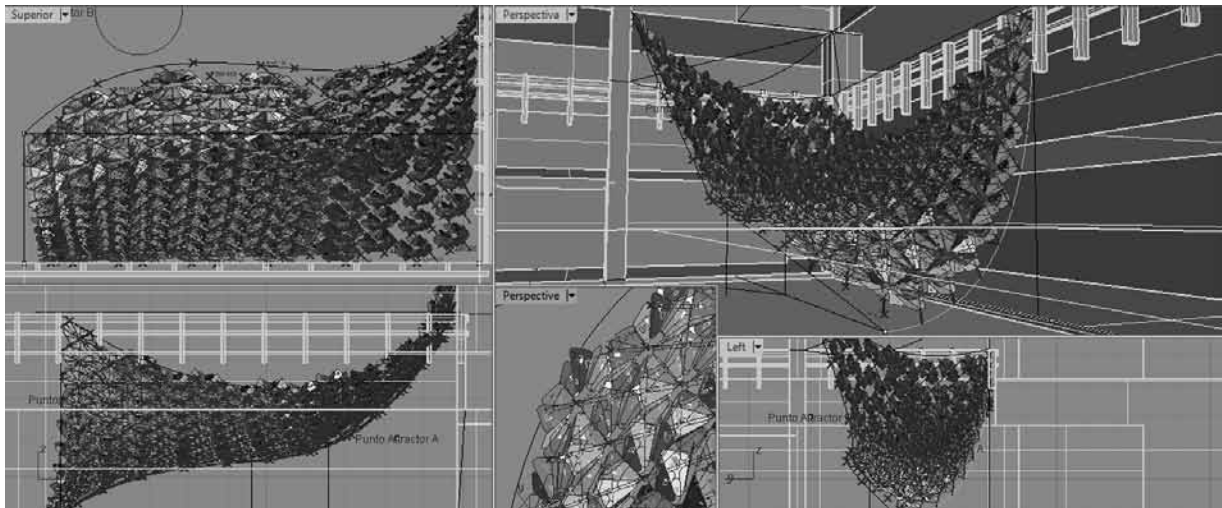


**Diagrama 3. Optimización geométrica de las flores.**  
GHProgramación: Sistema de 2 puntos Atractores. Arq. David Hernández. 2011.

Construcción Geométrica: Optimización de flores hexagonales.

Componentes geométricos: Hexágono de 12 triángulos en sus planos base x, y.

Operación geométrica: Reactividad Puntos Atractores<sup>4</sup> (4). Plano de cada pieza / Scale x, y, z. /



**Figura 5. Análisis de material y captación pluvial. Gradiente de color, Análisis: volumen de material por flor\_Diaphanus.**  
Arq. David Hernández. 2011

4 Un atractor es un set de estados (puntos en espacio fase), invariable bajo dinámica, generando un estado de atracción vecinal asintóticamente aproximándose en el curso de una evolución dinámica. Un atractor está definido como la unidad más pequeña la cual no puede ser descompuesta en dos o más atractores con distintas bases de atracción. La restricción es necesaria desde que el sistema dinámico puede tener múltiples atractores, con su propia base de atracción. <http://mathworld.wolfram.com/Attractor.html>

Construcción Geométrica: Flores hexagonales optimizadas. / Material y máxima área de captación pluvial.

Componentes geométricos: Hexágonos de 12 triángulos en sus planos base x, y.

Operación geométrica: Puntos Atractores(4). Plano de cada pieza / Mover vértices de triángulos en eje z por reactividad del attractor.

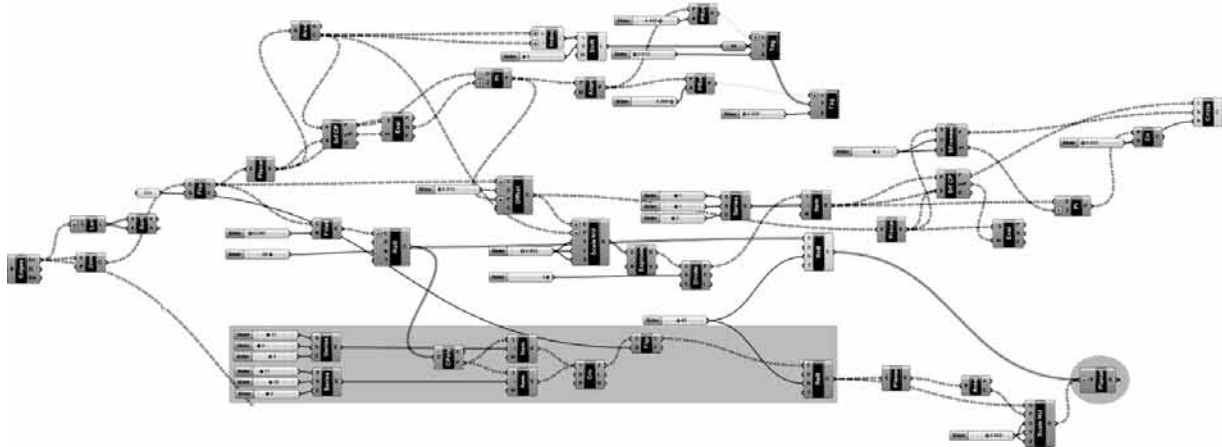


Diagrama 4. Etiketado. GH Programación: Sistema de Etiketado de piezas con series numéricas.  
Arq. David Hernández. 2011

Construcción Geométrica: Flores hexagonales optimizadas. / Etiketado.

Componentes geométricos: Flores hexagonales.

Operación geométrica: Etiketado en plano x, y, z de cada pieza. / 3D Tag.

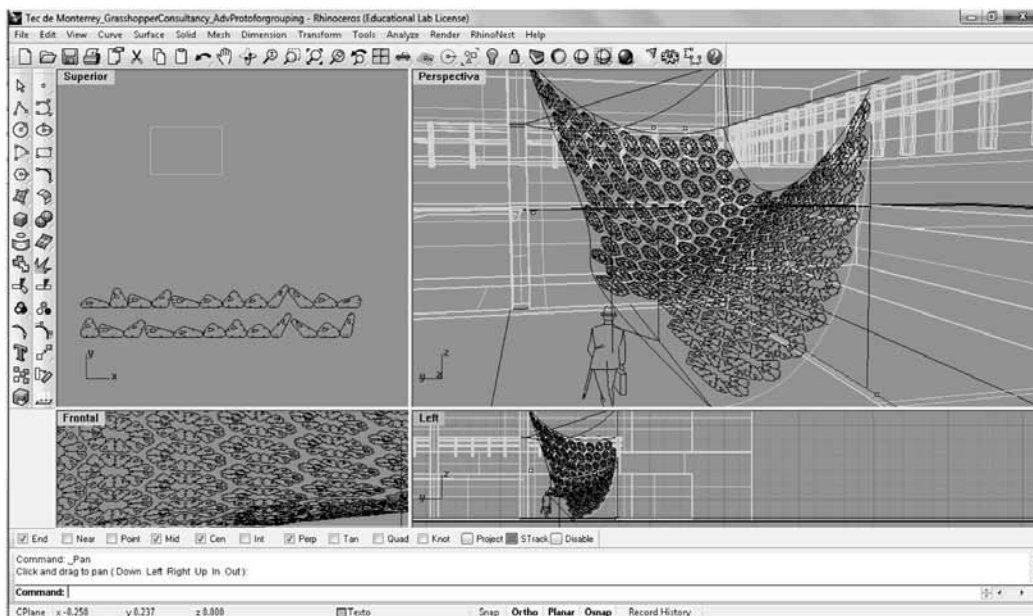


Figura 6. Indexación de componentes (flores 2d-3d) / asignación serial de etiquetas.  
Impresión de Pantalla\_Rhino5\_IndexPiezas y despliegue de piezas en plano x, y. Arq. David Hernández. 2011.

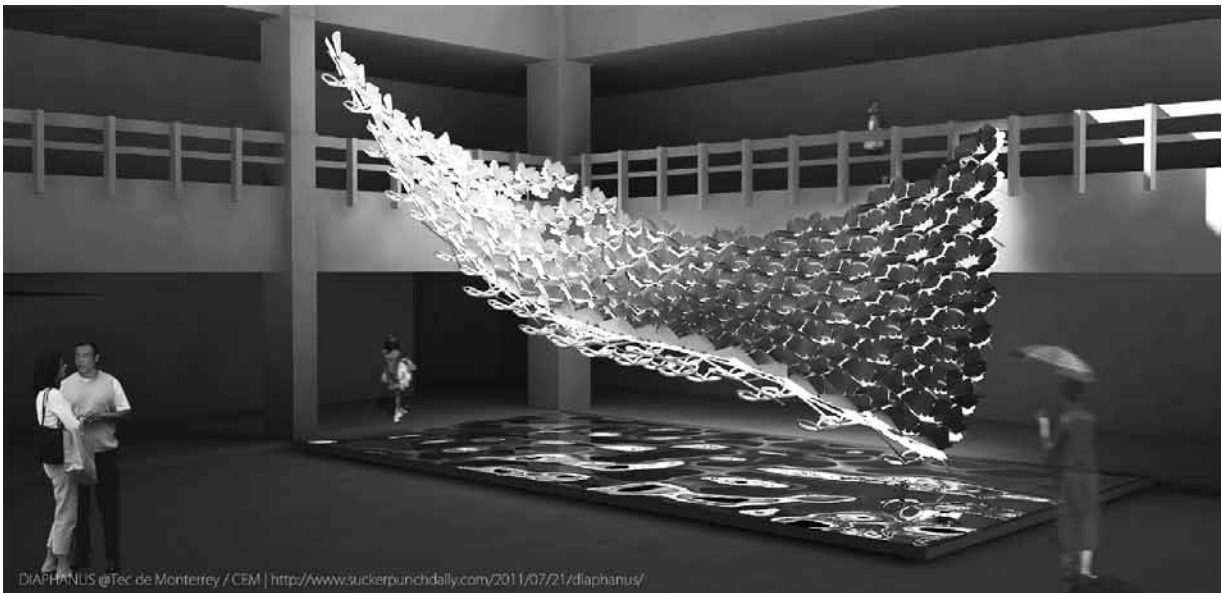


**Figura 7. Packing: Empaquetado de geometrías dentro de área máxima de material.  
Composición de Piezas para corte laser. Arq. David Hernández. 2011.**

Construcción Geométrica: Rutas de corte para cnc.

Componentes geométricos: Pétalos de flores en área máxima de material.

Operación geométrica: Unroll, aplanado de geometría 3D a 2D en verdadera forma y magnitud.



**Figura 8. Visualización de organización y ensamble de la instalación.  
Render 4 Estudio Morfológico: Iluminación e impacto atmosférico. Arq. David Hernández. 2011.**

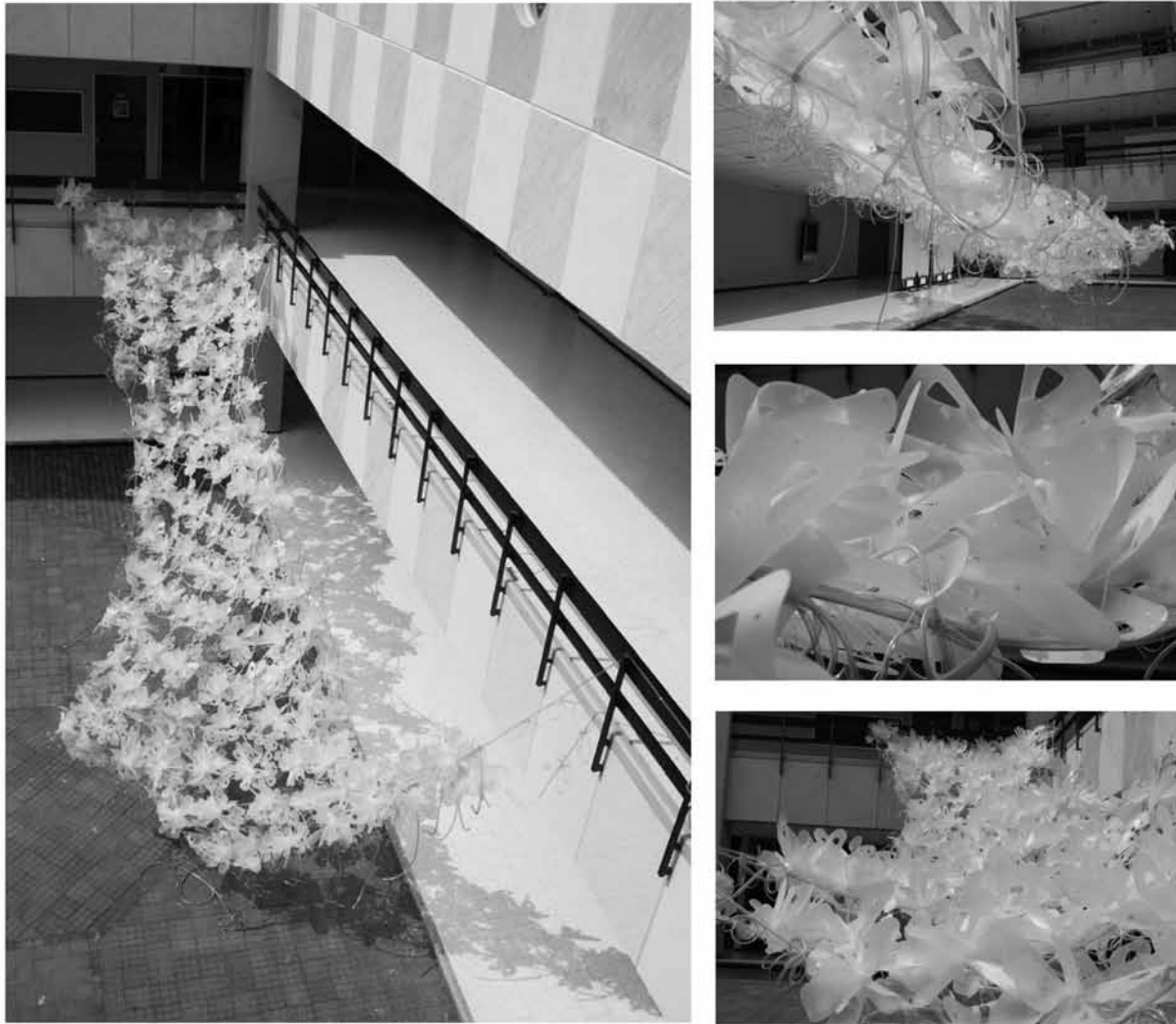


Figura 9, 10, 11 y 12. Prototipo Diaphanus.  
Diaphanus @Tec de Monterrey. Aulas 6. LDI\_Prototipos Avanzados 2011. Fotos: Gabriel Esquivel.

## Sensación

“Sensación es lo que determina el instinto en un momento particular, el instinto como es el paso de una sensación a otra, la búsqueda de “la mejor” sensación (no la más confiable, pero la que llena la carne en un momento particular de su descensión, contracción, o dilatación).”

*Giles Deleuze “La Lógica de la Sensación”*

Vivimos una época de experimentación, es un momento para pensar en las diversas maneras de cómo la arquitectura no solo nos afecta hoy pero como nos seguirá afectando en el futuro. ¿De qué forma la arquitectura debe sentirse la arquitectura?. La idea detrás de este proyecto es resolver no solo los problemas de rendimiento sistemático y sustentable sino llegar al diseño de Afectos que produzcan sensaciones. Esta revisión del discurso arquitectónico como una nueva manera de integración, plantea la siguiente pregunta: ¿Podemos encontrar dentro de la arquitectura misma (incluyendo sus sistemas) las respuestas para proyectar un futuro tendiente una nueva cultura tecnológica?

La idea está inspirada en Gilles Deleuze en el discurso planteado en “La Lógica de las Sensaciones” a lo que hemos dado en llamar “Materias de sensación”; esta propuesta se arraigó fuertemente después de la exhibición la cual lleva el mismo nombre que se efectuó en el *Artist Space* de Nueva York en 2009. Se enfocó en un materialismo evolutivo en arquitectura por un grupo de arquitectos contemporáneos emergentes, en busca de un “materialismo sensual”, es decir; un materialismo afluyente de sensaciones en lugar de un materialismo abstracto de materia pura. La búsqueda de sensaciones en estas prácticas contemporáneas constituye una forma nueva de investigación artística que implica una arquitectura materialista/sensualista evolutiva que se mueve hacia un nuevo sistema de relaciones entre la forma, la percepción y la acción, al mismo tiempo lejos del reino de la subjetividad o de la fenomenología. (Revista *Architect* Sept. 2008).

Diaphanus se organiza como ecosistema atmosférico, una ecología completa de los objetos generadores de sensación. Verdaderamente experimental en su esencia y desplazándose a un propósito práctico directo. La Revista *Architect* los define de la manera siguiente, “este tipo de objetos son potencial puro, artefactos materialmente formados y vehículos verdaderos para la innovación arquitectónica”. (Sept. 2008)

La aplicación de un prototipo como Diaphanus es mucho más clara cuando se relaciona directamente a un edificio y éste se transforma físicamente; de manera alterna transforma los alrededores o la atmósfera que envuelve al espectador, así como la posibilidad de producir un Afecto en su estado emocional, esto sucede a través del juego espacial del impacto o del desplazamiento de la luz de superficies teseladas y agregadas, produciendo a la vez un aspecto atmosférico y de sensación.<sup>5</sup> El problema crítico sobre estas superficies fue en un principio que estas no pretendían resolver problemas, o crear oposiciones. Estaban basadas en la fascinación con las formas arquitectónicas que inducen a la sensación, mas enfocado a la fantasía, ciencia ficción, pero sobretudo acerca de la experimentación de placer. (Revista *Architect* Sept 2008).

5 “Durante los últimos diez años, el término *Afecto* se ha ido infiltrado a través del discurso arquitectónico y a pesar de que algunos aseguran que *Afecto* no involucra ansiedad y excitación, condición que es comparablemente inerte y a su vez compatible con la ausencia completa del elemento sensual, generalmente distinguido de la pasión. El *Afecto* ha sido mal entendido en cuanto a sus implicaciones en relación a lo expresivo de la forma y a su vez difícil de medir en términos científicos. Para poder crear un cambio real dentro del ámbito de la expresión, los generadores de nuevas formas debemos desafiar a la noción de que el Afecto está separado de lo sensual y lo erótico. El objetivo de esta nueva forma será el restablecer el balance propio lo emotivo y lo cognitivo dentro de las tecnologías de diseño dedicadas a atender las necesidades humanas”. (Esquivel 2008) .

Diaphanus pertenece a otro criterio en el cual las superficies no son sólo acerca de sensaciones sino que introduce aspectos de rendimiento operativo con consecuencias sustentables. Por esta razón uno de los objetivos para crear este prototipo fue el de integrar el aspecto del rendimiento sistemático operativo del edificio de manera que sobrepase la ingeniería hacia lo ornamental, cuestionando la dialéctica del exceso y la eficiencia en arquitectura a favor de una integración más compleja entre ambos. El proceso recurrente proporciona un modelo para una regeneración dinámica entre los excesos y las eficacias y poder crear innovación y elegancia.

## SUSTENTABILIDAD

### Captación

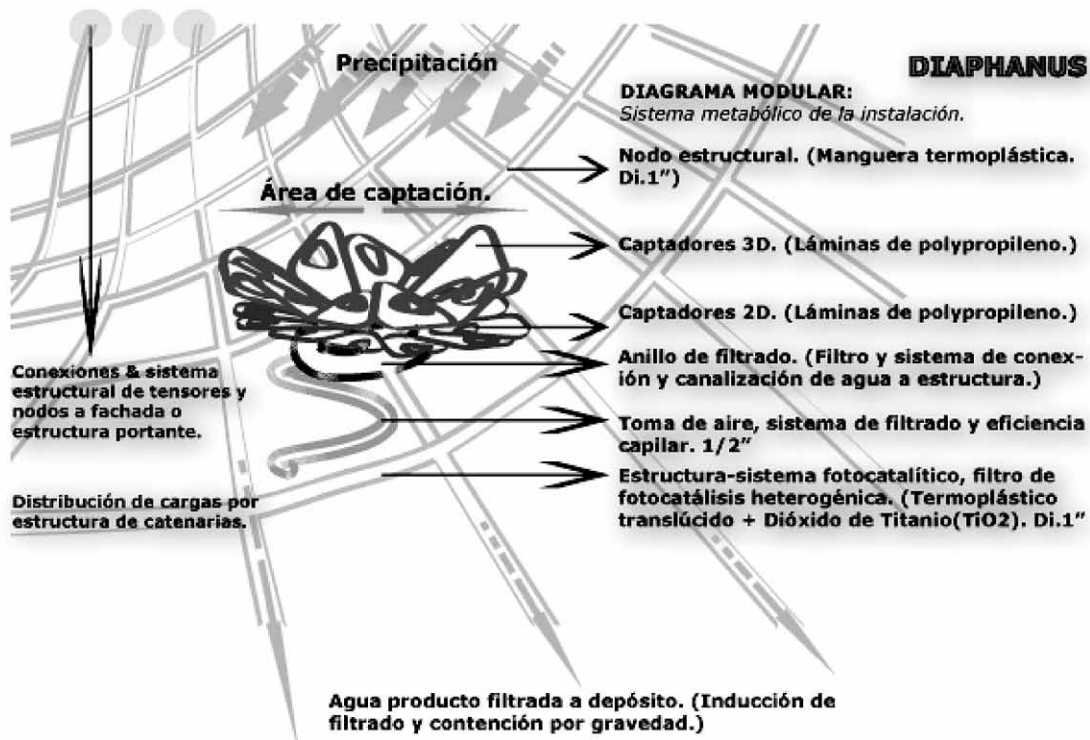


Diagrama 5. Sistema metabólico de la instalación. Diaphanus Sistema de captación y filtrado. 2011.  
Gabriel Esquivel & David Hernández M.

La captación de aguas pluviales normalmente está conformada por el techo de la edificación. Sin embargo nuestro prototipo se basa en la idea de usar una superficie con una geometría compleja e infinidad de caras las cuales conforman las "flores", mismas que actúan de una forma biomimética, es decir similar a cómo las flores naturalmente actúan al contacto del rocío absorbiendo humedad. Lo llamamos biomimético desde el punto de vista de Janine Benyus en "Biomimética, Innovación



Inspirada por la Naturaleza”, (2002)” En una sociedad acostumbrada a dominar o a “mejorar” a la naturaleza, esta respetuosa imitación es una nueva forma radical, en realidad una revolución. Desde este criterio argumentamos que no solo son procesos digitales los generativos sino operaciones y propiedades análogas como desarrollar el sistema de flujo del agua de este prototipo definido como capilar.

El material seleccionado para la fabricación de las flores, es a base de láminas de polipropileno reciclado con textura para facilitar el factor de adherencia del agua a la superficie. La composición de las flores de acuerdo a nuestra investigación y bajo los lineamientos de expertos en este material como son Petroquim, Compañía Colombiana, son copolímeros que contienen sólo ciertos monómeros de propileno a lo largo de su cadena polimérica, esto es con la idea de aumentar su resistencia a los rayos ultravioleta. Su estructura presenta un alto grado de cristalinidad; el problema es que puede ser quebradizo ante el impacto; a la tensión y compresión. Una de sus desventajas, como mencionamos anteriormente, es que tiene baja resistencia a la radiación ultravioleta, pero se puede paliar mezclándolo con otras sustancias químicas (estabilizadores) que aumenten dicha resistencia, que es lo que proponemos. Tiene una transparencia moderada, lo cual era un factor de diseño importante. No es recomendado para uso a temperaturas inferiores a 0°C, sin embargo para ser empleado en diferentes latitudes debe ser reevaluado el tipo de material a la composición polimérica.

De acuerdo a al Guía de Diseño para Captación del Agua de Lluvia (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente División de Salud y Ambiente. 2001), los materiales normalmente empleados en la construcción de superficies para la captación de agua de lluvia son la plancha metálica ondulada. La plancha metálica es liviana, fácil de instalar puede resultar costosa además de presentar un aspecto tradicional en cuanto a la separación de los sistemas operativos de rendimiento y lo estético. Debido a esto decidimos que el prototipo de captación “Diaphanus” fuera una superficie sumamente ligera que no requiere complejidad de instalación, literalmente se puede “colgar de puntos específicos del edificio como fachada/celosía o como techumbre atmosférica.

### **Circulación y Filtración.**

En el caso de que el sistema llegue a captar materiales indeseables, tales como semillas, excremento de aves, hojas etc. éstas se quedarán atrapadas en la superficie de las “flores” de captación. Estas flores cuentan con filtros de carbono conectándolas al sistema capilar (mangueras), éste es un proceso por el cual las moléculas impuras se adhieren a la superficie de carbón activado. La adhesión es debido a atracción electroquímica; ya que el agua ha sido filtrada, ésta circula a través de la red estructural continuando el proceso de purificación. Es precisamente por eso la necesidad de dos o mas puntos de filtros de carbono además de los efectos de purificación por medio de los rayos solares que explicaremos mas adelante. Usaremos filtros hechos en acero al carbón de alta resistencia y recubrimiento interno de polietileno para evitar la corrosión.

El agua finalmente termina en un tanque de almacenamiento para uso posterior. El área total de la superficie plana es de 167.6 m<sup>2</sup>. Por la agregación de las flores se incrementó la superficie de captación a 411.48 m<sup>2</sup>.

Existen múltiples sistemas de filtrado que van desde la simple eliminación de las impurezas mas gruesas hasta los sistemas que permiten la potabilización y el pleno uso del agua. El uso de tres etapas de filtración: la primera a nivel de la flor, la segunda a nivel de las intersecciones y finalmente por radiación solar. Este sistema capilar requiere poco mantenimiento; es fácil de sustituir las válvulas. El tamaño y proporción de la superficie depende del área por cubrir lo cual como se menciona anteriormente es fácil de adaptar paramétricamente, es decir, un proceso de individualización. Los conductos a su vez deben dimensionarse correctamente para evitar que se desborden o presenten oclusiones y que se llegue a desaprovechar parte del agua.

Según Blanco, Malato, Estrada Gasca, Bandala, Gelover y Leal (1996) el método a base de radiación solar denominado “fotocatálisis heterogénea” permite eliminar la contaminación microbiana y química (orgánica y de metales tóxicos) de manera sencilla y a muy bajo costo. La manera como funciona es se impregna la tubería con un foto catalizador (en este caso dióxido de titanio) esferas de porcelana o anillos de vidrio impregnadas con esa sustancia.

El sistema de distribución que a su vez es el sistema estructural conformado a base de una retícula de manguera de termoplástico la cual conduce a través de su red el agua de lluvia, en ciertas partes de la intersección de la retícula existen otras válvulas de cruz las cuales filtran un vez mas el agua. Las salidas de las válvulas no solo conducen el agua sino que ayudan a agilizar los flujos de aire en las partes convergentes del torrente de agua. Estas tomas de aire están expresadas en la superficie a manera de “mangueras colgantes” como ornamento que a su vez contribuyen a los llamados Afectos de la superficie. Una vez terminada la etapa de prototípico se deben realizar mediciones para cuantificar el sentido operativo de flujo en esta ‘capilaridad’. “En la tobera se obtendrán las distribuciones de presión a lo largo de su eje y se compararán con las obtenidas a partir de la ecuación de Bernoulli suponiendo despreciables las pérdidas de carga”. (Rivas & Gorka 2007-2008)

La ventaja del sistema capilar es que existen varias vertientes y evita que solo exista un conducto que lleve el agua purificada al almacenamiento. En la tubería se medirán las presiones en diferentes secciones a lo largo de su longitud. Con estas mediciones de presión se podrá establecer a partir de qué sección aguas abajo de la entrada de la tubería este flujo se puede considerar completamente desarrollado. En la zona donde el flujo en la tubería está completamente desarrollado se podrá obtener la pérdida de carga a partir de las presiones medidas y también el factor de fricción de Darcy con la medida del caudal. (Rivas & Gorka 2007-2008)

## **Almacenamiento**

En el diseño del dispositivo se debe tener en cuenta el volumen de agua requerido para lavar la superficie, no se lograron obtener datos específicos, sin embargo el dato sobre que se usa generalmente es de 1 litro por m<sup>2</sup> de superficie.

El volumen de agua resultante del lavado de la superficie es recolectado en un tanque de plástico. Este tanque debe diseñarse en función del área de colección para lo cual se podrán emplear recipientes de 40, 60, 80 ó 120 litros, necesaria para el consumo diario de las personas beneficiadas con este sistema. (Guía de Diseño para Captación del Agua de Lluvia, 2001).

## **CONCLUSIONES**

La importancia de este prototipo es que nos introduce al cambio de paradigma primeramente en cuanto a su postura ante el diseño a nivel industrial. Propone un cambio de la producción en masa a la personalización, concentrándose en el desarrollo de los sistemas repetitivos sustentables no estandarizados de un edificio como la captación de aguas pluviales por medio de una superficie operativa-emocional. Esto se logró a base de la investigación de una nueva lógica de serialidad la cual es posible mediante procesos paramétricos computarizados.

Sin embargo a su vez lo llamamos no solo “generativo” en cuanto a su proceso paramétrico pero en realidad forma parte de una manera de pensar biológico-generativa la cual denominamos como biomimética. Desde este criterio argumentamos que no solo son procesos digitales generativos sino operaciones y propiedades materiales como el sistema de flujo del agua de este prototipo desarrollado como un sistema operativo capilar. Es parte de un nuevo paradigma de proyectos llamados de “Alto Rendimiento” debido a que el sistema de colección de agua de lluvia fue diseñado basado en diversos métodos y tecnologías existentes tanto de punta como tradicionales, su rendimiento operativo esta completamente fusionado con el diseño, respondiendo a la sensibilidad estética y dentro de los límites de los procesos de fabricación digital existentes, es decir “integración completa”.

Este prototipo cuestiona los clásicos argumentos en cuanto la a separación de la exuberancia estética y la eficiencia en arquitectura a favor de una integración más compleja entre ambos. “Diaphanus” es un elemento arquitectónico vivo con la capacidad de poder transformar a un edificio no solo en cuanto sustentabilidad sino estética y emocionalmente. Este tipo de proyectos incorpora todas los factores que forman parte del diseño tomando un criterio inclusivo en el cual diseño tradicional análogo, diseño paramétrico, fabricación, materialidad, rendimiento operativo, sensación y sustentabilidad; todos éstos han sido integrados a la vez, evitando la necesidad de “ingeniería reversa”. Diaphanus cuestiona los límites de lo que consideramos arquitectura y diseño industrial.

**REFERENCIAS**

- Archinect News Revista en Línea. *Matter of sensation*. September 2008.  
<http://archinect.com/news/article/80179/matters-of-sensation>
- Benyus J. M. 2002. *Biomimicry*. Innovation Inspired by Nature. ISBN 0-06-053322-6 (reissue). Harper Perennial.
- Blanco Gálvez J, Malato Rodríguez S, Estrada Gasca C.A., Bandala E. R, Gelover S. Leal T. *Purificación de Aguas por Fotocatálisis Heterogénea: Estado del Arte*. Editorial Instituto de Estudios Almerienses, Almería 1996. páginas 52-54. En línea.  
<http://www.psa.es/webeng/solwater/files/CYTED01/08cap03.p>
- Deleuze G. 2002-2005, Francis Bacon, *Lógica de la sensación*. ISBN: 84-95897-07-5. Arena Libros. Madrid.
- Esquivel, G. 2009. *Affect and emotion: Architecture is a thing of art*. Presented at ACSA Southeast Fall Conference, Savannah, Georgia.
- Guía de Diseño para Captación del Agua de Lluvia (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente División de Salud y Ambiente. 2001. Unidad de Apoyo Técnico en Saneamiento Básico Rural (UNATSABAR). Organización Panamericana de la Salud. Oficina Sanitaria Panamericana - Oficina Regional de la Organización Mundial de la Salud. Lima, Perú.
- Iwamoto L. 2009. *Digital Fabrications. Architectural and Material Techniques*. ISBN 978-1-56898-790-3. Princeton Architectural Press.
- Rivas A. Sánchez G. 2007-2008. *Flujo de Aire a Través de Tuberías y Toberas*. Universidad de Navarra Escuela Superior de Ingenieros. Laboratorio de Mecánica de Fluidos.
- Vico F. J. 2009. *Biomimética: Biología artificial*. Encuentros UMA. Revista Encuentros 31. Universidad de Malaga 2009. En línea.  
<http://www.encuentros.uma.es/encuentros31/biomimetica.html>
- Grasshopper Primer: [http://www.liftarchitects.com/storage/research/Grasshopper%20Primer\\_Second%20Edition\\_090323.pdf](http://www.liftarchitects.com/storage/research/Grasshopper%20Primer_Second%20Edition_090323.pdf)
- Vassileios Kourkoutas. *Parametric Form Finding in Contemporary Architecture. A master's thesis submitted for the degree of "Master of Science"*. Supervisor: o.Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. phil. Georg Franck-Oberaspach Univ.-Lect. Dipl.-Ing. Gabriel Wurzer. Wien 2007.
- Diagrama: Metodología del Diseño Generativo. Bio|Architecture Studio, *Investigación de los procesos de diseño*. Arch.Eng. David Hernandez Melgarejo. 2010 <http://bioarchitecturestudio.files.wordpress.com/2011/09/generativedesignmethodology.png>
- Edward N. Lorenz (1996), *The Essence of Chaos*, ISBN 0-295-97514-8.

**ACERCA DE LOS AUTORES**

El Mtro. Gabriel Esquivel estudió la licenciatura Arquitectura en la Universidad Intercontinental, México. Posteriormente se graduó como Maestro en Arquitectura en The Ohio State University, U.S.A. Gabriel Esquivel actualmente enseña en Texas A&M University en el Departamento de Arquitectura. Previamente enseñó en el Departamento de Diseño y en la Escuela de Arquitectura en Ohio State University.

El Arq. David Hernández Melgarejo estudió Arquitectura en el Tecnológico de Monterrey CEM. Ha trabajado como consultor en Tecnologías Avanzadas en el Diseño y Fabricación Digital para el Tecnológico de Monterrey CEM y Texas A&M College Station. Participó como diseñador y administrador de tecnología en LAR\_FR en la construcción del Museo Soumaya en la Ciudad de México. Es miembro de KRFR Internacional como coordinador, investigador y docente en SEED Estudio experimental: Energía, Diseño, Arquitectura y Programación. México. Actualmente lleva la dirección de Bio|Architecture Studio / A design & building laboratory.