



## XVI CONGRESO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA GRÁFICA

---

### CONCEPTO DE CALIDAD EN EL DISEÑO DE SUPERFICIES DE ESTILO - QUALITY CONCEPT IN SURFACE STYLING

MÍNGUEZ GABIÑA, Rikardo (1); RUIZ RUIZ, Javier (2); ISPIZUA ANDUIZA, Rafael (1);  
GOROZIKA BIDAURAZAGA, Jokin (1)

<sup>(1)</sup>Universidad del País Vasco, España  
Departamento de Expresión Gráfica y Proyectos de Ingeniería  
Correo electrónico: eppmigar@bi.ehu.es

<sup>(2)</sup>Fundación UNITEC, España  
Dirección Técnica  
Correo electrónico: jrr@ikertia.com

#### RESUMEN

En esta comunicación presentamos un análisis del concepto de calidad en el diseño de superficies de estilo. Estas superficies son de forma libre y están basadas principalmente en matemática NURB. Se usan en las primeras fases del diseño de productos donde el aspecto visual es determinante a la hora de su comercialización (electrodomésticos, automóviles, etc.). En los paquetes de CAD de alto nivel tenemos variadas herramientas y caminos para comprobar la calidad de estas superficies: Reflexiones de escenas naturales, reflexiones con bandas de luz y reflexiones simuladas. En función de la superficie a analizar, también podremos realizar un análisis de las curvas isoclinas, de las curvas sección o de los mapas de curvatura.

Siempre habrá que buscar el equilibrio entre un aumento de calidad y la viabilidad económica y por tanto un rápido y veraz análisis de la superficie nos ahorrará mucho tiempo y esfuerzo.

**Palabras clave:** Metodología y técnicas: Superficies de Estilo, Ingeniería Inversa, Superficie Nurb.

#### ABSTRACT

In this paper we try to analyze the quality concept in surface styling. The kind of surfaces to work with are free form surfaces and are based mainly in NURB mathematics. They are used in the first steps in product design when the visual appearance is very important as it must be commercialized (household-electrics, automobiles, etc.).

In the upper level CAD packages we can find varied tools and ways to verify the quality of the surfaces: Reflections with natural scenes, reflections with light strips and simulated reflections. Depending on the surface to analyze we can also make an analysis of the isocline curves, the cross section curves or maps of curvature.

It is always necessary to look for the balance between an increase of quality and the economic viability so a quickly and truthful analysis of the surface will save us long time and efforts.

**Key words:** Methodology and Techniques: Surface Styling, Reverse Engineering, Nurb Surface.

## 1. Introducción

Si consideramos los fabricantes más importantes de automóviles y los paquetes CAD que utilizan nos hacemos las siguientes preguntas:

¿Por qué aunque Ford y Jaguar usen esencialmente las mismas herramientas informáticas, sus coches todavía parecen tan diferentes? Lo mismo sucede si comparamos el Cadillac CTS (parecido al Opel Vectra) y el Chevy SSR (retro). Uno tiene un aspecto atractivo y el otro tiene aspecto de estar enfadado.

GM cambió de un sistema de producción de superficies (CGS) a otro (UG) en 1997. ¿Se puede decir que sus vehículos han cambiado considerablemente?

PSA ha firmado un contrato con ICEM e Isuzu está en el proceso de cambiar de ICEM a Unigraphics. ¿Sus últimos diseños son diferentes de los antiguos?

El Mazda Miata tiene buenas ventas en Europa, es bonito pero la producción de sus superficies es pésima. Los contornos y superficies de forma libre ayudan a enmascarar la calidad de la superficie, al igual que la cantidad de pulido utilizado con las herramientas y moldes.

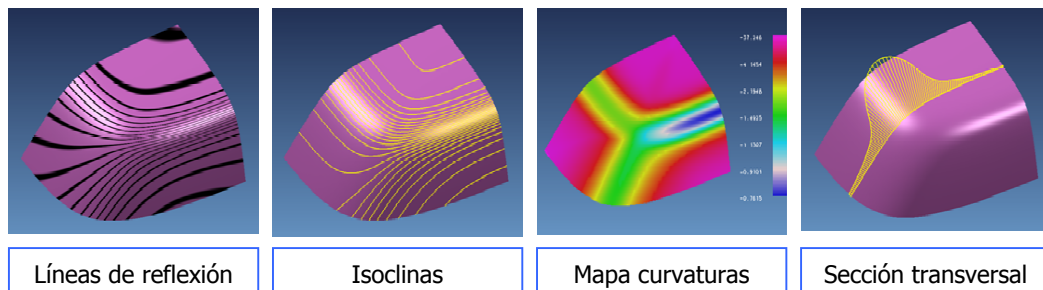
Aunque el producto final está condicionado por las herramientas y procesos de modelizado, lo que la gente desea empuja a los fabricantes: VW busca el montaje y el acabado, a la vez que se estimula la iniciativa de los artesanos de Ford. La calidad se vuelve más importante a medida que las herramientas evolucionan [9], [11], [12].

Hoy en día una de las preocupaciones principales que observamos en los diseñadores industriales es el intentar que las cosas parezcan “orgánicas” más que “mecánicas” [14].

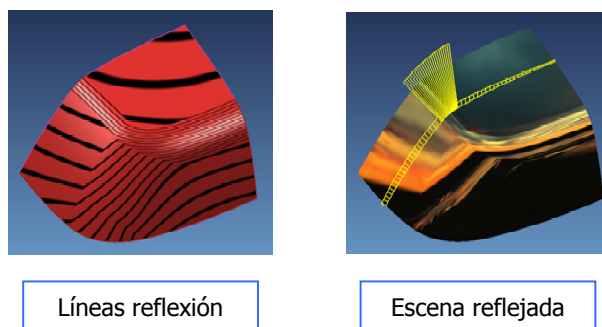
Antes cuando se trabajaba con las primeras versiones de los denominados programas paramétricos de tres dimensiones, los bordes circulares y los redondeos, tal como se generaban con los algoritmos de combinación (blending), no tenían mucho uso en aplicaciones estéticas, ya que tendían a que todo pareciera “duro” y “mecánico”. Esto es debido a los cambios bruscos en la curvatura en la frontera donde la superficie combinación se encuentra con la superficie “base”.

Un diseñador industrial moderno nunca va a aceptar este tipo de perfil. Siempre pretenderá introducir el “lead-in” o “entrada” lo cual es una transición más gradual desde las superficies lisas del bloque hasta los bordes curvados más “tirantes” [10].

Las figuras 1 y 2 nos muestran este hecho sobre una superficie. Podemos observar que la “entrada” produce una diferencia notable en los reflejos de las vías de luz en las superficies. El diseño “mecánico” produce esquinas puntiagudas en las líneas de reflexión, lo cual no es deseable. La “entrada” en el modelo “orgánico” suaviza estas esquinas, produciendo reflejos más agradables.



*Figura 1 – Curvaturas ajustadas*



*Figura 2: Curvaturas desajustadas*

Los cambios bruscos en curvatura no son deseables desde el punto de vista aerodinámico. Este tipo de consideraciones son también importantes en el diseño de los alabes de una turbina y en el barrido mediante secciones o “lofting” de elementos de aviones o barcos [3], [5].

Por último los autores queremos destacar que la presente comunicación tiene su origen dentro de un estudio del grupo de investigación que desde finales de 2002 es liderado por profesores del área de Expresión Gráfica de la Escuela de Ingenieros de Bilbao en la Universidad del País Vasco. La línea de investigación profundiza en la Ingeniería Inversa y sus posibles aplicaciones en beneficio de las Pymes de la Comunidad Autónoma Vasca. En el grupo de investigación también participa la Fundación UNITEC que es miembro de la Red Vasca de Tecnología e Innovación.

## 2. Terminología

Siempre que se habla de superficies de estilo se lleva asociada la idea de automoción y clase A. Esto es debido a que el mundo del automóvil es uno de los campos en los que más está presente el diseño. Atendiendo a la definición de superficies de clase A, se entiende el porqué de su asociación y su empleo en el sector de la automoción. En general, la necesidad de este tipo de superficies debería abarcar a todos aquellos productos en los que la visualización sea un factor importante en el diseño.

Las superficies de Estilo o Superficies de Clase A o Superficies C2 son las superficies visibles y donde la apariencia es importante. Matemáticamente hablando, estas superficies deben contar con continuidad en curvatura, y a su vez, el diseño ha de realizarse con la representación matemática más sencilla posible capaz de adaptarse a la forma deseada. Por lo tanto, no cuenta con ninguna curvatura ni ondulación indeseada [6], [7].

Se considera necesaria la clase A debido a que hoy en día, el diseño no se realiza basándose únicamente en la funcionalidad sino que los criterios estéticos se tienen muy en cuenta en el desarrollo conceptual. Ésta es la razón por la que el mercado, a igualdad de calidades y funcionalidades, se decante por un producto u otro. El hacer un producto más atractivo que otro, depende en gran medida del buen acabado superficial y éste se obtiene con la utilización de superficies de estilo.

## 3. Matemática de las Superficies

Tabla 1 – Tipos de Superficies utilizadas: Bézier y Nurb.

<b>Superficies Bézier</b>	<b>Superficies NURB (Non-Uniform Rational B-spline)</b>
Se desarrolla la formulación de las curvas en Citroën & Renault en los años 60	Se desarrolla la formulación de las curvas en los EEUU en los años 70
Un solo “parche” con una sola ecuación	Múltiples “parches”, cada uno con su ecuación.
Normalmente con “grados” altos.	Normalmente con “grados “ bajos.
Se añade libertad al añadir grados	Se añade libertad al añadir grados o parches.
“Infinitamente” suave, luego inflexible en cierta manera	Se pueden ajustar los niveles de suavidad en los parches.
Usadas en los primeros sistemas	El estándar en la industria CAD/CAM

La diferencia es mínima puesto que los dos tipos están muy relacionados. Una superficie Bézier es una superficie NURB que tiene únicamente un parche y a la

inversa una malla de superficies Bézier (apropiadamente) unidas es una superficie NURB. Ambas formas matemáticas trabajan con las mismas funciones para generación y edición de superficies [2], [8].

Otras superficies de forma libre, usadas en el pasado se pueden considerar obsoletas. Podemos encontrar los parches de “Coons” todavía usados en unos pocos sistemas aislados y las superficies Gordon, desarrolladas por GM en los años 60 [13].

#### 4. ¿Qué es mejor Bezier ó Nurb?

Lo que importa es la construcción de la superficie y las funciones de análisis, no la forma matemática subyacente. De hecho, el usuario medio no debería darse cuenta de la forma matemática que está usando.

Los sistemas basados en NURBs tienen pequeñas ventajas. Cualquier superficie Bezier es una superficie NURB, por lo tanto las NURBs son más generales. En tanto que son más generales, es más fácil importar geometría hacia un sistema basado en NURBs, y por último las NURBs son en cierto modo más flexibles. Se puede controlar el nivel de suavidad (continuidad) sin afectar a múltiples superficies.

En algunas compañías, por ejemplo, no aceptan superficies NURB (multi-parche) como superficies “clase A”. El razonamiento es que aunque la superficie esté verdaderamente “suavizada” la naturaleza del multi-parche le permite que esta se convierta en no “suave” durante la edición. Esto es cierto si la superficie tiene un grado bajo o si ésta tiene una alta multiplicidad de nudos y la superficie es editada mediante un retocado de los polos. En el otro lado, una superficie NURB de grado 5 con nudos simples tiene una continuidad C4 o mejor y es difícil de ver que ésta no sea considerada superficie de “clase A” si realmente las reflexiones son buenas.

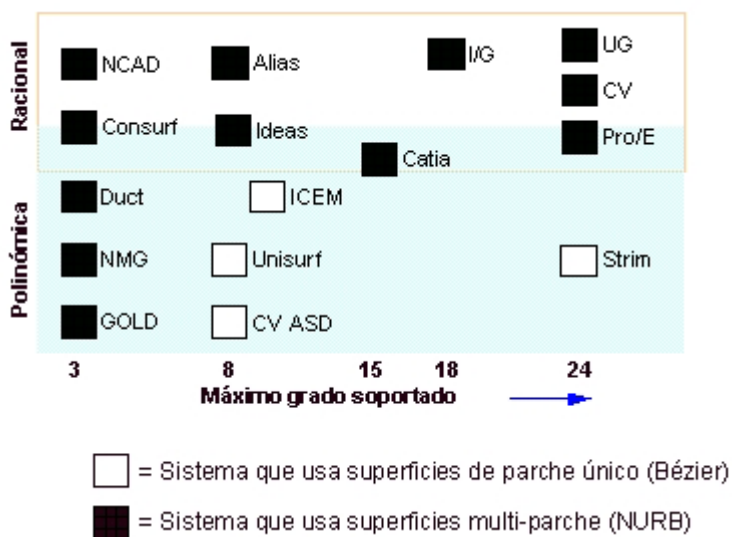


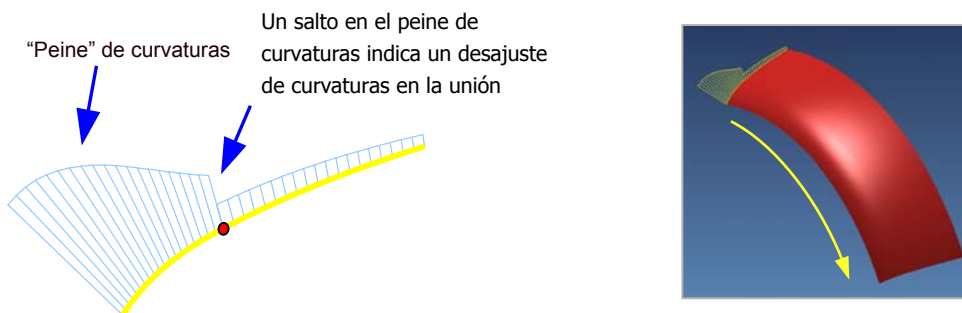
Imagen 3 – Grados soportados por los distintos sistemas

El hecho de que un programa soporte ordenes grandes en las NURBS tiene ciertos beneficios. Necesitamos al menos un grado 4 para conseguir buenos reflejos y que el sistema soporte grados mayores da al usuario una oportunidad cuando se necesita mayor flexibilidad: o bien se puede incrementar el grado o bien incrementar el número de segmentos o parches [1], [4].

El mayor beneficio del uso de grados altos es que permite importar datos desde otros sistemas sin tener que utilizar aproximaciones. Por ejemplo, la única razón para que Unigraphics NX soporte grado 24 es para importar geometría desde cualquier otro sistema sin tener que hacer aproximaciones. Eligieron 24 porque era el mayor grado soportado por otro sistema de la competencia (el sistema STRIM).

Por ejemplo, la no homogeneidad en el grado creó problemas en el proceso de diseño de Ford. ICEM es capaz de crear geometría de grado 9 mientras que Ideas sólo soporta grado 7. Por esto, la geometría de grado 9 de ICEM debe ser aproximada cuando se trae a Ideas, lo cual es una fuente de problemas [15].

## 5. Impacto de la Continuidad en las Reflexiones – Impacto de la Forma de la Curva en la Apariencia de las Superficies



*Imagen 4 – Peine de curvaturas*

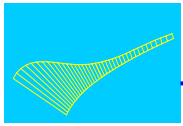
Podemos observar un perfil típico. O bien utilizamos dos curvas Bézier o bien una curva Nurb con dos segmentos.

Para comprobar la calidad de las superficies deberemos utilizar las diferentes herramientas que disponen los sistemas avanzados de CAD.

## Reflejos de Escenas Naturales

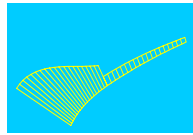
Desajuste de ángulo =  $0,0^\circ$   
No desajuste de curvatura  
Unión perfecta

Curva buena



Desajuste de ángulo =  $0,5^\circ$   
Desajuste de curvatura

Curva mala

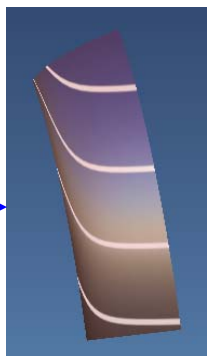
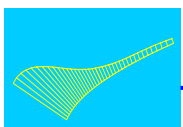


Como se puede comprobar los problemas en la superficie no son muy visibles con ambientación natural.

## Reflejos de Bandas de Luz

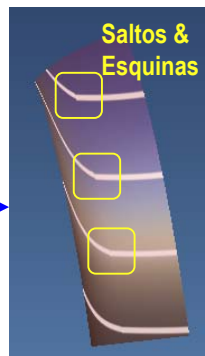
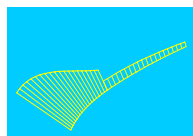
Desajuste de ángulo =  $0,0^\circ$   
No desajuste de curvatura  
Unión perfecta

Curva buena



Desajuste de ángulo =  $0,5^\circ$   
Desajuste de curvatura

Curva mala

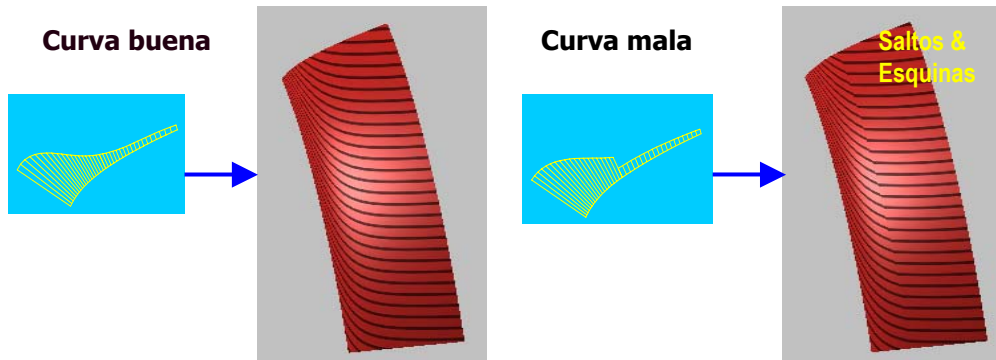


Los desajustes de ángulos producen saltos; los desajustes de curvatura esquinas.

## Reflexiones Simuladas

**Desajuste de ángulo = 0,0°**  
**No desajuste de curvatura**  
**Unión perfecta**

**Desajuste de ángulo = 0,5°**  
**Desajuste de curvatura**



Las funciones de análisis hacen los saltos y esquinas más visibles.

## 6. Consideraciones Finales

Si utilizamos correctamente las herramientas que nos proporciona el sistema para comprobar la calidad del diseño, como son los reflejos de escenas naturales, bandas de luz u otras simulaciones o directamente las curvas sección y los mapas de curvatura, e indirectamente las curvas isoclinas, podremos llegar a tener una idea “subjetiva” de la idoneidad de la superficie. El carácter, la posición, las proporciones y la distribución de “masa” son probablemente lo más importante a la hora de enjuiciar la estética de un producto de consumo.

La calidad de la superficie tiene impacto (los reflejos imprecisos no nos gustan) pero el flujo de los reflejos en general es probablemente mucho más importante. Aun así, una gran calidad de superficies no va a convertir un mal diseño en uno bueno.

Si examinamos el interior de un vehículo, el atractivo emocional depende fundamentalmente en la elección de los materiales y en menor medida en los perfiles.

La apariencia es más importante en el mercado europeo del automóvil, por lo que se enfatiza más el estilizado, sin embargo los americanos compran según el precio, seguridad, fiabilidad, utilidad.

Por tanto ¿En qué medida afectan las herramientas informáticas en el atractivo de un vehículo? El programa utilizado afecta a la calidad de la superficie (o al tiempo necesario para lograr una buena calidad), pero no está claro qué impacto tiene en la apariencia del vehículo. El nivel del programa hará que las ideas se hagan más pronto o

más tarde realidad, y si hay más tiempo para desarrollar ideas, hay más posibilidades de que algunas sean buenas.

En el proceso de diseño de muchas compañías del sector del automóvil, la mayoría del diseño real se hace con maquetas, y el ordenador es justo una herramienta para duplicar la forma de la maqueta.

Si esto es así, parece difícil ver cómo hay un impacto directo del paquete de CAD en el diseño (lo mismo que un procesador de texto no nos hace escribir mejor).

Sin embargo, en el mundo globalizado actual las diferencias en el diseño, si comparamos los mercados europeo y americano, tienden a desaparecer. Creemos que esta homogeneización está muy relacionada con las herramientas informáticas y los procesos utilizados para la creación de geometría.

## **Agradecimientos**

Los autores de la presente ponencia queremos agradecer a la Fundación UNITEC la ayuda prestada para desarrollar el proyecto de investigación sobre Ingeniería Inversa en el que se enmarca la presente comunicación.

## **Referencias**

[1] BRUNET, P.; HOFFMANN, C.; ROLLER, D. (Eds.). *CAD Tools and Algorithms for Product Design*. Springer-Verlag, 2000.

[2] FARIN G., *Curves and surfaces for computer aided geometric design: a practical guide*. Academic Press, 1993.

[3] KUSIAK, Andrew. *Engineering Design. Products, Processes and Systems*. Academic Press, 1999.

[4] LEE, Kunwoo. *Principles of CAD/CAM/CAE Systems*. Addison-Wesley, 1999.

[5] MACHOVER Carl. *The CAD/CAM handbook*. McGraw Hill, 1996.

[6] MARSH, Duncan. *Applied Geometry for Computer Graphics and CAD*. Springer-Verlag, 1999.

[7] MÍNGUEZ, R.; ISPIZUA, R.; RUIZ, R.; LINARES A. *State-of-the-art in Reverse Engineering in the Spanish Market*. IV Italian-Spanish Seminar on Reverse Engineering Techniques and Applications, Nápoles (Italia), 2003.

[8] PIEGL, Les; TILLER, Wayne. *The NURBS Book (Monographs in visual communication)*. Springer-Verlag, 1997.

- [9] Web site CADence [www.cadenceweb.com](http://www.cadenceweb.com)
- [10] Web site CADsever [www.cadserver.co.uk](http://www.cadserver.co.uk)
- [11] Web site [www.conceptcar.co.uk](http://www.conceptcar.co.uk)
- [12] Web site [www.design-engine.com](http://www.design-engine.com)
- [13] Web site [www.eds.com](http://www.eds.com)
- [14] Web site [www.elsevier.com/locate/comaid](http://www.elsevier.com/locate/comaid) (Computer Aided Geometric Design)
- [15] Web site [www.icem.com](http://www.icem.com)