

## Continuidad en superficies espaciales para diseño industrial

Patricia Muñoz y Juan López Coronel

Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de Buenos Aires, Argentina

Las superficies espaciales [1] constituyen un importante campo de trabajo para el desarrollo de productos de diseño industrial. Son las únicas formas que permiten el pasaje continuo entre zonas caracterizadas por conceptos opuestos, entre otros lo cóncavo y lo convexo, lo recto y lo curvo, uniforme y progresivo.

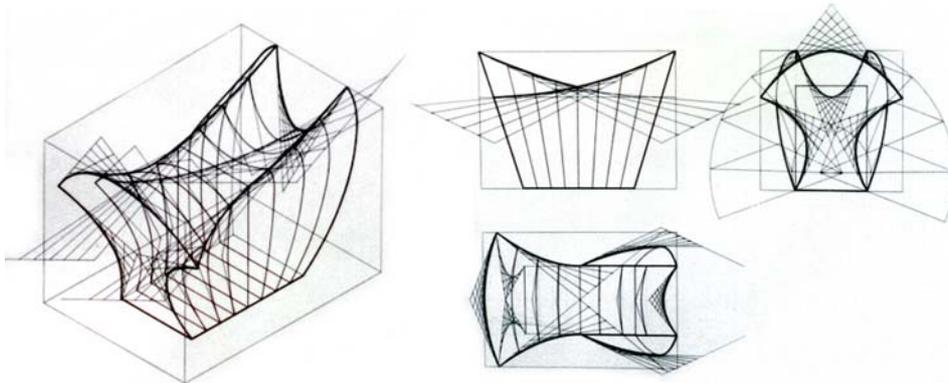


Figura 1. Superficie que pasa por una transformación continua entre zonas cóncavas y convexas. Creada por un alumno, Cardozo.

Numerosos productos, en particular los producidos en materiales plásticos, no están conformados por una sola forma sino que están compuestos por una compleja unión de varias superficies simples. En el diseño de productos se diferencian sectores de superficies correspondientes tanto a las diversas categorías funcionales [2] que los integran como a factores visuales, tecnológicos u operativos.

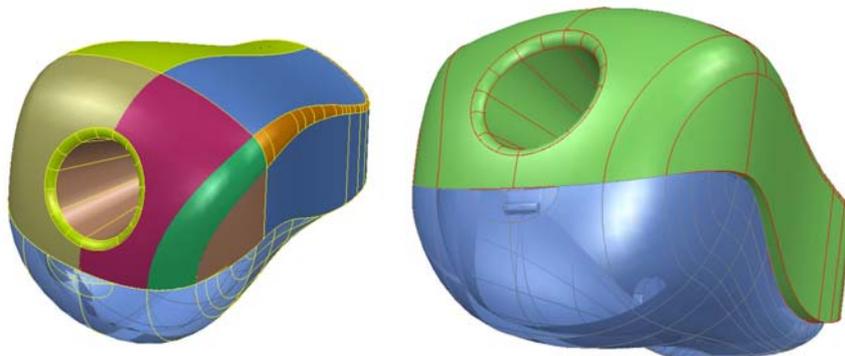


Figura 2. Dibujos de las superficies vinculadas que componen un sacapuntas

Se establecen grados de discontinuidad que no son solamente de índole geométrica sino que también son de carácter perceptual, ligados al conocimiento y a las prácticas sociales. Nos referimos a la percepción como la caracteriza Gubern (1996:16) diciendo que “no es un automatismo sensorial, sino una compleja elaboración cognitiva de los datos sensitivos recibidos.”

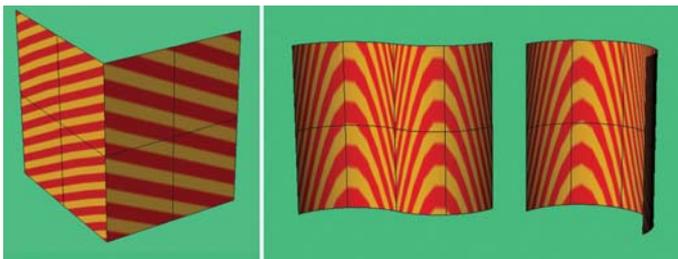
A partir de los distintos grados de continuidad geométrica se incorporó el desarrollo sobre morfología de las superficies espaciales en el campo de diseño industrial [3]. Trabajamos

integrando dibujos en croquis, con medios digitales y las herramientas de análisis que estos nuevos medios brindan.

El objetivo de esta indagación fue verificar el modo en que los sistemas CAD y sus herramientas de análisis de superficies interactúan con el conocimiento morfológico en la determinación de la continuidad de los productos. Entendemos que el conocimiento geométrico es necesario pero no es suficiente en el momento de trabajar esta característica en la forma de los objetos cotidianos, donde intervienen factores culturales.

### Continuidad geométrica

La geometría establece una escala progresiva de continuidad que se aplica en los sistemas CAD que involucra los conceptos de posición, tangencia y curvatura. Estos sistemas proveen herramientas visuales de análisis que le permiten al diseñador modificar su diseño en función de la información que estos recursos brindan. Por ejemplo el análisis de Cebra supone que la pieza está fabricada en un material cromado, ubicada dentro de una superficie cilíndrica con un rayado regular sobre su interior. El reflejo en la pieza permite leer los distintos tipos de continuidad. Esto fue una particularización de un sistema que se empleaba en la industria automotriz. Los vehículos se ubicaban en galpones que tenían iluminación con tubos fluorescentes ubicados en líneas, cuyos reflejos se estudiaban en el modelo para evaluar su forma.



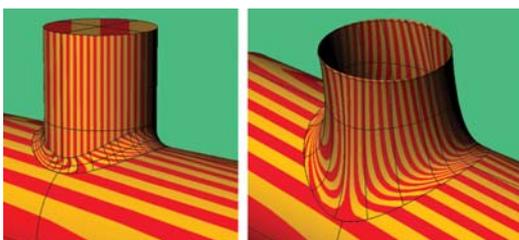
*Figura 3. Análisis cebra de dos planos en contacto (G0), de dos cuartos de superficie cilíndrica unidos con una línea de inflexión (G1. Comparten el plano tangente pero la curvatura pasa de negativa a positiva) y de dos cuartos de superficie cilíndrica unidos con continuidad de tangencia y de curvatura (G2)*

Estas herramientas permiten a los diseñadores detectar niveles progresivos de continuidad geométrica:

La continuidad de grado cero (G0) se denomina también de posición. Es aquella en que las formas son continuas físicamente pero presentan quiebres o puntos angulosos.

La continuidad de grado uno (G1), de tangencia, es aquella que tiene continuidad de posición y además las tangentes en la unión coinciden. Las curvas aparentan tener la misma dirección en la unión. Son uniones continuas pero aún existe una discontinuidad de curvatura.

La continuidad de grado dos (G2) o de curvatura, es continuidad de tangencia y además la curvatura en la unión es la misma. Es más homogénea que G1. Las superficies tienen la misma "velocidad" en la unión. [4] No solo la superficie es continua sino que también lo son los reflejos. Esto es importante en el diseño de productos ya que en superficies brillantes las discontinuidades no previstas ni deseadas se visualizan con claridad.



*Figura 4. Continuidad G1 en superficie "fillet" y G2 en el "blend"*

Aunque los programas de uso más generalizado no lo analizan, algunos programas pueden detectar también grados de continuidad G3 y G4. En el caso de G3, se tiene continuidad de posición, de tangencia y de curvatura –como G2- pero se suma también la continuidad del ritmo de variación de la curvatura entre las superficies. El grado G4 avanza más aún, conservando las características de G3 y sumando el ritmo de cambio del ritmo de cambio de la curvatura. Son superficies empleadas en la industria automotriz, empleando solamente curvas y superficies blend, que son un caso particular de las NURBS [5], que contienen más información de construcción.

### Continuidad morfológica

En el diseño de productos encontramos distintos grados de continuidad que no necesariamente siguen esta idea de incremento de continuidad. Lo que en el diseño de productos se percibe como discontinuo, en la mayoría de los casos es geoméricamente continuo. Para aclarar esto nos resulta relevante explicar primero, los distintos modos que asumen las superficies complejas en la práctica proyectual. Identificamos cuatro procesos diferenciados:

1. Como intersección de formas
2. Como unión de superficies simples
3. Como movimientos complejos de una generatriz
4. Por transformación de puntos de control en mallas.

#### 1. Como intersección de formas.

Las superficies complejas se obtienen como resultado de la intersección de dos formas previas, ya sea por adición, sustracción, o su combinación. En estos casos se trabaja con superficies de unión: de redondeo y fundido (fillets –tanto de radio uniforme como variable- y blends).

Se produce una tensión entre la identificación de las formas de origen y la interpretación del nuevo conjunto como una sola forma que las contiene y a su vez las oculta. Aparece así el juego de la seducción en que las formas son sutil y simultáneamente ocultadas y develadas.

La continuidad geométrica se regula desde el tipo de superficie de unión, los redondeos (fillets) brindan continuidad G1 y los fundidos (blends) G2. Sin embargo desde lo perceptual se puede trabajar con redondeos (fillets) de un modo más o menos continuo de acuerdo con otros parámetros. Estos están relacionados con el grado de intervención en las formas originales que interfiere con su reconocimiento. De ahí que un factor relevante y específico en las vinculaciones de componentes es la variación de la superficie de unión que, al romper la identidad de las partes, permite integrarlas de un modo más eficaz. Paradójicamente detectamos que a mayor variación de las superficies corresponde una menor segmentación entre las formas.

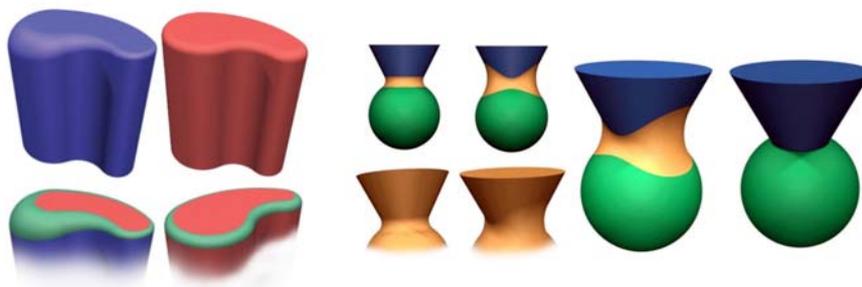


Figura 5. Fillets entre una superficie cilíndrica y su tapa y entre un cono y una esfera. La unión es suavizada si la superficie de unión reduce la simetría de ambas figuras.

Conceptualmente, desde la morfología, se pueden proponer fillets de radios grandes pero varios programas limitan esta posibilidad. Por lo tanto se termina construyendo la forma con otras herramientas para lograr el efecto deseado.

La selección intencional de las zonas a suavizar elimina las amebas que han invadido la forma de nuestros objetos cotidianos, creando así una tensión entre lo continuo y lo discontinuo, entre lo suavizado y los bordes, que hacen que estas formas sean más atractivas. Esto se puede apreciar claramente en la Figura 6.



*Figura 6. Diseño de un alumno que parte de la substracción de cuatro esferas de un cubo. Los redondeos selectivos rompen la simetría original y vinculan algunas caras adyacentes. Aunque se aumenta la continuidad se mantienen algunos bordes que enfatizan la tensión entre lo redondeado y lo discontinuo.*

## **2. Como unión de superficies simples**

La geometría tradicional considera a las superficies como el resultado del movimiento de una línea (generatriz). Las superficies "clásicas" pueden explicarse de esta forma por medio de movimientos simples como rotación, traslación, y algunas particulares combinaciones. Los movimientos de rotación y traslación combinados se emplean en la generación de formas, aunque en general la considera solamente en su caso más simple: cuando se produce la rotación en el eje vertical, coincidente con el eje de la traslación. Por lo tanto se denominaba superficie espacial a aquella forma con un sistema generativo. Cuando la generatriz cambiaba su movimiento, se hablaba de dos superficies vinculadas. Varias herramientas del CAD retomaron este modo de organización.

Estas complejas superficies están organizadas a partir de líneas estructurantes que se comparan con las costuras de una camisa o las estructuras de un toldo. Estas líneas principales son límites compartidos por los distintos sistemas generativos empleados. La continuidad está dada por la coincidencia de la línea generatriz en esos bordes y por la continuidad de la curvatura de las superficies adyacentes. Desde la morfología de las superficies esto se regula con la incorporación de líneas continuas estructurantes que atraviesan los distintos sectores, regulando la variación. Estas superficies pueden apreciarse en el sacapuntas de la Figura 2.

En estos casos la continuidad es algo deseado para evitar marcas o perturbaciones visuales de la homogeneidad de la superficie. No se busca la tensión o la lectura de las partes como en el caso anterior.

## **3. Como movimientos complejos de generatrices**

En esta instancia, la forma es el resultado de un movimiento complejo de la generatriz, que no necesariamente es constante -como en los sistemas generativos tradicionales- sino que éstas líneas también pueden modificarse selectivamente. Por ejemplo los movimientos de doble rotación,

traslación con giro en distintos planos – lanzadera-, con pieles que cubren determinadas líneas – adaptándose a ellas – o moldes poligonales sobre traslaciones que regulan la variación de las generatrices y su ubicación. Algunas herramientas de los sistemas CAD parten de conceptos de sistemas generativos simples pero producen formas complejas y al modificar cada una de sus variables. Por ejemplo traslación con giro, regulado por las tangentes al camino. Otras herramientas permiten combinar más de un movimiento, obteniendo así la continuidad a partir de una sola, aunque compleja indicación.

En estos casos la continuidad es mayor, y los programas brindan alternativas más o menos continuas para resolverlo, pero sin que se destaquen bordes o discontinuidades. Es difícil tener una prefiguración de los movimientos complejos, por lo tanto es frecuente pasar por etapas de prueba, error y ajuste para llegar a la forma final. Pueden aparecer estrangulamientos o arrugas por la dificultad de los cálculos complejos. Estos pueden ser evitados trabajando sobre parámetros de la forma.

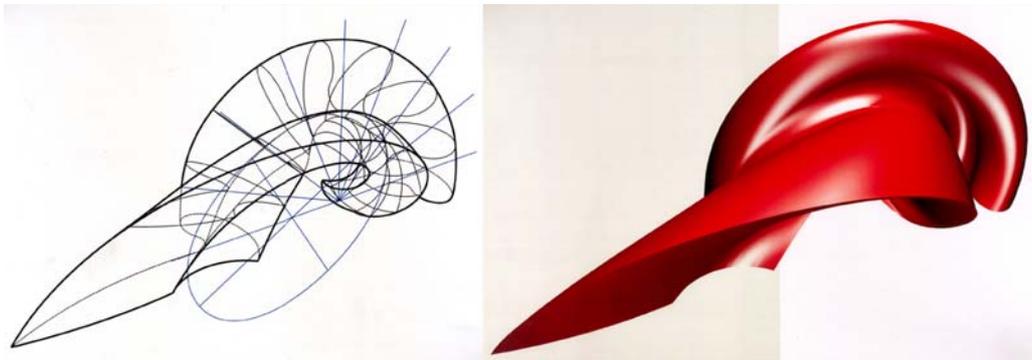


Figura 7. Diseño de un estudiante de una superficie producida por doble rotación con transformación de las líneas generatrices.

#### 4. Por transformación de puntos de control en mallas.

El movimiento de puntos de control que deforman mallas simples, ya sean superficies planas o espaciales. El trabajo con modificación de puntos sobre mallas es muy útil cuando buscamos “expresiones” por sobre el control del comportamiento de la forma. Permite una gran libertad de formas y una mayor dificultad en el control de la geometría de la misma. Estas transformaciones pueden producir una sola forma continua pero también pueden usarse para definir áreas perceptualmente discontinuas.



Figura 8. Diferentes envases con forma de animales, dónde las expresiones fueron logradas por mínimos movimientos de puntos en el espacio que transformaron las mallas.

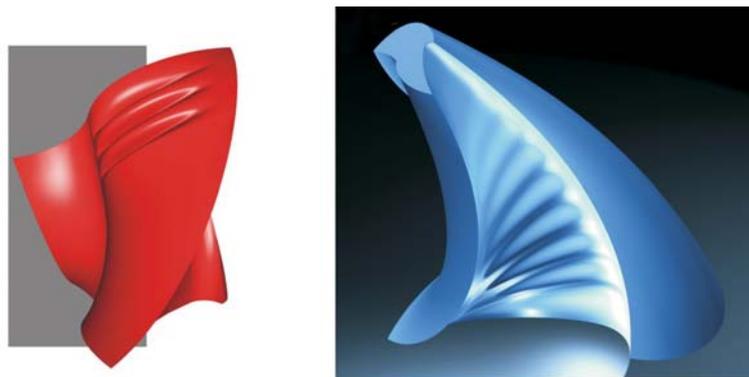
### Continuidad intencional

Existe una continuidad deseable en productos que no es sólo visual sino que está vinculada a factores tecnológicos. Menor "velocidad" en el fluido del plástico por un molde requiere el uso de calefactores en las matrices para que el plástico no se trabe. Esto aumenta los costos y produce también acumulación de material en algunas partes que modifica la resistencia del mismo. Sin embargo esto último no es necesariamente negativo ya que puede emplearse intencionalmente para aumentar la resistencia en una zona determinada.

La continuidad de las secciones también tiene su influencia en el comportamiento de la pieza y en la posibilidad de deformaciones y rechupes que pueden modificarse con paulatinos cambios de sección. Si esto se conoce puede aprovecharse favorablemente en el diseño. Es un conocimiento que de ninguna manera puede obviarse ya que es la causa de indeseables sorpresas.

Sin embargo, la necesidad de sintetizar los distintos elementos comunicacionales, funcionales y tecnológicos propios de los objetos frecuentemente requiere la incorporación de diversos grados de discontinuidad controlada. Por ejemplo se puede buscar la discontinuidad en un sector en función del proyecto para determinar, por ejemplo, una zona de agarre o una tapa.

Si se trabaja sobre de una forma compleja se seleccionan algunas líneas estructurantes o generativas para producir la discontinuidad acorde con la geometría de la forma compleja. Así se determinan estos sectores de un modo coherente a su estructura y geometría, no como parches.



*Figura 9. Ejemplos de zonas discontinuas en superficies complejas definidas por líneas generativas, de los estudiantes Delatorre y Lanza*

Si se busca trabajar con discontinuidad sobre una superficie simple se pueden incorporar discontinuidades más complejas. La identificación de líneas principales que organizan esa discontinuidad morfológica, pueden ser continuas geométricamente, como se ve en la Figura 9. El diseñador puede trabajar con menor o mayor continuidad matemática, manteniendo la discontinuidad morfológica.



*Figura 10. Discontinuidades perceptuales en una botella geoméricamente continua, como se ve en el análisis cebra. Superficie G2.*

Los umbrales que separan lo continuo de lo discontinuo son mínimos y ambiguos. No pueden determinarse de un modo preciso ya que la proporción de la variación con respecto a la forma completa también juega un papel significativo en esta interpretación. Estos límites que introducen perturbaciones en lo que aparece como continuo, permiten identificar la discontinuidad como tal o incorporarla como una modificación de la forma.

La regulación de la continuidad, en la forma de los objetos, permite establecer una tensión entre lo obvio y lo desconocido, entre lo manifiesto y lo oculto. Se devela parcialmente el interior de la forma al percibir el exterior que la encubre. Así, la sutileza en la sugerencia de la forma la torna sugestiva a través del diseño.

Consideramos que el desarrollo de la geometría de los sistemas de dibujo en tres dimensiones debiera ser un proceso integrador. Los diseñadores de programas debieran continuar desarrollando nuevas herramientas del CAD para la generación de formas, pero los diseñadores de objetos debieran trabajar con ellos ya que necesitamos nuevos instrumentos para nuestras actividades morfogenéricas que aún no están disponibles o que a veces están demasiado alejados de su uso proyectual. La distancia entre los desarrolladores de recursos de CAD y los diseñadores debiera ser zanjada para potenciar ambas actividades. Hemos mostrado que la continuidad es uno de los temas, pero entendemos que aún hay mucho más por hacerse.

#### NOTAS:

[1] Tipología del Sistema de Figuras de Doberti (1971)

[2] Recordemos que las categorías funcionales son las diferentes zonas de un objeto que son reconocidos no sólo en su operatividad sino también en la comunicación de las acciones que promueven.

[3] Investigaciones realizadas en el Laboratorio de Morfología, SICyT, FADU, y desarrollos de nuestros tres cursos anuales de Morfología en Diseño Industrial en la Universidad de Buenos Aires, Argentina. Más información de los trabajos de los alumnos sobre superficies espaciales en <http://plm.com.ar/academico>

[4] Es importante aclarar conceptualmente el concepto de “velocidad de la curva”, basado en la idea de curvatura. En Background information on curve geometry for Alias users, lo define como “el ritmo de cambio de la dirección llamado curvatura.”

Ver <http://www.lsi.upc.es/dept/investigacion/sectig/web-ig/alias/Modeling/Background.fm.htm#132126>

La velocidad de la curva es un concepto interesante y de uso frecuente en nuestros cursos. Como explicaremos más adelante está relacionado también con cuestiones de fabricación.

[5] Las NURBS son Non Uniform Rational B-Splines y son usadas por la mayoría de los sistemas CAD.

#### REFERENCIAS:

DOBERTI, Roberto et al. (1971)– *Sistema de Figuras*, Revista Summa 38 -Buenos Aires  
GUBERN, Roman (1996) *Del bisonte a la realidad virtual*. Ed. Anagrama, Barcelona