

Sandra Rodríguez Mondragón
Luis Jorge Soto Walls
M. Martín Clavé Almeida

“Experimentación de tecnologías CAD CAM en el ámbito del modelado paramétrico para la conformación de productos cerámicos artísticos”

p.75-83

De los métodos y las maneras

Número 1

Coordinador de la obra

Dr. José Iván Gustavo Garmendia Ramírez

Compilación y Diseño editorial

Mtra. Sandra Rodríguez Mondragón

DCG. Martín Lucas Flores Carapia

México

Universidad Autónoma Metropolitana

Unidad Azcapotzalco

Coordinación de Posgrado de

Ciencias y Artes para el Diseño

Primera edición impresa: **2018**

Primera edición electrónica en pdf: **2018**

<http://hdl.handle.net/11191/6136>

ISBN de la colección en versión impresa: **978-607-28-1322-9**

ISBN No. 1 versión impresa: **978-607-28-1323-6**

ISBN de la colección en versión electrónica: **978-607-28-1326-7**

ISBN No. 1 versión electrónica: **978-607-28-1327-4**



Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

2020: Universidad Autónoma Metropolitana, unidad Azcapotzalco, Coordinación de Posgrado de Ciencias y Artes para el Diseño. Se autoriza la consulta, descarga y reproducción con fines académicos y no comerciales o de lucro, siempre y cuando se cite la fuente completa y su dirección electrónica. Para usos con otros fines se requiere autorización expresa de la institución.

Universidad
Autónoma
Metropolitana



Casa abierta al tiempo **Azcapotzalco**



Ciencias y Artes para el Diseño

**Cordinación de
Posgrado CyAD**

Experimentación de tecnologías CAD CAM en el ámbito del modelado paramétrico para la conformación de productos cerámicos artísticos

Sandra Rodríguez Mondragón

Luis Jorge Soto Walls / M. Martín Clavé Almeida

Diseño de módulos cerámicos como base para desarrollo de propuestas plásticas

Introducción

La presente investigación surge por la necesidad de conocer los elementos necesarios para crear obra plástica con materiales cerámicos, empleando el Diseño Asistido por Computadora y la Manufactura Asistida por Computadora (CAD/CAM)¹, como herramienta para realizar propuestas.

Debido a que el CAD/CAM tiene múltiples aplicaciones, se puede emplear en el desarrollo de obra plástica, sin embargo es primordial detectar las limitaciones y ventajas que permitan al artista o al diseñador emplear adecuadamente estas tecnologías con el fin de potenciar la generación de obra sin limitar su capacidad expresiva.

Se creará así, un sistema de módulos cerámicos a partir de modelado paramétrico², que posibiliten la realización de obra plástica implementando el uso del CAD/CAM como base del desarrollo artístico.

En esta investigación se ejemplificará la producción de obra de arte con materiales cerámicos a fin de puntualizar los elementos necesarios para la producción de escultura idealmente monumental.

En el campo del diseño tampoco es correcto proyectar sin método, pensar de forma artística buscando en seguida una idea, sin hacer previamente un estudio para documentarse sobre lo ya realizado en el campo de lo que hay que proyectar; sin saber con qué materiales construir la cosa, sin precisar bien su exacta función.³

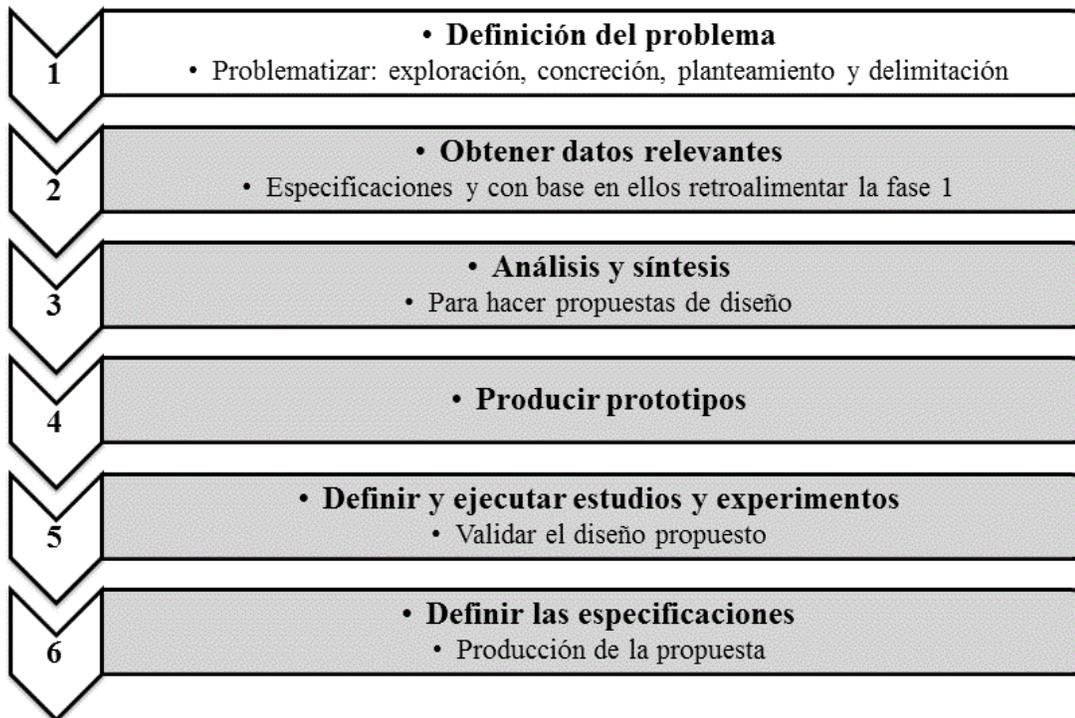
¹ CAD, “Computer Aided Design” (Diseño Asistido por Computadora) y CAM “Computer Aided Manufacturing” (Manufactura Asistida por Computadora). Togoers Fernández, Reinaldo. “Diseño paramétrico”. 1999-2011, recuperado el 15/02/14 de: <http://www.togoers.net/home/disenoparametrico>

² El proceso de parametrización consiste en la especificación de puntos, líneas, curvas o superficies por medio de una o más variables que adoptan valores dentro de intervalos definidos por el usuario. El Modelado Paramétrico es un importante recurso para el diseño conceptual, ya que permite controlar con precisión las modificaciones del diseño. *op.cit.*

³ Bruno Munari. *¿Cómo nacen los objetos?*, Gustavo Gili, S.A., Barcelona, España, 1983, p.18.

Metodología

García Córdoba (1) – Bruce Archer (2-6)



Esquema 1. Metodología desarrollada con base en García y Archer. Autoría propia 2014.

Desarrollo metodológico

Para desarrollar la propuesta de este proyecto se trabajó con las metodologías de Fernando García⁴, Fermín Navarrina⁵ y Bruce Archer⁶, así se desarrolló el esquema 1 que se presenta a continuación. De dichas metodologías se usó la de García (ver esquema 2) para definir el problema de diseño a partir de la problematización; se complementa con las de Navarrina (ver esquema 3) y Archer (ver esquema 4) en la etapa de desarrollo de la propuesta de diseño. Navarrina brinda una estructura operativa del proceso de diseño y por su parte Archer define el proceso de diseño como:

“Seleccionar los materiales correctos y darles forma para satisfacer las necesidades de función y estética dentro de las limitaciones de los medios de producción disponibles”⁷.

4 Fernando García & Lucia T. García, La problematización, p. 20.

5 Navarrina Fermín, “Una metodología general para optimización estructural en diseño asistido por el ordenador”. p. IV 14a.

6 Bruce Archer, “Método sistemático para diseñadores”. Design, vol. 64.

7 *op.cit.*

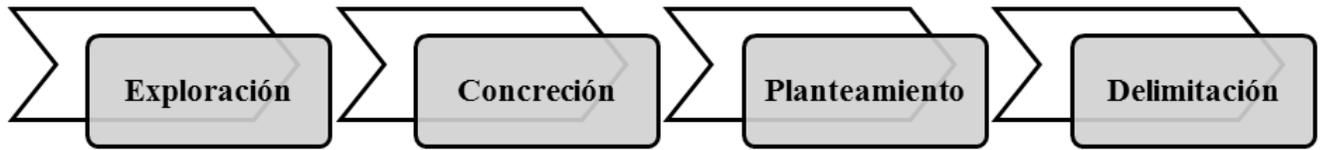
Objeto de estudio

De acuerdo con Fernando García, la mejor forma para definir un problema objeto de investigación es identificar los siguientes aspectos: tiempo, costo o inversión, cliente o usuario, acceso a la información, riesgo, calidad, y cambio o variabilidad. Así García menciona que tomando como antecedente la definición de los aspectos antes mencionados, se continúa con la concreción del problema a partir de definir el contexto:

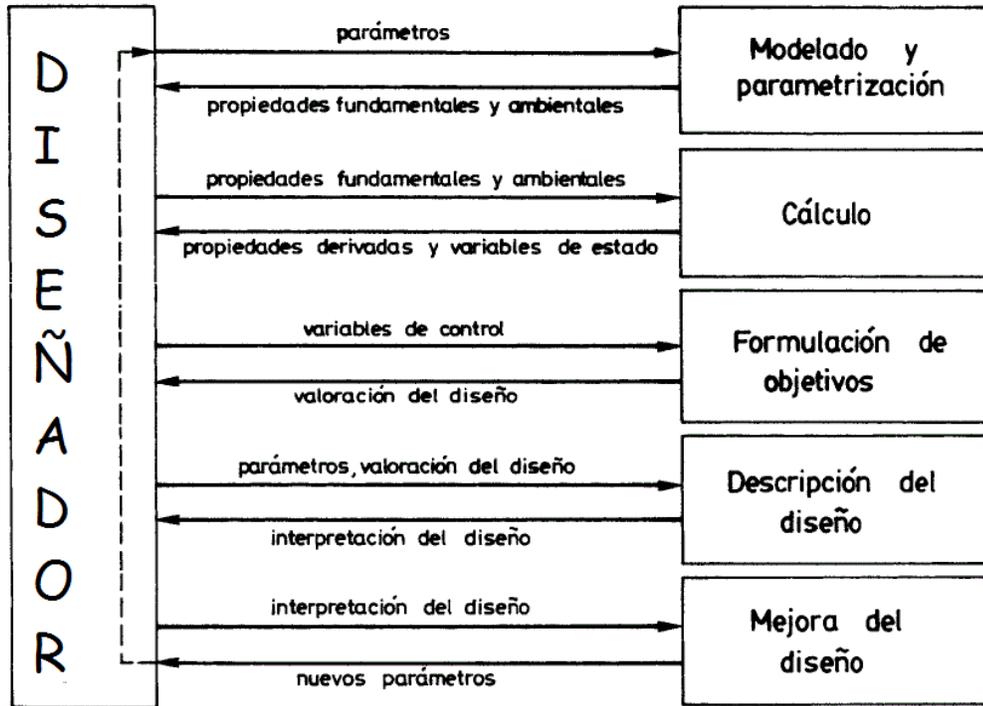
1. Los objetos de estudio que se señalan.
2. Los aspectos del objeto de estudio que se refieren.
3. Las relaciones o vínculos entre tales objetos y aspectos.
4. El área o áreas de conocimiento a que corresponden.
5. Los problemas básicos y los subordinados.

De los aspectos antes planteados, con los puntos 1 al 3 se realizó el esquema 5, que representa el mapa de estudio teórico para la realización de este proyecto, donde la escultura es el objeto de estudio central y el

Problematización, procedimiento



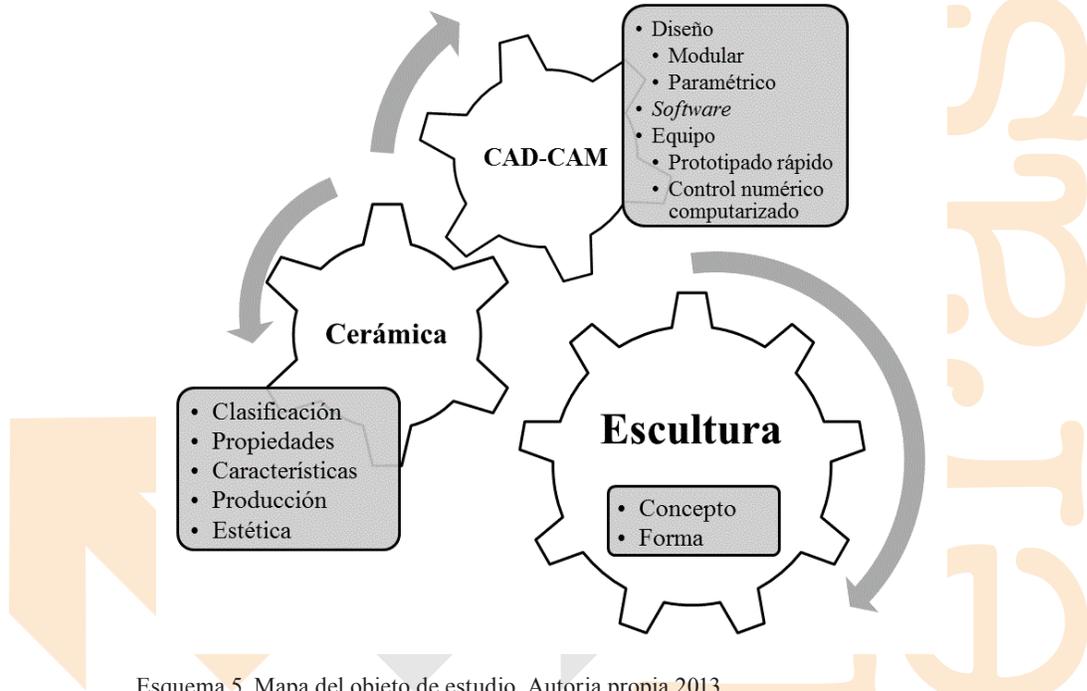
Esquema 2. Etapas de la problematización. García, F., 2004.



Esquema 3. Estructuración operativa del proceso de diseño; relaciones y transmisión de información entre los diversos niveles. Navarrina, F., 1987.



Esquema 4. Metodología del diseño. Archer, B., 1963.



Esquema 5. Mapa del objeto de estudio. Autoría propia 2013.

CAD-CAM y la cerámica son aspectos secundarios o de menor jerarquía pero con el mismo peso entre sí, que complementan la investigación. Continuando con los aspectos antes propuestos, el área de conocimiento es el diseño, específicamente el diseño asistido por computadora (CAD).

Desarrollo de la propuesta

Definido el problema de diseño, se desarrolla el proyecto de diseño bajo los criterios de las metodologías base de García y Archer. De esta forma el proyecto consta de dos etapas:

Como **etapa inicial**, se ha hecho una exploración del estado del arte, donde se identificaron como objeto de estudio a tres temas principales: la obra plástica, la cerámica y el CAD/CAM (ver esquema 5). El producto de dicha investigación da la pauta para incorporar otras temáticas, que permitirán generar los vínculos necesarios y lograr llegar a un sistema que dé una respuesta al problema de estudio. Así, de acuerdo con García, se deben definir los siguientes aspectos para definir el problema:

- Áreas de estudio o conocimiento
- Problemas básicos
- La selección del tema
- Las teorías de base y los autores
- Los recursos y criterios de tiempo
- Zona geográfica

En esta propuesta las áreas de conocimiento a las que corresponden los objetos de estudio son:

- El arte, en su expresión como obra plástica escultórica.
- Los materiales cerámicos
- El diseño modular y
- Las Tecnología CAD/CAM

Los problemas básicos son los siguientes:

- Los parámetros de lo artístico que intervienen en la producción escultórica.
- Los alcances del CAD-CAM en su aplicación con materiales cerámicos.
- La simulación de prototipos y su viabilidad.
- La selección de materiales cerámicos.
- Los requerimientos para la producción de la obra artística.

La selección del tema surge de la concreción ante la interrogante que define ¿cómo hacer investigación para vincular al medio de los ceramistas y artistas con las nuevas tecnologías CAD-CAM?

De esta manera el problema queda definido como se muestra a continuación:

Cómo aprovechar el diseño paramétrico para la conformación de objetos cerámicos modulares, que sirvan de base en el desarrollo de propuestas escultóricas de carácter monumental.

La **segunda etapa** de esta investigación ha consistirá en realizar experimentación con CAD, valiéndose del

análisis de elementos finitos⁸ y se complementa con las experiencias adquiridas en el desarrollo experimental con materiales cerámicos y modelado artístico tradicional.

En este proyecto y por su naturaleza tecnológica se hace un análisis de datos, que consiste en definir los siguientes aspectos:

- Consideraciones para el diseño de modelos en CAD
- Consideraciones del diseño paramétrico
- Consideraciones del análisis de elementos finitos
- Consideraciones de la impresión 3D⁹

Así en la generación de la obra artística los factores que intervienen en el momento de la producción pueden ser múltiples, sin embargo existen aspectos básicos que se deben abordar. A lo largo de la historia ha existido la obra artística y los artistas cada uno en su tiempo se han valido de la tecnología para la generación de su obra, algunos han innovado y otros han explotado el uso de herramientas o materiales; así, las primeras esculturas realizadas en mármol se labraron con cincel.

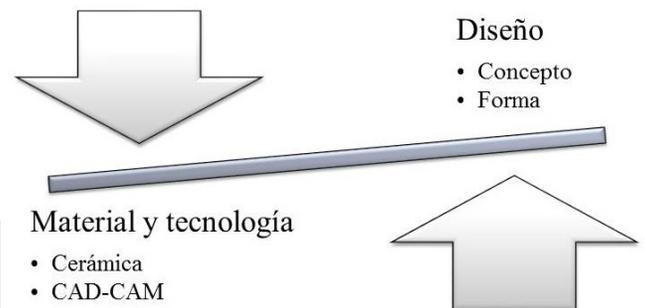
Actualmente existen herramientas digitales¹⁰ que permiten al artista lograr la generación de obra

8 El método de los elementos finitos supone, para solucionar el problema, el dominio discretizado en subdominios denominados elementos. El dominio se divide mediante puntos (en el caso lineal), mediante líneas (en el caso bidimensional) o superficies (en el tridimensional) imaginarias, de forma que el dominio total en estudio se aproxime mediante el conjunto de porciones (elementos) en que se subdivide. Carnicero, Alberto. Introducción al método de los elementos finitos. 2001, recuperado el 20/07/14 de: http://www.iit.upcomillas.es/~carnicero/Resistencia/Introduccion_al_MEF.pdf

9 En computación, las tres dimensiones son el largo, el ancho y la profundidad de una imagen. En realidad el único mundo en 3D es el real, la computadora sólo simula gráficos en 3D, pues, en definitiva toda imagen de computadora sólo tiene dos dimensiones, alto y ancho (resolución). En la computación se utilizan los gráficos en 3D para crear animaciones, gráficos, películas, juegos, realidad virtual, diseño, etc. Diccionario de informática y tecnología, recuperado el 13/01/2014 de: <http://www.alegsa.com.ar/Dic/3d.php>

10 El vínculo entre el arte y la tecnología se remonta a los años cincuenta, cuando un reducido grupo de artistas, de hecho los pioneros del arte digital, empezó a utilizar la computadora para crear lo que se llamó las primeras pinturas electrónicas; es decir, arte hecho a través de programas informáticos comerciales para la edición de imagen o creación de dibujos. Ejemplo de esto es el arte digital, que es producto de la creatividad artística y la mezcla de tecnologías digitales, ciberespacio y vida artificial, constituyéndose en un universo original de estética, espacio y tiempo; a su vez, las actuales manifestaciones artísticas experimentan y amplían tanto las posibilidades expresivas y de divulgación como las de la participación y apreciación de los espectadores. Rejil Vargas, Laura. "Hipermedia: medio, lenguaje, herramienta del arte digital". Revista Digital Universitaria. octubre, 2005, núm. 10, pp. 1-18, recuperado el 10/11/2014 de: <http://www.revista.unam.mx/vol.6/>

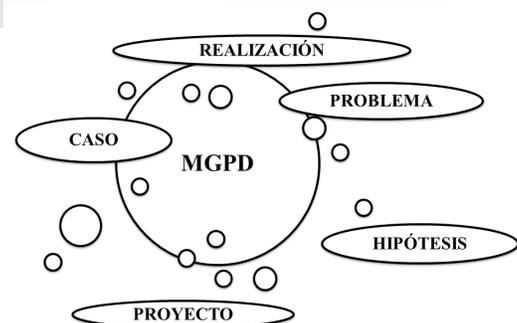
escultórica de vanguardia. En su momento el diseño gráfico dio un salto al diseño asistido por computadora y en la actualidad, las computadoras son herramientas fundamentales de esta disciplina. Los elementos para la generación de una obra artística escultórica son básicamente tres: el diseño (concepto y forma), el material y la tecnología a emplear en el desarrollo de la obra. Así el escultor al realizar un diseño lo visualiza de forma ideal, después decide en qué material se producirá y finalmente por medio de herramientas logrará que el material adquiera la forma proyectada. Esto se muestra en el esquema 6, donde el diseño regirá sobre el material y la tecnología, teniendo el mayor peso sobre la obra escultórica.



Esquema 6. Esquema de la Producción de obra artística. Autoría propia 2014.

Proceso de diseño

De acuerdo con el Modelo General del Proceso de Diseño (MGPD) de la UAM Azcapotzalco¹¹ (ver esquema 7), se realizaron alguna propuestas a partir de un análisis de productos existentes. Con base en el criterio de clasificación de acuerdo con el uso, donde se detectan los siguientes usos: decoración para exteriores, mosaico decorativo de usos múltiples, mural escultórico y usos diversos como cortinas de cerámica, escultura, estantería y jardinería.



Esquema 7. Modelo General del Proceso de Diseño de la UAM - Azcapotzalco.

11 Rodríguez, Gerardo, "Manual de diseño industrial, curso básico. UAM-A". Gistavo Gilli, México, sin fecha.

CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO	DESCRIPCIÓN	DATOS		
		MÁS USADO	MENOS USADO	NÚMERO DE VARIABLES
APARIENCIA	Color	Blanco	Naranja	10
	Acabado	Brillante	Mate	2
GEOMETRICAS	Forma	Hexagonal o Triangular	Otras	13
	Geometría	Simétrico	Regular en primer plano e Irregular en segundo y tercer planos	5
MODULARIDAD	Acomodo	Las aristas tienen la misma longitud	Otros	15
	Desarrollo	Horizontal	Apilamiento	5
	Número de diseños	Uno	Seis	4

Cuadro A. Resumen de características de productos análogos. Elaboración propia 2013.

MODELO	VARIABLES		
	d7	d 13	d 35
1	5 mm	5 mm	30.00 deg (<)
2	15 mm	15 mm	30.00 deg (<)
3	25 mm	25 mm	30.00 deg (<)
4	15 mm	15 mm	25.00 deg (<)
5	15 mm	15 mm	20.00 deg (<)

Cuadro B. Variables paramétricas para el modelo seleccionado. Autoría propia, 2014.

De dicho análisis se identificaron las características sobresalientes de los productos modulares de materiales cerámicos que se presentan en el cuadro A y de acuerdo con estos datos se desarrollaron las propuestas de diseño. Así podemos extraer las características del universo de estudio, revisando los variables más y menos comunes y observando que se presentan un total de 54 posibles variables para el desarrollo de la propuesta. Con ellas se desarrollan modelos de dos y tres dimensiones para realizar en modelado CAD.

De los modelos desarrollados en CAD, se selecciona uno de acuerdo con sus características formales, tales como simetría y las posibilidades de ensamblaje y movilidad en el espacio tridimensional. De la propuesta elegida se desarrollan unas maquetas en material sólido con el fin de confirmar su versatilidad de movimiento.

El modelo sufre modificaciones para llegar a una propuesta que cumpla con las necesidades de modulación escultórica y que al mismo tiempo se

pueda producir en materiales cerámicos. Como ejemplo de modelado paramétrico, a continuación en el cuadro B se muestran los datos modificados para obtener variantes de uno de los modelos ya desarrollados y en la figura 1 se pueden ver dichas modificaciones en el modelo. En esta muestra se puede apreciar que de un objeto con sólo modificar uno o dos valores, se obtienen un gran número de posibilidades del diseño, en este modelo en particular se cuenta con un total de 6 variables independientes y aproximadamente 30 variables dependientes, por lo que de acuerdo a los rangos establecidos para cada una de las variables dependientes se determina el número de posibles modelos, en la figura 2 se describe cómo operan las ya mencionadas variables dependientes e independientes.

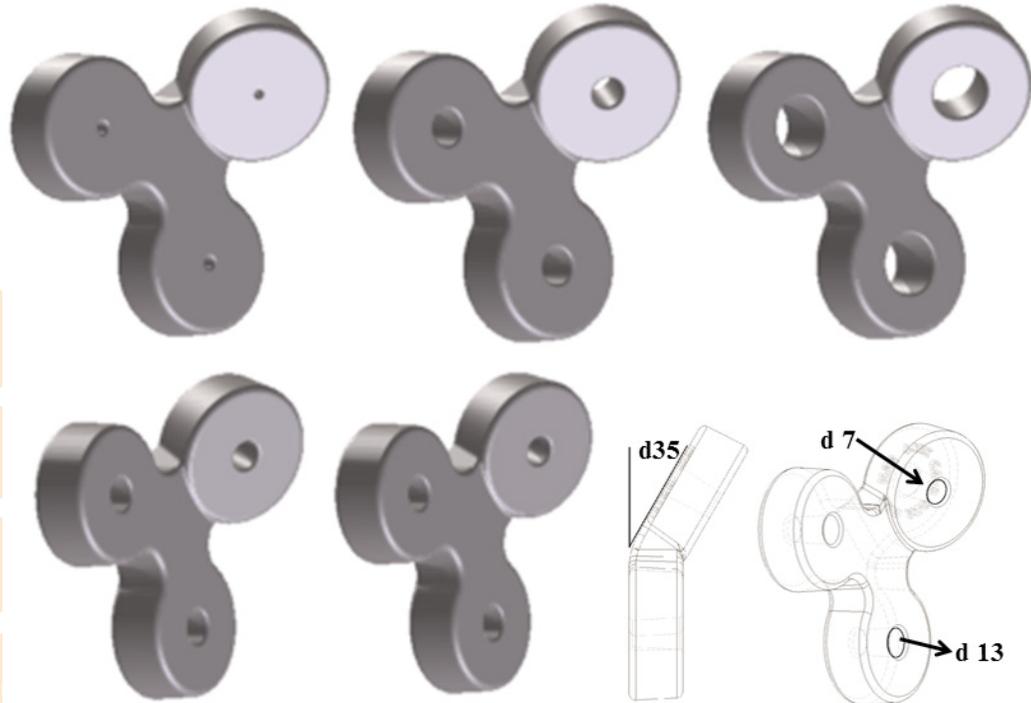


Figura 1. Modelo ejemplo para aplicar modelado paramétrico. Elaboración propia, 2014.

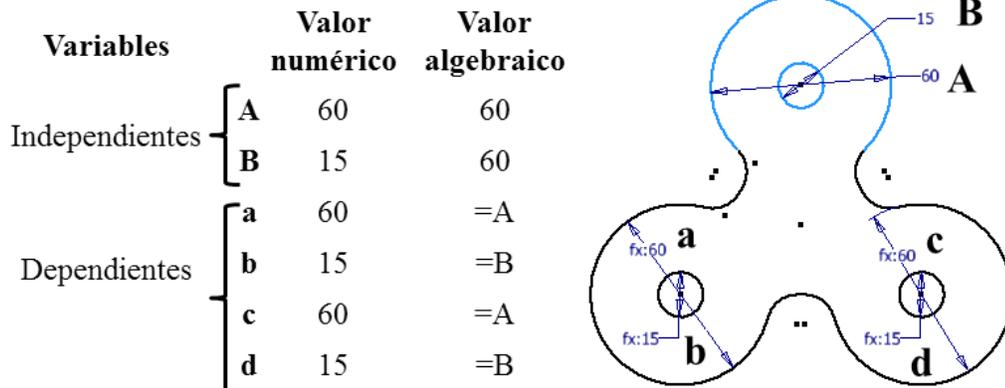


Figura 2. Ejemplo de variables dependiente e independientes. Elaboración propia, 2014.

Producción del prototipo e impresión

De acuerdo con Pilar Ramírez y Jaime López¹², ASTM define el término fabricación aditiva como:

“El proceso de unir materiales para fabricar objetos 3D a partir del modelo CAD 3D, normalmente capa sobre capa, en oposición a las metodologías sustractivas de fabricación”.

El prototipo de este proyecto se realizó en 3DP®, debido a que se realizaron pruebas de escaneo de objetos cerámicos y no se lograron acabados lisos, aunque la textura obtenida en el proceso de escaneo puede aportar valor expresivo al modelo, en este ejercicio de experimentación la intención es simplificar el proceso de modelado; cabe mencionar que otra de las razones por las que se realizó el modelo de esta forma, fue por la geometría del mismo y el nivel de precisión que requerían los ángulos de salida y los ángulos de inclinación de las secciones del modelo, además de que fue deseable obtener un objeto con los beneficios del CAD en términos de geometría y calidad. Sin embargo, la forma de llegar al modelo CAD puede variar y el resultado no será modificado, puesto que un modelo CAD, no es modificado en el proceso de impresión.

El material sugerido para la propuesta es de alta resistencia y ello le proporciona cualidades funcionales a la escultura lo que permite su colocación en exteriores sin sufrir daños significativos, es importante señalar que los acabados prolongan el tiempo de vida de la escultura e incrementan su versatilidad expresiva.

Conclusiones

Algunos de los aspectos del diseño que se deben contemplar aplicando el modelado paramétrico en la producción escultórica son:

Las nuevas tecnologías CAD-CAM apoyan a la producción de productos cerámicos, en cuestión de modelado se pueden lograr modelos de alta calidad para así poder producir objetos con las mismas características sin la necesidad de hacer modelos reales o moldes.

La impresión 3D es una herramienta sumamente versátil y útil para la realización de este tipo de objetos. Las recomendaciones para los artistas que incursionen en esta disciplina, es desarrollar modelos sólidos a fin de utilizarlos en la producción de moldes.

¹² Ramírez López-Paray, Pilar & López Soto Jaime, “Tecnologías aditivas, un concepto mas amplio que el de prototipado rápido”, p. 2134.

El CAD nos permite realizar simulación para definir acabados de producto y proyectar las formas.

En el proceso de modelado en CAD se pueden prevenir errores de proporción y dimensionales.

En este ejercicio fue de gran utilidad el poder determinar ángulos de salida de los modelos y los moldes por medio del CAD.

El análisis de elementos finitos nos permite evaluar la viabilidad de la obra, a partir de proyectar su comportamiento estructural. Así al simular el comportamiento del acomodo de las obras proyectadas, se puede visualizar el grado de desplazamiento, compresión e incluso las modificaciones o daños que se pueden generar en el modelo aplicando simplemente la fuerza de gravedad o factores ambientales.

En este ejercicio, se pudo comprobar que por medio del modelado paramétrico y con sólo dos modelos de módulo cerámico, se pueden desarrollar infinidad de distintas esculturas, que además son viables de acuerdo con el análisis estructural, por lo que el porcentaje de daño de la escultura es claramente calculado y se puede disminuir o incluso eliminar modificando el modelo CAD.

Algunas de las ventajas identificadas de la producción escultórica aplicando el modelado paramétrico son las siguientes:

- El modelo tiene la versatilidad que el CAD nos brinda, tanto dimensional como formal, por lo que el número de variables de obra es exponencial de acuerdo con su nivel de complejidad.
- Por utilizar sistemas CAD para generar el modelo se logran formas, que de manera artesanal no es posible.
- En el proceso de simulación: Se pueden hacer correcciones sin la necesidad producir la obra. Se obtienen datos que permiten garantizar la viabilidad estructural de la obra (en términos de análisis estructural). Se pueden hacer maquetas digitales para proyectar el aspecto de la obra. En el proceso productivo se pueden reducir los costos, contemplando que el cálculo de la producción se puede hacer de forma precisa.
- Todo este análisis es a muy bajo costo.

Algunas de las desventajas identificadas de la producción escultórica aplicando el modelado paramétrico son las siguientes:

- Aunque el CAD es muy versátil, hay formas que no se pueden obtener, por ello cualquier modelo que se desarrolle por éste medio debe sujetarse a las capacidades del programa en el que se trabaje; lo anterior ocurre principalmente en la realización de formas orgánicas, que si se quieren realizar, deberán estar calculadas matemáticamente y por

ello las formas que se hagan con este procedimiento tendrán la tendencia a ser geométricas.

- Otra desventaja, es que cualquier diseño se debe limitar a la capacidad del equipo CAM que se use para generar el modelo; entre estas limitaciones se encuentra principalmente el tamaño del modelo y aunque ya existen impresoras 3D que imprimen muros, son de alto costo.
- En el aporte al medio artístico en términos de expresión formal se dio a partir del ejercicio de experimentación que consistió en el escaneo de objetos cerámicos para obtener un modelo CAD, ello arrojó como resultado un nuevo lenguaje formal debido a que al transferir el modelo a la plataforma CAD, las texturas obtenidas son diferentes a las del objeto original. Estos resultados permiten al artista desarrollar obra con estas características formales, mismas que son producto de la interpretación formal que hace el programa de CAD del modelo de material cerámico.
- Como proceso creativo, el modelado paramétrico permite al artista visualizar su obra sin la necesidad de producirla y realizar modificaciones con objeto de garantizar su estabilidad estructural.

Bibliografía

- García-Córdoba, Fernando & García-Córdoba, Lucía Teresa. La problematización. México, ISCEIM, México, 1998, 61 pp.
- Rodríguez, Gerardo, “Manual de diseño industrial, Curso básico.UAM-A”. Gustavo Gilli, México, sin fecha.
- Munari, Bruno. ¿Cómo nacen los objetos?, Gustavo Gili, S.A., Barcelona, España, 1983, p.18.
- Navarrina Fermín, “Una metodología general para optimización estructural en diseño asistido por el ordenador”. p. IV 14a.

Fuentes

- Archer, Bruce. “Método sistemático para diseñadores, en Design, vol. 64, 1963”. 2012, recuperado el 01/08/14 de: <http://www.azc.uam.mx/cyad/investigacion/prospectiva/11REVISTA%20ELECTRONICA%20TS24HRS%2016.pdf>
- Carnicero, Alberto. Introducción al método de los elementos finitos. 2001, recuperado el 20/07/14 de: http://www.iit.upcomillas.es/~carnicero/Resistencia/Introduccion_al_MEF.pdf
- Diccionario de informática y tecnología, recuperado el 13/01/2014 de: <http://www.alegsa.com.ar/Dic/3d.php>
- Ramírez López-Paray, Pilar & López Soto Jaime, “Tecnologías aditivas, un concepto mas amplio que el de prototipado rápido”, p. 2134. XV Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos Huesca, 6-8 de julio de 2011, recuperado el 01/04/2014 de: http://www.aepro.com/files/congresos/2011huesca/CIIP11_2133_2146.3403.pdf
- Rejil Vargas, Laura. “Hipermedia: medio, lenguaje, herramienta del arte digital”. Revista Digital Universitaria. octubre, 2005, núm. 10, pp. 1-18, recuperado el 10/11/2014 de: <http://www.revista.unam.mx/vol.6/>
- Togores Fernández, Reinaldo. “Diseño paramétrico”. 1999-2011, recuperado el 15/02/14 de: <http://www.togores.net/home/disenoparametrico>